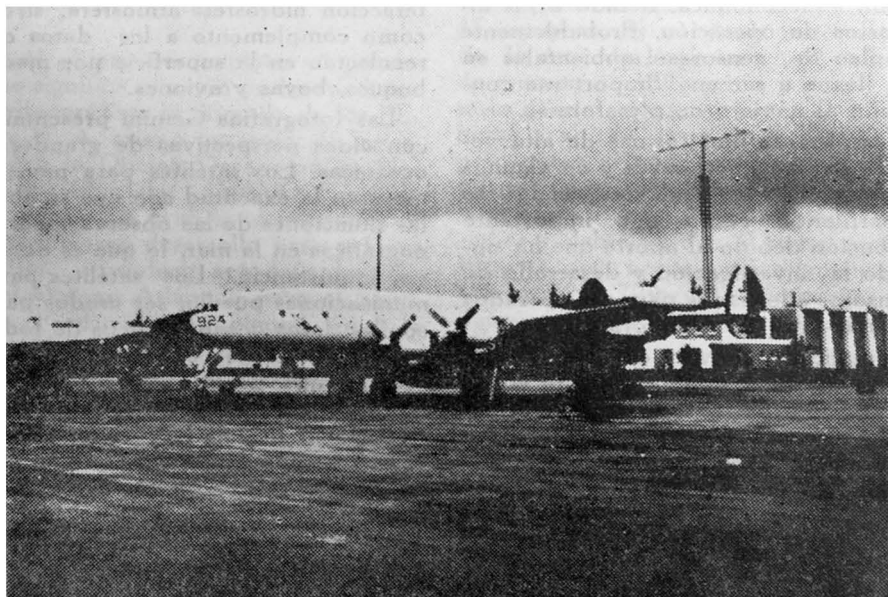


LA AERO-OCEANOGRAFIA

Por
Alfonso Filippi P.
Capitán de Corbeta, Armada de Chile.



Durante muchos años, los oceanógrafos hemos estado limitados por el lento y costoso proceso de obtener muestras del ambiente oceánico desde buques de superficie.

El conocimiento actual de los procesos oceánicos a gran escala descansa en el análisis de datos obtenidos de mediciones aisladas que varían considerablemente en el espacio y en el tiempo.

Uno de los grandes problemas en busca de solución, que ofrece la oceanografía, es la simultaneidad en las observaciones para poder obtener mediciones sinópticas o casi-sinópticas de áreas oceánicas más o menos grandes. La mayoría de las posibles soluciones a este problema son de un costo elevadísimo, lo que las hace impracticables, a lo menos por ahora, y no dan solución satisfactoria a

la necesidad de tener observaciones simultáneas. Hasta la fecha la presentación de datos en forma continuada es producto de la extrapolación.

La contribución que hacen las técnicas clásicas de medición al conocimiento del proceso físico en los océanos está siendo cada vez menos importante, debido a que no permite la separación de las variaciones de espacio y tiempo, principalmente por limitaciones en la velocidad.

Aún considerando como plataforma de medición a un buque que pueda efectuar durante su navegación un registro permanente de datos oceanográficos, no encontramos la solución al problema porque, salvo que se emplee una cantidad muy grande de buques en una sola área, los datos corresponderán más bien a series en el tiempo que sinópticas.

Debemos, por lo tanto, buscar una solución en el aumento del número de mediciones y en la simultaneidad de las observaciones oceanográficas sobre una base de tipo continuo, considerando dos grandes posibilidades: (1) empleo de un mayor número de plataformas de medición; y (2) empleo de plataformas de alta velocidad.

Incrementar el número de plataformas de medición empleando buques es una solución antieconómica, debido a los altos costos de operación. Probablemente el empleo de sensores ambientales en boyas llegue a ser una importante contribución al número de plataformas.

El empleo de plataformas de alta velocidad, digamos aeronaves y en algunos casos satélites y vehículos espaciales, se está perfilando como una importante contribución debido al aporte que ha significado la investigación y desarrollo de los sensores adecuados para ser operados desde este tipo de plataformas.

