

LA OCEANOGRAFIA DESDE EL ESPACIO

Por Don Walsh



Ocupados como estaban practicando maniobras de acoplamiento en su nave espacial, los astronautas del Apolo 7 pudieron ver y fotografiar simultáneamente vastas extensiones del Océano Atlántico y de la Península de Florida. Es así como los sensores, que algún día es posible que descubran los secretos de las estrellas, están dando hoy al hombre fascinantes vistas de su antiguo adversario —y aliado— el mar.

Aunque hay pocas probabilidades de que la nave espacial reemplace alguna vez al buque de investigación tradicional como principal plataforma para los estudios oceanográficos, ésta tiene dos claras ventajas: puede "ver" amplias áreas de la superficie de la Tierra de un "vistazo", y puede atravesar en minutos zonas que un buque de investigación se demoraría un día o dos en cruzar. Todos los sensores de la nave espacial, desde el ojo humano hasta los complicados aparatos electrónicos, son capaces de ver a grandes distancias debido a la situación altamente ventajosa en las alturas espaciales. Esto permite observar simultáneamente muchas características oceánicas a gran escala, tales como los tipos de circulación y desembocaduras de los ríos, que previamente habían sido conocidos solamente por datos reunidos por buques y aviones volando a baja altura. Este fenómeno de ojo de águila fue notado por primera vez durante los vuelos espaciales del programa Géminis. La inspección de las fotografías en colores tomadas por los astronautas mostró un alto grado de detalles científicamente útiles sobre la superficie de la Tierra. Se supo que una vez que los astronautas estaban fuera de la atmósfera terrestre, su agudeza visual aumentaba enormemente. Eran capaces de distinguir rasgos sobre los océanos y la tierra que se creían demasiado pequeños para ser reconocidos desde alturas tan grandes, por ejemplo, muchas veces superiores a las 100 millas.

El alto promedio de velocidad de la nave espacial, junto con su facultad para ver grandes áreas, le dan capacidades antes insospechadas para efectuar inspecciones rápida y continuamente. Como las misiones espaciales orbitales pasarán cerca del 65% de su tiempo sobre el

agua, es importante conocer qué tareas pueden realizarse para los científicos del océano, tanto con vehículos tripulados como no tripulados. Este asunto es el quid del Proyecto de Oceanografía desde Nave Espacial (SPOC) de la Dirección de Oceanografía Naval de EE.UU. (NAVOCEANO).

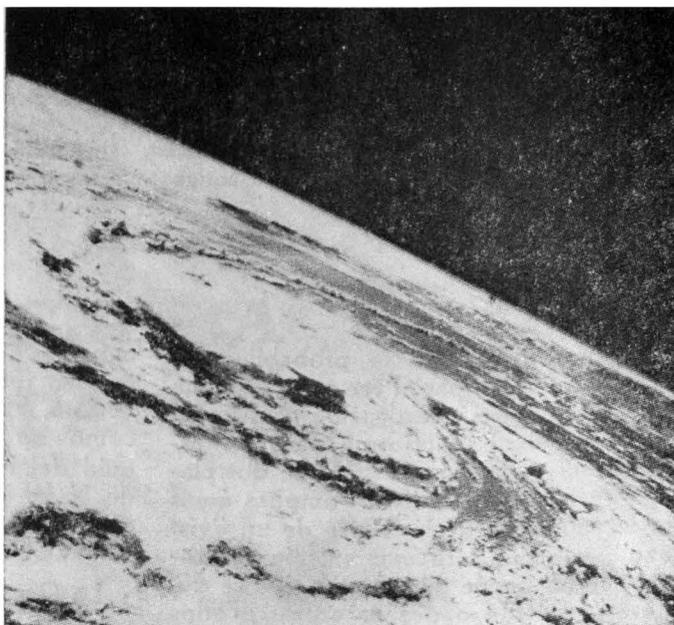
La Oceanografía desde el espacio empezó en 1964, cuando la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) pidió a la Institución Oceanográfica de Woods Hole, Mass., que considerara en qué forma el programa espacial podría beneficiar a las ciencias oceánicas. La reunión, que tuvo lugar en el otoño de 1964, atrajo a más de 150 científicos. El informe final "Oceanografía desde el Espacio", sigue siendo una de las mejores fuentes de información sobre este aspecto de la Oceanografía.

