

5 Imágenes NOAA-AVHRR

Los satélites NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) forman parte del Programa POES (Polar Operational Environment Satellite) desarrollado por la NASA en cooperación con la agencia NOAA, Francia y el Reino Unido. La NASA a través del Goddard Space Flight Center (GSFC) se encarga de la construcción y puesta en órbita de los satélites, que pasan a ser comandados por la NOAA una vez realizados los chequeos pertinentes.

Teniendo en cuenta que el principal objetivo de este programa era facilitar información sobre el estado actual de la atmósfera, el satélite NOAA se diseñó para ofrecer un ciclo de cobertura muy corto: una imagen cada 12 horas en el caso de España. Este ciclo se disminuye a seis horas, gracias a la sincronización de los dos satélites que orbitan simultáneamente alrededor de la Tierra. Uno de ellos cruza el Ecuador a las 7:30 a.m. hora local (Islas Canarias), y el otro lo hace a la 1:40 p.m. hora local (Islas Canarias). Por convenio, los satélites pares cubren las órbitas diurnas y los impares las nocturnas. De esta forma se asegura la continua observación de toda la Tierra.

El primer satélite fue el TIROS-N (Televisión Infrared Observation Satellite - Next Generation), lanzado en octubre de 1978. Fue el prototipo de una serie de cuatro generaciones de satélites operacionales. Este satélite fue el primero en el que se embarcó el instrumento AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), que proporciona información radiométrica en las zonas visible e infrarroja del espectro.

Desde 1978 se han lanzado otros satélites que se han denominado con una letra antes del lanzamiento y un número después. Así el NOAA-J, una vez en órbita, se denominó NOAA-14. Con el NOAA-K, lanzado en mayo de 1998, que pasó a denominarse NOAA-15, comenzó una nueva serie de satélites con cambios y mejoras tecnológicas en la instrumentación respecto a los anteriores. Esta serie, denominada KLM, proyectó nuevos satélites, como el NOAA-L y el NOAA-M que se caracterizan por la presencia de instrumentos de microondas que permiten el trabajo en zonas nubosas, en las cuales los instrumentos que operan en las zonas visible e infrarroja tienen problemas de operación.

Los satélites NOAA tienen una órbita heliosíncrona con un período de 102 minutos, de éstos, promediando, 72 minutos son de iluminación solar, y los 30 restantes, de oscuridad. Giran en torno a la Tierra 14 veces al día, a una altura orbital de 833 a 870

km, cubriendo en cada imagen un ancho de aproximadamente 3000 km. El ciclo se repite aproximadamente cada 9 días.

Al proporcionar información del visible, infrarrojo cercano y térmico, permite seguir las condiciones de la vegetación en períodos cortos de tiempo, lo que lo hace idóneo para estudiar fenómenos muy dinámicos como la desertificación, la deforestación tropical, o los incendios forestales de gran magnitud. De igual manera pueden emplearse para la obtención de mapas de irradiación solar y temperatura superficial, así como también para la elaboración de mapas de cobertura del suelo a escala continental, y para el inventario de cosechas.

5.1 Características del Sensor AVHRR

El radiómetro AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) fue diseñado para la observación meteorológica (determinación de cobertura de nubes y temperatura de la superficie), pero posteriormente los datos que suministra han encontrado numerosas aplicaciones en el campo de la observación de la Tierra, lo que ha llevado a convertir al sensor AVHRR en una de las fuentes de datos de teledetección más utilizadas.

Su escáner tiene un barrido de banda ancha que proporciona imágenes con una resolución de 1,1 km en el nadir (ver Tabla 5.1), capaz de medir radiación en 5 bandas del espectro electromagnético, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo medio y las dos bandas del infrarrojo térmico. Al obtener una misma imagen en diferentes longitudes de onda se puede hacer un análisis multiespectral para definir con gran precisión parámetros hidrológicos, oceanográficos y meteorológicos.

Para asegurar esta frecuencia de adquisición, el AVHRR cuenta con un ángulo de barrido muy amplio ($55,4^\circ$ a ambos lados de la traza), lo que implica notables problemas geométricos y radiométricos en las imágenes resultantes. De esta forma, la resolución espacial en el nadir (1.1×1.1 km) puede degradarse hasta 2.4×6 km en los extremos de la imagen, por ello es necesario realizar una corrección geométrica de la misma, esto se realiza mediante la utilización de puntos de control en superficie, los que son entregados conjuntamente con las imágenes de satélite.

