

CADENA AUTOMATICA DE TRATAMIENTO PARA IMAGENES NOAA. APLICACION A LA EXPLOTACION MASIVA DE IMAGENES EN EL PROYECTO HYDRE

A. Hermosilla Carrasquilla, A. Lobato Domínguez, C. Navarro Mezquita y J.M. Moreira Madueño.

Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Pabellón de Nueva Zelanda. Avda. de las Acacias S/N. 41092 Sevilla. Tf: 95-4480200. FAX: 95-4480220

RESUMEN.- La implantación de un proyecto denominado HYDRE para el seguimiento de los recursos hídricos de Andalucía, se fundamenta en su apoyo sobre un Sistema de Información Ambiental preexistente (SinambA). Los modelos de teledetección utilizados, han sido desarrollados internamente como parte del software de tratamiento de imágenes AMATEL, componiendo un conjunto completo de tratamientos de imágenes NOAA. Su ejecución encadenada consigue un alto grado de automatización del proceso, permitiendo su aplicación operativa sobre grandes volúmenes de imágenes.

ABSTRACT.- The introduction of the E.C. HYDRE project in order to examine water resources behaviour in Andalucía region is based on a former Environmental Information System (SinambA). The Remote Sensing models have been internally developed as a part of the image processing system AMATEL, which is a set of NOAA-imagery processing facilities. Its highly step-by-step automatized process enables its operational application to big volumes of data.

1.- INTRODUCCION

El proyecto HYDRE surge como propuesta de la C.E. para llevar a cabo un estudio de los recursos hídricos en un conjunto de regiones piloto del Mediterráneo (Moreira, 1994). Esta evaluación de recursos se realiza obteniendo una serie de indicadores físicos a partir de modelos Agrometeorológicos, de Evaluación de Riesgos y de Teledetección.

La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía se hace cargo de la aplicación del proyecto en Andalucía dentro del SinambA (Sistema de Información Ambiental de Andalucía). La Teledetección espacial constituye una de las áreas básicas que conforman dicho Sistema. En este campo, se cuenta con un paquete software de desarrollo propio: AMATEL, el cual abarca las diferentes funciones de manejo de la información en formato ráster, aplicadas fundamentalmente al tratamiento de imágenes de satélite (Lobato y Moreira, 1993).

Los modelos de Teledetección utilizados persiguen el cálculo del índice de vegetación, la temperatura de superficie y la evaluación de la evapotranspiración real a partir de los datos AVHRR suministrados por el satélite NOAA. Su finalidad es obtener información actualizada sobre el estado de desarrollo de la vegetación, permitiendo controlar y cartografiar problemas de sequía o heladas.

Las condiciones principales impuestas por este proyecto son la explotación de imágenes con carácter masivo y un grado de automatización máximo, con ejecución de los procesos en

tiempo casi-real e intervención mínima del operador (solo en tareas de carga inicial de imágenes y lanzamiento de ejecución de la cadena de tratamientos).

La multitemporalidad ofrecida por las imágenes de satélite NOAA, así como la gran cantidad de trabajos científicos desarrollados sobre los sensores AVHRR, permiten contemplar estas imágenes con un valor extraordinario para el seguimiento, en tiempo cuasi-real, de fenómenos físicos vinculados a la evolución de la vegetación natural y cultivada o la temperatura de radiación. Pero esto sólo puede ser una realidad operativa si previamente se resuelven algunos problemas relativos a los procesos de corrección geométrica, atmosférica y radiométrica, que facilitan el hecho de que sobre un punto del territorio se tenga la seguridad de la precisión de posición espacial y de comparación de valores físicos. Dada la gran cantidad de imágenes y procesos involucrados para obtener valores para cada píxel NOAA que sirvan de indicadores físicos ambientales de la situación de la vegetación en territorios extensos, se hace preciso el desarrollo de una ejecución encadenada de los mismos para conseguir un alto grado de automatización del proceso.