Tanto Woods Hole como la Dirección Oceanográfica de la Armada de Estados Unidos habían estado usando aviones, durante algunos años, como plataformas remotas de sensores en apoyo de sus programas oceanográficos y era natural que se acudiera a su experiencia previa para ayudar a iniciar esta nueva actividad en nuestro programa espacial.

A fines de 1965, la Dirección Oceanográfica Naval de EE.UU. fue requerida por la NASA para actuar como su agente para el proyecto de oceanografía desde naves espaciales. NAVOCEANO empezó el proyecto a fines de ese año y a comienzos de 1966 se habían formado los primeros contratos con instituciones civiles para hacer estudios de oceanografía desde el espacio.

Cabría destacar que este programa oceánico no es más que una parte del programa más amplio, de Reconocimiento de los Recursos de la Tierra, propi-

El Huracán Gladys fue fotografiado como a 150 millas al Sudoeste de Tampa por un astronauta de la nave espacial Apolo 7 a una altura de 97 millas náuticas. La vista es hacia el Sudeste con Cuba al fondo.



ciado por la NASA, cuyas metas son el estudio y evaluación de los recursos agrícolas, geológicos, hidrológicos, oceanográficos y forestales mediante el uso de vehículos espaciales en órbita. El objetivo de este programa es desarrollar posibles medios de observación espacial en grandes áreas a fin de estimar entre otras cosas, recursos minerales, rendimientos de cosechas, enfermedades de las plantas, poblaciones de peces y recursos de agua dulce. Se espera que a raíz de ésta y otras observaciones espaciales los beneficios económicos aumentarán para el hombre.

Los pasos iniciales en la parte oceanográfica del programa han sido en primer lugar para determinar qué puede medirse y qué tipo de sensor remoto (instrumento) es más adecuado para esta tarea. La meta final es reducir el campo a unos pocos sensores claves que proporcionarán los datos más seguros y diversos posibles para el oceanógrafo. Parecería, entonces, que queremos partir lo más cerca posible de la superficie de la Tierra, usando un gran número de sensores y, a medida que gradualmente aumentemos la altura, eliminar los insatisfactorios. Un resultado provechoso de tal programa sería que algunos de los sensores que no son satisfactorios para las misiones

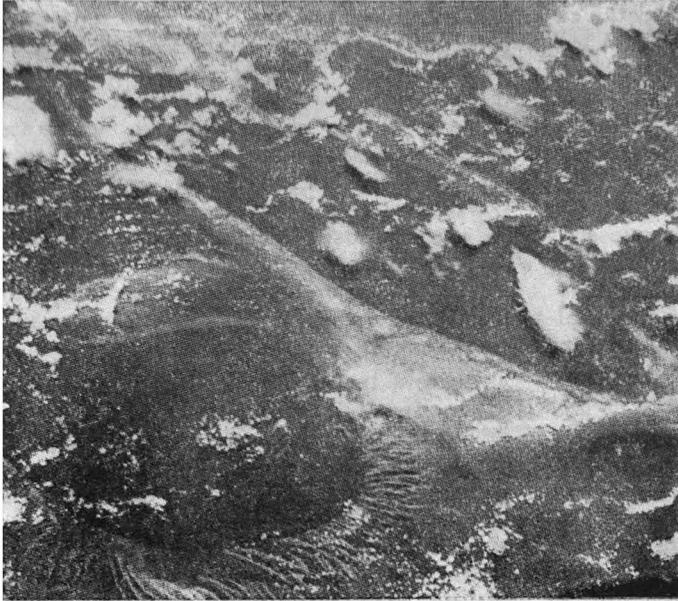
espaciales podrían resultar útiles para ser usados a alturas menores, desde aviones.

Actualmente, el proyecto de Oceanografía desde Naves Espaciales, NAVOCEANO, tiene cerca de una docena de instituciones y organismos bajo contrato para efectuar estos estudios. En conjunto, cada contratista está preocupándose de un problema oceanográfico, en especial en cuanto a la evaluación de los sensores que mejor pueden servir a sus necesidades.

Los primeros sensores remotos para el programa serán utilizados en los vuelos del programa Apolo a fines de la presente década y comienzos de la próxima. Eventualmente se realizarán programas de investigación a escala completa sobre los Recursos de la Tierra, en que los científicos trabajarían en laboratorios orbitales. Y así como es inevitable que ciertos astronautas sean científicos, algunos de ellos serán oceanógrafos.

