

Aplicaciones Oceanográficas de la Observación Remota de Aerosoles y Clorofilas en ESTOC.

O.LLinás⁽¹⁾, M.J.Rueda⁽¹⁾, J.Pérez-Marrero⁽¹⁾, J.Godoy⁽¹⁾, M.Villagarcía⁽¹⁾, C.Barrera⁽¹⁾ y A.Cianca⁽¹⁾

- (1) Instituto Canario de Ciencias Marinas. Dpto. de Oceanografía. Apartado 56 , Telde 35200 Gran Canaria. Islas Canarias. ollinas@iccm.rcanaria.es

Resumen

Se presentan los resultados de las observaciones de aerosoles y temperaturas superficiales derivadas del AVHRR y de clorofilas del Seawifs en el periodo 1999-2004 junto con los datos superficiales (0-200m de profundidad), obtenidos en el muestreo regular realizado en la Estación Europea de Series Temporales Oceánicas de Canarias (ESTOC), para el mismo periodo. Los valores medidos de clorofila, temperatura, y la correlación sensor remoto / in situ se mantienen dentro de los rangos descritos para cada uno de ellos en esta zona.

La distribución de aerosoles no deja señal aparente en las concentraciones de los nutrientes muestreados (nitrato, silicato y fosfato) y en los límites de los métodos de análisis empleados para su medida. El conjunto de datos presentados permite resolver la incertidumbre que el muestreo oceanográfico mensual mantenía, por cuanto los eventos de polvo presentan un ciclo irregular de duración variable y en muchos casos más cortos que los periodos de muestreo mensuales. Por lo que hasta ahora se mantenían dudas respecto a su importancia en el ciclo anual.

El conjunto de datos presentados, señala con claridad que es la convección invernal el mecanismo básico que controla la generación del máximo anual de clorofila y que la entrada de aerosoles no genera señales significativas de incremento de la concentración de clorofila en la capa superficial en este área.

1. Introducción

El polvo de origen sahariano es el principal componente de los aerosoles atmosféricos en el planeta y obviamente de gran importancia en el Atlántico Central Norte sobre el cual, se produce la inyección principal ([1] Duce y Timdale, 1991; [2] Ratmeyer et al. 1999 a ;[3] Ratmeyer et al. 1999 b; [4] Torres-Padrón et al. 2002), produciendo, efectos diversos en el medio marino, entre los que cabe señalar la aportación de elementos limitantes que

generan en algunas zonas aumentos significativos de la producción ([5] Michaels et al. 1996; [6] Gruber y Sarmiento 1997; [7] Jickells 1999; y [8] Gao et al. 2003).

Sin embargo, la observación directa regular al norte de Canarias realizada en ESTOC, no ha permitido contrastar tal clase de fenómenos, permaneciendo la duda si la dificultad de sincronización entre el muestreo y la presencia de aerosoles (siempre episódica), ha sido la causa de no poder encontrar esta relación ([9] Neuer et al. 2004).

La observación de las concentraciones de aerosoles y clorofilas medidas desde satélite, en una misma frecuencia, combinada con la observación sobre muestras directas (ver ejemplo fig.1), permite resolver esta cuestión fundamental para el área del Atlántico Centro Oriental principal receptor de este material.

2. Material y Métodos

Temperatura. SST. A partir de los sensores AVHRR instalados en los satélites de la serie NOAA. Se han tomado de la base de datos Oceans Pathfinder versión 4.1, gestionada por NASA-JPL-PO.DAAC. Contienen la mejor estima de la temperatura superficial para periodos de 7 u 8 días, con una resolución aproximada de 18x18 Km.

Clorofila. CHL. A partir del sensor SeaWIFS del satélite Orbstar. Disponible en la base de datos de color del océano de NASA-GSFC. Corresponden al valor de concentración de clorofila 'a' obtenido a partir del algoritmo OC-4 del paquete de procesamiento SeaDAS (v4). Los datos se promedian en periodos de 8 días y tienen una resolución espacial aproximada de 9x9 Km.

