

Asignación de profundidad significativa a las observaciones remotas de la temperatura superficial del mar

J. Pérez-Marrero*, A. Cianca*, R. Santana*, E. Pérez-Martell**, M.J. Rueda* y O. Llinás**

jpmarrero@iccm.rcanaria.es

* Instituto Canario de Ciencias Marinas. Telde, Gran Canaria.

** Departamento de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

RESUMEN

Se asigna una profundidad efectiva para las medidas de temperatura superficial del mar obtenida mediante AVHRR en aguas del Atlántico Centro-Oriental. Las distribuciones espaciales de temperatura a cierta profundidad puede definirse por satélite. En la mesoescala (1° mes) y para una precisión absoluta de 1°K. se encuentra que el espesor de la capa homogénea varía entre unos 100 m en febrero aproximadamente 20m de septiembre.

PALABRAS CLAVE: AVHRR, XBT, temperatura, Atlántico Centro-Oriental, capa homogénea.

ABSTRACT

Using a 11 years time series of monthly mean AVHRR sea surface temperatures and a comparable time series of XBT data for Central Eastern Atlantic, a representative depth is assigned to satellite measurements. At mesoscale (1 degree, month resolution) the thickness of the homogeneous surface layer varies from approximately 100 m in February to only 20 m in September, for an accuracy of 1K in the temperature determination.

KEY WORDS: AVHRR, XBT, temperature, Central Eastern Atlantic, homogeneous layer.

INTRODUCCION

La temperatura superficial del mar determinada mediante sensores remotos ha demostrado ser uno de los parámetros geofísicos más importantes entre los que se determinan usando técnicas de teledetección, debido fundamentalmente a su alta cobertura espacial y temporal, que permite abordar el estudio de fenómenos oceánicos de alta frecuencia con una muy alta densidad de muestreo. La mayor limitación de esta técnica estriba en que en rigor sólo es representativa de una capa extremadamente delgada, de dimensiones moleculares, denominada capa de piel del océano cuya emisión en onda larga da lugar, tras el oportuno tratamiento (calibración radiométrica y corrección atmosférica) a los mapas de temperatura superficial del mar. Esta película sufre continuamente procesos de generación destrucción, a la vez que funciona como interfase en el intercambio de calor entre la atmósfera y el océano.

En general podemos considerar que la temperatura teledetectada es representativa de una capa superficial bien mezclada, de propiedades físicas bastante homogéneas debido a los fenómenos de mezcla turbulenta impulsados básicamente por el oleaje y los procesos convectivos; si bien en la capa más superficial se dan a menudo efectos de acumulación o defecto térmico debido a procesos rápidos de intercambio de calor con la atmósfera.

En este trabajo se aborda el problema de la estimación de la temperatura marina a cierta profundi-

dad a partir de los datos de satélite, haciendo uso de información detallada de las condiciones hidrográficas reales de la columna de agua superficial (0-200 m). La resolución espacial que ofrecen los sensores remotos va a permitir utilizarlos para estimar las distribuciones, en la columna de agua, de múltiples parámetros condicionados por la temperatura.

Siempre que se verifique una buena correlación entre las temperaturas estimadas mediante satélite y las observadas in situ, podemos definir la profundidad significativamente representada por las observaciones remotas como: el espesor de la capa vertical homogénea que queda representada por la temperatura superficial; esto es que difiere menos de una cierta cantidad e con respecto a la temperatura superficial. Por su parte el error asociado a esta estimación es una función de la resolución y de la precisión del sensor.

La determinación de la profundidad representada junto con el grado de precisión con el que se puede estimar son el objetivo de este trabajo. El problema se aborda mediante el uso conjunto de datos de temperatura superficial del mar a partir del sensor AVHRR, utilizando un algoritmo tipo split window; y de perfiles de temperatura medidos in situ utilizando XBT (batitermógrafos desechables) que conforman la verdad del terreno. En el estudio se presentan algunos resultados a mesoescala. a partir de observaciones mensuales sobre una cuadrícula de aproximadamente 110x110 km (1°x1°).

MATERIAL Y METODO

Datos de satélite: consiste en una serie global de 11 años (1985-1995) de temperatura media mensual a partir del sensor AVHRR, proporcionada por el programa Ocean Pathfinder conjuntamente desarrollado por NOAA y NASA. Se emplearon algoritmos MCSST (Rao, 1992) que mejor se ajustan respecto a un conjunto de boyas derivantes que miden la temperatura aproximadamente a 1 m de profundidad por todo el océano (McClain et al., 1985; Reynolds, 1991). Los datos originales con una resolución espacial de 0.20° latitud x 0.200 de longitud se promediaron para obtener valores que corresponden a 1° latitud por 1° longitud por mes para toda la serie. Se extrajeron de ésta valores entre Gran Canaria y la costa noroccidental africana, englobando por tanto dos ambientes diferentes desde el punto de vista oceanográfico: aguas oceánicas próximas a las islas yaguas donde dominan los efectos del afloramiento costero próximas a África.