Los oceanógrafos concuerdan en que el siguiente trabajo oceanográfico está actualmente dentro de la capacidad de los sistemas de sensores existentes:

— Levantamientos de mapas termales y salinidad de masas de agua de grandes superficies del mar.



En esta vista del Banco de la Gran Bahama, fotografiado desde la nave espacial Géminis V en órbita, se observaron muchos detalles submarinos y del fondo del océano. La profundidad del agua en el banco es aproximadamente de 3 pies; en la lengua más oscura del océano, es de más de una milla de profundidad.

— Observación y medición de olas oceánicas abarcando desde aquellas relativamente pequeñas, producidas por el viento, hasta olas periódicas altamente destructivas.

— Detección y levantamiento de mapas de bancos de arena, arrecifes y otros peligros para la navegación marina. (Ya se han usado algunas de las fotografías Géminis para corregir cartas náuticas).

— Continuo levantamiento de mapas costeros de áreas sujetas a modificación debido a la erosión y otros procesos de cambio.

— Detección de sistemas de corrientes en gran escala por sus manifestaciones de superficie (pautas de temperatura, cambios de color, etc.).

— Vigilancia del hielo, en particular, para las rutas de navegación del Atlántico Norte.

— Vigilancia continua de los procesos marinos costeros tales como transporte de sedimentos, erosión, productividad biológica y distribución de la polución.

— Ubicación de grandes cardúmenes de peces, medición de la productividad mediante verificación de la clorofila y predicción de las mejores áreas de pesca a través de indicadores de largo al-

cance de cambios de temperatura, salinidad y circulación.

— Observación y medición de la acción recíproca entre el mar y el aire donde los sistemas de tiempo y la superficie del mar actúan entre sí para producir cambios. Un ejemplo sería la ubicación y traqueo de precisión de huracanes y tifones, incluyendo predicción de sus rutas. Mientras más se aprenda de estas tormentas marinas, puede haber cierta certidumbre en predecir su generación a partir de algunas mediciones críticas de la temperatura de la superficie del mar.

— Ubicación y vigilancia de la actividad volcánica marina en áreas remotas.

— Determinación de la forma global de la superficie del océano. Las superficies de los océanos tienen tanto una inclinación total como irregularidades regionales. Las naves espaciales en órbita deberían ser capaces de medir precisamente estas variaciones.

— Mediciones geofísicas de campos de fuerza magnéticos y gravitacionales y su distribución.

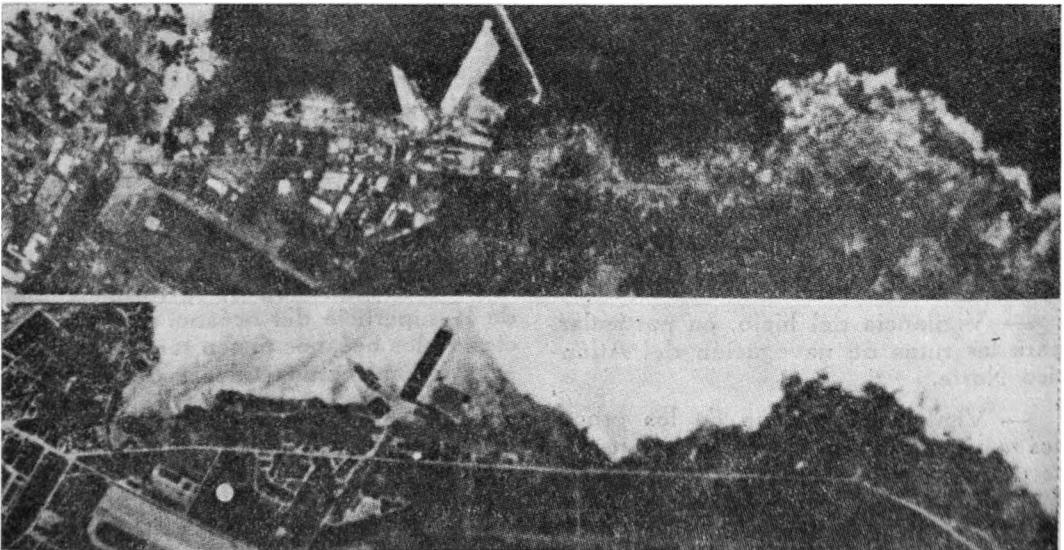
¿Cómo se hacen estas observaciones? En general se usa el enfoque multi-banda; o sea, uno mira a la superficie del

mar con sensores capaces de detectar características en varias longitudes de onda diferentes. Los instrumentos usados—desde las más altas a las más bajas frecuencias— pueden ser sensores ultravioletas, visuales (cámaras, ojo humano, etc.), infrarrojos y de microonda. Todos éstos son pasivos en el sentido de que no irradian energía alguna, sino que simplemente detectan la energía irradiada y reflejada desde la superficie del océano. El único sistema activo, en uso actualmente, implica varios tipos de sistemas de radar y lasers que permiten la medición de las irregularidades de la superficie del océano.

