

Consideraciones sobre las frecuencias de muestreo de la temperatura superficial del mar en sensores remotos e instrumentos “*in situ*”.

C. Barrera, M.J. Rueda, J. Pérez-Marrero, M. Villagarcía, L. Maroto, E. González, B. Martínez y O. Llinás.
carlos@iccm.rcanaria.es

Dpto. de Oceanografía, Instituto Canario de Ciencias Marinas, Apto. 56, Telde, 35200, Gran Canaria

Resumen

Se presenta una comparativa de resultados derivada de la observación del parámetro temperatura superficial del mar (SST) en el entorno de Canarias. Los sistemas de observación utilizados responden a sensores AVHRR integrados en los satélites de NOAA, observaciones oceanográficas convencionales con sistema CTD/Roseta, boyas ancladas y de deriva. El aumento de las diferentes frecuencias de observación ofrecidas por los sistemas mencionados, no pretende como objetivo realizar un ejercicio de calibración/validación, sino un esfuerzo de entendimiento del significado específico y en conjunto, que proporcionan cada uno de los métodos de observación oceanográficos disponibles actualmente, en consonancia con los protocolos propuestos por GOOS (Global Ocean Observing System) en materia de observación del medio marino.

1. Introducción

Desde la puesta en operación de los sensores de SST en satélites, a la gran capacidad de observación sinóptica inherente se le añadió el valor de la alta frecuencia de observación que proporcionaban, dado que en ese tiempo, la capacidad de observación continuada de la SST, y en general de cualquier parámetro o propiedad oceánica, se limitaba a las medidas realizadas en zonas muy próximas a tierra o a estructuras litorales como puertos plataformas. De todos ellos, probablemente fue la medida del nivel del mar la propiedad que acumuló un conjunto más amplio y generalizado de datos en el ámbito internacional.

El desarrollo tecnológico de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones, ha propiciado la generación de un enorme, variado y complejo conjunto de sistemas autónomos, mediante los cuales medir de forma precisa, a diferentes frecuencias y en casi cualquier lugar y profundidad, un elevado número de parámetros y propiedades características del medio marino.

Se plantea mediante esta comunicación presentar la comparación de resultados derivados de la observación de la SST en el entorno de Canarias, desde diferentes plataformas de observación, tales como sensores AVHRR que equipan los satélites de NOAA, observaciones oceanográficas convencionales mediante sistema CTD/Roseta, boyas ancladas y de deriva (NOAA *drifters*).

La observación continuada y coordinada a través de diferentes plataformas y sistemas de monitorización, permite el desarrollo de sinergias, capaces de aportar un valor añadido a los datos obtenidos por cada uno de los sistemas. De este modo, se hace posible disponer de información de utilidad e interés para el desarrollo de modelos de pronóstico y diagnóstico, lo cual guarda estrecha relación con los fundamentos de la oceanografía operacional propuesta por los estándares internacionales de GOOS.

2. Metodología

El modelo de boya oceanográfica *SeaWatch*, constituye una plataforma autónoma estable en la cual integrar una serie de sensores y demás instrumentos para la medida y monitorización en tiempo real de determinados parámetros de interés del medio marino [1].

El despliegue, mantenimiento y explotación de estos aparatos en España hasta la fecha, constituyen el núcleo principal del proyecto RAYO (Red de Alerta y Observación) de Puertos del Estado. Concretamente, dos unidades de boya *SeaWatch* pertenecientes a la Red de Aguas Profundas RAYO [2], han sido las utilizadas para la elaboración de este trabajo.

La boya consta de una parte central lenticular, la cual proporciona flotabilidad a la vez que aloja el ordenador y demás sistemas electrónicos; y de tres mástiles o soportes verticales de 6 metros de largo, ubicados de tal forma que la mitad de su longitud queda por encima de la superficie del agua (soporte de sensores meteorológicos) y la otra mitad por debajo (sensores oceanográficos). La longitud total de la boya es de 6.5 metros, con un diámetro de 1.8 metros y un peso aproximado de 700 kgs.