2.- METODOLOGIA

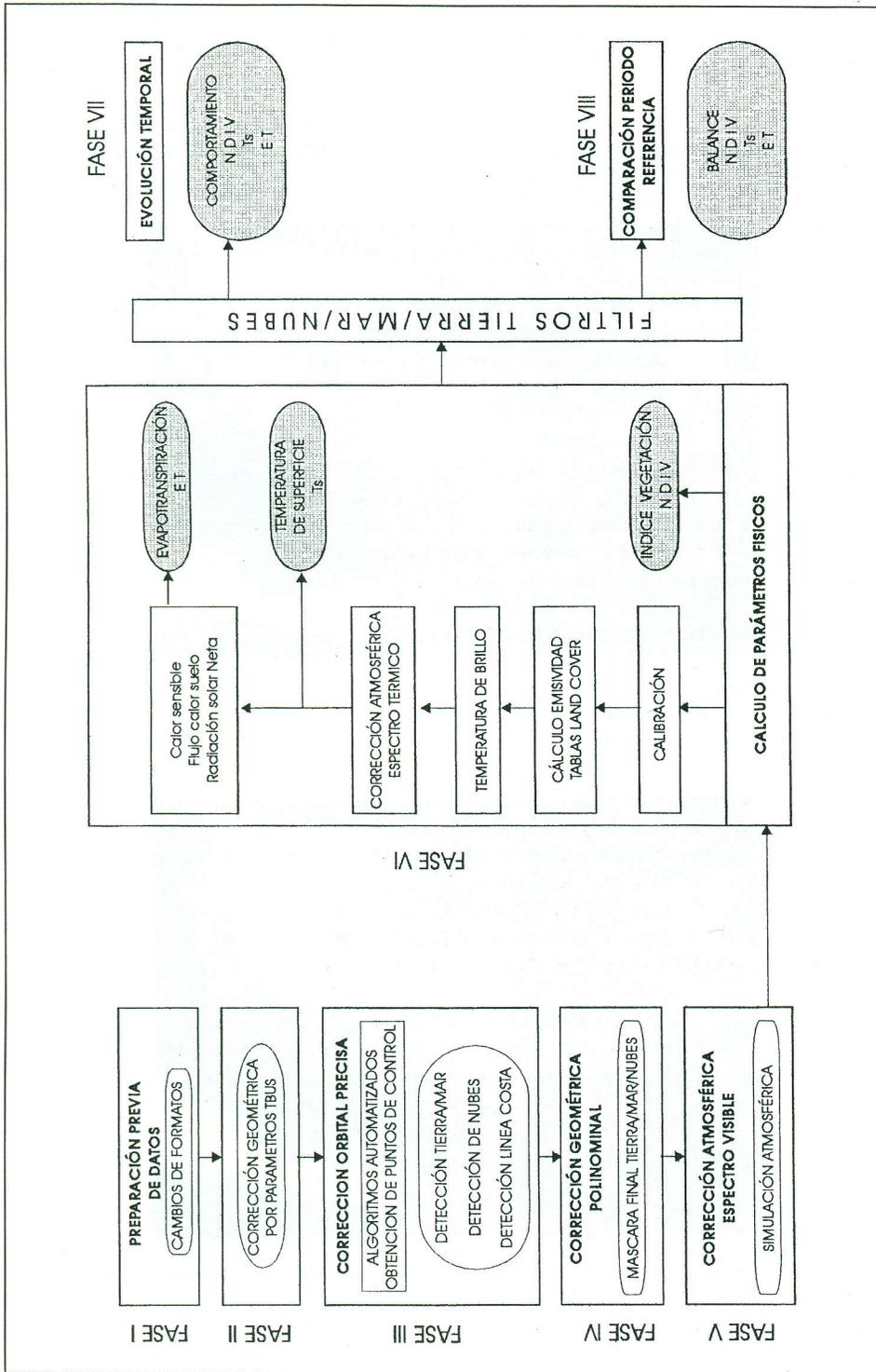
El diagrama de bloques completo de la cadena de tratamientos aplicados a las imágenes NOAA (Figura 1), se compone de 8 fases diferenciadas:

Fase 1: Consiste en los procesos de preparación previa de los datos. Incluye la lectura de las imágenes NOAA a partir del formato en que se reciben, así como la obtención de los datos iniciales de la imagen y parámetros del TBUS.

