

CONSIDERACIONES SOBRE EL SISTEMA MUNDIAL DE BOYAS UTILIZADO PARA EL CONOCIMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE MARINO

Estela A. Collini y Sandra Barreira

collini@ara.mil.ar

barreira@ara.mil.ar

RESUMEN

Las actividades que se desarrollan en el marco del Programa Internacional de Boyas del Atlántico Sur (ISABP, International South Atlantic Buoy Program), del cual el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) es uno de los fundadores, se detallan en este artículo. Asimismo se describen las plataformas de datos existentes y el sistema Argos de recepción y transmisión de los valores de las variables que los sensores de dichas plataformas miden.

ABSTRACT

The International South Atlantic Buoy Program (ISABP) activities are described in this article. The Argentine Naval Hydrographic Service is one of the co-founders of the ISABP. The characteristics of the acquisition platforms and the Argos data reception-transmission system are explained.

1. La ARGENTINA y los planes de investigación sobre el mar

La importancia del estudio de la circulación en el Mar Argentino reside tanto en los procesos que en él se desarrollan como en el intercambio de materiales que se producen entre el mar y el continente. La variabilidad del agua sobre la plataforma argentina es un producto del pasaje de sistemas meteorológicos, de la descarga de los ríos que producen frentes costeros, de las corrientes oceánicas que circulan más allá del talud, de las mareas, de las ondas de diferentes períodos, etc.

El Servicio de Hidrografía Naval (SHN) es, desde su creación, uno de los organismos que genera y administra el conocimiento científico y tecnológico en las áreas de oceanografía, hidrografía, biología, geología y meteorología. Como administrador, el SHN produce, almacena y manipula información marina de origen multidisciplinario. Siendo una de sus funciones asesorar a la comunidad científica y, al público en general, en el uso de datos meteorológicos, oceanográficos y de cartografía marina. Dentro de ese marco, el SHN es uno de los fundadores del Programa Internacional de Boyas del Atlántico Sur (ISABP, International South Atlantic Buoy Program), que es una iniciativa internacional fundada por Brasil, Sudáfrica

y Argentina. El ISABP fue aceptado como un Grupo de Acción Regional del Panel de Cooperación de Datos de Boyas (DBCP, Data Buoy Cooperation Panel) de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, World Meteorological Organization) y de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC, Intergovernmental Oceanographic Commission). El DBCP es un organismo que se encarga de la coordinación y la cooperación entre programas de despliegue de boyas a la deriva y, es un foro para la discusión de problemas técnicos relacionados con la operación de las boyas, incluyendo las oceánicas en altas latitudes. En la figura 1 se ve el área de influencia del ISABP dentro de los grupos mundiales de cooperación. Contribuye al Sistema de Vigilancia Mundial (WWW, World Weather Watch), al Sistema Global de Observación Oceánica (GOOS, Global Ocean Observing System) y al Sistema Global de Observación Climática (GCOS, Global Climate Observing System), y también a los programas mundiales de investigación sobre el clima.

La primer reunión del ISABP tuvo lugar en Diciembre de 1993 en Buenos Aires, Argentina. La segunda se realizó en Pretoria, Sudáfrica en Octubre de 1995, donde representantes del SHN fueron elegidos como integrantes del nuevo Comité Ejecutivo. El ISABP III en Brasil en Octubre de 1996. El ISABP IV en Trinidad y Tobago en 1997. El ISABP V tuvo lugar en Buenos Aires, Argentina, en 1998. Posteriormente se realizaron el ISABP VI en Ciudad de Cabo, Sudáfrica en 1999 y el ISABP VII en Salvador, Brasil en el 2000.

Las funciones del ISABP comprenden:

- Mantener una red de datos en el Océano Atlántico Sur usando plataformas oceánicas "in situ": estaciones meteorológicas automáticas en islas, boyas fijas y boyas a la deriva.
- Asegurar la recuperación de datos y la realización de los controles de calidad de los mismos siguiendo las directivas del DBCP y mantener las facilidades de transmisión.
- Distribuir los datos meteorológicos y oceanográficos básicos desde la red de datos, en tiempo operativo, a través del Sistema de Telecomunicaciones Global (GTS) a los Servicios Meteorológicos Mundiales.
- Organizar la base de datos obtenidas de la red y la distribución total o parcial de la misma a los participantes del programa.
- Actualizar a los participantes sobre los aspectos técnicos de los desarrollos de las boyas y los aspectos operativos de las mismas.
- Controlar la eficiencia del programa en satisfacer los requerimientos de datos de los usuarios.