Se distinguen varios modelos de este instrumento: El AVHRR/1 (NOAA-6,-8,-10), el AVHRR/2 (NOAA-7,-9,-11,-12,-14) y el AVHRR/3 (NOAA-15,-16,-17).

El instrumento AVHRR proporciona datos en distintos intervalos dentro del rango visible, infrarrojo cercano e infrarrojo térmico del espectro electromagnético. Las observaciones en los canales correspondiente al visible y el infrarrojo cercano

permiten observar vegetación, nubes, lagos, costas, nieve y hielo (ver Tabla 5.2). Los otros tres canales, que operan dentro de la zona del infrarrojo térmico, permiten obtener la temperatura de la Tierra, temperatura de la superficie del agua y las nubes. El canal adicional del modelo AVHRR/3, llamado 3A, mejora la capacidad de discriminación entre nieve, hielo y nubes.

Tabla 5.1: Características de los sensores AVHRR

Items	NOAA-14 – AVHRR/2	NOAA-16 – AVHRR/3
Launch date	December 30, 1994	September 21, 200X
Orbital type	Near polar sun-synchronous	Near polar sun-synchronous
Orbital cycle	9 days	9 days
Orbital period	102.12 minutes	102.14 minutes
Orbital inclination	98.86°	98.74°
Equator crossing time	Ascending node 13:40 Descending node 01:40	Ascending node 14:00 Descending node 02:00
Field of view (FOV)	±55.4°	±55.4°
Swath	2580 km	2580 km
Pixel size at the nadir	1.1 km	1.1 km
Daily coverage	2 times per day (day and night)	2 times per day (day and night)
Radiometric resolution	10 bits	10 bits
Spectral channels	Channel 1 : 0.58 – 0.68 μm	Channel 1 : 0.58 – 0.68 μm
	Channel 2 : 0.72 – 1.10 μm	Channel 2 : 0.72 – 1.00 μm
		Channel 3a : 1.58 – 1.64 μm
	Channel 3 : 3.55 – 3.93 μm	Channel 3b : 3.55 – 3.93 μm
	Channel 4 : 10.30 – 11.3 μm	Channel 4 : 10.30 – 11.3 μm
	Channel 5 : 11.50 – 12.5 μm	Channel 5 : 11.50 – 12.5 μm

Hay tres tipos de transmisión de datos AVHRR desde el satélite a Tierra, HRPT (High Resolution Picture Transmission), LAC (Local Area Coverage) y GAC (Global Area Coverage). La transmisión de datos HRPT se realiza de forma continua y se trata de datos de alta resolución. Los datos LAC también son de alta resolución, pero se almacenan a bordo y se envían a tierra posteriormente. Los datos GAC se obtienen a partir de los LAC promediando valores muestreados.

Tabla 5.2: Región espectral y uso principal de las bandas del sensor AVHRR

Banda	Amplitud (µm)	Región espectral	Uso Principal
1	0.58 – 0.68	Visible - rojo	Daytime cloud, surface mapping and smoke
2	0.72 – 1.10	Infrarrojo cercano	Land-water boundaries and smoke
3a	1.58 – 1.64	Infrarrojo cercano	Snow and ice detection
3b	3.55 – 3.93	Infrarrojo medio	Sea surface temperature, night-time cloud mapping and fire
4	10.30 – 11.30	Infrarrojo térmico	Sea surface temperature, day and night cloud mapping and fire
5	11.50 – 12.50	Infrarrojo térmico	Sea surface temperature

5.2 Imágenes de satélite empleadas

Las imágenes de satélite empleadas en este trabajo fueron proporcionadas por el CREPAD (Centro de Recepción, Proceso, Archivo y Distribución de Imágenes de Observación de la Tierra), quienes poseen una base de imágenes NOAA-AVHRR desde junio de 1997 en adelante de los satélites NOAA-14, NOAA-15, NOAA-16 y NOAA-17.