El potencial del avión en el campo de la oceanografía es tan importante como lo es en meteorología marina y geofísica. Aunque en estas dos últimas disciplinas se ha logrado mucho progreso en la explotación de este potencial, en oceanografía

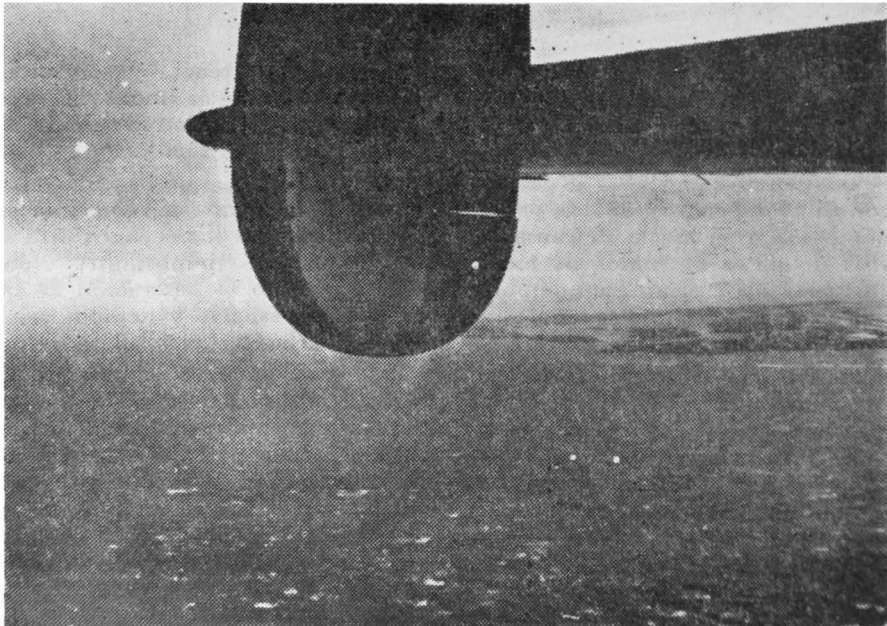
aún se está en la etapa inicial, pero progresando a gran velocidad.

Con respecto al empleo de vehículos espaciales, podemos decir que estos están demostrando un gran potencial para aumentar las posibilidades de investigación de los océanos y de sus recursos.

Los satélites meteorológicos dan una nueva dimensión a la adquisición de datos meteorológicos sobre los océanos, tan importante para el estudio de la interacción hidrósfera-atmósfera, sirviendo como complemento a los datos que se recolectan en la superficie por medio de buques, boyas y aviones.

Las fotografías Gemini presentan desconocidas perspectivas de grandes áreas oceánicas. Los satélites para navegación mejoran la exactitud con que se obtienen las situaciones de las observaciones oceanográficas en la mar, lo que es de la mayor importancia. Los satélites para comunicaciones pueden ser usados para recopilar datos oceanográficos de toda una red de estaciones oceánicas. Aunque la oceanografía desde vehículos espaciales se encuentra aún en su infancia, las observaciones hechas hasta ahora desde el espacio sugieren un considerable potencial para el futuro, ya que suplementarán

El potencial del avión en el campo de la oceanografía es tan importante como lo es en meteorología marina y geofísica.



a los datos hasta ahora obtenidos desde plataformas de superficie, lográndose con ello una nueva visión de los océanos. Hasta el momento las contribuciones de vehículos espaciales a la oceanografía comprenden principalmente temperaturas superficiales, corrientes, estado del mar, biología marina, hielo, posiciones geográficas etc.

EL AVION COMO PLATAFORMA DE MEDICION

Con el objeto de explotar el potencial que significa el avión en las mediciones oceanográficas la Armada de los EE. UU. de N. A. asignó un avión de investigación a la Oficina Oceanográfica Naval de los EE. UU. (NAVOCEANO), con la misión de evaluar el instrumental oceanográfico en desarrollo para aviones de la flota y producir aero-levantamientos del Océano Atlántico para el Servicio de Predicción Ambiental para la Guerra Antisubmarina (Antisubmarine Warfare Environmental Prediction Service-ASWEPS). El autor de estas líneas tuvo participación activa en los vuelos ASWEPS efectuados en Febrero de 1967, los que se describirán más adelante.