Fase 2: Está destinada a la obtención de un conjunto de puntos de control de forma automatizada sobre la imagen NOAA original, que permitan aplicar una corrección orbital precisa de la misma. Consiste en la realización sobre la imagen original de una corrección orbital inicial (corrección de primer nivel) mediante los parámetros orbitales obtenidos del TBUS disponible de fecha más próxima a la de la imagen. La imagen corregida resultante, aunque algo imprecisa debido a las características de este tipo de corrección, va a permitir efectuar sobre la misma un análisis de detección de nubes. Una vez delimitadas claramente las categorías agua, tierra y nubes, se aplica un proceso de detección automática de puntos de control en costa, mediante una base de datos preexistente de máscaras tierra/agua correspondientes a puntos singulares de la costa. Con esto se obtienen los puntos de control buscados, referidos a la imagen NOAA original. En la Figura 2 se recoge un ejemplo de situación inicial de ventanas de referencia sobre una imagen corregida de primer nivel (se observa que la coincidencia geométrica no es buena).

Fase 3: En esta etapa se efectúa la corrección orbital precisa de la imagen original, mediante los puntos de control obtenidos en la fase anterior. El resultado de este tipo de corrección orbital es de mejor calidad geométrica, que la realizada exclusivamente con parámetros orbitales y la denominaremos corrección de segundo nivel. Se realizan un nuevo análisis de detección de nubes y otra localización automática de puntos de control sobre la nueva imagen corregida, de cara a la siguiente fase.

Fase 4: Los puntos de control obtenidos en la fase anterior se utilizan para la aplicación sobre la imagen corregida de segundo nivel de una corrección geométrica polinómica. Se dispone de esta manera de la imagen NOAA corregida en tercer nivel, la cual tiene ya un grado de precisión geométrica muy bueno, con errores medios inferiores a un píxel. El mismo tipo de corrección se aplica a la última máscara tierra/agua/nubes, generándose su



◆ versión final. En la Figura 3 se recoge un ejemplo de situación de ventanas de referencia sobre una imagen corregida de tercer nivel (ahora se observa que la coincidencia geométrica es muy buena).

Fase 5: Calibración y corrección atmosférica de la imagen. Se realiza una corrección de las bandas visibles del espectro de la imagen NOAA (bandas 1 y 2). Esto se consigue extrapolando el comportamiento de la reflectancia en un conjunto de puntos de imagen a nivel de suelo y a nivel del satélite.

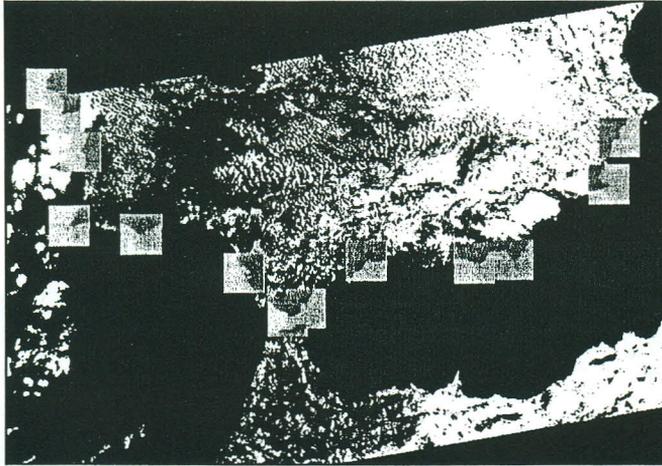


Figura 2.- Superposición de ventanas de referencia sobre imagen corregida de primer nivel (C. 27)

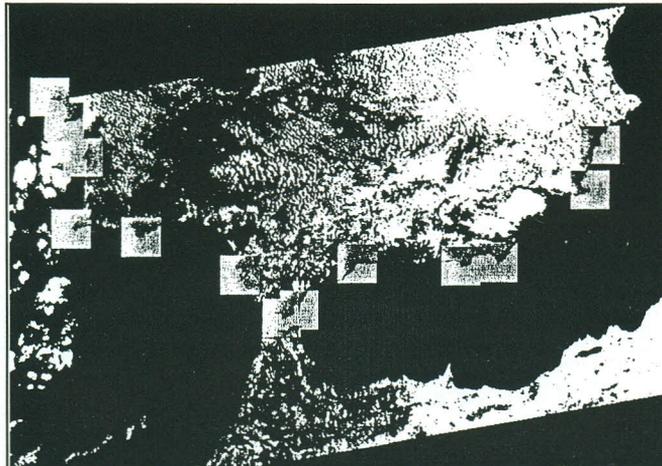


Figura 3.- Superposición de ventanas de referencia sobre imagen corregida de tercer nivel (C. 28)

Fase 6: En esta fase se llevan a cabo los procesos de cálculo de parámetros físicos: índice de vegetación, temperatura de superficie y evapotranspiración.