Los participantes del ISABP son Servicios meteorológicos y oceanográficos mundiales, institutos de investigación y organizaciones no gubernamentales que están interesados en el Atlántico Sur y preparados para contribuir activamente en el programa. Las siguientes instituciones forman parte del ISABP:

- Servicio Meteorológico Nacional - Argentina
- Servicio de Hidrografía Naval - Argentina
- Oficina Meteorológica - Reino Unido
- Laboratorio de Oceanografía y Meteorología del Océano Atlántico – EE.UU.
- Centro Nacional de Datos de Boyas – EE.UU.
- Servicio Meteorológico - Namibia
- Dirección de Hidrografía y Navegación - Brasil
- Servicio Meteorológico - Sudáfrica
- Instituto de Investigación de Pesca - Sudáfrica
- Servicio de datos del Medio Ambiente Marino – Canadá

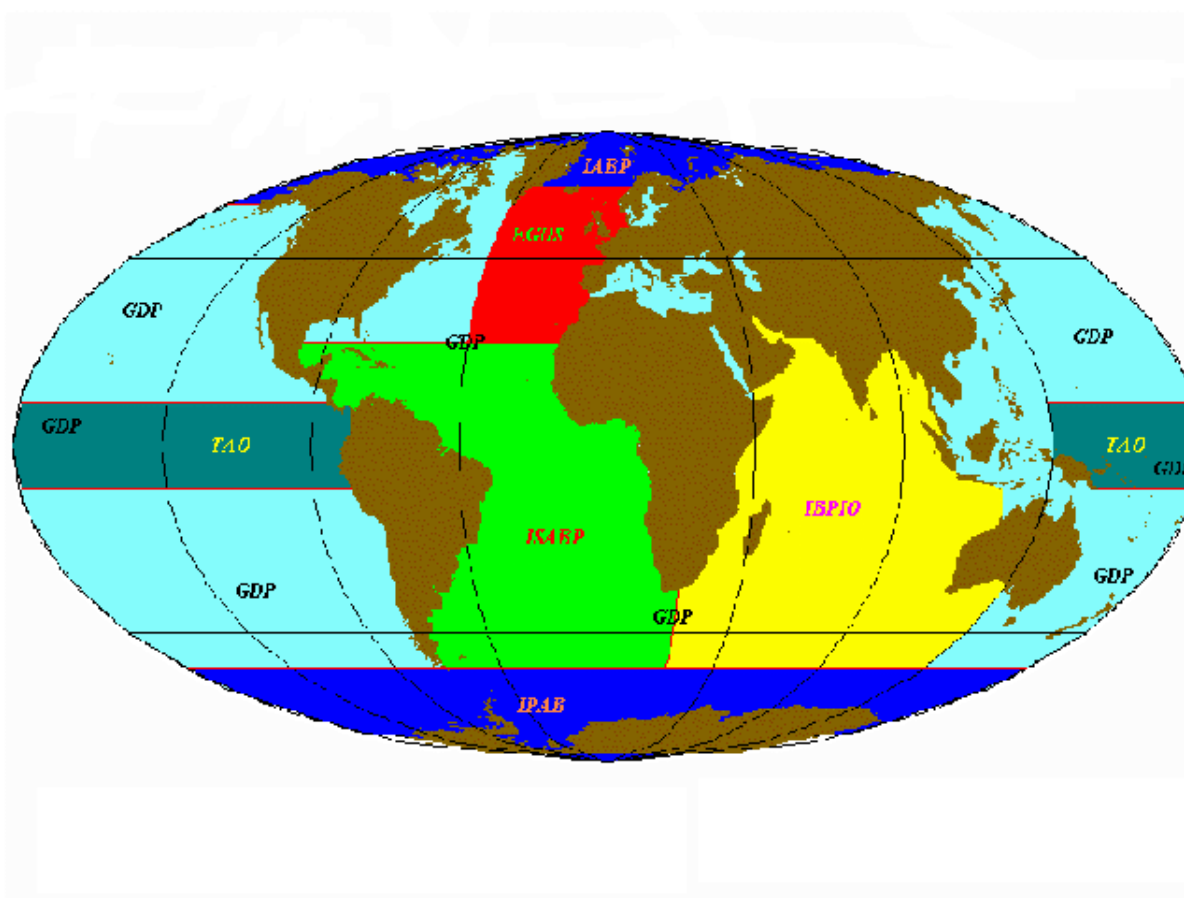


Figura 1. Distribución mundial de los grupos de acción regional del Panel de Cooperación de Datos de Boyas. Figura extraída del sitio Web del DBCP.

