

EFFECTO DE LOS AEROSOLES SAHARIANOS SOBRE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DETECTADA POR SATELITE.

J. Pérez-Marrero*, O. Llinás* y P. Clemente-Colón*

*Instituto Canario de Ciencias Marinas. Apdo, 56, Telde, 35200, Gran Canaria.

*NOAA-NESDIS, Office of Research Applications, Washington E RA-13

ABSTRACT: A set of four drifting buoys equipped with sensors for measuring sea temperature, air pressure and air temperature were deployed south of the Canary Islands on June 16th 1990. Measurements taken from these drifter are used to validate SST measurements from NOAA-11 satellite for the same period. It has been found a good agreement between both temperatures Although in two periods (3-4 days long) large deviations in the satellite were found. These were inversely proportional to the air-sea temperature difference and attributed to large amounts of tropospheric aerosols from the Saharan Desert.

INTRODUCCION

De manera rutinaria, las temperaturas de la superficie del mar obtenidas por los satélites polares de la serie NOAA, son ajustadas por regresión frente a temperaturas in situ obtenidas de boyas a la deriva, de anclajes y de barcos de oportunidad. [1]

Un conjunto de cuatro de estas boyas [2] derivantes equipadas con sensores para la medida de la temperatura del agua, aproximadamente a 1m de profundidad, la temperatura del aire, aproximadamente a un metro de la superficie y la presión atmosférica fue lanzado desde avión el 16 de junio de 1990 al sur de las Islas Canarias (fig.1). Los datos obtenidos por estos sensores se transmitieron mediante el sistema ARGOS en el que se incluyen los satélites de la serie NOAA que a su vez registran a través del AVHRR la temperatura superficial del mar.

En el análisis global de temperaturas que se realizan en la NOAA este conjunto de boyas se desecharon por su posible contaminación por aerosoles [3]. La comparación de estos datos con la Temperatura Superficial del Mar determinada según el algoritmo multicanal Strong y Mc Clain, 1984 [4].

MATERIAL Y METODO:

Se han empleado los registros de todos los sensores instalados en las boyas correspondientes a su periodo de vida útil (Tabla I). Se realizó una búsqueda de imágenes en los archivos de cobertura local (LAC) en la oficina de investigación y aplicaciones (ORA) de NOAA en Washington. Un total de 19 imágenes razonablemente libres de nubes se encontraron

cubriendo el periodo del 20 de junio al 21 de julio.

Las imágenes encontradas fueron procesadas para TSM siguiendo el algoritmo multicanal de Strong y McClain de 1984:

$$TSM = -283.21 + 1.0346 \cdot T_a + 2.5779 \cdot (T_a - T_s)$$

Finalmente las escenas se georreferenciaron en una proyección cónica conforme de Lambert dando lugar a mapas de temperatura de la superficie del mar con resolución espacial de $2 \times 2 \text{ km pixel}^{-1}$. Asumiendo una

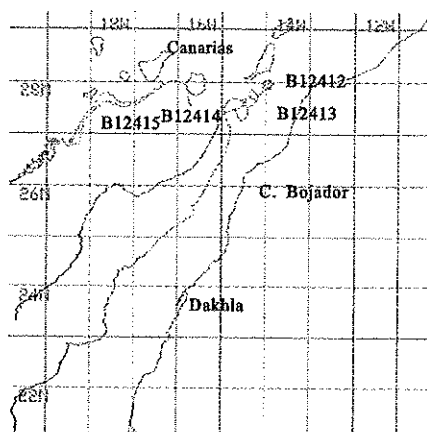


Fig.1: Trayectorias de las cuatro boyas consideradas.

precisión en la determinación de la temperatura del orden de 0.5°C [5].

El tiempo central del pase del satélite define el criterio de búsqueda sobre la base de datos de las boyas, eligiendo de esta el más próximo en el tiempo, las coordenadas de este registro, convenientemente transformadas se toman como centro de una ventana de 3×3 pixels sobre la imagen de la que se extraen los valores digitales.

Aunque para la determinación de la temperatura superficial del mar se sigue un esquema riguroso en la detección de nubes [6]. Se ha señalado la existencia de casos en que nubes bajas o cantidades moderadas de aerosoles troposféricos con propiedades radiativas homogéneas no son detectados por estos filtros de eliminación.

En cada ventana extraída se aplican unos criterios de selección: Las ventanas con temperatura media inferior a 15°C son eliminadas del análisis, a su vez las ventanas que presentan una desviación estándar superior a 2 unidades digitales (0.3°C aprox) se eliminan ya que se consideran contaminadas por nubes de tamaño inferior al del pixel o bien, que pertenecen a las zonas de incertidumbre de los bordes de las nubes.

