

OBSERVACION DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR ENTRE CANARIAS Y CABO BLANCO. (1985-1995): COMPARACION DE RESULTADOS DE AVHRR, ATSR Y MEDIDAS IN SITU.

J.Pérez-Marrero, O.Llinás, M.J. Rueda y A.Cianca

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

ABSTRACT: A ten years series (1985-1995) of sea surface temperature measured from Hospital Ship Esperanza del Mar is compared with concurrent time series of AVHRR MCSST data and also with SST derived from the ATSR instrument on board ERS-1 satellite from August 1991 to July 1995.

Although the seasonal patterns depicted by the three datasets are basically the same, a general biasing, $ATSR < Ship < AVHRR$ of the measurements is evident, due mainly to the diverse nature of the measurements. It is also noticeable a latitudinal dependence of the correlation coefficients among datasets. The degree of agreement of the measurements as well as its seasonal and spatial variations are discussed in terms of the known characteristics of the studied region.

INTRODUCCION:

El Buque Hospital: Esperanza del Mar opera como apoyo logístico a la flota pesquera española en aguas del caladero Canario Sahariano. El potencial pesquero de la zona está vinculado a la existencia sobre la plataforma de un afloramiento de aguas subsu-perficiales ricas en nutrientes junto a la costa africana. Adicionalmente a esta labor de apoyo sanitario y logístico a las pesquerías, la colaboración entre el Instituto Social de la Marina y el Instituto Canario de Ciencias Marinas, ha permitido el desarrollo de un programa de observación que ha incluido entre otros la toma de muestras de agua superficial y el lanzamiento de sondas batitermo-gráficas (XBT) en posiciones concretas, así como observaciones meteorológicas cuatro veces al día.

El buque opera durante 25 días cada mes durante los cuales realiza la labor de muestreo en posiciones aleatorias. Se presentan aquí resultados para la temperatura superficial del mar obtenidos de este muestreo in situ comparados con las determinadas mediante satélites de observación de La Tierra de las series NOAA y ERS, promediados mensualmente, para el periodo de diez años entre 1985 y 1995. Entre 1991 y 1995 en el caso del ATSR.[1]

DATOS:

El área cubierta por el buque (fig.1) se ha tomado como máscara de extracción de los conjuntos de

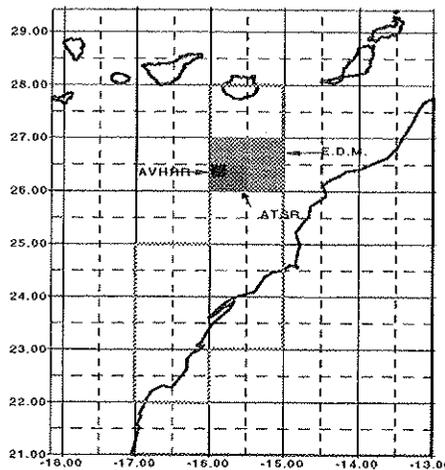


Fig.1: Área del estudio. La línea delimita el área cubierta por el B.H. Esperanza del Mar, que se utilizó como máscara de extracción de los datos de satélite. Se muestra también las celdas básicas de observación de cada uno de los conjuntos de datos empleados.

datos

Temperaturas in situ: La temperatura se mide a través de un sensor instalado en una toma de agua de gran caudal, situada por término medio a unos 2.5 m de profundidad, este sensor se calibra periódicamente para controlar la calidad de las medidas. Todos los datos obtenidos de esta manera se promedian por cada franja de 1° de latitud y por mes.

Temperaturas AVHRR: Un proyecto conjunto de las agencias NOAA y NASA denominado *Oceans Pathfinder* a puesto a disposición de la comunidad científica el conjunto de todos los datos de temperatura superficial del mar a escala mensual y global. Para elaborar éstos, se han tomado como base los datos GAC (Global Area Coverage) de 4km de resolución espacial en la generación de mapas de Temperatura Superficial del Mar (TSM) obtenidos por el sensor AVHRR-2 (cinco canales).

Estos datos se someten a un proceso extensivo de eliminación de nubes[2] tras lo cual la temperatura se calcula usando algoritmos del tipo split window [3,4].

Finalmente las temperaturas obtenidas radiométricamente se enfrentan a un conjunto extenso de temperaturas in situ a escala global obtenida mediante boyas a la deriva y anclajes a una profundidad típica de 1 m [5]. Finalmente todos los datos mensuales se promedian geolocalizados sobre una rejilla de 1/5 ° de arco, por mes y por separado los pases diurnos de los nocturnos.