Descripción de los grupos participantes:

- EGOS : Grupo Europeo de Estaciones Oceánicas -1987
- IPAB : Programa Internacional de Boyas Antárticas - 1994
- IBPIO : Programa Internacional de Boyas para el Océano Índico
- TAO : Conjunto de Boyas Fijas del Programa Océano y Atmósfera de los Trópicos -1998
- IABP : Programa Internacional de Boyas del Artico - 1991
- ISABP : Programa Internacional de Boyas del Atlántico Sur - 1994
- GDP : Programa Global de Boyas a la Deriva - 1996

- Servicio ARGOS – Francia /EE.UU.
- Comando Naval de Meteorología y Oceanografía – EE.UU.
- Organización Meteorológica del Caribe
- Instituto de Hidrofísica Marina de la Academia Nacional - Ucrania
- Oficina de Meteorología – Australia
- Dirección Nacional de Meteorología - Uruguay
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - Perú
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada – Chile

2. Sistema mundial de datos de boyas

2.1. Antecedentes

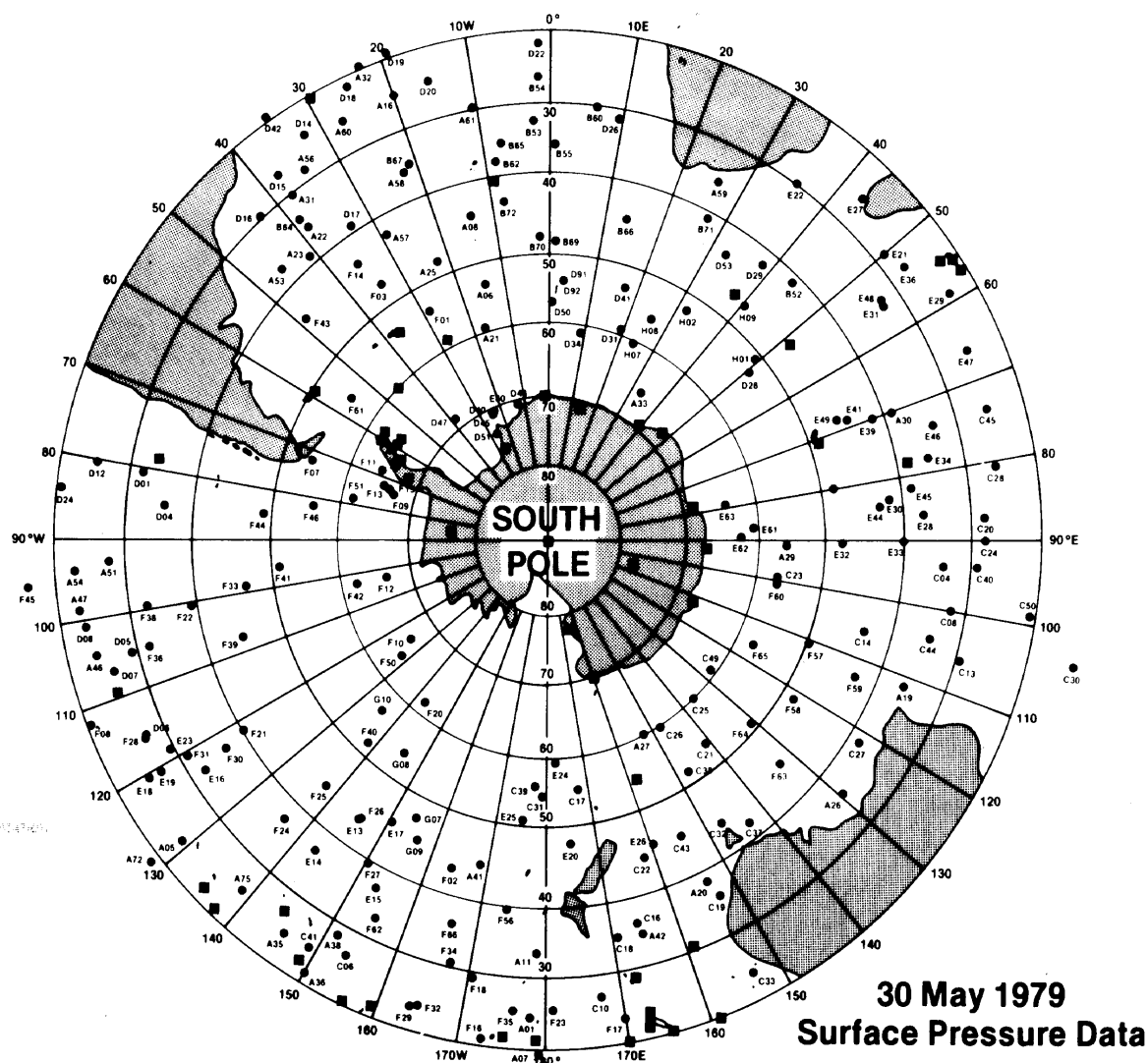


Figura 2. Boyas y estaciones sinópticas en regiones insulares y antárticas para el 30 de Mayo de 1979 correspondiente al primer experimento mundial del GARP. Los ■ son estaciones sinópticas de tierra y los ● son boyas a la deriva. Los números de estaciones o boyas encabezados con A pertenecen a Canadá ; con B a Sudáfrica ; con C a Australia ; con D a Noruega ; con E a Francia ; con F a EEUU ; con G a Nueva Zelanda y con H son estaciones del Reino Unido.