Con las ventanas que pasan estos test se crea una base de datos de pares válidos para la comparación de las temperaturas. Sobre la que se ha investigado las relaciones que se dan entre todos los parámetros de los que se disponen.

Tabla.I: Características de las boyas estudiadas

| Identific. | Lanzam. | Inicio | Fin |
|------------|------------|----------|----------|
| B12412 | 14.1W28.0N | 16/06/90 | 20/08/90 |
| B12413 | 14.7W27.4N | 16/06/90 | 01/10/90 |
| B12414 | 15.7W27.5N | 16/06/90 | 30/08/90 |
| B12415 | 16.0W27.9N | 16/06/90 | 21/08/90 |

Debido a fallos en la pila de la boya B12414 se han producido oscilaciones muy improbables en la temperatura y se han eliminado del análisis.

RESULTADOS:

Si se considera todo el conjunto de pares válidos satélite boya (n=39) se observa en primer lugar la tendencia del algoritmo a subestimar las temperaturas medidas por las boyas, oscilando estas diferencias entre -4.5°C y -0.8°C, con un valor medio de -1.25°C y una desviación estándar de 0.54°C

Se puede observar también como las mayores diferencias entre las temperaturas observadas tienden a concentrarse en intervalos cortos de tiempo (fig.2) 29-30 de junio (julianos 181 a 183) y 10 a 12 de julio (días julianos 190 a 192). También se ha observado cierto componente zonal en la diferencia de temperaturas, siendo en general mayores en las boyas que circulan cerca de la costa de Africa (B12412 y B12413) a las que circulan por la zona oceánica. La diferencia de temperaturas atmósfera océano medida a la hora del pase (entre las 15 y las 17 hora local) por estos dispositivos lagrangianos oscila entre 0.2°C y 2.5°C (n.obs=54) con un promedio de 1.25°C y una desviación estándar de 0.54°C.

Estudiando las correlaciones entre los pares de parámetros se encuentran buenas correlaciones entre la diferencia de temperaturas atmósfera océano y la

presión atmosférica ($r=0.95$, $n=46$ $s_2=0.292$), también se observó una correlación aunque más débil entre la diferencia de temperaturas atmósfera océano y la diferencia de temperaturas satélite-boya ($r=0.71$ $n=39$ $s_2=0.928$).

Tomando como criterio de corte el promedio de las diferencias de temperatura del satélite y de la boya se estudió la correlación entre las diferencias atmósfera-océano y satélite-boya para cada uno de los subconjuntos. El conjunto de pares con diferencias de

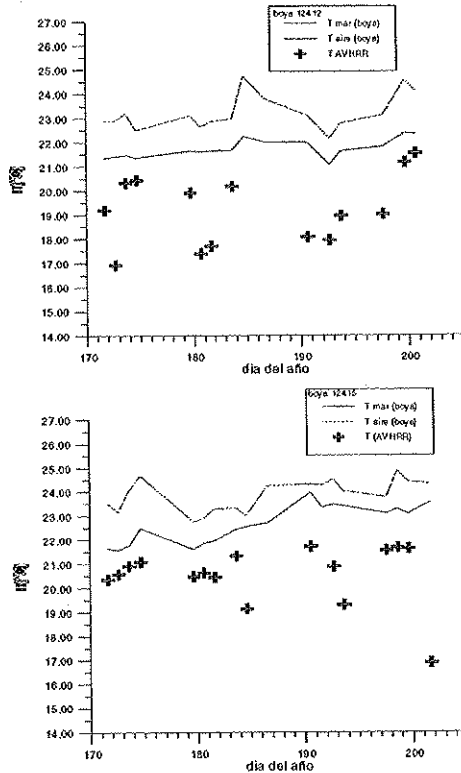


Fig.2: Temperaturas del mar y atmosféricas observadas por las boyas nombradas B12412 y B12415. Junto a las temperaturas superficiales calculadas a través del AVHRR en coincidencia con estas.

temperatura (satélite boya) inferiores a 2.2°C (n=23 pares) presenta (fig.3) un coeficiente de correlación elevado entre satélite y boya, ($r=0.92$ $s_2=0.205$) además la diferencia entre las temperaturas medidas por el satélite y la boya puede modelizarse con bastante aproximación como función de la diferencia de temperaturas atmósfera océano.

$$\Delta T_m = -0.75 \cdot (T_a - T_m)$$

siendo ΔT_m la diferencia entre las temperaturas del mar (satélite - boya), T_a y T_m las temperaturas del mar