Con estos datos hemos obtenido los promedios mensuales de los pases diurnos ajustando la matriz a los promedios mensuales obtenidos a partir de las observaciones del Esperanza del Mar, a fin de poder comparar espacial y temporalmente los promedios mensuales de temperatura por grado de latitud.

Tabla.I Características y cobertura de los datos empleados

	Comienzo	Fin	Resol. Espac.	n°obs cuadr.mes
AVHRR	01-85	12-95	18x18 km	300
ATSR	08-91	07-95	55x55 km	70*
EDM	67-85	12-95	puntual	80-100

(*) ciclo orbital de 3 días.

Temperaturas ATSR: Un conjunto comparable de datos de satélite puede ser obtenido de Rutherford Apeltion Laboratory (RAL) que los ha producido en cooperación con ESA, a partir del sensor ATSR (Along Track Scanning Radiometer) a bordo del satélite ERS-1 [6]. Este sensor opera mediante un escaneo cónico que proporciona doble visualización de cada punto sobre el terreno (ángulos zenitales de 0° y 53°), lo que aporta un mayor número de medidas independientes y por tanto una mejor corrección atmosférica [7]. El producto que se toma como base es un promedio de temperaturas superficiales del mar para celdas de 10 minutos de arco, promediando nueve de estas celdas se obtiene el producto asst (averaged sea surface temperature) que es el que se dispone, con una resolución espacial de medio grado de arco.

Los promedios mensuales de estos asst para las áreas descritas por los promedios de las temperaturas in situ del Esperanza del Mar son los que se utilizan en el presente trabajo, este conjunto tiene la particularidad de coberturas diferentes según la fase orbital en la que se encuentra el ERS-1 en cada momento, además en los promedios mensuales no se han separado los pases diurnos de los nocturnos.

En la generación del producto ASST de 0.5° de resolución, se emplean nueve subceldas de 10 minutos de arco, dado que la cobertura nubosa para ambos ángulos de visualización puede ser diferente, alguna de estas subceldas contribuyen al promedio calculadas usando doble visualización, mientras que otras

contribuyen con temperaturas calculadas a partir solamente de la visualización nadir.

ANALISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS

Una vez establecidos los conjuntos equivalentes de temperaturas medias mensuales por grado de latitud, se ha procedido a su análisis exploratorio, con especial atención a las correlaciones entre los sensores y entre cada uno de ellos y las medidas in situ así como al análisis de la varianza de las diferencias obtenidas.

Se ha realizado el análisis de regresión de toda la serie temporal de cada sensor respecto de los datos in situ y también de los dos sensores entre sí, también se ha analizado el coeficiente de correlación para cada franja de latitud, se han obtenido años típicos para cada uno de los conjuntos de datos y se ha estudiado su estacionalidad. La varianza del año típico también se ha obtenido en cada franja de latitud.

RESULTADOS:

Variaciones interanuales: La serie completa de temperatura superficial del mar obtenida en términos de anomalía estandarizada (anomalía respecto del año típico por latitud) no muestra en general tendencias anómalas de periodos largos sino que muestra picos correspondientes a meses mas fríos o cálidos que el correspondiente mes típico. Son notables en este sentido los casos de marzo y julio del 91, marzo del 93 y febrero del 95 por su tendencia a tener temperaturas mas altas en todas las franjas de latitud estudiadas. Por otra parte es también destacable que los meses anormalmente fríos solo se encuentran en la franja norte del area de estudio, como es el caso de enero del 94.

En general aparecen como años cálidos el 89 y el 90 a todas las latitudes según el AVHRR mientras que para el esperanza del mar un bienio cálido similar ocurre en los años 88 y 89.

Años Típicos: Construidos a partir de cada uno de los conjuntos de datos y de las diferencias entre ellos, así como la varianza de la temperatura en cada franja de latitud.

Tanto el año típico de la TSM derivada del AVHRR como del ATSR y las tomadas desde el Esperanza del Mar (fig.2) muestran una frontera clara entorno a los 25°N a 26°N que delimitan claramente fenómenos oceanográficos de naturaleza diferente, las aguas oceánicas al sur de las Islas Canarias y el afloramiento en la costa de África en la sección sur del area en estudio. La señal mas fuerte al estudiar la serie completa de temperaturas es el ciclo estacional anual

en todos los conjuntos de datos empleados, sin embargo existen ciertas diferencias que es preciso hacer notar, derivadas tanto de las escalas de variabilidad de los fenómenos que ocurren en cada una de las franjas latitudinales que se estudian como de los diferentes mecanismos y observaciones empleados para obtener la temperatura superficial media por latitud.

