

DETECCIÓN Y SEGUIMIENTO OPERACIONAL DE EVENTOS OCEÁNICOS DE ALTA TURBIDEZ A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE AVHRR/NOAA EN EL BANCO DE ARGUÍN (MAURITANIA)

A. G. RAMOS y J. COCA

antonio.ramos@biologia.ulpgc.es

Dpto. de Biología-ULPGC. Campus de Tafira. 35017-Las Palmas de Gran Canaria

RESUMEN: En este trabajo se presenta una metodología para la utilización de las bandas de onda corta (1 y 2) del sensor AVHRR a bordo de los satélites operacionales NOAA como técnica de identificación, localización geográfica y seguimiento operacional de áreas de alta turbidez. Ésta se asocia a la alta reflectividad de la superficie del océano como resultado de la acumulación de materia particulada. La formulación del algoritmo así como las limitaciones y los resultados obtenidos sobre una secuencia de 120 escenas son descritos, y se representan conjuntamente con posiciones obtenidas de balizas ARGOS para el seguimiento, durante el episodio de mortalidad masiva, de dos ejemplares de foca monje (*Monachus monachus*) ocurrido en el Banco de Arguín (Mauritania) entre mayo y julio de 1997.

ABSTRACT: A method for using the short wave bands of the AVHRR imaging sensor of the NOAA series of weather satellites for real-time mapping of the intense anomalous turbidity events that occurred in the Bank of Arguin (Mauritania) coastal waters was proposed. Methodologies had been used in the open ocean to detect the highly reflective concentration of particulated matter, but the capabilities of the AVHRR/NOAA for detecting other events in which surface waters were significantly brightened appear to have been overlooked. It is described how real time processing of data from a local receiving station was used in an "high turbidity event watch" monitoring of the monk seal (*Monachus monachus*) massive mortality between May and July 1997.

Palabras clave: NOAA, AVHRR, turbidez, *Monachus monachus*

INTRODUCCIÓN

Entre Mayo y Agosto de 1997 aconteció un episodio de mortalidad masiva de foca monje en el área de Cabo Blanco y el Banco de Arguín (Mauritania). Los niveles de Fe^{++} encontrados fueron 100 veces superiores (9.6 nM) a los normales en las aguas intersticiales mientras que las concentraciones del mismo elemento en forma disuelta sólo fueron 10 veces superiores (1 nM) al de las aguas oceánicas abiertas (Harwood *et alii*, 1997).

La disponibilidad de equipos de recepción y tratamiento de escenas NOAA permite la accesibilidad *en tiempo real* a datos AVHRR en modo HRPT. La accesibilidad en tiempo real permite el seguimiento operacional diario de escenas libres de nubes. En el área de Cabo Blanco se encontraba, hasta el año 1997, la mayor colonia de foca monje (*Monachus monachus*) del mundo. Trabajos posteriores encontraron niveles elevados de saxitoxinas en el hígado de los cadáveres de 117 ejemplares de foca pertenecientes a una especie fito-

planctónica del género *Gymnodinium* (Harwood *et alii*, 1997; Hernández *et alii*, 1998).

Las escenas de onda corta (bandas 1 y 2) han sido utilizadas para la localización de eventos resultado del material suspendido en las capas superficiales de lagos y estuarios (concentración de sedimentos en áreas de elevada turbidez). Así, en aguas oceánicas la detección de un nivel de turbidez anormalmente elevado es siempre indicador de un bloom si las condiciones oceánicas (estratificación) y atmosféricas (baja cobertura nubosa) son persistentes durante un cierto número de días (Sunda y Hunstman, 1997).

En este trabajo, se pretende analizar las posibilidades de las bandas de onda corta AVHRR para detectar y seguir áreas de alta turbidez que pueden llevar asociados blooms planctónicos intensos causantes de problemas de intoxicación masiva de vertebrados superiores.