Perfiles de temperatura in situ: En este caso corresponden a un transepto de 10 estaciones XBT que se realizó desde el Buque Hospital Esperanza del Mar mensualmente durante 8 años (1988-1995), cubriendo desde el paralelo 28°N al 26°N sobre la longitud de $15^\circ 15' \text{W}$ (Llinás et al, 1996). Los datos correspondientes a cada grado latitudinal se promediaron para obtener una serie temporal mesoescalar comparable a la MCSST anterior (1° , -mes).

El sistema perfilador de temperatura XBT opera básicamente como un termistor en caída libre con un tiempo de respuesta característico de 0.63 s, lo que equivale a una profundidad para el primer dato de calidad de unos 4.08 m si se asume una velocidad de caída constante de 6.31 m S-1 (Bodeus y Krause, 1993). Así es que los datos obtenidos a profundidades menores deben tomarse con precaución.

Patrones estacionales: se calcularon los años promedio, o años típicos, de mesoescala a partir de cada una de las series temporales de temperatura. Con esto se cancelan los variaciones de alta frecuencia que se atribuyen a: la diferente naturaleza de los dos tipos de muestreo, las diferencias en la cobertura temporal a menor escala ya la presencia de valores extraños. Para eliminar estos últimos se desecharon los dos quintiles extremos. De esa manera se han obtenido los patrones estacionales y las variaciones interanuales de cada uno de los conjuntos de datos que son los que se comparan entre sí.

RESULTADOS Y DISCUSION

Mesoescala:

El análisis de densidad espectral de la serie de 11 años de temperatura mesoescalar muestra claramente que la señal con periodo entre 11 y 13 meses es la de mayor importancia, tanto en aguas oceánicas como en las que están influenciadas por el afloramiento. En el primer caso se le puede atribuir aproximadamente el 60% de la varianza total de la serie, mientras que en aguas de la costa noroccidental africana, en las que el fenómeno de upwelling está presente durante todo el año, el porcentaje de varianza explicado está en torno al 34% (Pérez-Marrero, 1998).

Precisión de la estimación MCSST

La estimación de la temperatura mediante el AVHRR a la escala anual presenta un importante grado de correlación lineal con la que se obtiene de los XBT en superficie T_{0m} $r^2=0.98234$, que se mantiene por encima de 0.98 hasta los 12 m aproximadamente. En cuanto a la diferencia media entre la temperaturas estimada por el AVHRR y T_{0m} es de 0.25°C (0.26°C con respecto a T_{5m}) manteniéndose por debajo de 0.5°C hasta profundidades del orden de 30m.

En el patrón anual la diferencia cuadrática media entre T_{0m} y T_{5m} es de 0.08°C con un coeficiente de regresión lineal entre ambas medidas $r^2=0.99916$.

Esta variabilidad está asociada a los procesos rápidos de intercambio de calor a través de la interfase

(La diferencia media entre T_{0m} y T_{10m} es de 0.1478°C ($r^2=0.99825$) y es, a la escala tratada, inferior al error medio de la estimación satelital. En consecuencia la precisión absoluta con la que se puede estimar la temperatura de la columna de agua (T_{5m}) utilizando el sensor AVHRR es de 0.5 K.

Profundidad de la capa superficial:

La profundidad de la capa homogénea superficial se ha definido como aquella en que las diferencias térmicas respecto de la temperatura superficial se mantienen por debajo de 1K (Houghton, 1991). Utilizando por ejemplo un valor para e de 0.5°K , obtenemos la profundidad representada por la observación satelital con un error menor que 1K, (Figura 1). Esto es una precisión mas que aceptable para muchos procesos oceanográficos condicionados por la temperatura.

Los resultados de profundidad representada por la observación satelital con precisión de 1°C en aguas oceánicas del Atlántico Centro Oriental a lo largo del año promedio (o año típico) se representan en la Figura 2. Entre enero y abril la profundidad de la capa homogénea es máxima, alcanzando valores superiores a 100 m en febrero. En septiembre el espesor representado a esta escala por la distribución es aproximadamente 20 metros.

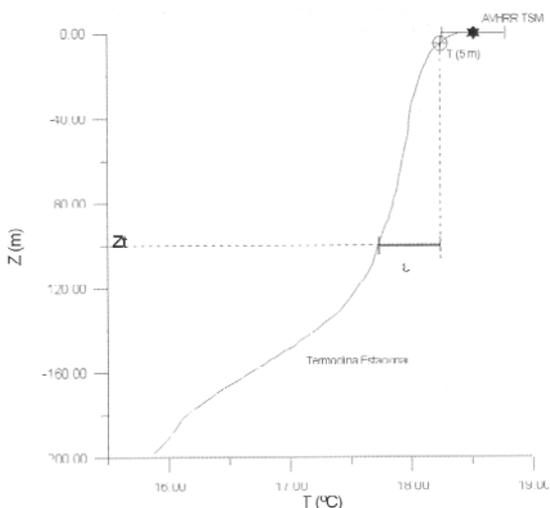


Figura 1. Esquemática de la relación entre la temperatura medida por el AVHRR (estrella) y la temperatura de la columna de agua y el nivel de precisión que se obtiene.