El objeto de los aero-levantamientos es proveer los datos que se requieren para el estudio del proceso físico del océano, haciendo énfasis en los cambios en la estructura térmica de áreas pequeñas sobre limitados períodos de tiempo. El avión está equipado con un termómetro de radiación para la medición remota de la temperatura superficial del agua y con batitermógrafos consumibles para perfiles térmicos hasta 1.000 pies de profundidad, por lo que puede en muchos casos hacer el tipo de levantamiento rápido necesario para separar las variaciones de la temperatura de las capas superiores del océano en el espacio de las mismas en el tiempo.

El avión ASWEPS, que fue bautizado con el nombre español "El Coyote", es un Lockheed Super-G Constellation y está bajo el control técnico de NAVOCEANO con su control operacional asignado a la Unidad de Levantamientos Aero-oceanográficos (OASU) con base en la Estación Aeronaval de Pruebas Patuxent, en Maryland. OASU es un es-

cuadrón aeronaval establecido por la Armada de los EE. UU. de N. A. y específicamente organizado para llevar a cabo trabajos de investigación oceanográficas; fue establecido en Julio de 1965, y cuenta con cinco aviones de los tipos NC121K y NC-54R.

El avión ASWEPS tiene una dotación de cuatro oficiales y seis tripulantes y para operaciones de rutina se agregan uno o dos científicos civiles y un técnico electrónico, aunque puede llevar hasta 25 personas. Es un cuádrimotor de más de 35 mts. de largo, con una velocidad de crucero de 180 nudos, y de ser necesario puede permanecer en el aire 22 horas a alturas de vuelo de 1.000 pies; pero como el termómetro de radiación puede ser empleado solamente cuando la atmósfera bajo el avión está limpia de nubes y debido a que el radar para perfiles de olas opera efectivamente solo entre 500 y 700 pies, es muchas veces necesario volar grandes períodos a baja altura.

Durante el Año Fiscal 1966 el avión ASWEPS participó en varios y muy productivos aero-levantamientos, incluyendo dos operaciones conjuntas con Canadá, una operación NATO y tres ejercicios GAS. Un total de 93 misiones, con 716 horas de vuelo, fueron cumplidas en esas y otras misiones de investigación durante el año.

INSTRUMENTAL AERO-TRANSPORTADO

Los principales sensores, instrumentos y equipos con que cuenta el avión son los siguientes:

- termómetro de radiación para temperatura superficial del mar.
- dos sistemas de radares experimentales de alta resolución de diseño diferente para medir perfiles de olas oceánicas de superficie.
- batitermógrafos telémetros consumibles para perfiles térmicos verticales.
- Sensores para medir temperatura del aire, presión y humedad a nivel de vuelo.
- Ventanas semiesféricas para observaciones biológicas.
- Cámara aerofotogramétrica de precisión CA-8, con intervalómetro.
- LORAN-A para navegación.

- LORAN-C (instalación planeada para el presente año).
- Radar de rebusca APN-59 para levantamientos costeros e indispensable para operaciones de levantamiento conjuntas con buques y boyas.
- Radioteletipo para transmisión de datos durante el vuelo a buques o estaciones costeras.
- Sonoboyas SSQ-23 con su equipo de lanzamiento.
- Señales explosivas de sonido.

Las características operacionales y exactitudes de los mismos se puede ver en la tabla de la Figura 1.

VUELOS "ASWEPS" DE FEBRERO DE 1967

En el mes de Febrero de 1967, el avión ASWEPS efectuó una serie de vuelos sobre la Corriente del Golfo, los días 8, 13 y 14 del mes, con el propósito primario de continuar la evaluación técnica del instrumental oceanográfico aerotransportado y su capacidad para levantar en detalles la ubicación y rumbo que sigue la Corriente del Golfo, especialmente su frente Norte. Como parte de la comisión de estudios que cumplía en la U. S. Naval Oceanographic Office, el au-