METODOLOGÍA

Base de datos

Se consultó el archivo de *quick looks* de los satélites NOAA-12 y NOAA-14 disponible en La estación SeaS (Servicio de Ecología Asistido por Satélite) del Departamento de Biología de la ULPGC. Se siguieron dos criterios de selección, escasa cobertura nubosa y buena cobertura espacial (centrada en Cabo Blanco). También se desecharon los pases nocturnos NOAA 12 y NOAA 14 puesto que sólo interesaban los canales 1 (580-700 nm) y 2 (720- 1000) del sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) que corresponden al rango del visible e infrarrojo próximo.

La base de datos resultante una vez considerados los criterios de selección de imágenes incluía 365 escenas correspondientes a los meses del año 1997 y algunas escenas aisladas de las mismas fechas del año 1996 que permitirían establecer comparaciones.

Antes de aplicar cualquier algoritmo, las escenas eran sometidas a una preparación previa. Se importaron las bandas 1 y 2 más la información de rectificación de la zona de interés para posteriormente ser corregidas geoméricamente.

Algoritmo de detección

Se utilizó como base el algoritmo de detección de mareas rojas desarrollado por Gower (1993). Éste fue desarrollado para ser aplicado en la costa oriental canadiense, de condiciones significativamente diferentes al área propuesta en este trabajo. Una vez analizadas las particularidades del área de Cabo Blanco, el algoritmo original se simplificó a partir del algoritmo original formulado como:

$$RT = G * \frac{(b_1 - b_2)}{C_{21}} - A * G * \left(\frac{(p - 1024.5)}{1024} \right)^2 + offset$$

donde G, A y *offset* son factores amplificadores de señal, b_1 , b_2 son las radiancias de las bandas 1 y 2 del NOAA 14. C_{21} es un factor gobernado por la absorción espectral del agua, p es el número de píxel.

si $b_2 > 150$ (umbral), entonces $RT=0$

el factor

$$A * G * \left(\frac{(p - 1024.5)}{1024} \right)^2$$

fué introducido por el autor debido a que se utilizaron escenas sin corrección geométrica. Los valores G y *offset* se introducen para resaltar el resultado, de forma totalmente empírica. En su caso elige un *offset*=50 y un G=8. Sin embargo, Cabo Blanco se encuentra a latitu-

des más bajas y las radiancias son mayores. Es por ello que se optó por eliminar el *offset* y por introducir un $G/C_{21}=5$ (el factor C_{21} se considera constante para toda el área de estudio).

El ajustar el resultado $RT=0$ si el valor de la banda 2 es mayor que 150, tiene la finalidad de enmascarar la tierra y las nubes. En Cabo Blanco, sin embargo, conviene bajar este límite hasta 130 lo que permite enmascarar la tierra y las nubes gruesas.

Una vez consideradas estas aproximaciones, el algoritmo adaptado quedaría como:

$$RT = 5 * (b_1 - b_2)$$

si $b_2 > 130$, entonces $RT=0$

La diferencia ($b_1 - b_2$), las dos bandas en el visible e infrarrojo próximo, permite identificar la turbidez del agua eliminando el efecto de la atmósfera.

Hay que destacar que el algoritmo está desarrollado para pases diurnos de alta luminosidad (como los pases de tarde NOAA-14 seleccionados), al contrario que los pases disponibles de NOAA-12, que se corresponden con el inicio y final del día y el de madrugada de NOAA-14 (Figura 1).

Temperatura superficial del océano

El procesamiento de las estimas de la SST se realizó a partir del procesamiento de escenas obtenidas en la Estación SeaS destinada a la recepción en tiempo real de escenas AVHRR/NOAA y SeaWiFS/SeaStar.