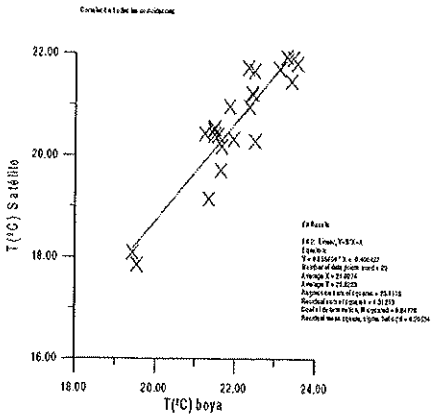


Fig 3: Regresión de la temperatura superficial del mar detectada mediante AVHRR frente a la observada por las boyas a la deriva, para todos los pares válidos clasificados como libres de aerosoles.

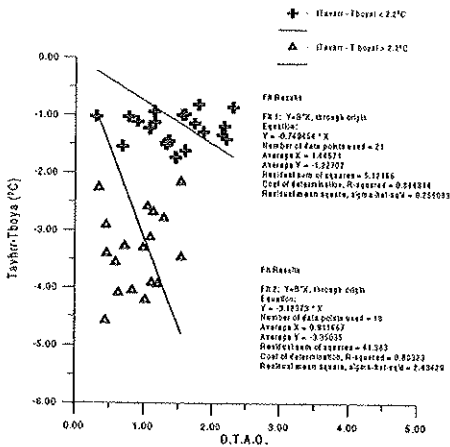


Fig 4: Relación entre las diferencias en la estimación de la temperatura del mar y la diferencia de temperaturas atmosfera oceano. Para las ventanas consideradas libres de aerosol (cruces) y en presencia de éstos (triángulos).

y atmosférica medidas por las boyas.

De la misma manera se puede modelizar la relación entre las diferencias de temperaturas del mar y la diferencia de temperaturas atmosfera oceano para el subconjunto de datos en los que la diferencia de temperaturas del oceano fue superior a 2.2°C, en valor absoluto.

$$\Delta T_m = -3.12 \cdot (T_s - T_m)$$

DISCUSION:

Estudios realizados usando sondas batitermográficas desechables (XBT) en la zona [7] muestran para el periodo estudiado la capa de mezcla tiene una

profundidad típica de 50 m. En las condiciones de vientos que se dieron durante este periodo [8], resulta interesante ver como se relaciona la temperatura desde satélite con las características térmicas de la capa superficial.

La tendencia generalizada de la TSM teledetectada a ser inferior a la medida a través de las boyas parece consistente con la idea de un enfriamiento relativo de la piel del oceano por efecto de la evaporación en estos meses del año.

El hecho de que los desacuerdos de las medidas no están distribuidos aleatoriamente durante todo el periodo estudiado, sugiere que puedan estar asociados a fenómenos atmosféricos de periodos de duración semanal o inferior, tal es el caso de la presencia en la atmósfera de cantidades moderadas de aerosoles provenientes del vecino Sahara. Otra posibilidad sería la presencia de nieblas en algunas zonas que no fueran detectados por los algoritmos de eliminación de nubes.

La relación encontrada entre el grado de error y la diferencia de temperaturas atmosfera oceano apoyaría la atribución de éstos a la presencia de polvo sahariano, dado que uno de los efectos de éste es el de elevar la temperatura atmosférica. Para contrastar esta hipótesis se ha examinado las observaciones de espesor óptico atmosférico debido a los aerosoles producido en el National Climatic Data Centre (NCDC) de la NOAA [9]

Este producto consiste en mapas de promedios semanales de espesor óptico debido a aerosoles calculados a través de la reflectancia del canal 1 del AVHRR y del conocimiento a priori de las características radiativas de los distintos aerosoles. En la figura 5 se reproducen los mapas semanales disponibles para el periodo estudiado en la zona.

Como se observa en la figura la presencia de aerosoles en la atmósfera es un fenómeno de gran variabilidad y que ocurre con bastante frecuencia en el area de estudio en especial en los meses de verano, estando estos episodios de polvo, conocidos como calimas, debidas a desplazamientos zonales del sistema de bajas presiones, de origen térmico, sobre el continente africano.

Puede observarse un aumento del contenido de aerosoles en la zona sur del área de estudio en la semana del 29 de junio lo que estaría de acuerdo con una disminución de la temperatura para la boya b12412 y b12413 que en ese periodo se encuentran próximas a la costa africana, situación que no se apreciaría mas al noroeste donde se encuentra la boya b12415. Diez dias después la carga de aerosoles se ha generalizado y homogeneizado respondiendo en

parte a la caída en las temperaturas derivadas del satélite en torno al 9-10 de julio.