Aerosoles. AOT. A partir de AVHRR. Resultado del análisis semanal de NOAA-NCEP con resolución aproximada de 100x 100 Km.

La determinación de los parámetros oceanográficos se ha realizado por métodos

aceptados en oceanografía, sometidos a control externo y han sido descritos con detalle entre otros en ([10] Llinás et al. 1997)

3. Resultados

A fin de evitar la singularidad anual y tratar de establecer el comportamiento habitual, los datos que se utilizan corresponden al promedio de los años desde 1999 hasta el 2004, tanto en los datos de satélite como en las determinaciones "in situ". Aunque la validación de la observación de clorofilas ha sido realizada eficazmente con carácter general [11 (Morel y Maritorena 2001) y para el área [12] (Pérez-Marrero et al. 2002), dada la finalidad y metodología de este trabajo, se ha realizado una comparación de ambos conjuntos de datos, comprobándose que mantienen una correlación semejante a la de los datos originales. La observación señala la existencia de un ciclo anual con el máximo centrado en febrero y el mínimo en el verano. El ciclo de aerosoles presenta dos máximos, uno corto a final de invierno y otro mas amplio, que se extiende en los meses de verano (fig.2).

La observación detallada de los datos individuales de aerosoles, confirma el ciclo y muestra que el máximo promedio de invierno se produce como consecuencia de la presencia de episodios de mayor intensidad y corta duración, mientras que, el de verano se produce por la presencia mas continuada de eventos, aunque en general, de menor intensidad en cada uno de ellos.

La comparación de ambos parámetros (fig.2), muestra una coincidencia parcial de máximos en invierno y un comportamiento apuesto en verano, correspondiéndose al máximo continuado de aerosol un mínimo continuado en los valores de clorofila. Resulta de aquí claro, que en verano, la presencia generalizada de aerosoles en el área, no es suficiente para inducir un aumento en la concentración de clorofilas, (aunque existe alguna referencia que señala esta causa para la aparición de máximos mas profundos en otoño).

La observación de temperaturas superficiales desde satélite (fig.2), coincidentes con el resto de parámetros, permite comprobar que los altos valores invernales de clorofila, coinciden con las temperaturas mínimas anuales, mientras que, los valores opuestos del verano, coinciden con la rampa de incremento que conduce al máximo térmico de otoño.

La superposición de esta distribución térmica con la sección vertical hasta 200m de profundidad para todo el ciclo temporal estudiado, muestra la secuencia de estructuras estacionales

características (fig.3), sucediéndose los periodos de estratificación superficial, coincidentes con la rampa térmica antes referida, con los de clara (aunque variable) convección invernal, que corresponden con el máximo de clorofila.

Las concentraciones de nutrientes (silicatos y nitratos) en la capa superficial y en el orden de magnitud medidos (micromoles), no presentan una distribución que parezca determinante del fenómeno que se trata de estudiar, ya que, los nitratos permanecen en valores bajos y poco variables en todo el año medio y los silicatos presentan incrementos, que aun siendo coincidentes en muchos casos con eventos de aerosoles observados, no producen efectos evidentes en las concentraciones de clorofila. El conjunto de medidas estudiadas, permiten señalar, que en este área del Atlántico Centro Oriental de la cual ESTOC es representativo, el único máximo anual de clorofila que se sitúa en invierno se corresponde con la convección anual en la zona, y coincide solo parcialmente con entradas de aerosoles que no producen una señal significativa en la concentración de nutrientes.

La incorporación de aerosoles en las capas superficiales durante el verano, son continuadas y de valor absoluto elevado, correspondiéndose con una estructura térmica muy estratificada y con una secuencia de valores muy bajos de clorofilas, aun cuando se encuentren valores de silicatos relativamente mas altos, por lo que la entrada de aerosoles en esta área, no controlan el ciclo de producción indicado por la concentración de clorofila.