La corrección atmosférica se realizó a partir de la utilización de diferentes algoritmos tipo *split-window*, el estándar de NOAA (NLSST) o el triple NLSST para las escenas nocturnas. De cada escena se selecciona el área de interés y sobre esta área se aplica una corrección geométrica a partir de puntos de control en tierra. Posteriormente la escena es completada, y los valores de temperatura superficial del océano son convertidos a falso color.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las figuras 1 y 2 muestran que el algoritmo aquí presentado es efectivo para la supresión de la reflexión especular del sol (excepción hecha a los pases de NOAA 12 que han sido desechados del análisis por este problema) y el enmascaramiento de la señal de nubes y tierra que contaminarían las distribuciones de valores obtenidas.

Los resultados aquí presentados no proveen indicación del color real del bloom. Tampoco dan indicación de las posibles propiedades tóxicas de la especie fitoplanctónica responsable. Su principal aportación ra-

dica en la provisión del tiempo (comienzo y duración) y extensión espacial de los episodios, esenciales para la predicción de las áreas costeras que son afectadas por eventos de elevada concentración de materia particulada (Gower, 1993; Sunda y Hunstman, 1997).

Aunque algunos eventos se pierden irremisiblemente debido a la máscara de nubes y tierra y a la reflexión especular del sol, la metodología parece capaz de detectar muchos de los *puntos calientes* que ocurren en la costa noroccidental africana (especialmente en el Banco de Arguín). Estos aparecen sistemáticamente durante varios días ocupando un área relativamente extensa visualizable a partir de escenas AVHRR/NOAA. La cobertura nubosa limita las observaciones de satélite, pero las zonas de calma (áreas de aguas con temperatura elevada y un alto nivel de estratificación) como el Banco de Arguín, aseguran condiciones favorables de sol que favorecen la generación de este tipo de eventos, además de su detección mediante sensores pasivos.

También se han representado las posiciones correspondientes al marcaje de un ejemplar con balizas ARGOS realizado sobre escenas de temperatura y turbidez entre el 23 de septiembre y el 8 de noviembre del 97. La serie de desplazamientos (Figura 3) indica una tendencia de determinados ejemplares a ubicarse en la zona frontal agua fría (afloramiento) - agua cálida (Banco de Arguín) (coincidente con la de mayor turbidez de la serie). En esta área se encuentran las mayores concentraciones de pelágicos medianos del área, principal alimento de la foca (Figura 1 y Figura 3) (Maigret, 1979).

Obsérvese que aunque los satélites de la serie NOAA funcionan operacionalmente desde hace años,

no suelen utilizarse para el seguimiento de este tipo de eventos. La disponibilidad de una estación tierra de recepción (SeaS-ULPGC) permitiría la recepción, procesamiento y utilización de este nuevo producto, planteándose la posibilidad de creación de una unidad-prototipo de control y seguimiento de este tipo de eventos utilizando para ello escenas complementarias de SeaWiFS/SeaStar en tiempo real obtenidas a partir del convenio con NASA/ORBITIMAGE y como *SeaStar real time Ground Receiving Station*.

BIBLIOGRAFÍA

- GOWER, J. F. R., 1993. Red tide monitoring using AVHRR HRPT imagery from a local receiver. *Remote sensing of the environment*, 48, 3, 309-318.
- HARWOOD J., D. LAVIGNE y P. REINDERS, 1997. Workshop on the causes and consequences of the 1997 mass mortality of Mediterranean monk seals in the western Sahara. International Fund for Animal Welfare. IBN Scientific Contributions vol 11, pp: 32.
- HERNÁNDEZ M., ROBINSON, I., AGUILAR A., GONZÁLEZ, L. M., LÓPEZ-JURADO L. F., REYERO M. I., CACHO E., FRANCO J., LÓPEZ-RODAS V., COSTAS E., 1998. Did algal toxins cause monk seal mortality? *Nature*, 393, 6680, 28-29.
- MAIGRET J., 1979. Les échouages massifs des cétacés dans la région du Cap Vert (Sénégal). *Notes africaines* 161, 23-28.
- SUNDA, W. G. y HUNTSMAN, S. A., 1997. Interrelated influence of iron, light and cell size on marine phytoplankton growth. *Nature* 390, 389-390.

