



## **Estudio por teledetección de las entradas de polvo sahariano al océano y su posible influencia sobre la productividad marina en el área macaronésica**

J. Pérez-Marrero<sup>1</sup>, L. Maroto-Goikoetxea<sup>1</sup>, M.J. Rueda<sup>1</sup>, M. Villagarcía<sup>1</sup>, J. Godoy<sup>1</sup>, A. Cianca<sup>1</sup>, C. Barrera<sup>1</sup>, L. Cardona<sup>1</sup> y O. Llinás<sup>2,1</sup>.

(1) Instituto Canario de Ciencias Marinas

(2) Instituto Español de Oceanografía

*La entrada al medio marino de partículas minerales de origen Sahariano, que viajan como aerosoles atmosféricos, constituye un aporte notable de ciertas especies químicas como silicatos, nitratos, fosfatos y metales como Fe y Al que interesan a la productividad primaria del océano. Estas sustancias pueden influir sobre el crecimiento de las células de fitoplancton aumentando la velocidad de la fotosíntesis y con ello la producción de Oxígeno y el secuestro de CO<sub>2</sub> atmosférico por parte del Océano. En este trabajo se presentan resultados preliminares del estudio comparativo de las climatologías obtenidas desde satélite del contenido atmosférico de aerosoles Saharianos y del contenido en fitoplancton de la capa superficial del mar. Los archipiélagos macaronésicos emplean como puntos de referencia en el análisis dado que están situados en 4 puntos muy representativos del Atlántico Subtropical Oriental. Se encuentra que la periodicidad anual es la característica principal de la variabilidad en ambos parámetros en las fronteras norte y sur del giro subtropical, Azores y Cabo Verde, y en general de la distribución de fitoplancton en toda el área, no obstante las tormentas de polvo sahariano en la zona central, Canarias y Madeira, siguen patrones climatológicos mas complejos relacionados con el índice de oscilación nortatlántica (NAO).*

### **1. Material y métodos**

El sistema de monitorización del océano Macaronésico:

Se ha desarrollado un sistema de monitorización medioambiental marino para el ámbito de la Macaronesia, que utiliza como fuente principal de información los datos de diferentes sensores instalados a bordo de satélites. El sistema de monitorización esta dotado de filtros que le permiten la ingesta de datos de satélite de diversas fuentes, que van desde pases individuales hasta los productos globales elaborados por las diferentes Agencias Espaciales, que se ofrecen en formatos diversos. Los datos de satélite se homogenizan y se fusionan en una base geolocalizada e indexada por la variable tiempo. El enfoque multisensor y multiescala permite al analista la elección de los parámetros ambientales a monitorizar (temperatura de la superficie del mar, contenido de clorofila, viento, aerosoles, ...) así como la escala espacial y temporal del estudio y también la cobertura. A su vez se puede optar entre consultar datos reales medidos, estadísticos (promedios, distribuciones estacionales, anomalías,...), o sintéticos.

Tanto la abundancia de fitoplancton en el océano, a través de la clorofila, como la presencia de aerosoles en la atmósfera quedan bien reflejadas en la señal de los radiómetros pasivos satelitales, tales como el AVHRR y el SeaWIFS. Sobre superficies oscuras como el océano, se puede determinar la fracción de energía electromagnética que es retrodispersada por las partículas de aerosol en la dirección del sensor. (Gordon y Wang, 1994, Cachorro et al, 1997, Pérez-Marrero et al, (2003), descontarla junto a la dispersión molecular de la radiancia total exoatmosférica para obtener la componente emergente del agua del mar que está relacionada a su vez con el contenido de clorofila de la misma (O'Riley et al, 1999).

Los datos utilizados en este estudio proceden del análisis semanal ofrecido por NOAA-NCEP a partir de los datos de los distintos sensores AVHRR a nivel global. Ofreciendo como producto operativo un índice AOT promediando semanalmente con una resolución espacial de 100 Km (Ignatov et al,



varias refs). De este archivo de NOAA se usan los datos correspondientes al Atlántico Central para el periodo comprendido entre los años 1999 y 2002 incluidos. De los archivos SeaWiFS de NASA GSFC se ha obtenido un conjunto de datos de clorofila 'a' promediados cada 8 días, correspondientes al Atlántico centro-oriental entre los años 1999 y 2002.