El Experimento Mundial del Clima (GWE, Global Weather Experiment), conocido como Primer Experimento Global del Programa de Investigación Global de la Atmósfera (FGGE, First Global Atmospheric Research Program (GARP) Experiment) fue realizado entre Diciembre de 1978 y Noviembre de 1979. En este programa estaban involucradas diferentes naciones cuya motivación fue

explorar las posibilidades de mejorar la predicción del comportamiento de la atmósfera mediante el uso de técnicas de observación avanzadas, capacidad de computación y modelos numéricos, que constituirían la base para diseñar el futuro sistema global de observación atmosférica.

Durante el FGGE se realizó la primera

experiencia de despliegue masivo de boyas a la deriva en el Hemisferio Sur. Se liberaron 318 boyas provistas por 8 países diferentes. Las mismas se lanzaron con paracaídas desde aviones y desde embarcaciones de diferente tipo pertenecientes a 14 países, dentro de los cuales Argentina participó con los buques de su Armada. Estas primeras boyas medían presión, temperatura de la superficie del mar y del aire sobre superficie. Con estas observaciones se lograba por primera vez una cobertura real de los campos de presión de superficie y un valor de referencia para los sondeos provenientes de satélites independientemente de cualquier modelo numérico meteorológico. Asimismo, la información de temperatura de la superficie del mar proveyó condiciones de borde en los océanos para la inicialización de los modelos numéricos. El tiempo promedio de vida de las boyas fue de un año. Este despliegue de boyas en el Hemisferio Sur fue un ejemplo inédito de cooperación internacional. En la figura 2 se puede observar la densidad de boyas desplegadas durante el FGGE para el 30 de mayo de 1979.

Las boyas son una herramienta con la cual los distintos servicios meteorológicos mundiales cuentan desde el momento que se probó su gran utilidad. Se las acepta como un medio eficiente y de costo reducido para la obtención de datos meteorológicos y oceanográficos en zonas sin observaciones habituales. Constituyen un componente esencial de los sistemas de observación marina establecidos como parte del WWW, el Programa Mundial de Investigación sobre el clima (WCRP, World Climate Research Programme), del GOOS, el GCOS y del Sistema Integrado de Servicios Oceánicos Globales (IGOSS, Integrated Global Ocean Services Systems) y otros programas de investigación y operativos en las áreas de meteorología y oceanografía.

En el sistema operativo de análisis y

pronóstico regional del Servicio Meteorológico de la Armada Argentina (SMARA), la inclusión de las boyas en la etapa de asimilación de datos se realiza diariamente en las horas principales de pronóstico. Una muestra de la densidad de las observaciones se puede ver en la figura 3.

2.2. Sistema Argos

Los datos de boyas y de otros sistemas remotos de observaciones de variables del medio ambiente se recuperan por medio del sistema Argos. Este sistema, cuyas componentes de obtención de datos se encuentran en los satélites de órbita polar de la serie TIROS-N (POES, Polar-orbiting Operational Environmental Satellites) dependientes de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y son operados por el Sistema de localización y recolección de datos satelitales (CLS, Collecte Localisation Satellite, Toulouse, France) y la empresa Service Argos Inc., funciona desde los Centros de Procesamiento Global Argos en Francia y en los Estados Unidos de Norteamérica y desde las Terminales de Usuarios Locales (LUTs) instaladas en numerosos países.

El sistema Argos localiza las plataformas fijas y móviles y recupera los datos del medio ambiente a partir de las mismas. Fue desarrollado bajo un programa cooperativo entre la Agencia Espacial Francesa (CNES, Centre National d'Etudes Spatiales, Francia), la Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio (NASA, National Aeronautics and Space Administration, EE.UU.), y la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, EE.UU.)

El sistema Argos comprende:

- Un conjunto de plataformas fijas o móviles desplegadas en el océano, tierra o aire y que transmiten cada una en forma independiente. La plataforma incluye los sensores y el transmisor (PTT, Platform Transmitter Terminal).