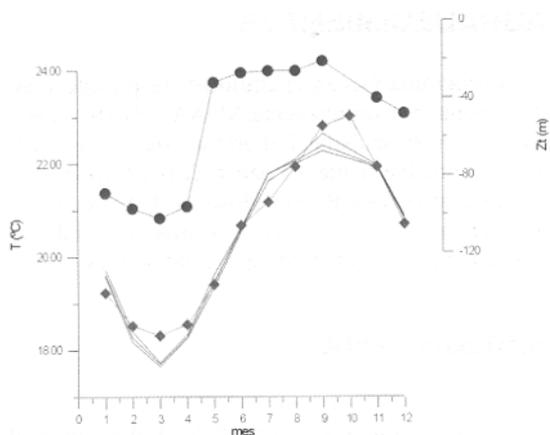


Figura 2. Patrones anuales de temperatura: para 0,5 y 10 m en líneas continuas y para el AVHRR con rombos. Sobre el eje derecho y con círculos: profundidad de la capa homogénea respecto a T_{5m} para $\epsilon=0.5^\circ\text{C}$.

CONCLUSIONES:

La temperatura derivada del sensor AVHRR para el patrón estacional es consistente con la que se midió in situ mediante XBT, con un error absoluto inferior a 0.5K tanto para 0 m como para 5 m de profundidad.

Los efectos de acumulación o defecto de calor a esta escala entendidos como la diferencia media entre T_{0m} y T_{10m} son inferiores a la precisión absoluta con la que se estima la temperatura del mar mediante el algoritmo MCSST.

Se pueden inferir distribuciones térmicas a distintas profundidades a través del uso de imágenes de satélite, siempre que se conozca el modelo de variación de la temperatura con la profundidad. El grado de precisión con el que se pueden visualizar las distribuciones profundas será siempre igualo superior a la suma de dos términos: el error de la

observación satelital + el criterio de homogeneidad de la capa superficial que se adopte e.

Este nivel de precisión es aceptable para algunos parámetros de interés como la tasa máxima de fijación de carbono en la columna de agua, de la que depende la productividad primaria de las aguas (Behrenfeld y Falkowsky, 1997). De manera que se pueden desarrollar modelos válidos para la determinación de la distribución espacial de temperatura a cierta profundidad a partir de las medidas superficiales proporcionadas por los satélites apoyadas en cualquier caso por medidas realizadas sobre el terreno.

AGRADECIMIENTOS

Al programa Oceans Pathfinder auspiciado conjuntamente por las agencias NOAA y NASA a través del Jet Propulsion Laboratory que ha proporcionado amablemente los datos AVHRR utilizados.

Al personal del Buque Hospital Esperanza del Mar del Instituto Social de la Marina su colaboración en el lanzamiento de las sondas XBT.

BIBLIOGRAFIA

- RAO, C. R. N. 1992 Aerosol radiative corrections to the retrieval of sea surface temperatures from infrared radiances measured by the advanced high resolution radiometer (AVHRR). *International Journal of Remote Sensing*. 13: (9),1757-1769.
- MC CLAIN, E. P., PICHEL, W. G. y WALTON, C. G. 1985. Comparative performance of AVHRR based Multichannel Sea Surface Temperature. *Journal of Geophysical Research*. 90 (6): 11587-11601.
- REYNOLDS, R. W. 1991. Sea surface temperature analysis from in situ and satellite data. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology (global and planetary change section)*. 90: 183-187.
- LLINÁS, O., RUEDA, M. J., GONZÁLEZ-MUÑOZ, A., SANTANA, R., PÉREZ-MARRERO, J., PÉREZMARTELL, E., RODRÍGUEZ, C., CIANCA, A., DELGADO, E. y CLEMENTE-COLÓN, P. 1996. *Diez años de observaciones desde el BIH Esperanza del Mar*: Infonnes técnicos del Instituto Canario de Ciencias Marinas. n° 2, 80 págs.
- BUDÉUS, G. y KRAUSE, G. 1993. On-cruise calibration of XBT probes. *Deep Sea Research*. 40 (7): 1359-1363
- PÉREZ-MARRERO, J. 1998. *Aplicación de la radiometría in/arroja a las observaciones oceanográficas en el Atlántico centro oriental*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 198 págs.
- HOUGHTON, R. W. 1991. The relationship of sea surface temperature to thermocline depth at annual and interannual time scales in the tropical atlantic ocean. *Journal of Geophysical Research*. 96 (c8): 15173-15185
- BEHRENFELD, M. J. y FALKOWSKY P. G. 1997. A consumer's guide to phytoplankton primary productivity models. *Limnology and Oceanography*. 42 (7): 1479-1491.