## **2. Resultados**

El carácter estacional en el contenido de fitoplancton es la característica mas notable en los archipiélagos macaronésicos, situándose los máximos anuales en los meses de invierno (Enero-Marzo). En Canarias el valor máximo anual y el contenido total de clorofila superficial han ido descendiendo. Por su parte la serie temporal de aerosol, no presenta este tipo de periodicidad, su carácter pulsante y su gran variabilidad interanual son sus características mas destacadas en la región del Norte del archipiélago Canario. Al comparar las funciones de autocorrelación de cada uno de los cuatro puntos seleccionados (figura 1), se comprueba el fuerte carácter estacional de la distribución de clorofila en todos ellos y también la distribución de aerosoles en los archipiélagos de Azores y Cabo Verde. Sin embargo en los archipiélagos centrales: Madeira y Canarias, este patrón estacional es muy difuso en los aerosoles y sometido a grandes fluctuaciones interanuales. Un análisis de fase muestra que los ciclos estacionales en los extremos Norte y Sur del área macaronésica están sincronizados en cuanto a la presencia de aerosoles atmosféricos, si bien corresponden a los extremos en valores: máximos en Cabo Verde y mínimos en Azores. Los ciclos anuales de fitoplancton también están en fase entre si y sus máximos adelantados a los de AOT.

El bloom anual de fitoplancton tiene lugar en primer lugar en las Islas Canarias hacia febrero, siendo marzo el mes al que corresponden los máximos anuales a la latitud de Madeira. Llama la atención una vez mas que los ciclos anuales de clorofila en Azores y en Cabo Verde estén prácticamente en fase, siendo mayo el mes en que se alcanzan los máximos en ambos archipiélagos. La distribución de frecuencias de los valores de AOT permite establecer unos umbrales para la consideración de evento de aerosol sahariano. En este trabajo proponemos definir un evento de polvo sahariano ( o tormenta) cuando el valor supera francamente el valor del tercer cuartil (75%) de las situaciones. Tabla 1. Utilizando el criterio anterior, puede decirse que en los casos de Canarias y sobre todo Madeira existe una tendencia de los eventos de polvo a ocurrir durante las fases positivas del índice NAO, en Canarias aproximadamente 2/3 de las situaciones detectadas entre 1999 y 2002 ocurren en estas circunstancias, mientras que las situaciones de tormenta de polvo asociadas a valores apreciablemente negativos del índice NAO son prácticamente inexistentes.

Las influencias de los aumentos en AOT sobre la concentración de clorofila son difíciles de determinar en las fases de máximo anual, sin embargo en la zona de Canarias se han observado periodos durante el verano, (condiciones de baja productividad) en los que se observa un aumento local en el contenido de clorofila que generalmente van precedidos, entre una o dos semanas, por pulsos en el índice AOT. Sería conveniente estudiar los mecanismos de deposición de estos aerosoles y la cinética de asimilación de los materiales por el fitoplancton, para una determinación cuantitativa de la fertilización, para este fin los sistemas de información ambiental, como el presentado aquí, pueden ser de utilidad.

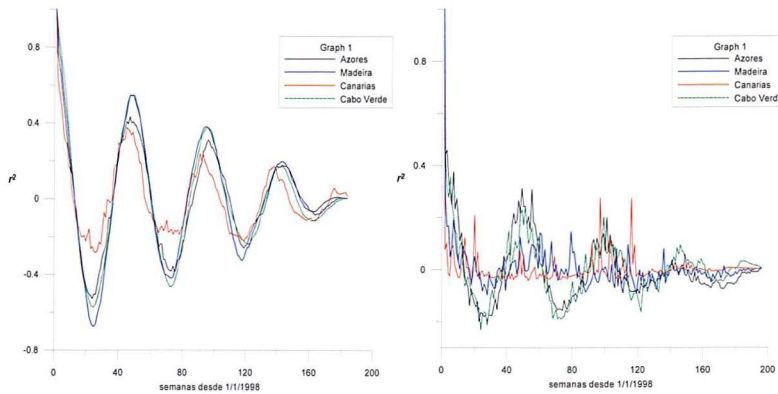


Tabla 1: estadísticas globales de la distribución de AOT en los archipiélagos Macaronésicos (99-02)

	Min	Max	Med	3 q
Madeira	0.00	0.35	0.09	0.11
Canarias	0.01	0.94	0.14	0.16
C.Verde	0.08	1.11	0.35	0.48

Tabla 2: evolución en el periodo 1999 a 2002 de los parámetros globales (media, nº de eventos con índice AOT > valor del tercer cuartil y totales de AOT y clorofila) anuales en la posición 29°N,15°30'W (N de Canarias)

	1999	2000	2001	2002
AOT media	0.15	0.20	0.13	0.1
Eventos AOT>3q	11	21	12	7
AOT total	1.73	2.38	1.52	1.25
Chl-a total (mg m-2)	60.8	50.2	41.3	39.3