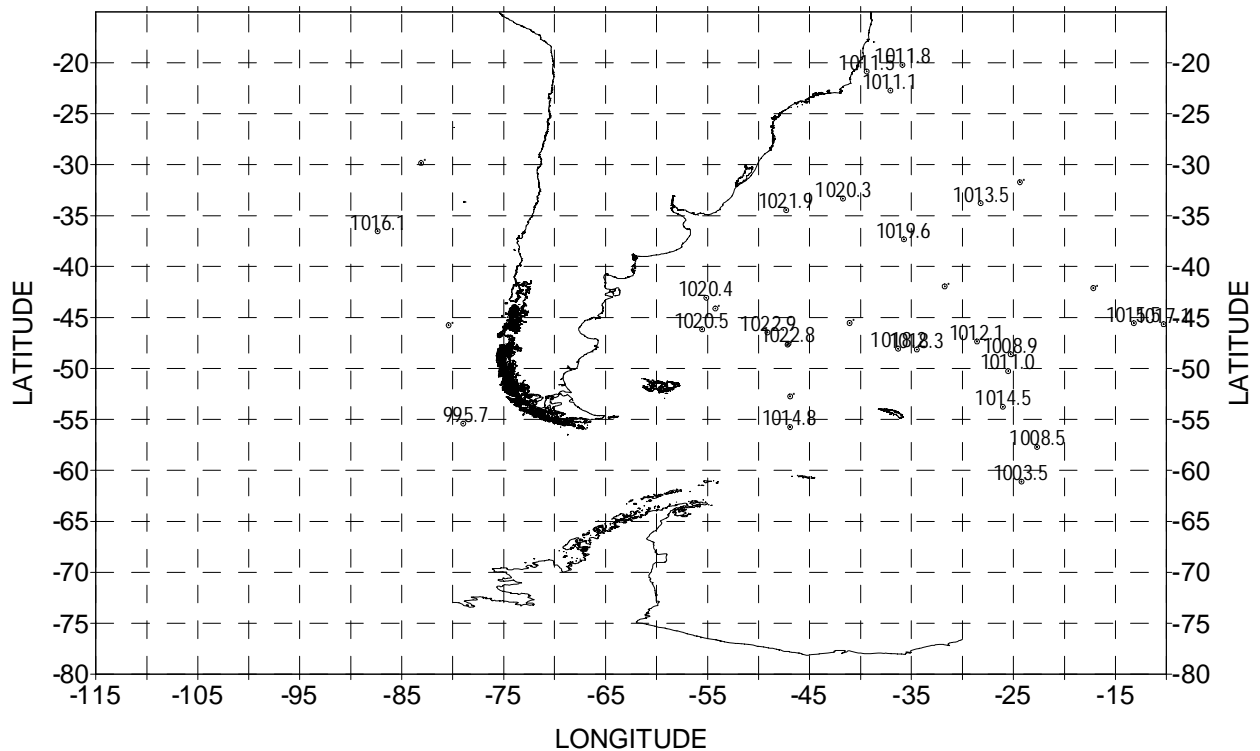


Figura 3. Mapa de la distribución de las boyas en los Océanos adyacentes de América del Sur para el día 14/03/99 y la hora 06GMT. Se observa en cada posición el valor de la presión.

- Un paquete de instrumentos ubicados en dos satélites NOAA operacionales y en dos satélites de reserva. Esos instrumentos reciben los mensajes emitidos por los PTT, los separan según el momento de la medición y formato de la misma, y lo retransmiten a las estaciones en tierra.
- Las estaciones de tierra son dos centros mundiales de procesamiento (GPC, Global Processing Centres) en Toulouse, Francia y Landover, EEUU, donde los datos son recuperados, procesados y distribuidos a los usuarios.
- El sistema Argos demostró su gran potencial para la compilación de observaciones, especialmente las provenientes de las áreas oceánicas con escasa densidad de datos.

2.3. Plataformas de datos

Las plataformas de datos se clasifican en tres grupos:

- Plataformas móviles: boyas a la deriva, buques y boyas de hielo;
- Plataformas fijas: boyas fijas y estaciones automáticas;
- Boyas de profundidad.

Las **Boyas a la deriva** tienen una larga historia en oceanografía, especialmente en la medición de corrientes. Desde 1988 se han desplegado 1500 de estas boyas en los océanos del mundo dentro de numerosos programas de estudio del medio ambiente como el Experimento Mundial de Circulación de los océanos (WOCE, World Ocean Circulation Experiment), el Programa de la Atmósfera Global y de los Océanos Tropicales

(TOGA, Tropical Ocean and Global Atmosphere Program) y el Programa de Velocidad de Superficie (SVP, Surface Velocity Program). La boya estándar desde 1991 está constituida por una plataforma flotante y un ancla del tipo Holey-Sock a 15 m de profundidad para equilibrarla. Son muy confiables y su vida promedio es de 450 días. (Ver figura 4).



Figura 4. Boya a la deriva tipo FGGE para medir viento. El Servicio Meteorológico Francés (Météo France) despliega este tipo de boya denominada Marisonde GT en el Océano Atlántico Norte para medir presión de superficie, temperatura del aire, velocidad y dirección del viento y temperatura de la superficie del mar. Los datos se recuperan en tiempo real via el sistema Argos y se insertan en el Sistema de Comunicación Global (GTS) para uso en los modelos de pronóstico numérico del tiempo. Figura extraída de un sitio Web dependiente de la NOAA.

Las **Boyas de hielo** se usan intensivamente en las regiones Árticas y Antárticas para seguir el movimiento del hielo marino y las despliegan aviones y barcos tanto de investigación como

comerciales. Están equipadas con equipos electrónicos capaces de soportar bajas temperaturas y baterías de litio.