En la parte norte del area estudiada (25-28°N) la serie de diez años muestra una amplitud térmica de unos 4.5°C según el año típico AVHRR con mínimo bastante marcado en marzo y un máximo también bien marcado en octubre. Sin embargo el año típico de las medidas in situ muestra una oscilación de solo 2.5°C extendiendo las temperaturas mínimas al periodo febrero-marzo y señalando los mínimos en septiembre. La franja 24°N 25°N presenta las temperaturas máximas mas repartidas entre los meses de agosto y octubre para ambos conjuntos de datos.

Si tenemos en cuenta la serie temporal de 1991 a 1995 en la que también se dispone de datos del sensor ATSR, la amplitud de la oscilación térmica para el AVHRR se reduce a 4°C en la zona de 25°N a 28°N, haciéndose también mas estable en la zona sur del area bajo estudio. La misma serie para el atsr es también bastante estable aunque las amplitudes térmicas aumentan en la zona norte a 4.5° y son un poco inferiores en la zona sur del orden de 3°C.

El año típico de la desviación estandar de la temperatura nos da información acerca de la variabilidad a la escala muestreada en cada periodo estudiado, es decir aprox 18 km para el AVHRR y aprox 55 km para el ATSR. El año típico de desviación estandar para el AVHRR muestra un máximo latitudinal en la franja 23°N a 24°N, con los picos situados en los meses de mayo y octubre.

El año típico de desviación estandar para el sensor ATSR (55 km) desplaza el maximo latitudinal de varianza ligeramente hacia el norte 24°N a 26°N, apareciendo picos de marzo y septiembre-octubre. Es destacable también que la varianza detectada por este sensor a lo largo de todo el año y para todas las latitudes es aproximadamente un tercio menor que la observada a partir de los resultados del AVHRR.

Comparando los patrones anuales para los años medios obtenidos por el AVHRR y el ATSR para el periodo 91-95 se aprecian patrones similares, encontrándose que los mínimos anuales tienden a extenderse desde enero hasta marzo para el ATSR mientras que quedan restringidos a marzo segun las temperaturas obtenidas por AVHRR. Latitudinalmente los máximos anuales quedan señalados en la parte norte 26°N a 28°N en ambas series en los meses de septiembre a octubre. En la franja sur (22-

24°N) los mínimos detectados por el AVHRR se extienden hasta abril mientras que el atsr tiende a concentrarlos en febrero. En esa franja de latitudes el máximo anual aparece adelantado para el AVHRR (agosto septiembre) respecto del máximo encontrado por el ATSR que ocurre en octubre.

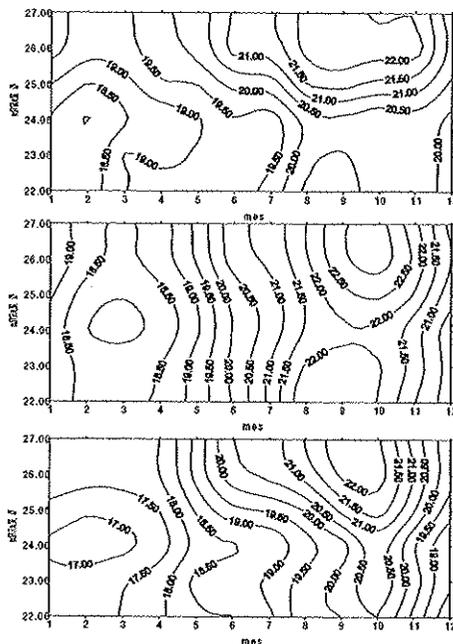


Fig.2: Años promedios obtenidos para la serie 85-95 desde el B/H Esperanza del (arriba). Del AVHRR para el mismo periodo (centro) y para el ATSR (91-95) abajo.

Al comparar los años típicos AVHRR para el periodo total en estudio con el obtenido para los últimos cinco años aparecen diferencias notables en especial en la franja latitudinal 24°N a 25°N, la serie larga presenta una mayor variabilidad dentro del año apareciendo un mínimo relativo hacia septiembre en la serie de diez años que no se observa en la subserie 91-95 de ninguno de los dos sensores.

En la franja 22°N a 23°N aparece una oscilación térmica en la serie de 10 años entre los meses de septiembre y noviembre que no se aprecian en los años típicos de cinco años, que en general presentan una señal estacional mucho mas homogénea.

Para comparar la actuación de cada uno de los sensores se han calculado también los años típicos de la diferencia entre la temperatura calculada por cada uno de los sensores respecto de la derivada de las medidas in situ para el periodo 91-95 y para el periodo 85-95 en el caso del AVHRR. También se ha calculado el año típico de las diferencias de las

temperaturas obtenidas por los sensores.