Para la elaboración de este trabajo se han utilizado datos de SST proporcionados por dos estaciones-boyas SeaWatch (Aanderaa 3211. Rango: -5°C a $+32^{\circ}\text{C}$; Precisión: $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$) ubicadas en el Archipiélago Canario, y pertenecientes a la Red de Aguas Profundas RAYO. Concretamente, se trata de la boya de Gran Canaria ($28^{\circ} 11.4' \text{ N}$ y $015^{\circ} 48.6' \text{ W}$) y la boya de Tenerife (28° N y $016^{\circ} 34.8' \text{ W}$), ancladas sobre un fondo de 710 m. y 780 m. de profundidad respectivamente.

Con una frecuencia de muestreo horaria [3], la serie de datos de SST analizada tiene como inicio las 16 horas del 1 de Abril de 1998, momento en el cual tiene lugar la puesta en operatividad de la boya de Tenerife, sincronizándose de esta forma, con la previa operatividad de la boya de Gran Canaria (Junio 1997), siendo su finalización el 30 de Septiembre de 2003 a las 23 horas.

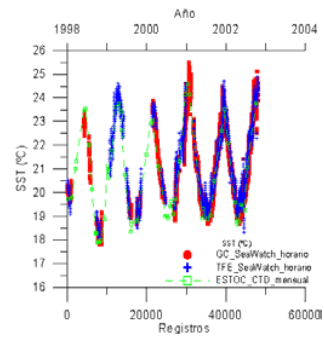
Los datos de SST de AVHRR, han sido extraídos de la base multiparamétrica [4] perteneciente al sistema de monitorización integrado para la región Macaronésica, SIMOM (ver J. Pérez-Marrero et al, en esta publicación). Las series de datos para los puntos geográficos observados, hacen referencia a promedios semanales previamente tratados y disponibles en la mencionada base.

Para llevar a cabo la comparación entre datos de satélite y datos “in-situ” derivados de medida con sonda CTD, se eligió la Estación Europea de Series Temporales Oceánicas de Canarias (ESTOC), situada en la posición ($29^{\circ}10 \text{ N}$, $015^{\circ}30 \text{ W}$). Dichos datos se derivan del muestreo mensual llevado a cabo por el Departamento de Oceanografía del ICCM en dicha estación desde el año 1994, siendo varios los modelos de sonda utilizados (NB-MkIII, FSI, Idronaut 316, SIS-1000 y SBE-911-Plus).

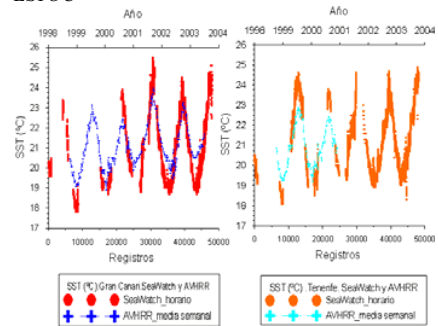
Paralelamente y con frecuencia mensual, en ESTOC se lleva a cabo desde febrero de 1998 hasta la actualidad el lanzamiento de boyas derivantes (*NOAA drifters*). Dichas boyas constan de un dispositivo cilíndrico dotado de una draga sumergida, de 15 metros de longitud, lo que las hace útiles para seguir el movimiento de las masas de aguas superficiales. Mediante ARGOS, se capta su posición y los datos de SST con una frecuencia de cuatro datos diarios.

3. Resultados y Discusión

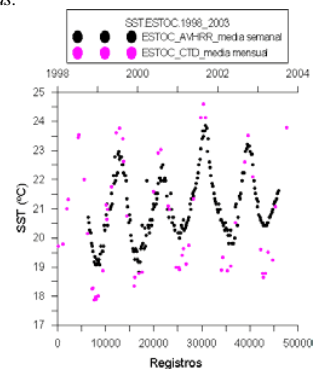
Los primeros resultados derivan de representar de manera combinada las series de datos obtenidas a partir de los diferentes sistemas de medida usados, con sus correspondientes y habituales frecuencias de muestreo.