Pueden operar en temperaturas de hasta -50° C. Algunas tienen ubicaciones fijas y otras están equipadas con un sistema de geoposicionamiento satelital que permite su ubicación precisa a través del sistema Argos. (Ver figura 5). El Programa Internacional de Boyas del Artico (IABP, International Artic Buoy Program), establecido en 1991, tiene como objetivo fundamental el mantenimiento de un conjunto óptimo de boyas de hielo con capacidad de medir las variables meteorológicas en el Artico, tanto para propósitos de investigación como operativos. Un programa similar al IABP cuyo nombre es Programa Internacional para las Boyas Antárticas (IPAB, International Program for Antartic Buoys) se creó en 1994 para la Antártida.

Las **Boyas Fijas** son plataformas de un tamaño considerable y costosas. (Ver figura 6). Si la boya presenta algún problema en el sistema de amarre esto implica la pérdida de un equipo de precio elevado y un posible peligro para la navegación. El TOGA está investigando la dinámica atmosférica asociada al fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y su importancia en la variabilidad anual del clima global. Como parte del programa del TOGA se realizaron esfuerzos para densificar el sistema de observación oceánico en tiempo real en el Océano Pacífico Tropical. Uno de los elementos en este sistema es un conjunto de boyas fijas del programa Océano y Atmósfera de los Trópicos (TAO, Tropical Atmosphere Ocean perteneciente al TOGA), para la adquisición de datos de temperatura en forma autónoma provenientes de plataformas alineados (ATLAS, Autonomous Temperature Line Acquisition System), desarrollado en el Laboratorio del Medio Ambiente Marino del Pacífico dependiente de la NOAA

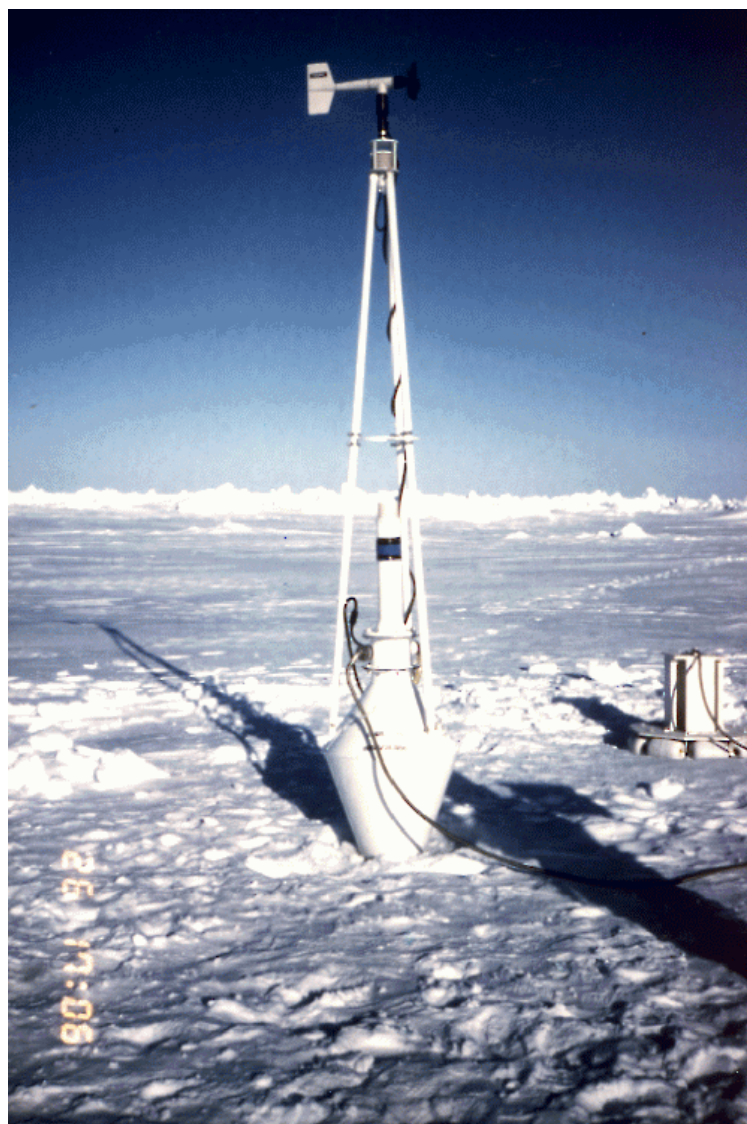


Figura 5. Boya de hielo. La boya de la foto fue desplegada por el Instituto de Meteorología de Hannover en la porción central del Mar de Weddell durante el invierno de 1989. Figura extraída de un sitio Web de la Universidad de Tasmania. Foto de J. Olf.