La diferencia AVHRR-EDM tiene un marcado caracter estacional y también latitudinal, en la serie de diez años la tendencia pasa de la subestimación de la temperatura por parte del AVHRR en la zona de temperaturas mínimas a la sobreestimación de los máximos anuales en la franja sur. Para la serie de cinco años para el AVHRR se observa el mismo patrón, si bien en la zona norte se observa que la zona de subestimación de temperaturas entorno al mínimo anual se extiende también al mes de abril y también a mayo en la parte norte.

La temperatura máxima anual detectada por el ATSR es siempre inferior a las detectadas por el AVHRR y a las medidas in situ, la tendencia la la subestimación en el mínimo anual de temperaturas es también patente en la comparación con las temperaturas del Esperanza del Mar. Es notable el gran grado de coincidencia entre las temperaturas derivadas del ATSR con las del esperanza del mar en los meses del máximo anual, tanto al norte como al sur del area de afloramiento, siendo en este área en la que las diferencias entre este sensor y las medidas in situ es mayor, en especial entre los meses de mayo y agosto y también en enero (25°N-26°N).

El año típico de diferencias entre los sensores muestra las mayores diferencias en la zona 24°N a 25°N en los meses de julio y agosto, siendo también notables las diferencias en la franja 22°N a 23°N para el mismo periodo.

DISCUSION:

Se observa una clara dependencia del coeficiente de correlación con la latitud tanto para el AVHRR como para el ATSR, es decir a escala mensual los satélites representan una buena aproximación a los valores in situ cuando los fenómenos observados presentan una escala de variabilidad mensual, lo que no es aplicable en las franjas latitudinales en las que existe afloramiento, que es un fenómeno de rápida variación.[8]

Las diferencias sensor-in situ de las temperaturas observadas así como las diferencias sensor-sensor presentan también un marcado caracter estacional además de latitudinal, estando las mayores desviaciones asociados a los valores extremos de temperatura, mientras que las mínimas diferencias se sitúan entre los meses de junio y septiembre.

Se observa también que las mayores diferencias sensor-sensor ocurren en las franjas latitudinales más afectadas por la presencia de afloramiento.

TablaII. Coeficientes de regresión Tsatelite vs T in situ. Por latitud

Franja	AVHRR EDM: 85-95		ATSR EDM: 91-95	
	r	n	r	n
22°-23°N	0.498	95	0.542	35
23°-24°N	0.512	100	0.494	42
24°-25°N	0.527	108	0.581	44
25°-26°N	0.676	108	0.701	44
26°-27°N	0.775	107	0.733	44
27°-28°N	0.758	103	0.723	43

La mayor correlación y homogeneidad observada en latitudes altas en el area de estudio, señalan que los promedios mensuales por grado de latitud reflejan bien la variabilidad de la temperatura en la zona, sin embargo sobre la plataforma africana la secuencia de eventos de ciclo en torno a diez días hace que los promedios no representen bien la estructura térmica de la zona, aunque parámetros como la desviación estandar pueden ser indicadores de la variabilidad del afloramiento.

REFERENCIAS:

- [1] 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. nº 2
- [2] McClain, E.P., Pichel, W.G., Walton, C.C., (1985) *Comparative performance of AVHRR based Multichannel Sea Surface Temperatures*. Jour. Geophys. Res., 90 n°c6, pp. 11587-11601.
- [3] McMillin, L.M., Crosby, D.S., (1984) *Theory and validation of the multiple window sea surface temperature technique*. Jour. Geophys. Res. 89, n° c3, pp.3655-3661.
- [4] Pichel, W.G., (1991) *Operational production of multichannel sea surface temperatures from NOAA polar satellite AVHRR data*. Paleogeogr. Paleoclim. Paleocool. (Global and Planetary Change section), 90, pp.179-181, Elsevier Science Amsterdam.
- [5] Brown, O.R., Evans, R.H., Cornillon, P. (1991) *Satellite derived global sea surface temperature fields: 1982-1989*. Paleogeogr. Paleoclim. Paleocool. (Global and Planetary Change section), 90, pp.179-181, Elsevier Science Amsterdam.
- [6] Murray, J. (1995). *Sea surface temperatures from ATSR, August 1991- July 1995*. ESA/CLRC/BNSC/NERC.
- [7] Kazansky, A.V., Goncharenko, I.A., (1993), *Atmospheric Correction of AVHRR imagery. En Satellite Remote Sensing of the Marine Environment*. Jones, Sugimori and Stewar Eds. Seibutsu Kenkyusha.
- [8] González-Muñoz, A., (1995) *Análisis de la variabilidad espacio temporal del afloramiento del noroeste africano*. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.