

Lecciones Prácticas Usando Datos de Imágenes Costeras y Marinas

MONITOREO MEDIANTE IMAGENES AVHRR-APT DE AFLORAMIENTOS EN LA COSTA NW DE AFRICA

por

J. Pérez-Marrero, A. González-Muñoz, O. Llinás

Finalidad de la Lección

Utilizar imágenes APT del sensor AVHRR en la caracterización de fenómenos de afloramiento en la costa noroccidental de Africa.

Objetivos

Al finalizar la lección seremos capaces de:

- 1.- Obtener una clasificación espectral de los fenómenos observados en la escena.
- 2.- Reconocer el afloramiento por sus características térmicas usando imágenes APT.
- 3.- Caracterizar el afloramiento en función de temperatura superficial del agua de mar (TSM).
- 4.- Conocer el proceso de obtención de la TSM a partir de valores digitales registrados por el sensor AVHRR.

Información Previa

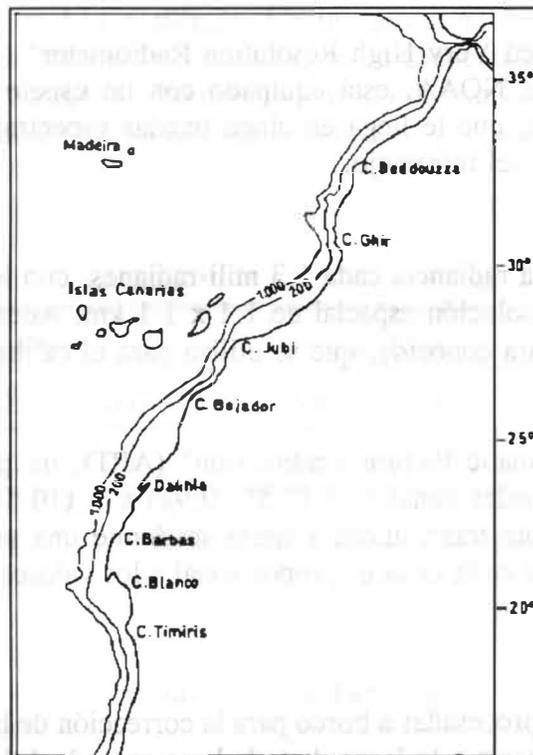


Fig. 1.- Mapa de la zona de estudio con la topografía del fondo.

El Afloramiento en la costa NO de Africa

La teoría básica sobre los fenómenos de afloramiento y sobre cómo se producen los mismos en la costa occidental de Africa, han sido explicados de forma concisa y clara en una lección previa (González-Muñoz *et al.*, 1994), en este mismo volumen.

El sensor AVHRR y la transmisión APT

El sensor "Advanced Very High Resolution Radiometer" (AVHRR) orbita a bordo de los satélites de la serie NOAA, está equipado con un espejo giratorio que recoge la radiación electromagnética, que le llega en cinco bandas espectrales: una banda visible y cuatro en diferentes zonas del infrarrojo.

El sensor registra la radiancia cada 1.3 mili-radianes, con lo que dada la altura a la que vuela consigue una resolución espacial de 1.1 x 1.1 km. Además, está provisto de un cuerpo negro de temperatura conocida, que se utiliza para el calibrado de esas radiancias.

En el modo "Automatic Picture Transmission" (APT), un promedio de cada cuatro registros en dos de los canales, 1 (0.55- 0.9 μ) y 4 (10.5-11.7 μ) de las imágenes diurnas, son inmediatamente transmitidas a tierra mediante una señal de radio de 137.62 MHz, en la que la amplitud de la onda es proporcional a los valores de radiancia registrados por el sensor.

Las señales son preprocesadas a bordo para la corrección de la distorsión panorámica, dando una resolución constante a lo largo de toda la imagen de 4.4 x 4.4 km. A la par que estos datos, se transmiten a tierra los registros de telemetría necesarios para la calibración de las imágenes.

La resolución radiométrica de estas imágenes es de 8 bits, pudiendo ser captadas mediante estaciones secundarias de bajo costo.