4. Conclusiones

En la escala espacio temporal en la que se ha planteado este trabajo, en el Atlántico Centro Oriental en que ESTOC puede ser representativo, las entradas de aerosoles no producen efectos perceptibles en los fenómenos biogeoquímicos previsibles, ni por las aportaciones de hierro, ni por la de nutrientes o por la de algún otro de los elementos contenidos que pudiera ser limitante, ya que, el aumento de la concentración de clorofila, solo se produce ligada de forma significativa a la convección invernal. En sentido inverso, se puede concluir que dada la persistencia en la incorporación al océano de aerosoles en esta área, (producida en una secuencia de episodios de distinta magnitud), ninguno de los elementos que contiene puede considerarse limitante. Se podría considerar como han señalado ([13] Bory et al. 2002) que algunos efectos como la inducción de la precipitación de

sustancia, pueden ser transferidos a otras áreas fuera de la zona de deposición.

La utilización conjunta de series de observaciones, realizadas en frecuencias de tiempo cada vez mas próximas, permiten, como en el presente caso, abordar cuestiones básicas para el entendimiento del océano, que hasta el momento no había sido posible estudiar.

El análisis que se puede realizar, en los puntos del océano para los cuales se dispone de la información "in situ suficiente", está aumentando por la introducción de observaciones instrumentales continuadas, por lo que, en el futuro inmediato se producirá una extensión espacio-temporal única, de los fenómenos oceánicos que podrán ser analizados.

5. Referencias

- [1] Duce, R. A. and Tindale, N. W. (1991). Atmospheric transport of iron and its deposition in the ocean. *Limnology and Oceanography*. 36(8):1715-1726.
- [2] Ratmeyer, V.; Fischer, G., and Wefer, G.(1999). Lithogenic particle fluxes and grain size distributions in the deep ocean off northwest Africa: Implications for seasonal changes of aeolian dust input and downward transport. *Deep Sea Research I*. 46:1289-1337
- [3] Ratmeyer, V.; Balzer, W.; Bergametti, G.; Chiapello, I.; Fischer, G., and Wyputta, U. (1999). Seasonal impact of mineral dust on deep-ocean particle flux in the eastern subtropical Atlantic Ocean. *Marine Geology*. Vol. 159, No. 1-4, 241-252.
- [4] Torres-Padron, M. E.; Gelado-Caballero, M. D.; Collado-Sanchez, C.; Siruela-Matos, V. F.; Cardona-Castellano, P.J., and Hernandez-Brito, J.J.(2002). Variability of dust inputs to the CANIGO zone. *Deep Sea Research Part II*. Vol. 49, No. 17, Pp. 3455-3464.
- [5] Michaels, A. F.; Olson, D.; Sarmiento, J. L.; Ammerman, J. W.; Fanning, K.; Jahnke, R.; Knap, A. H.; Lipschultz, F., and Prospero, J. M.(1996). Inputs, losses and transformations of nitrogen and phosphorus in the pelagic North Atlantic Ocean. *Biogeochemistry*. 35(1):181-226.
- [6] Gruber, N. and Sarmiento, J. L. (1997), Global patterns of marine nitrogen fixation and denitrification. *Global Biogeochemical Cycles*. 11(2):235-266.
- [7] Jickells, T. (1999) The inputs of dust derived elements to the Sargasso Sea; a synthesis. *Marine Chemistry*. 68:5-14.
- [8] Gao, Y.; Fan, S. M., and Sarmiento, J. L. (2003). Aeolian iron input to the ocean through precipitation scavenging: A modeling perspective and its implication for natural iron fertilization in the ocean. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 108, (D7), 4221, doi:10.1029/2002JD002420.
- [9] Neuer, S.; Torres-Padron, M. E.; Gelado-Caballero, M. D.; Rueda, M. J.; Hernandez-Brito, J.; Davenport, R., and Wefer, G. (2004) Dust deposition pulses to the eastern subtropical North Atlantic gyre: Does ocean's biogeochemistry respond? *Global Biogeochemical Cycles*. Vol. 18, GB4020, doi:10.1029/2004GB002228.
- [10] Llinás, O.; Rodríguez de León, A.; Siedler, G., and Wefer, G. (1997). ESTOC Data Report 1994. *Informes Técnicos del Instituto Canario de Ciencias Marinas*. Vol. 3, 72p.
- [11] Morel, A. and Maritorena, S. Bio-optical properties of oceanic waters: A reappraisal. *Journal of Geophysical Research*. (2001). 106(C4):7163-7180.
- [12] Pérez-Marrero, J.; Maroto, L.; Godoy, J.; Villagarcía, M.; Cianca, A.; Rueda, M. J., and Llinás, O. (2002). Validación de modelos para la determinación de clorofila "a" a partir de imágenes Sea WIFS en el atlántico centro oriental. *Revista de Teledetección*. 2002; 17:55-60.
- [13] Bory, A.J.M; Newton P.P. (2000). Transport of airborne lithogenic material down through the water column in two contrasting regions of the eastern subtropical North Atlantic Ocean. *Global Biogeochemistry Cycles*. 14,297-315.