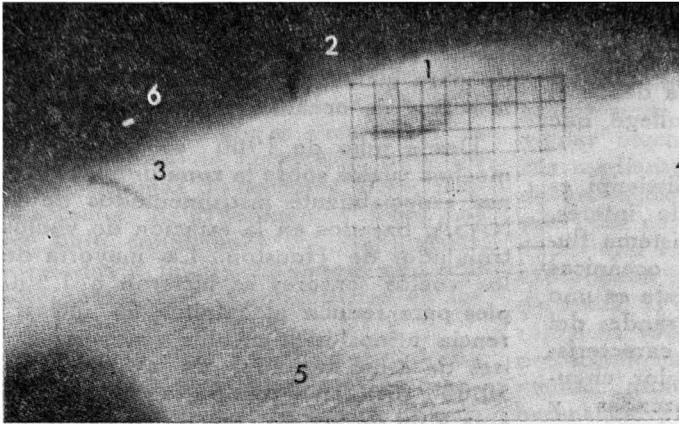
El enfoque multi-banda permite visualizar las características de la superficie del mar con varios pares de ojos diferentes. La información que puede no ser aparente en un espectro podría ser muy prominente en otro. Indudablemente, el sistema de sensor más popular es el aparato infrarrojo, extremadamente sensitivo a los cambios de temperatura sobre la superficie del mar. El termómetro infrarrojo remoto proporciona la temperatura aparente de la superficie del mar al décimo de grado Fahrenheit más cercano, mientras la imagen infrarroja acom-

pañante proporciona la representación fotográfica de los contornos de masas de agua de diferente temperatura. El sistema no requiere luz solar para ser operable mientras cierta energía radiante venga desde la superficie del mar. La principal limitación de los sistemas infrarrojos es que son sensitivos al vapor de agua atmosférico que tiende a atenuar la energía desde la superficie del mar. Por eso, a mayores alturas, las temperaturas detectadas de la superficie oceánica aparecen menores.

Se está trabajando a fin de establecer los medios para compensar esta pérdida de modo que estos sistemas puedan ser usados con seguridad a alturas espaciales. La acertada elección de la frecuencia en el espectro infrarrojo puede mejorar el rendimiento de la instrumentación con respecto a esta interferencia atmosférica. Menos interferencia atmosférica significa también menos sensibilidad a los cambios de temperaturas. Usando más de una frecuencia infrarroja podemos obtener datos comparativos que pueden ser corregidos para concordar muy cerca de la verdadera situación en la superficie del mar. Por ejemplo, algunos satélites meteorológicos usan dos o tres



Una comparación de la fotografía convencional de arriba y la imagen infrarroja inferior de una región costera de Hilo, Hawaii, puso en evidencia unas estrias oscuras frente a la playa. La descarga de agua fría desde tierra, puede representar la reserva de agua no perforada más grande de la región.



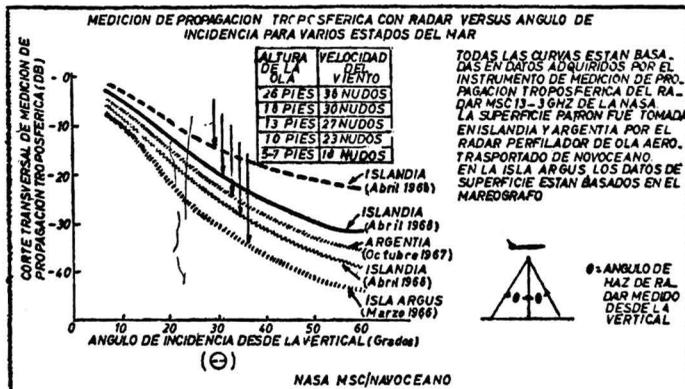
Desde una altura de 2.000 pies sobre el Golfo de México, se observaron cardúmenes de peces en las zonas 1, 2 y 3. La zona 4 es agua baja con fondo arenoso; la zona 5 es agua mas profunda con fondo de fango. El Nº 6 es un buque. La reja con cuadrados de aproximadamente 40' x 0', se usa para ayudar a la evaluación estadística.

bandas de frecuencia infrarroja para medir temperaturas de superficie. Estas correcciones de altura a los datos, constituyen el mayor problema que enfrenta este programa.