Las Imágenes Usadas en la Lección

Para esta lección se han facilitado dos imágenes APT registradas en la estación secundaria (BAE Dartcom (R)) del Instituto Canario de Ciencias Marinas, que corresponden a una pasada del satélite NOAA-11 durante un período de transmisión de 6.71 minutos. La elevación de la pasada fue de 57°. Las características de los archivos de imagen utilizados se recogen en la Tabla 1.

Archivo	Fecha; Hora	Sensor/Canal	Ancho banda
APTIR	09/02/93 ; 17:00	AVHRR / 4	10.5-11.7 μ
APTVS	09/02/93 ; 17:00	AVHRR / 2	0.55-0.90 μ

Tabla 1.- Características de las imágenes.

Esquema de la Lección

Actividad 1: Visualización del área.

Cargar la imagen **APTIR** mediante la opción **Load Image** del Menú Principal. Dado que el tamaño de la imagen es de 800 x 800 píxeles, se tendrán que seleccionar los valores que definan la escena que nos interese visualizar.

Para obtener una visión general de la imagen, introducir los siguientes parámetros: **First line = 300**, **Last line = 800**. **First pixel = 1**, **Last pixel = 800**, y 2 como el factor de aplicación en el muestreo vertical y horizontal.

La anchura de la escena corresponde en estas latitudes a 2.750 km y la resolución espacial es, en función del factor de muestreo empleado, de 16 x 16 Km/píxel. En la imagen presentada se observa la costa NO de Africa en la parte derecha, y próxima a ella, el Archipiélago Canario en la parte norte.

En el margen izquierdo de la imagen aparecen datos telemétricos, mientras que a la derecha se indican los valores digitales registrados por el sensor en el espacio exterior (al que se le asigna una temperatura de 0°K y una radiancia en la banda infrarroja de 0 unidades).

Observar el histograma de la imagen. Aplicar un realce lineal (**Linear Stretch**), dentro del submenú de **Modify LUT**. Investigar con el cursor izquierdo el intervalo de valores correspondientes a tierra.

Visualizar la imagen realzada, ¿cuál es el efecto producido?

¿Cuál es el intervalo de valores digitales correspondiente al mar libre de nubes junto a la costa?

En función de la respuesta anterior, ¿cuál es el porcentaje de tierra en la imagen?

Sobre esta base se ha creado la tabla de visualización (LUT) **APTIR.LUT**. Cargarla utilizando la opción **Load LUT**. Con esta tabla de visualización se resaltan las diferencias de temperatura superficial en el agua del mar; teniendo en cuenta que los valores mas claros corresponden a las temperaturas más bajas, ¿qué puede decirse acerca de la distribución de temperatura superficial?

Actividad 2: Clasificación.

En primer lugar, deberemos obtener subescenas con la máxima resolución posible, para lo cual volveremos a cargar la imagen **APTIR.DAT** con los siguientes parámetros de visualización: **First line = 400**, **Last line = 655**. **First pixel = 269**, **Last pixel = 780**, utilizando 1 como factor de muestreo vertical y horizontal. ¿Cuál es la nueva resolución espacial?

Grabar la subescena (usando la opción **Save Image** del Menú Principal) con el nombre de **SNIR**. Repetir el proceso completo con la imagen **APTVS.DAT** y grabarla asimismo como **SNVS**.

Para efectuar una *clasificación supervisada* de las características espectrales de la imagen, utilizar la opción **Scattergram** del submenú **Multi-Image**. Introducir la imagen visible como eje X y la infrarroja como eje Y.

Los dos cursores que aparecen en pantalla nos servirán para definir polígonos de entrenamiento. Elegir sucesivamente rectángulos en tierra, en el núcleo del afloramiento, en el borde de las nubes y en el núcleo de las nubes. Hacer un dibujo de la posición de las cuatro clases en el diagrama de dispersión.

A la vista de las nubes de puntos, ¿son fácilmente separables las distintas clases?.

Actividad 3a: Estimación de la Temperatura Superficial del agua de Mar.

Tal como se mencionó en la descripción del sensor, este dispone de un cuerpo negro de temperatura y radiancia controladas. El valor digital para la radiancia de ese cuerpo negro nos proporciona un punto de la recta valor digital-radiancia. Otro punto lo obtenemos de los valores registrados para el espacio exterior (margen derecho de la primera imagen - ver Actividad 1). Conocidas pues las radiancias, se obtienen las temperaturas utilizando la ecuación de Planck. El proceso completo de obtención ha sido descrito por Summers (1989).