Fase 7: Obtención de funciones temporales que muestran gráficamente el comportamiento a lo largo del tiempo de los parámetros físicos calculados en la fase 6.

Fase 8: Comparación del comportamiento temporal de los parámetros físicos calculados con respecto a años modelo. Se compara el comportamiento de los parámetros físicos en cada período de tiempo en estudio, con la evolución de los mismos durante los años hidrológicos que se han tomado de referencia: desde octubre de 1990 a septiembre de 1991 y desde octubre de 1993 a septiembre de 1994.

3.- CARACTERISTICAS DE LOS MODULOS DE TRATAMIENTO

3.1.- Corrección orbital mediante parámetros de TBUS

Mediante los parámetros de TBUS, previamente recopilados, se obtienen de modo analítico la longitud del último nodo ascendente y el tiempo en la primera línea, lo cual va a permitir aplicar un modelo de la geometría orbital para efectuar la corrección.

3.2.- Detección de nubes

Se basa en la aplicación de 5 tests destinados a la localización de nubes (Saunders y Kriebel, 1993), (Derrien et al., 1993). Un píxel se considerará libre de nubes cuando supere todos los test con asignación de "no nube".

Los test son:

- Test de umbral infrarrojo con canal 5
- Test de umbral de reflectancia dinámica en el visible
- Test de coherencia espacial
- Test de diferencias de temperatura en el infrarrojo térmico
- Discriminación de nieve

Al mismo tiempo, se efectúa también, una discriminación automática entre tierra y agua, con la ayuda de los canales 1 y 2.

3.3.- Sistema de localización automática de puntos de control

Este procedimiento se fundamenta en la construcción previa de una base de datos de ventanas, centradas en puntos singulares y fácilmente identificables de la costa, las cuales reflejan el contorno del litoral mediante una máscara tierra/agua. Se dispone de 13 puntos de referencia, siendo las ventanas de 51 x 51 píxeles.

A partir de una máscara tierra/agua/nubes obtenida de la imagen NOAA, ya georreferenciada, se efectúa un análisis en el entorno de la posición inicialmente candidata para cada punto (según sus coordenadas), determinándose mediante desplazamiento de la ventana y comparación, aquella posición de mejor acierto de superposición (se exige un grado de acierto superior al 95%), la cual indicará la situación real del punto de costa en estudio. De esta forma se van determinando puntos de control, que van a permitir un afinamiento posterior de la corrección de imagen.

3.4.- Corrección orbital mediante puntos de control

Se basa en la realización de una corrección mediante el mismo modelo orbital utilizado en la corrección orbital por parámetros del TBUS, sólo que ahora el cálculo se efectúa apoyándose en una serie de puntos de control lo que la hace bastante más fina.

3.5.- Corrección geométrica polinómica por puntos de control

Mediante un conjunto de puntos de control se obtienen los coeficientes de dos funciones de transformación polinómicas bivariables que permitirán restituir la imagen de trabajo al espacio geométrico deseado (en nuestro caso geometría UTM).

Se utilizan polinomios de grado 1, con restitución por el método de vecino más próximo, para evitar alteraciones de la radiometría original de los píxeles.

3.6.- Calibración y corrección atmosférica de las bandas visible e infrarroja próxima del NOAA-AVHRR

Se aplica una función de calibración a los valores digitales que aporta la imagen en las bandas espectrales 1 y 2 mediante una transformación lineal: $L = \text{gain} \cdot \text{ND} + \text{offset}$.

Para atenuar los efectos atmosféricos en las bandas del espectro visible de la imagen se selecciona un conjunto de puntos de interés, de comportamiento espectral conocido. Para cada píxel seleccionado, se calculan respectivamente su reflectancia aparente, obtenida mediante la función de calibración, y la reflectancia real, obtenida mediante el programa de simulación atmosférica 5S (Tanré et al., 1992).

Con estos datos se calcula una ecuación de regresión simple que se aplica a la totalidad de puntos de la imagen.

La corrección atmosférica de las bandas térmicas de la imagen está implícito en el proceso de cálculo de temperatura de superficie (que se expone más adelante).