Instrumento	Medición	Técnicas de Medición	Tipo de Inscripción	Rango de Medición	Exactitud Operacional
Termómetro de radiación	Temperatura superficial	Las radiaciones en la región de 8 a 13 micrones es detectada por un termistor. La energía recibida es proporcional a la temperatura. Un proceso electrónico traduce esa energía en lecturas de temperatura.	Análogo	-20a+35°C	+0,4°C
Radar para perfiles de olas	Altura de olas oceánicas.	Mediciones precisas de un radar de haz angosto dan distancias instantáneas a un punto sobre la superficie del océano directamente debajo del avión. El movimiento vertical del avión es controlado y corregido por un juego acelerómetro e integradores.	Análogo	2 a 50 pies	10% de la amplitud de la ola 6 ± 6 pulgadas, el que sea mayor. Largos de ola de 100 a 2000 pies.
Batitermógrafos telémetros consumibles.	Temperatura del mar versus profundidad.	Una señal de frecuencia modulada conteniendo la información de temperatura es radiada al avión donde la señal es convertida en temperatura.	Análogo y Digital	-2a+35°C 0-1000 pies de profundidad.	$\pm 0,25^\circ\text{C}$ 5% profundidad.
Equipo Meteorológico. (AN-AMQ-17).	Temperatura del aire, humedad relativa y presión	Circuito eléctrico balanceado con elementos para medir cada variante.	Análogo y Digital	-50a 49°C 0 a 90% 50 a 1050 mb.	5% 5% 5mb
Higrómetro infrarrojo	Humedad absoluta	Diferencia entre la energía radiante de dos largos de onda; uno es altamente atenuado por vapor de agua.	Análogo	0-35 gr/m3.	
Radiómetro	Radiación solar	La radiación incidente sobre las termocoplas del radiómetro genera voltajes proporcionales a la intensidad de la radiación solar.	Análogo	0-2 gr/cm2/seg.	3% (en el rango de temperatura ambiente. 20°C a -20°C)

Fig. N° 1.