Realizando este proceso con los parámetros correspondientes al satélite NOAA-11 banda 4 obtenemos la siguiente relación.

$$T_{asm} (^{\circ}C) = 14 + 0.4 \cdot (77 - vd) \quad (vd: \text{valor digital})$$

Con ello obtenemos la temperatura aparente de la superficie del mar en esta escena. ¿Por qué la denominamos aparente?

Utilizar la función **Cursor** para disponer de los valores digitales y la ecuación anterior para obtener de ellos la temperatura superficial del mar.

Uno de los índices propuestos para la detección y cuantificación del afloramiento es el llamado de *anomalía térmica superficial* obtenido por la diferencia de la TSM en aguas someras y oceánicas. Obtener el valor de este índice para diferentes latitudes.

- ¿Qué valor presenta ese índice en la zona de las Islas Canarias?

- ¿Qué valor a la altura de Dakhla?

Otro de los factores que juegan un papel importante en la extensión y el desplazamiento de estas aguas frías lo constituye la topografía del fondo. Se ha preparado una línea que representa la isobata de los 200 m., que se asume como límite de la plataforma continental. Para visualizarla utilizar la opción **Radiometric Masking**, dentro del submenú **Multi-Image**.

Introducir **ISO200** como respuesta a la pregunta: **Name of file defining the mask?**, y **SNIR.DAT** como respuesta a la pregunta: **Name of the file to be masked?**. Utilice el cursor derecho para enmascarar los valores hasta el 253.

Actividad 3b: Estimación del efecto atmosférico de primer orden.

El vapor de agua contenido en la atmósfera aumenta los valores de brillo en la parte visible del espectro, a la vez que absorbe parte de la radiación infrarroja. Jensen (1986) propone una estimación empírica de este efecto atmosférico de primer orden.

El fundamento físico es que para un absorbente perfecto de la luz visible, como puede ser el océano, la cantidad de radiancia visible emergente debe ser cero. Por ello, los valores de brillo detectados en la banda visible para un conjunto de píxeles oceánicos han de ser producidos por los componentes de la atmósfera.

Para obtener un diagrama de dispersión de los píxeles de la imagen, utilizar la función **Two-Band Ratioing** dentro del submenú de **Multi-Image**, empleando **SNVS** como numerador y **SNIR** como denominador. En el eje horizontal se leerán los valores de brillo en el visible, mientras que en el eje vertical se obtienen los del infrarrojo.

Los valores menores visibles corresponden al mar libre de nubes. Podemos observar un sesgo de unas 12 unidades en esa banda, lo que en una primera aproximación podría tomarse como el valor a restar de los valores infrarrojos para corregir este efecto atmosférico.

Tener en cuenta que los valores infrarrojos están invertidos, para una mejor interpretación visual de la imagen; es decir, para que los cuerpos con menor temperatura, como las nubes, aparezcan más claros.

Actividad 4: Realce visual.

Dado que las antenas APT no son excesivamente selectivas, las imágenes registradas presentan habitualmente "ruido". Este "ruido" es aleatorio y puede ser atenuado utilizando filtros de paso bajo.

Cargar la imagen **SNIR** y usar **Smooth**, dentro del submenú **Filters**. Anotar las modificaciones sufridas por la imagen filtrada. A continuación aplicaremos otro filtro de paso bajo como es el **3X3**, (localizado en el submenú **Filters**). Emplear los siguientes coeficientes:

1	2	1
2	4	2
1	2	1

La imagen filtrada quedará grabada con el nombre **3X3.DAT**. Visualizar esta imagen **3X3.DAT** y anotar las modificaciones producidas en ella, en relación a la original. ¿Cuales son las diferencias sobre la imagen entre los dos filtrados?

BIBLIOGRAFIA

Jensen, J. R., 1986. Introductory digital image processing. Prentice Hall. pp. 125-129.

Summers, R. J., 1989. Educator's Guide for Building and Operating Environmental Satellite Receiving Stations. NOAA Technical Report NESDIS n° 44.

Otras referencias bibliográficas de interés:

Mittelstaedt, E., 1983. The upwelling area off Northwest Africa.- A description of phenomena related to coastal upwelling. Prog. Oceanogr., 12: 307-331.