(PMEL, Pacific Maritime Environmental Laboratory). (Ver figura 7). Se despliegan en profundidades de hasta 6000 metros. Las mediciones incluyen variables de superficie (viento y temperaturas de la superficie del mar y del aire) y, temperaturas subacuáticas hasta una profundidad de 500 m. Los datos se transmiten a la costa en tiempo real usando ARGOS, procesados por CLS o por Service ARGOS Inc. y se distribuyen por el GTS. El procesamiento posterior a

la recuperación y el análisis de los datos se realiza en PMEL.

Las **estaciones automáticas** (AWS, Automatic Weather Station) se emplean en zonas remotas como ser Groenlandia y Antártida para recolectar datos meteorológicos. (Ver Figura 8).

Las **boyas de profundidad** son plataformas autónomas que derivan libremente obteniendo datos a

profundidad media y volviendo a la superficie para transmitir vía Argos. Argos localiza la boya en la superficie y recupera los datos guardados en su memoria. Los dos principales tipos de plataformas son ALACE (Autonomous Lagrangian Circulation Explorer) y RAFOS (SOFAR, Sound Fixing And Ranging). Los ALACE son autónomos y son localizados periódicamente por el Argos cuando salen a la superficie y mientras se mantienen en ella su deriva permite medir la corriente de superficie. Salen a la superficie cada 36 días y su vida útil es de 5 años. (Ver Figura 9). Los RAFOS son estaciones a la deriva que reciben y registran el tiempo de llegada de las señales acústicas provenientes de fuentes de sonido ancladas y hacia el final de su período útil suben a la superficie y envían los mensajes registrados a través del Argos. La vida útil de registro es de aproximadamente 2,5 años. Estas boyas se utilizan en el WOCE para medir la distribución mundial de la velocidad de las corrientes oceánicas por debajo de la región de la capa límite oceánica y de esta manera calcular con mayor precisión la velocidad media de las corrientes oceánicas. La velocidad media combinada con los datos hidrográficos permite calcular los transportes de masas de agua en las cuencas oceánicas. El objetivo del WOCE es obtener la velocidad media climatológica de las corrientes oceánicas a partir de cinco años de datos en una escala de 500 x 500 Km². Para cumplir con este requerimiento el WOCE distribuyó 225 boyas en el Atlántico, 180 en el Índico, 495 en el Pacífico y 114 en los océanos al sur de 45° S cuya vida útil es de cinco años. Los datos no se distribuyen en el GTS porque no se dispone de ellos en tiempo real.

2.4. Variables medidas por las plataformas

Las variables que se miden en las boyas incluyen uno o más de los siguientes elementos:

- presión atmosférica

- tendencia de la presión atmosférica
- velocidad del viento
- dirección del viento
- temperatura del aire
- temperatura de la superficie del mar
- temperaturas subacuáticas
- salinidad de la superficie del mar
- salinidad subacuática
- período y altura de las olas



Figura 6. Boya denominada SEAWATCH fabricada por la empresa OCEANOR de Noruega. Es una boya con múltiples sensores que miden parámetros meteorológicos, oceanográficos, de olas y de calidad del agua. Foto extraída de folletos publicados por la empresa OCEANOR.

También se pueden localizar las corrientes superficiales oceánicas a partir de la deriva de las boyas, teniendo en cuenta que se puede determinar mediante el sistema Argos la posición de las mismas.