La definición del período de estudio estuvo limitada por la disponibilidad de imágenes suministradas por el CREPAD, razón por la que se utilizó imágenes con una cobertura temporal de 5 años, desde enero de 1998 hasta diciembre de 2002, y así obtener resultados con un mínimo de validez climatológica

Actualmente el CREPAD recibe únicamente datos de los satélites NOAA-15, NOAA-16 (NOAA-L, lanzado en junio de 2001) y NOAA-17 (NOAA-M, lanzado en junio de 2002). Dado que estos son los únicos satélites de la serie que están operativos en la actualidad.

En el CREPAD los datos se reciben en modo HRPT. La organización es del tipo BIL (Band Interleaved by Line) con una resolución radiométrica de 10 bits y el volumen de datos por cada archivo varía entre 80 y 120 MB, con un tamaño de imagen de 2048 × 4096 píxeles (variable), en la Figura 5.1 se muestra la cobertura espacial de uno de los pasos del satélite por la Península Ibérica.

En este período, de los satélites NOAA que estuvieron operativos sólo se utilizaron las imágenes de los satélites NOAA-14 y NOAA-16. El satélite NOAA-15 no fue utilizado por tener unas horas de pase demasiado extremas, tal como muestra la Tabla 5.3. En total se emplearon 1866 imágenes desde enero del año 1998 hasta

diciembre del año 2002 (ver Tabla 5.4), que se corresponden a una equivalencia de 312 días/año ($\cong 85\%$).

Tabla 5.3: Archivo CREPAD

Satélite	Nivel	Horas de pase		Fechas de archivo
NOAA-14	1B	Diurnas:	13-14:00 y 15-16:00	desde junio de 1997 - hasta 20/10/01
		Nocturnas:	1-2:00 y 3-4:00	
NOAA-15	1B	Diurnas:	18:00 y 20:00	desde 23/06/99 - hasta 16/09/00
		Nocturnas:	6:00 y 8:00	
NOAA-16	1B	Diurnas:	12:00 y 15:00	desde octubre de 2001
		Nocturnas:	01:00 y 04:00	

Tabla 5.4: Imágenes NOAA-AVHRR utilizadas

Año	Imágenes horarias	Correspondencia a días
1998	401	330
1999	416	341
2000	333	293
2001	305	257
2002	411	337
Total	1866	1558

5.3 Cobertura espacial de las imágenes

En la Figura 5.1 se muestra la cobertura espacial de una de la imágenes captadas por el satélite en su paso por la estación receptora en las islas Canarias, en ella se observa la Península Ibérica y partes de los continentes Europeo y Africano. Cada imagen tiene 2048 columnas y una longitud variable de filas, la de la imagen tiene 4578 filas.