- Figura 1: Superposición de las medidas de SST horarias de boyas SeaWatch y los valores mensuales de SST obtenidos con sonda CTD en ESTOC



- Figura 2: Series de AVHRR (medias semanales) de las posiciones SeaWatch sobre series de SST (frecuencia horaria) proporcionadas por dichas boyas.



- Figura 3: Serie temporal de SST en ESTOC, con medias semanales de AVHRR frente a valores mensuales de CTD.

Las correspondientes correlaciones que se obtienen al comparar las diferentes series de datos obtenidas son:

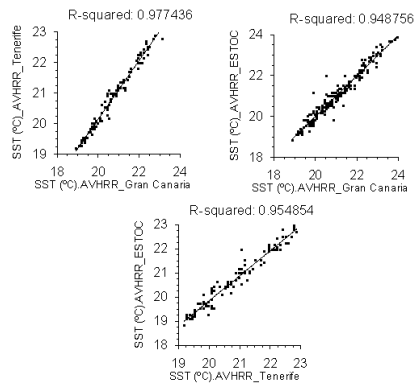


Figura 4: Correlaciones derivadas de las series temporales mostradas en la Figura 1.

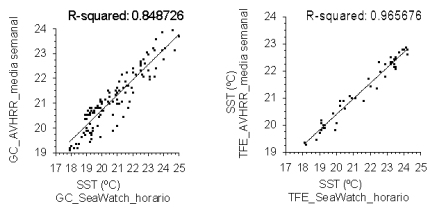


Figura 5: Correspondientes correlaciones derivadas de las series de SST de la Figura 2.

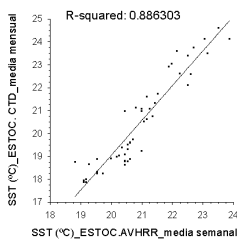


Figura 6: Correlación resultante entre los datos mensuales de CTD y los promedios semanales de AVHRR en la posición ESTOC, según Fig. 3.

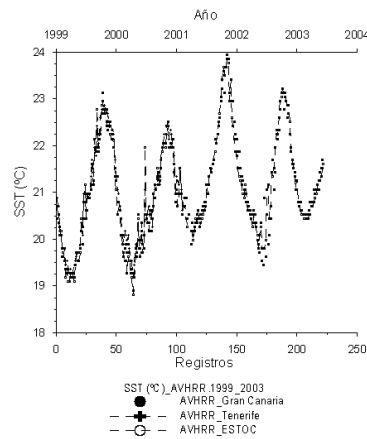


Figura 7: Serie Temporal de SST de AVHRR medias semanales para las posiciones ESTOC y SeaWatch de Gran Canaria y Tenerife.

La comparación entre los datos extraídos de las observaciones de los promedios semanales de AVHRR para los tres puntos, señalan una correlación alta, derivada de los esfuerzos de calibración y procesado de las imágenes de satélite [5]. El efecto de suavizado que se deriva del proceso de cálculo de los promedios alcanza a justificar las diferencias con la observaciones obtenidas desde las boyas ancladas y están ligadas a la hora de observación (su frecuencia horaria de muestreo permite medir los máximos y mínimos diarios característicos del ciclo solar). En el caso de las observaciones obtenidas con CTD, la naturaleza del efecto de suavizado si debe proceder del cálculo, por cuanto este tipo de muestreo singular tampoco tiende a registrar los extremos diarios.

3.1. Análisis de la Distribución de las Series de Datos

Se consideran para dicho análisis las series de promedios semanales de SST de AVHRR en las posiciones SeaWatch_GC y SeaWatch_TFE, así con las diferencias existentes entre AVHRR y SeaWatch (ambos promedios semanales), y las de AVHRR y CTD (promedios mensuales para ambos).