Mittelstaedt, E., 1991. The ocean boundary along the Northwest African coast: Circulation and oceanographic properties at the sea surface. Prog. Oceanogr., 26: 307-335.

Van Camp, L., Nykjaer, L., Mittelstaedt, E., Schlittenhardt, P., 1991. Upwelling and boundary circulation off Northwest Africa as depicted by infrared and visible satellite observations. Prog. Oceanogr., 26: 357-402.

Mc Clain, E.P., Pichel, W. G., Walton, C.C., 1985. Comparative performance of AVHRR based multichannel sea surface temperature. J. Geophys. Res. 90 (C6): 11587-11601.

Esta lección ha sido preparada por J. Pérez-Marrero, A. González-Muñoz y O. Llinás.

Sugerencias y comentarios sobre la lección serán enviados a:

J. Pérez-Marrero
Instituto Canario de Ciencias Marinas
Dpto. de Oceanografía
Apdo. 56, 35200 Telde
Gran Canaria - ESPAÑA

Fax: 34-28/69-39-08
Tfno: 34-28/69.39.00



Respuestas

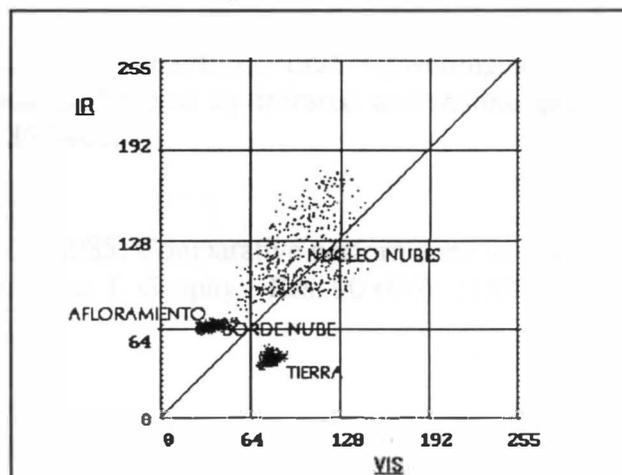
Actividad 1.

- Aparece un patrón en la imagen, se observan píxeles más claros (temperaturas inferiores) junto a la costa, que se van oscureciendo paulatinamente, a medida que nos adentramos en el mar. La frontera de las nubes al oeste del Archipiélago Canario se hace más brillante.

- De 60 a 75. Los píxeles marinos corresponden al pico pronunciado que se observa en el histograma.

- Si mediante la opción **Linear Stretch** se le asigna el color 0 (negro) a la tierra y el 15 (blanco) a las nubes, el porcentaje de píxeles no enmascarados (descontando los márgenes) corresponden al océano, en este caso, un 50%.

Actividad 2.



- Las características de los bordes de las nubes son similares a las del núcleo del afloramiento.

Actividad 3a.

- Porque no se han corregido de efectos atmosféricos. El vapor de agua y otros gases absorben parte de la radiación infrarroja emitida por la superficie. Para estas correcciones se usan algoritmos multibanda y multimirada. De los últimos, pueden llevarse a cabo usando exclusivamente imágenes APT (Véase, por ejemplo, Chedin *et al.*, 1982).

- Canarias: 3°C

- Dahkla: 3°C

NOTA: Se observa mejor la valoración utilizando Smooth, del menú de Filters.

Actividad 4.

- Utilizando el filtro **Smooth** el campo de temperatura superficial aparece muy homogéneo, es decir, no aparecen saltos bruscos en los valores de brillo. Al usar el filtro **3X3** propuesto, aunque el campo de temperaturas es también homogéneo, se remarca más la transición entre las aguas más frías (píxeles claros) y las más cálidas. Ello es especialmente evidente en la zona de Cabo Bojador y al sur de la isla de Tenerife. (Sugerencia: Grabar la imagen filtrada con **Smooth** y compararla con la imagen **3X3**, usando la función **Toggle**, dentro del menú de **Multi-image**).

Chedin, A., Scott, N.A., Berroir, A., 1982. A single channel double viewing angle method for sea surface temperature determination from coincident METEOSAT and TIROS-N radiometric measurements. *Jour. Appl. Meteor.* 21: 613-618.