3.7.- Modelos de cálculo de parámetros físicos:

a) Cálculo del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)

Si tomamos ND_i como el valor digital de la banda i -ésima, el valor del factor NDVI para dicho píxel será:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{ND}_1 - \text{ND}_2}{\text{ND}_1 + \text{ND}_2}$$

b) Cálculo de temperaturas de superficie (T_s)

El cálculo de temperaturas de superficie se realiza atendiendo a los valores de las bandas del espectro térmico de las imágenes NOAA (Price, 1988).

Para ello, en primer lugar se aplica una calibración a la imagen en las bandas 4 y 5 mediante una transformación lineal: $L = \text{gain} \cdot \text{ND} + \text{offset}$.

Posteriormente, se calculan los valores de temperatura de brillo para las bandas 4 y 5 de NOAA aplicando la ecuación de Planck. Se consigue un afinamiento de este cálculo teniendo en cuenta el factor emisividad (calculado a partir de un mapa de usos del suelo).

Si tomamos TSUP_i como el valor de temperatura de brillo para la banda i -ésima, λ como la

longitud de onda y L como el valor de radiancia del píxel:

$$TSUP_i = \frac{C_2 \cdot \lambda}{1 + C_1 \cdot \lambda_{-3}} \cdot L$$

Siendo $C_1 = 1,1910659 \cdot 10^{-5}$ y $C_2 = 1,438833$

A continuación se calcula el valor de temperatura de superficie de cada píxel de imagen aplicando la siguiente ecuación tipo "split-window", que atenúa los efectos atmosféricos en las bandas térmicas del sensor:

$$TSUP = TSUP_4 + 2,78 \cdot (TSUP_4 - TSUP_5)$$

c) Cálculo de la Evapotranspiración (ET):

El cálculo de la Evapotranspiración (ET) se realiza a través de la fórmula del balance de energía, adaptada a la escala regional de trabajo:

$$R_n = G + S + ET$$

Donde R_n es la Radiación Solar Neta, G es el flujo de calor en el suelo y S es el calor sensible.

Para la obtención de la Radiación Solar Neta se hallan datos de albedo, radiación global diaria, radiación térmica de onda larga entrante y radiación térmica de onda larga saliente. Para el cálculo del flujo de calor sensible se necesita conocer la temperatura de superficie, temperatura del aire y la rugosidad.

4.- CONCLUSIONES

La cadena automática para el tratamiento de imágenes NOAA se encuentra en la actualidad en explotación, aunque sus distintos módulos están sujetos a mejoras y perfeccionamientos derivados de la experiencia que aporta su utilización continuada.

El objetivo de automatización está plenamente conseguido, ya que la intervención del usuario es mínima y concentrada al principio del trabajo con cada imagen.

La plataforma informática sobre la que actualmente reside AMATEL, limita la aplicación de estos procesos a una 3 imágenes NOAA diarias. Sin embargo, en la actualidad, todo el Sistema de Información se encuentra en proceso de migración a una nueva plataforma mucho más potente, donde desaparece dicha limitación.

El proceso completo permite llegar a una comparación espacial, espectral y temporal del comportamiento de los parámetros analizados. La combinación de estos resultados con el resto de modelos y capas de información conduce a un seguimiento operacional de las condiciones hídricas de las plantas cultivadas y de la vegetación natural, así como a la detección de potenciales situaciones de alarma.

5.- REFERENCIAS

- Derrien M., Farki B., Harang L., LeGléau H., Noyalet A., Pochic D., Sairouni A. 1993. Automatic cloud detection applied to NOAA-11/AVHRR imagery. *Remote Sensing of Environment* 46: 246-267.
- Lobato, A. y Moreira, J.M. 1993. AMATEL: Un software abierto para el tratamiento de información ráster en un sistema de información ambiental. En 5ª Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección.

Las Palmas de Gran Canaria.

Moreira J.M. 1994. HYDRE, un proyecto para el control, en tiempo real, de los recursos hídricos en regiones mediterráneas. Boletín de la A.G.E. 18: 111-126.

Price, J.C. 1988. An update on visible and near infrared calibration of satellite instruments. Remote Sensing of Environment 24: 419-422.

Saunders R.W. and Kriebel K.T. 1988. An improved method for detecting clear sky and cloudy radiances from AVHRR data. Int. J. Remote Sensing. 9: 123-150.

Tanre, D., Holben, B. and Kaufman, Y. 1992. Atmospheric correction algorithm for NOAA-AVHRR products: theory and application. I IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 30: 231-248.