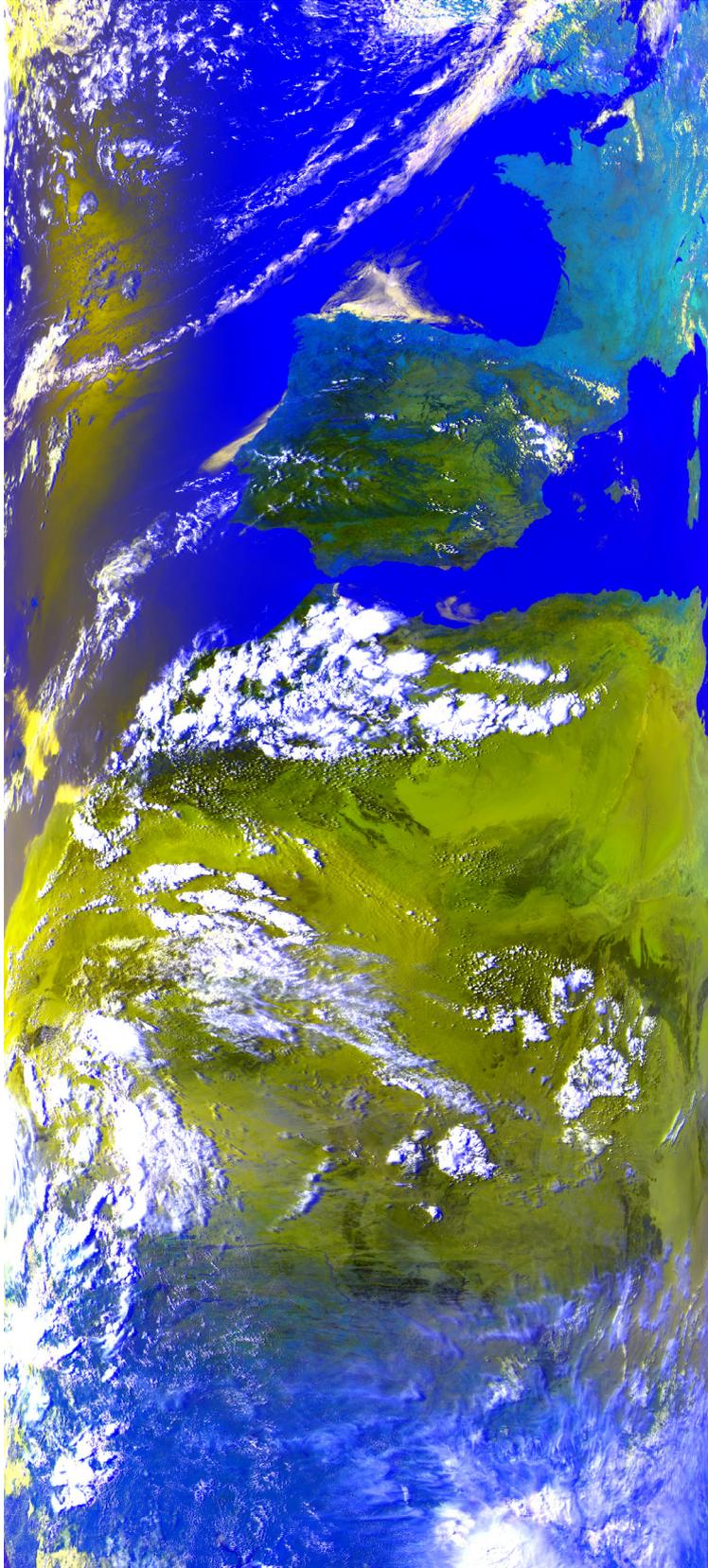


Figura 5.1: Cobertura espacial de las imágenes NOAA-AVHRR empleadas

5.4 Corrección Geométrica

Las imágenes NOAA-AVHRR deben ser corregidas geoméricamente de modo de representarlas en una proyección apropiada y en un formato estándar, por ejemplo la proyección geográfica o la proyección UTM (Universal Transverse Mercator). Esta distorsión se debe a la rotación de la tierra, al campo de visión (Field Of View) del sensor (distorsión panorámica), a la curvatura de la tierra, y a la inestabilidad de la plataforma.

La corrección geométrica se realizó utilizando los puntos de control en superficie (Ground Control Points) con un polinomio de cuarto grado. Los puntos de control fueron entregados por el CREPAD cada 32x16 píxeles en un archivo (en formato ascii) por cada imagen de satélite.

En el caso particular de este trabajo, se realizó la georreferenciación a la proyección geográfica, con un tamaño de píxel de 0.008333 grados y límites de la imagen entre -10°O y 5°E de longitud y entre 35°N y 45°N de latitud (lo que comprende la Península Ibérica y las islas Baleares), generándose una imagen de 1202 filas por 1802 columnas. Esta imagen en proyección geográfica y coordenadas lat-lon se muestra en la Figura 5.2.