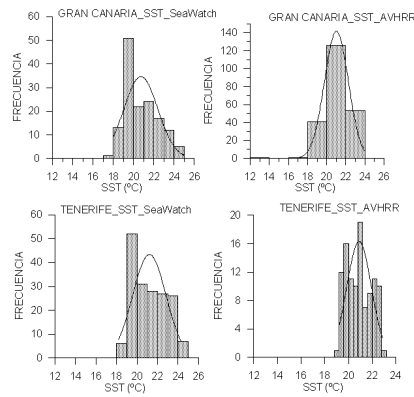


Figura 8: Promedios semanales de los valores horarios de SST proporcionados por las boyas SeaWatch de Gran Canaria y Tenerife.

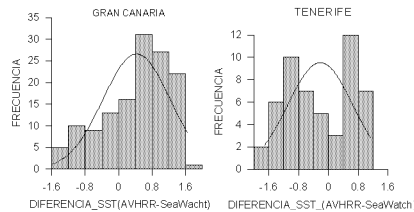


Figura 9: Diferencias AVHRR-SeaWatch en las posiciones de Gran Canaria y Tenerife.

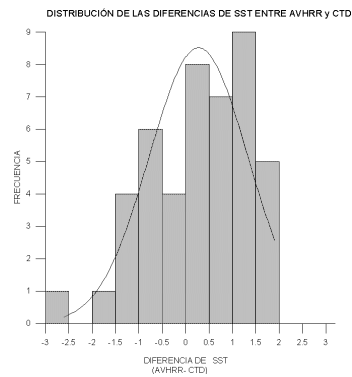


Figura 10: Diferencias AVHRR-CTD en la posición ESTOC.

La comparación de las observaciones de las boyas derivantes es buena en general dependiendo de la

concentración de aerosoles y con la posición geográfica (también relacionada en este área con los aerosoles). En estos casos se consigue una mejora sustancial con el uso del método basado en medias deslizantes.

La disponibilidad simultanea de una larga serie temporal de observaciones de SST desde satélites en distintas aproximaciones metodológicas, junto con observaciones “in situ” realizadas con boyas fondeadas y derivantes, así como con CTD, ha permitido superar muchas de las limitaciones características intrínsecas a cada uno de ellos, aprovechando la complementariedad que se genera de un proceso sólido y riguroso continuado de análisis, como el presentado en esta comunicación.

La concentración de observaciones de SST que se ha venido realizando en el entorno de Canarias, con la mayor diversidad instrumental posible, en los niveles de precisión mas alto disponibles para cada una de las metodologías, permite la generación de nuevas herramientas derivadas de combinaciones específicas para cada caso que incluyen modelos dedicados para la obtención de valores fiables en escenarios y circunstancias donde la observación directa no es posible.

4 Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecen de manera especial la gestión y colaboración llevada a cabo por parte de los miembros del Departamento de Clima Marítimo de Puertos del Estado.

5. Referencias

- [1] Hamilton, G.D. “Guide to Moored Buoys and other Ocean Data Acquisition Systems”, WMO.750, (1990)
- [2] Álvarez, E., Alfonso, M., Rodríguez, I. “The Rayo Network: Implementation and First Results”, International Offshore and Polar Engineering Conf., Vol III, Seattle, (2000).
- [3] McPhaden, M. J., et al. “The Tropical Ocean-Global Atmosphere Observing System: A Decade of Progress”, Journal of Geophysical Research, vol.103, C7, pp. 14, (1998).
- [4] Busalacchi, A.J. “Data assimilation in support of tropical ocean circulation studies”, Modern Approaches to Data Assimilation in Ocean Modeling, Elsevier Sci., New York, pp. 235-270, (1996).
- [5] McClain E. P., Pichel W.G., Walton, CG. “Comparative Performance of AVHRR Based Multichannel Sea Surface Temperature”, Journal of Geophysical Research, vol. 89, C3, pp. 3655-3661, (1985).