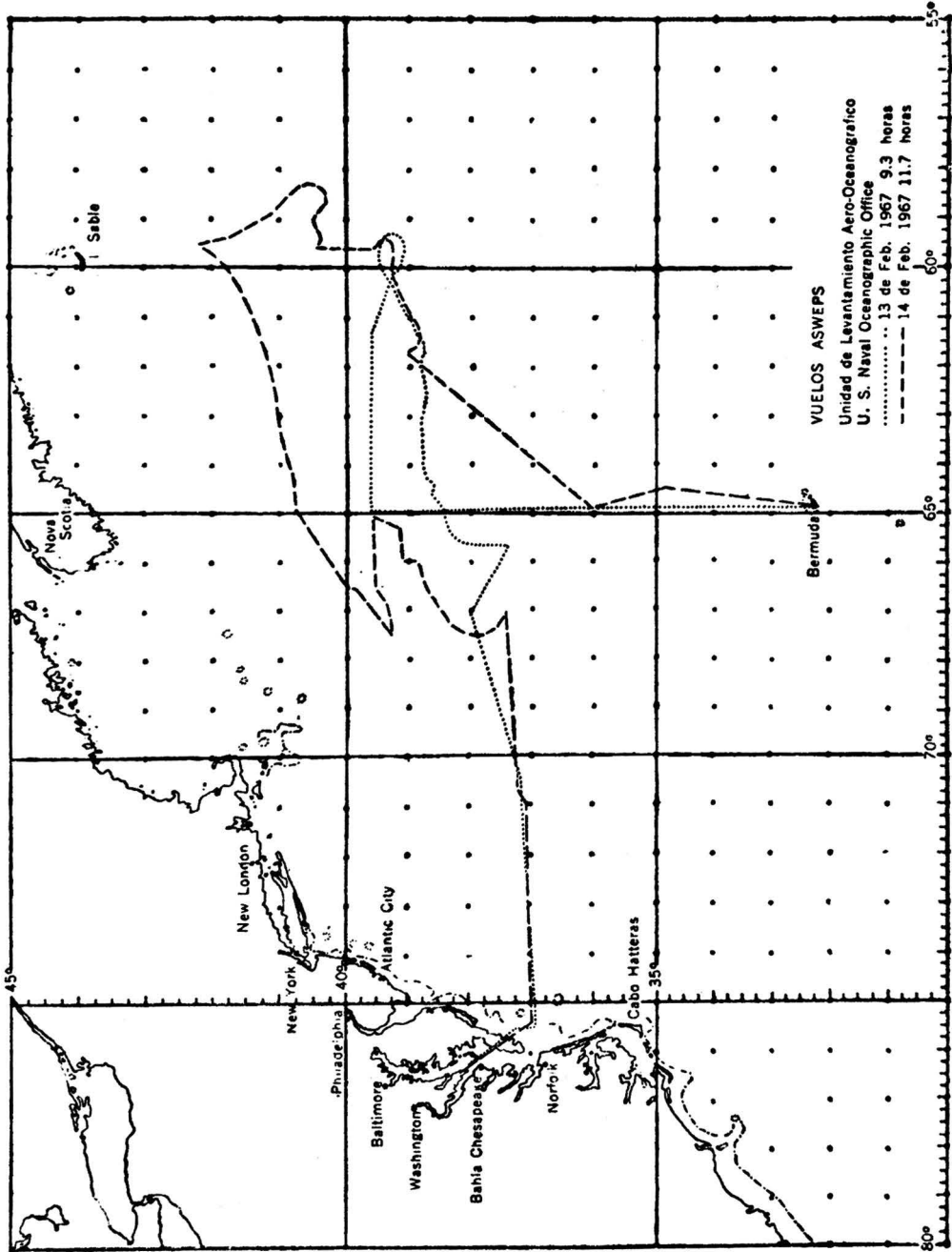


Figura 2. Vuelos Asweeps 13 y 14 Febrero 1967.

tor de estas líneas tuvo participación activa en los vuelos de los días 13 y 14.

Se zarpó de la Base Aeronaval Patuxent con las primeras luces del día 13 de Febrero (ver Figura 2, línea de puntos), siguiendo una dirección general Sureste hasta la cuadra de Norfolk donde se cayó en dirección general Este hasta el meridiano 61°W. , volviendo hasta el 65°W. y de allí directamente al Sur hasta Bermuda, donde se aterrizó en la Base Kinsley de la Fuerza Aérea de los EE. UU. de N. A. Se volaron 9,3 horas a 500 pies de altura media.

El día 14 se siguió el trak inverso (ver Figura 2, línea segmentada), alcanzando hasta latitud 45°N. Se volaron 11,7 horas a 500 pies de altura media, con lo que se completaron 21 horas de vuelo hasta el momento de aterrizar de regreso en Patuxent.

Durante estos vuelos se pudo apreciar

el gran caudal de datos que es posible obtener de los vuelos ASWEPS, como también operar prácticamente los diferentes instrumentos ya citados anteriormente. De esos instrumentos aerotransportados hay dos que son de especial interés; ellos son: el termómetro de radiación infrarroja y el batitermógrafo telémetro consumible.

El termómetro de radiación infrarroja mide la temperatura superficial del agua por la cantidad de energía radiada desde el mar en la región de 8 a 13 micrones del espectro electromagnético. Esta energía, que es proporcional a la temperatura absoluta, es procesada electrónicamente y registrada en forma análoga. El principal uso que se hizo de este instrumento fue para ubicar el margen de la corriente del Golfo. Con este instrumento que se vuela normalmente a 1.000 pies de altura pero que en esa oportunidad