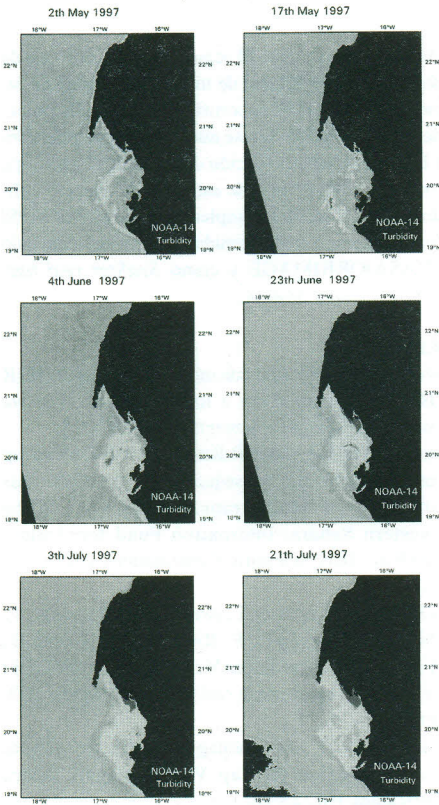


Figura 1. Turbidez obtenida de los canales 1 y 2 del sensor AVHRR en el Banco de Arguín (Mauritania) entre mayo y julio de 1997.

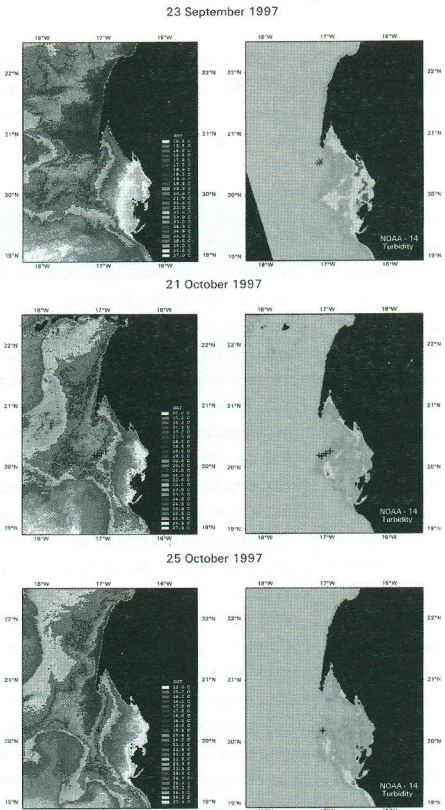


Figura 2. Representación conjunta de temperatura superficial y turbidez obtenidas mediante AVHRR. Los puntos representan posiciones de una foca monje para ese día.

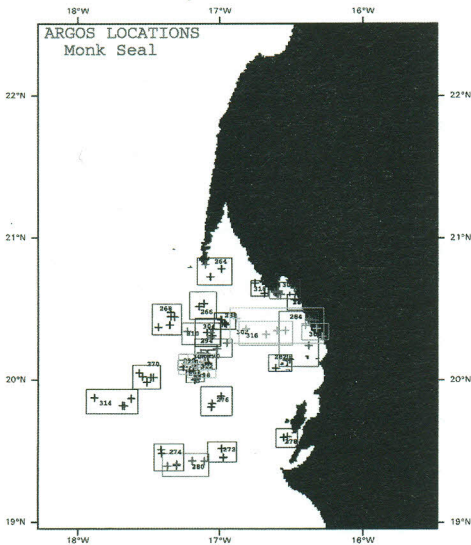


Figura 3. Posiciones de foca obtenidas de una baliza ARGOS implantada en una foca entre el 21 de septiembre y el 8 de noviembre de 1997.

(Ver figuras en color en la página 683)