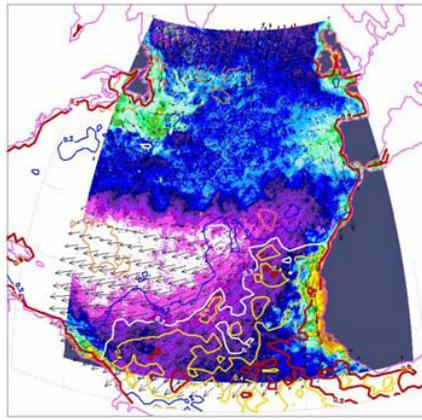


Figura1: Distribución de clorofila 'a' y espesor óptico de los aerosoles para el periodo comprendido entre el 29 de febrero y el 27 de marzo de 2004 En el Atlántico centro norte. También se muestra la distribución del viento para el mismo periodo. Los datos de los diversos sensores AVHRR, SeaWiFS y QUIKSCAT se han integrado usando el software SIMOM del ICCM

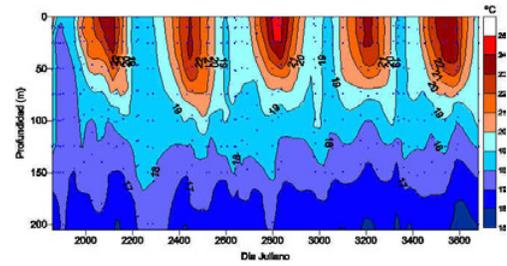


Figura3: Sección de temperaturas en la estación ESTOC para el periodo de tiempo estudiado (1999-2004).

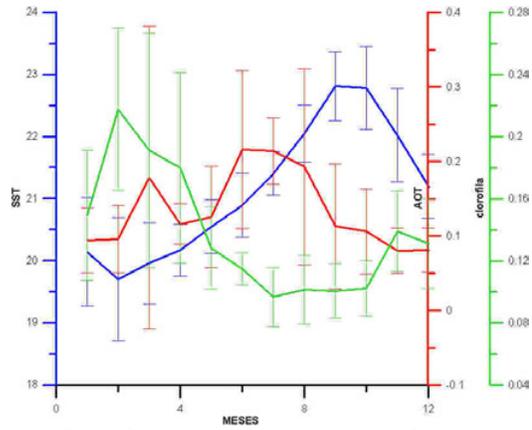


Figura2: Media mensual del conjunto de años estudiados de temperaturas (azul); aerosoles (rojo) y clorofila (verde).