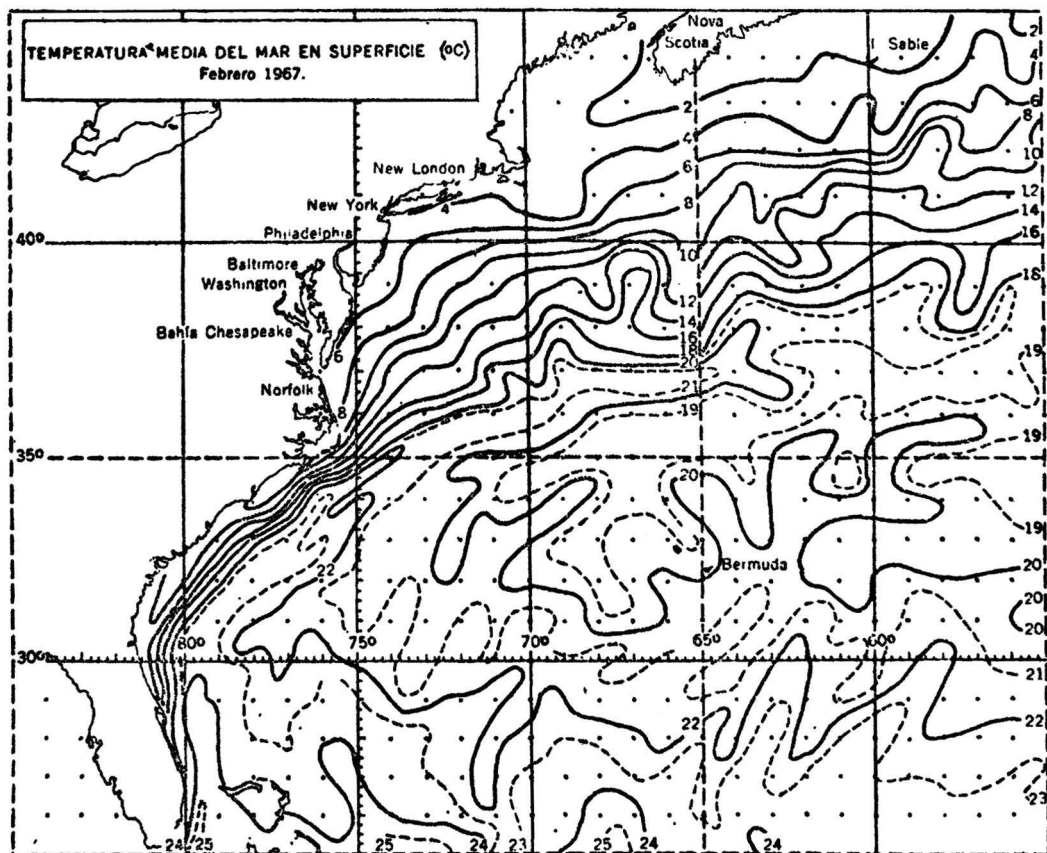


Figura 3: Isotermas Superficiales Medias (NavoPeano)

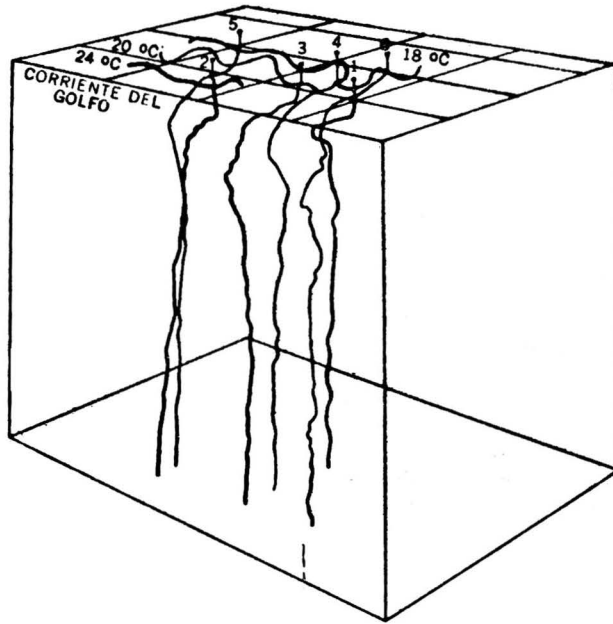


Figura 4. Representación Tridimensional de la Estructura Térmica (Wilkerson).

se voló a 500 pies solamente, se registra la intensidad de la radiación de una superficie de 40 pies cuadrados sobre la superficie del mar y se computa la temperatura de superficie por comparación de esta intensidad en la magnitud de radiación de un cuerpo negro de temperatura conocida.

Aunque en el laboratorio se obtiene una exactitud de calibramiento de $\pm 0,2^\circ\text{C}$, la exactitud de campo es reducida a $\pm 0,4^\circ\text{C}$ en el 95 % del tiempo, durante levantamientos aéreos en que se ha aplicado correcciones por efectos atmosféricos derivados de datos empíricos.