Con la fotografía aérea de precisión pueden medirse muchas características con técnicas fotogramétricas. Las diferencias en las masas de agua pueden detectarse midiendo cambios colorométricos en películas de color calibradas. Además de la fotografía aérea que es algo rígida, la NASA tiene también una cámara multi-banda que ve la superficie del océano simultáneamente a través de 9 lentes filtrados diferentes. Cada lente es filtrado de modo que sea sensitivo solamente a una estrecha banda de energía para permitir un discreto estudio de los fenómenos de superficie y cercanos a la superficie.

El valioso aporte de las fotografías en color tomadas con cámaras manuales por los astronautas de Géminis y Apolo durante sus misiones ha proporcionado a los científicos del océano innumerables datos. Estas fotografías son una primicia y han permitido ver directamente muchas características oceánicas en gran escala.

A medida que se desarrolla la tecnología y mejoran los sensores e instrumentos, aumentará el uso de porciones ultravioletas y micro-onda del espectro de energía. Será común el uso de lasers y radares como sistemas precisos de medición de la forma de la Tierra y de los contornos de la superficie del océano. También, los lasers pueden usarse para estimular los aceites de los peces en la superficie del océano y el análisis ultravioleta de la respuesta espectral de estos



Uso de medición de propagación troposférica con radar para determinar el estado del mar.

aceites, indicará el tipo de pez que se encuentra en el área.

Un programa típico en esta actividad es el Proyecto de Oceanografía desde el Espacio en Texas A. & M. College, que empezó a comienzos de 1966.

La región del Delta del Mississippi es la principal área geográfica de interés, donde el agua dulce de este sistema fluvial se mezcla con las aguas oceánicas del Golfo de México. Como éste es uno de los sistemas fluviales más grandes del mundo, las diferencias en las características del agua (temperatura, color, circulación, etc.) son bastante marcadas y proporcionan un excelente contraste o gradientes para los sensores remotos. Además, el lugar está ubicado en una región donde los exámenes comparativos pueden realizarse fácilmente mediante los buques de investigación oceanográfica

El uso de buques es un elemento clave en el programa, pues el único modo de evaluar la fidelidad de un sensor es comparar sus datos con aquellos tomados en la verdadera superficie del agua, usando el instrumental de precisión a bordo de un buque de investigación. El término general para estos datos comparativos de superficie es "verdad fundamental" y todos los programas de detección remota dependientes del Programa de Revisión de los Recursos de la Tierra, propiciado por la NASA, emplean este tipo de prueba de los datos remotos en comparación con los datos fundamentales verdaderos. En tierra, la situación no es tan difícil como sobre el océano, ya que un jeep y unos cuantos instrumentos pueden ser trasladados rápidamente en la mayoría de las áreas. En los océanos, frecuentemente es difícil obtener los servicios de un buque de investigación, que cuesta varios miles de dólares diarios por un período de varios días en espera del avión que vuele por encima. Hay que presupuestar unos cuantos días, ya que siempre existe la posibilidad de dificultades meteorológicas o mecánicas que impidan el vuelo del avión.

El interés en la región del Delta es para determinar la amplitud y fluctuación estacional del caudal del río. Esto se realiza mediante el uso combinado de la detección infrarroja de la distribución de la temperatura de superficie y de regis-

tros fotográficos de las variaciones de color de la superficie del mar. Recientemente, el estudio del Delta se ha ampliado para incluir señales de microonda de la superficie oceánica.

Desde julio de 1966 se han hecho muchos vuelos sobre la zona usando aviones especialmente instrumentados de la NASA, basados en la estación de vuelos tripulados de Houston. La mayoría de los vuelos sensores se hicieron a 1.500 pies para reducir al mínimo la interferencia atmosférica en los sensores. En tres de estas misiones, un avión jet a 50.000 pies, hizo fotografías totales del área a fin de ver las características de superficie a gran escala en un solo trozo de película. Eventualmente, las misiones volarán a alturas cada vez mayores y usarán una variedad de sensores nuevos y mejorados para probar su aplicabilidad a este trabajo. Podría decirse que esta misión está ahora en la fase de calibración para tratar de establecer algunas líneas básicas de los datos antes de intentar un trabajo a mayor altura.