Los algoritmos actuales de corrección atmosférica para la determinación de la temperatura superficial del mar desde satélites han evolucionado para incluir el efecto de los aerosoles tanto litogénicos como de erupciones volcánicas [10]. En zonas donde es necesario tenerlos en cuenta para una correcta interpretación de las imágenes de satélite, se hace necesario por tanto el uso de parámetros auxiliares para la validación de las temperaturas teledetectadas, disponer de medidas independientes de la tempera-

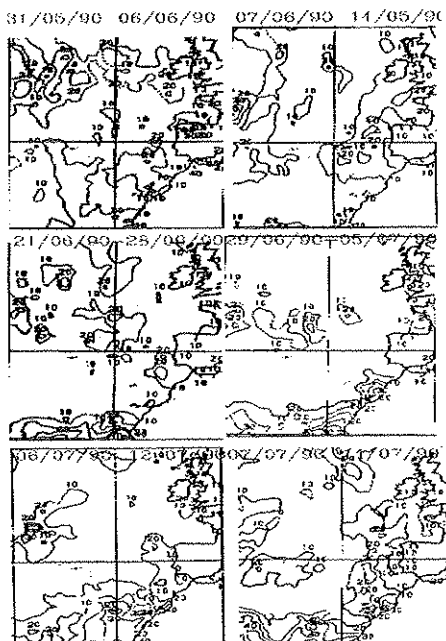


Fig.5:Espesor óptico debido a aerosoles a partir del canal 1 (0.65 μ) del AVHRR, para los periodos señalados.

tura del mar así como de la temperatura de la capa atmosférica en contacto con éste permiten una interpretación correcta de tales imágenes [11]

REFERENCIAS

[1] Pichel,W.(1991) *Operational production of multichannel sea surface temperatures from NOAA polar satellite AVHRR data*. Paleogeogr. Paleoecol. Global and Planetary Change Sec. Vol 90 ,pp173-177.

[2]Picket,R.L.,Selsor,H.D.,Mac Adam(1990) *US navy tests of suonobuoy sized oceanographic buoys*. Naval Oceanographic and Atmospheric Laboratory. Technical note n° 90.

[3]May,D.A.,Stowe,L.L.,Hawkins,J.D.,Mc (1993).*A correction for saharan dust effects on satellite sea surface temperature*. Jour. Geophys. Res., vol 97,n°c3, pp 3611-3619

[4]Strong,A.E., McClain,E.P.,(1984). *Improved ocean surface temperatures from space comparisons with drifting buoys*. Bull. Am. Meteorol. Soc.n° 65, pp 138-142.

[5] Griggs,M.,(1985) *A method to correct satellite measurements of sea surface temperature for the effects of atmospheric aerosols*. Jour.Geophys.Res. Vol 90 n° d7, pp 12951-12959.

[6]Mc Clain, E.P., Pichel,W.G.,Walton,C.G. (1985).*Comparative performance of AVHRR based Multichannel Sea Surface Temperature*. Jour.Geophys.Res. Vol 90 n° c6, pp 11587-11601.

[7]Llinás,O.,Rueda,M.J.,González-Muñoz,A.,Santana,R., Pérez-Marrero,J.,Pérez-Martell,E.,Rodríguez,C., Cianca,A., Delgado,E. Clemente-Colón,P. (1996) *Diez años de observaciones desde el B/H Esperanza del Mar, 1985-1995*. Inf.Téc.Inst.Canario.Cienc. Mar.n° 2

[8]Pérez-Marrero,J.,Llinás,O.,Clemente-Colón,P.(1995). *Sea Surface Observations in the Area Between Canary Islands and the Northwest African Coast, using AVHRR and Sensor equipped Drifters*.RSS 95 Remote Sensing In Action, Preceedings of the 21st annual conference of the remote sensing society, pp 988-995.

[9]Stowe,L.L.(1991) *Cloud and aerosol products at NOAA NESDIS*.Paleogeogr. Paleoecol. Global and Planetary Change Sec. Vol 90 ,pp25-32.

[10] Takashima,T.,Takayama,Y.(1986) *Sea surface temperature measurement from space allowing for the effects of the stratospheric aerosols*.Papers in Meteorology and Geophysics, vol 37,n°3, pp 193-204.

[11]May,D.A.,Holyer,R.J.(1992).*Sensitivity of satellite multichannel sea surface temperature retrievals to the air sea temperature difference*.Journal of Geophysical Research, vol 98,n°c7, pp 12567-12577.