Del registro análogo se sacan los datos de temperatura superficial en forma de medias sobre cada minuto y se plotean sobre la línea de vuelo. Durante el análisis se complementa con una recopilación de toda la información de temperatura superficial que exista provenientes de boyas, buques, batitermógrafos, estaciones oceanográficas, etc. y se trazan las isotermas superficiales.

En la Figura 3 se pueden ver las isotermas medias para Febrero de 1967, las que están basadas en la temperatura media de cuadrados de un grado, com-

putadas de toda la información disponible de la recopilación ya descrita, y en las que se ha considerado toda la información de los vuelos ASWEPS de los días 13 y 14.

El batitermógrafo telemétrico consumible aerotransportado, que podríamos designar con la sigla AXBT, es una boya que no se recupera y que puede ser lanzada desde un avión en vuelo a alturas hasta de 10.000 pies. Después de entrar en el agua, la boya suelta un sensor térmico que se hunde a una razón uniforme hasta una profundidad de 1.000 pies. Las variaciones en la temperatura medidas por el sensor durante su descenso son transmitidas a la boya por un cable especial y radiados como señal de frecuencia variable al avión, donde son registradas en forma análoga sobre un inscriptor y simultáneamente digitizadas en cinta de papel perforado en código de teletipo. En su forma digital las temperaturas son muestreadas a intervalos de 20 pies hasta los 500 pies de profundidad y cada 100 pies entre los 500 pies y los 1.000 pies de profundidad. Estos sondeos térmicos tienen una exactitud de $\pm 0,25^\circ\text{C}$. y 5 % de la profundidad.

Cuando se usa el AXBT, durante aerolevantamientos de la temperatura superficial, entrega observaciones de temperatura versus profundidad, que generalmente dan una aceptable aproximación de la estructura térmica superficial. La densa información de superficie es combinada con mediciones aisladas bajo la superficie cuyas ubicaciones son determinadas en un rápido análisis, durante el vuelo, de los datos de temperatura. Esta combinación de datos provee un cuadro casi-sinóptico de la estructura térmica de las capas superiores del océano que solo sería posible obtener con un considerable y costoso levantamiento por muchos buques, empleando los métodos clásicos o una gran cantidad de boyas.

La Figura 4 muestra un estudio de este tipo en una zona limitada de océano

de 1.500 millas náuticas cuadradas, que fue efectuado con el avión ASWEPS en menos de seis horas.

Este avión oceanográfico junto con su instrumental está siendo desarrollado como parte del programa ASWEPS para dar apoyo a la flota en guerra antisubmarina. Como ventajas inmediatas está entregando nuevos tipos de sensores y un sobreflujo de información que es del mayor interés para toda la comunidad oceanográfica.

El propósito de este artículo ha sido mostrar una parte, aunque muy pequeña, de la actividad que se está desarrollando en torno a la aero-oceanografía, y principalmente llamar la atención sobre el potencial que significa el avión en el estudio de proceso oceánico.



Precursores de Nuestra Historia Naval

El 17 de marzo de 1817, cumpliendo una orden firmada por O'Higgins, el bergantín "Aguila" se hacía a la mar desde Valparaíso, llevando enarbolada la bandera de Chile que había usado el Ejército en 1813 y 1814. Lo mandaba Raimundo Morris, Teniente de Cazadores, a quien cupo el honor de ser el primero que comandara un buque de Chile libre.

Su misión era viajar a la isla de Juan Fernández, para repatriar a 78 chilenos desterrados allí por Marcó del Pont. El más joven de ellos era Manuel Blanco Encalada, que mandara la Primera Escuadra Nacional y que sería también el primer Almirante de Chile antes de cumplir los 28 años de edad.

Morris que había servido antes en la Marina Real Británica, fue entonces el primer Comandante de un buque de guerra chileno.

A su vez, el Capitán irlandés Jorge O'Brien, al abordar con tripulantes de la fragata chilena "Lautaro" a la española "Esmeralda" en las afueras de Valparaíso, la mañana del 27 de abril de 1818, cayó muerto por un tiro de fusil, poco después de haber enarbolado en la nave enemiga el pabellón nacional.

O'Brien, significa para Chile, la víctima inicial de sus glorias en el Pacífico.