Uno de los principales obstáculos ha sido el requisito de mediciones reales. Sólo tienen valor si se hacen en el momento que el avión está encima, ya que las pautas de flujo del río están cambiando constantemente. Durante el vuelo de julio de 1966, se empleó un buque pesquero fletado con algunos instrumentos a bordo; pero los resultados no fueron del todo satisfactorios. En agosto de 1967 y enero de 1968, el buque oceanográfico de Texas A. & M. "Alaminos", estuvo en el área durante varios días y trabajó con el avión parte del tiempo. El buque hizo medidas oceanográficas clásicas con altura cero y comparándolas con las obtenidas por el avión, se pudo determinar la magnitud de la interferencia atmosférica entre las dos estaciones.

En las misiones Géminis IX y XI, se tomaron buenas fotografías del Delta, y las vistas a gran escala confirmaron muchos de los conceptos sobre la amplitud y distribución del caudal del río.

Dos cosas han estado realizándose: primero la evaluación de los sensores como herramientas para el oceanógrafo, y, segundo, el aprendizaje del tipo de trabajo que puede ser realizado por estos aparatos. En el caso del estudio fluvial,

estas técnicas podrían llevar a mediciones remotas de caudales fluviales a través del mundo y también al estudio de la distribución de afluentes desde puertos y bahías. La medición real no se requerirá para cada sitio cuando se desarrollen los factores básicos de corrección para los diversos sistemas de sensores. Pero, hasta esa fecha, los experimentos deben hacerse bajo condiciones cuidadosamente controladas a fin de garantizar que uno puede contar con anormalidades en los datos.

El Programa de Oceanografía desde el Espacio ha proporcionado en los Estados Unidos un foco común para el programa espacial y del océano. Somos la única nación en el mundo que se dedica activamente a la oceanografía mediante sensores remotos y, aunque los primeros progresos han sido lentos, existen muchas razones para esperar que la oceanografía del futuro empleará rutinariamente estas técnicas. Por primera vez los científicos

han podido tener el océano al alcance de la mano para el estudio sinóptico de fenómenos a gran escala.

Los resultados prácticos de este programa serán la capacidad de predecir y vigilar muchos fenómenos oceanográficos mediante la localización y medición de los factores causantes. Hechos positivos tales como la estimación de la productividad biológica, conducirán a una explotación más eficiente de las reservas de peces; el estudio de las pautas meteorológicas sobre los océanos permitirá la predicción de peligrosos sistemas de tormentas formados en el mar tales como huracanes; y la medición de las condiciones de la superficie del mar podrá llevar a la organización del tráfico de buques mercantes evitando áreas de alta mar que permitan reducir la longitud de los cruceros oceánicos. Estos y muchos otros beneficios económicos directos surgirán eventualmente del estudio de los océanos desde el espacio.

El Himno de la Escuela Naval

El año 1916, el Subdirector de la Escuela Naval, Don Lautaro Rosas, que recién se había desempeñado como Adicto Naval en Alemania, creyó conveniente que los cadetes de su Escuela, igual que los soldados alemanes, entonaran cantos patrióticos en sus marchas y para tal efecto contrató los servicios del maestro español Alvaro Retana, profesor de este ramo en la Escuela Militar. Introducir las clases de canto en la Escuela Naval fue una dura tarea para los brigadieres de entonces, pues los cadetes se resistían y lo consideraban algo muy fuera de sus costumbres. Sin embargo el maestro Retana con su bondadosa tenacidad lo consiguió al fin y entregó a la Escuela el Himno de los Cadetes Navales, de cuya letra y música fue su afortunado creador. Este Himno, que hasta hoy, pasados ya más de cincuenta años, se entona en las festividades de carácter náutico, fue un íntimo legado del maestro Retana, de aquel modesto ciudadano español que cumplió tan san y perdurable tarea.

Que estas líneas signifiquen una expresión de gratitud al autor de "Los Cadetes Navales Chilenos, que por la Patria juraron morir... y pasear su bandera sin mancha por los mares de uno a otro confín..."