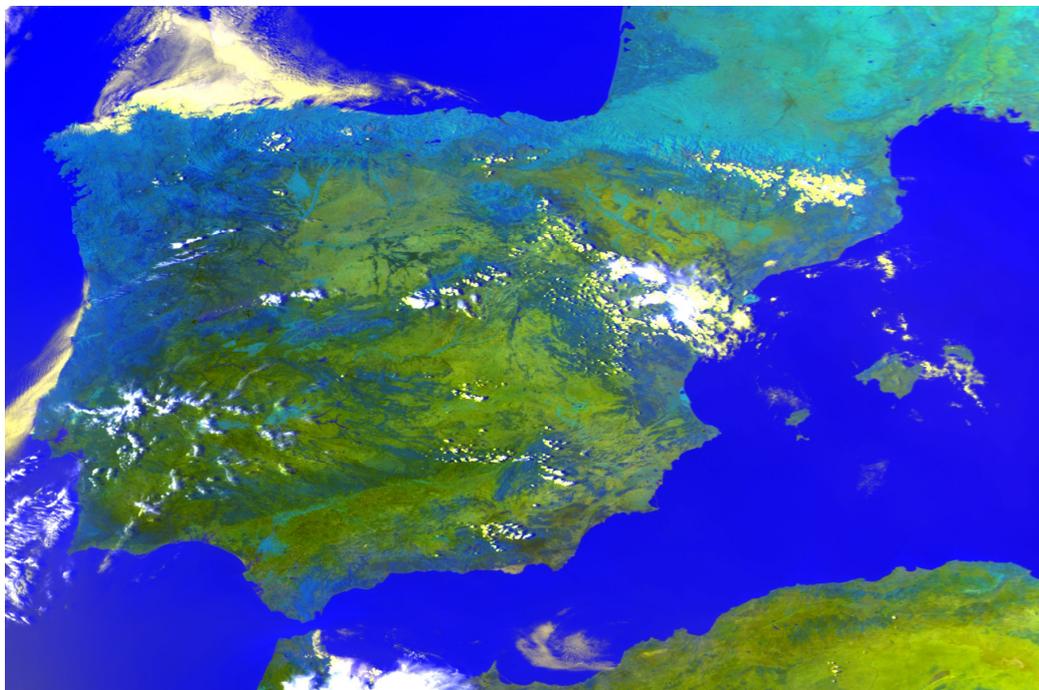


Figura 5.2: Imagen NOAA-AVHRR de la Península Ibérica en proyección geográfica

Posteriormente con el propósito de representar los resultados obtenidos se realizó un cambio de proyección, esta vez a la proyección UTM y con un tamaño de píxel de 1 km. En la Figura 5.3 se presenta esta imagen en proyección UTM-30.

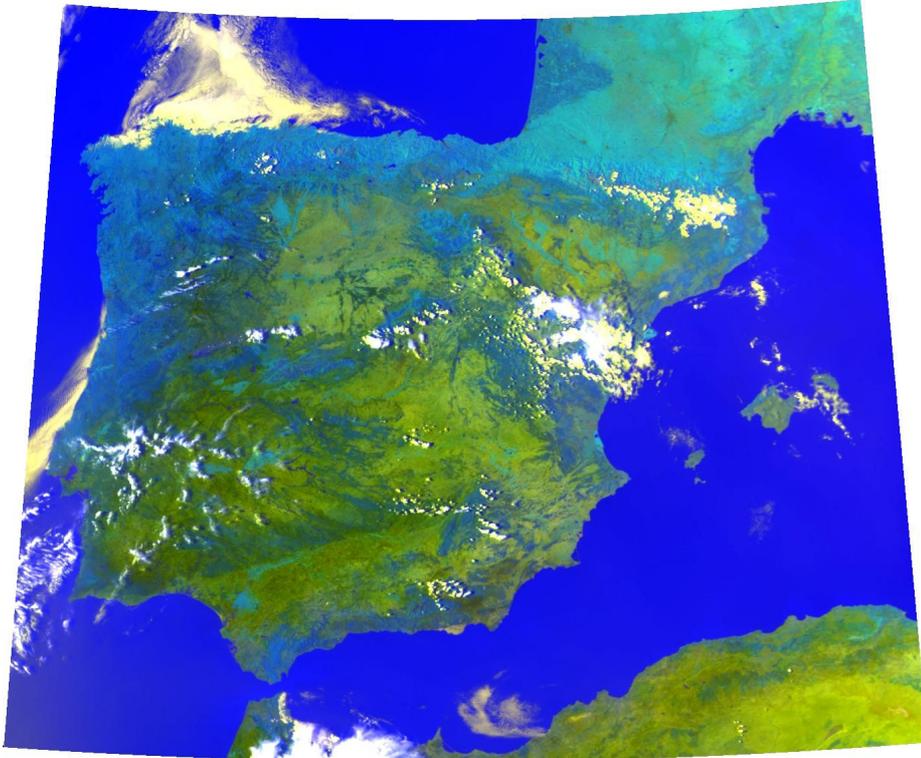


Figura 5.3: Imagen NOAA-AVHRR de la Península Ibérica en proyección UTM-30