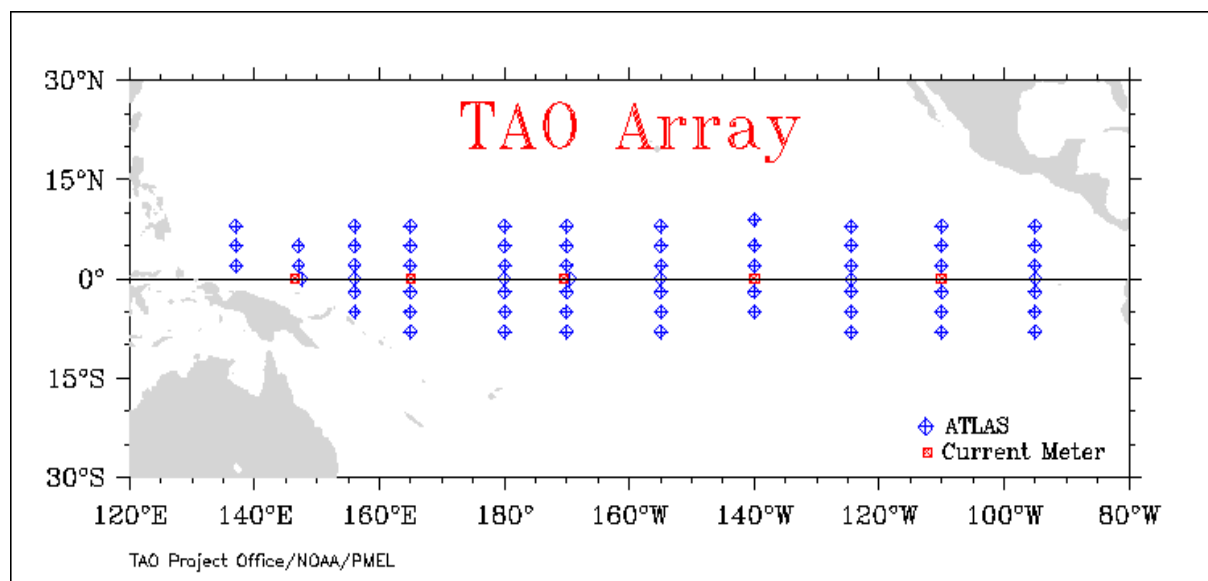


Figura 7. Ubicación del conjunto de boyas fijas desarrollado por el PMEL para el programa Océano y Atmósfera de los Trópicos (TAO). Figura extraída del sitio Web del PMEL



Figura 8. La imagen corresponde a una boya de hielo instalada como estación automática en la Isla Bouvet en febrero de 1996. Esta plataforma es operada por el Norsk Polarinstittutt, Noruega, y fue instalada por una expedición de investigación Antártica de Sudáfrica. Figura extraída de un Web site de la Universidad de Tasmania. Foto de Johan van der Merwe.



Figura 9. El ALACE es una boya de profundidad que periodicamente sube a superficie, donde es localizada por el sistema Argos. Figura extraída de la ARGOS Newsletter N° 49 de mayo de 1995.

Las observaciones del medio ambiente son muy importantes para el apoyo de las tareas operativas y de investigación que se desarrollan en los servicios meteorológicos y oceanográficos. La presión atmosférica y la dirección y la velocidad del viento se utilizan para el diagnóstico y el pronóstico del tiempo y se complementan una con la otra. Las temperaturas de la superficie del mar (SST), además de su uso en los sistemas de pronóstico, son invaluable para la industria pesquera, resultan esenciales para los algoritmos de cálculo de temperatura a partir de sensores remotos y son fundamentales para los estudios del clima. Las SST provenientes de boyas se usan para validar las aplicaciones de los sensores remotos. La temperatura del aire es importante para el estudio de la interacción mar-atmósfera y para los programas relacionados con el clima. Las observaciones de olas son importantes para la navegación. Las derivas de las

corrientes y las temperaturas subacuáticas se utilizan en las actividades oceanográficas.

Con respecto a la calidad de los datos ya se ha comprobado la confiabilidad de las mediciones de la presión de superficie, de los vientos de superficie y de las temperaturas del mar. Por este motivo, se los incluye en los sistemas de asimilación de datos que forman parte de la modelación numérica del tiempo. Los datos de temperatura del aire se utilizan con propósitos operativos aunque se miden cerca de la superficie del mar; las temperaturas del agua a distintas profundidades son de muy buena calidad y se utilizan operativamente. En el caso de las mediciones de olas automáticamente mediante sensores en las boyas, las mismas se encuentran en estado de desarrollo. Cabe señalar que interpretar la trayectoria de las boyas no es una tarea fácil. Los oceanógrafos no han establecido una relación directa entre el movimiento de las boyas y las corrientes oceánicas todavía, debido a la falta de conocimiento de la influencia del rozamiento de los vientos sobre las boyas a la deriva y de las corrientes oceánicas en los primeros metros por debajo de la superficie.

3. Consideraciones finales

Las boyas han demostrado que, en zonas de muy baja densidad de observación tales como los océanos del Hemisferio Sur, son insustituibles para la provisión de datos del medio ambiente marino a los servicios meteorológicos y oceanográficos. Dichos datos se utilizan en los sistemas de asimilación para los modelos geofísicos usados tanto en la meteorología como en la oceanografía para la investigación y el pronóstico. Dentro de este contexto los programas como el ISABP ayudan a avanzar en el conocimiento de la variabilidad climática en las regiones oceánicas del Hemisferio Sur. Este organismo con su red de observación de superficie basada en

boyas a la deriva, fijas, de hielo, etc., con su sistema de validación de datos y de transmisión de los mismos vía Argos contribuye a resolver los interrogantes que se presentan en las ciencias del mar y de la atmósfera. La responsabilidad del SHN dentro del ISABP como coadministrador

de los datos de boyas en el Atlántico Sur, permitirá la integración de dichos datos al enfoque multidisciplinario con el cual hay que aproximarse al conocimiento del Mar Argentino.

Referencias

- *Publicación electrónica:* www.dbcp.nos.noaa.gov/isabp
- *Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1998-2000, Gabinete Científico-Tecnológico de la Presidencia de la Nación (GACTEC).*
- *ARGOS Newsletter Nro. 49, Mayo 1995.*
- *Proceedings of the First National Workshop on the Global Weather Experiment, Data Systems and Quality, Buoy Systems During the FGGE, Volume II, Part I, pp 37-50, Woods Hole, Massachusetts, EEUU, July 9-20, 1984.*