

## CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES ERS-1

<sup>1</sup>J. Gutiérrez del Olmo y <sup>2</sup>V. Moreno

*INDRA ESPACIO. C/Mar Egeo, 4. Pol. Ind. nº1. San Fernando de Henares. 28850. Madrid. España*  
*<sup>1</sup>Tf: +34 1 3963936. Fax: 3963912. e-mail: jgut@mdr.indra-espacio.es*  
*<sup>2</sup>Tf: +34 1 3963955. Fax: 3963912. e-mail: vmor@mdr.indra-espacio.es*

### Introducción

La agricultura es uno de los principales pilares de nuestra economía. En los últimos años han variado mucho las superficies agrícolas en nuestro país. Hemos pasado de 1,7 millones de hectáreas de regadío en 1957 a casi 3 millones en la actualidad. La meta de transformación de secano en regadío está en 4 millones de hectáreas.

Sin embargo, el agua es el gran factor limitante de esa transformación agraria en nuestro país. También influyen nuestra acusada orografía y otros factores. Es, por tanto, fundamental a la hora de realizar una previsión de demanda de nuevos regadíos contar con cartografía específica, la cual ha de mantener una constante actualización y control, ya que la transformación se deja notar en el sector día a día.

### Marco físico

En el presente trabajo se ha desarrollado una metodología de clasificación de usos del suelo a partir de imágenes ERS-1 SAR. La zona elegida se sitúa al sur de la ciudad de Sevilla. Incluye las marismas del Guadalquivir y sus alrededores. Su actividad es principalmente agrícola. Surcan la zona los ríos Guadalquivir y Guadaira. Actualmente es un área de aluviones cuaternarios, margas y

calizas. Destaca la casi ausencia de relieves topográficos.

Hay una fuerte irregularidad hídrica estacional e interanual. Los cultivos que se dan en la provincia con mayor extensión son: arroz, maíz, girasol, algodón, cítricos y olivar. Hay una alta rotación de cultivos, con bruscas fluctuaciones entre un año y otro, lo cual convierte a esta zona en la típica que necesitaría una constante actualización cartográfica.

### Datos de partida

Hemos dispuesto de tres imágenes SAR banda C del satélite ERS-1. Éstas eran de diferentes fechas ya que el estudio ha sido de carácter multitemporal. Las fechas son:

- 3 de Marzo de 1993
- 16 de Junio de 1993
- 25 de Agosto de 1993

También hemos utilizado la escena 202-34 de Sevilla del satélite Landsat sensor TM. Asimismo también se ha contado con la ayuda auxiliar de diversas fuentes bibliográficas de la zona: mapas topográficos y de usos del suelo. Se ha utilizado la digitalización de la zona del proyecto RMO.

Por último se han tomado datos de las estaciones evaporimétricas y de

aforos más próximas para ver el estado de humedad de las imágenes.

### ERS-1 SAR

El ERS-1 fue lanzado por la Agencia Espacial Europea (ESA) el 17 de Julio de 1991 como el primer satélite europeo con sensores remotos. Entre otros sensores, contaba, dentro del AMI (Active Microwave Instrument) con un SAR (Synthetic Aperture Radar).

El SAR es un sensor activo: porta su propia fuente de iluminación. La principal característica del SAR es la simulación de una antena de grandes dimensiones por medio de la adecuada combinación de pulsos basándose en el efecto Doppler (la frecuencia recibida por un objeto en movimiento depende de la trayectoria de éste con respecto al foco de emisión). La posibilidad de producir imágenes de alta resolución con independencia de la iluminación solar y de las condiciones meteorológicas, son importantes ventajas con las que cuenta el SAR. Son destacables sus aplicaciones en oceanografía, vegetación, geología, cartografía y estudios polares.

### Estado de las imágenes

Recibimos las imágenes en formato FDI. Hemos creído importante saber las condiciones del terreno que estamos interpretando. Por ésto se ha realizado un estudio de estado de humedad de las imágenes en el que se han tenido en cuenta la precipitación y los caudales como entradas al sistema y la evapotranspiración como salida, como principales parámetros. Al final, como se muestra en la tabla, el estado de humedad que se puede esperar es el normal para las fechas de toma:

Datos al %	Q	Prec.	ETO
3 Marzo 93	90	100	28
16 Junio 93	100	90	81
25 Agosto 93	54	0	100

### Ajuste entre imágenes

Para realizar el estudio multitemporal es necesario superponer las imágenes para obtener una sola con varias capas. Este ajuste se realiza mediante puntos de control del terreno (GCP's). Es importante que estos GCP's no tengan dinamismo temporal. Para facilitar su localización se ha aumentado el contraste. Con éstos GCP's se calcula una ecuación de transformación que se aplica a la imagen fuente para ajustarla contra la destino.

Se ajustaron Junio y Agosto contra Marzo (ECM = 0,2 y 0,4). Una vez ajustadas se hace una superposición de capas (Layer Stack) mediante intersección.

### Filtrado

Las imágenes presentan un moteado típico denominado speckle. Este tipo de dispersión es característico de las imágenes SAR debido a las múltiples orientaciones de los objetos que son iluminados dentro de un mismo pixel.

Para reducir el speckle hemos probado varios filtros en pequeñas parcelas de prueba, quedándonos al final con el más efectivo: un filtro de paso bajo mediante la Transformada Rápida de Fourier. Primero se aplica la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para convertir la imagen al dominio de las frecuencias o de Fourier. Así se puede visualizar y se le aplica el filtro de paso bajo mediante una ventana de

Hanning. Éste elimina las altas frecuencias, en las que está el speckle, dejando las bajas, en las que se encuentra la mayoría de la información. Una vez filtrada la imagen, para volver al dominio espacial se le aplica la Inversa Transformada Rápida de Fourier (IFFT).

### Georreferenciación

Con la georreferenciación se dará validez cartográfica a las imágenes y en consecuencia al mapa final generado. La georreferenciación la realizamos contra una imagen TM ya georreferenciada. El procedimiento es bastante similar al del ajuste entre imágenes. El error cuadrático medio aquí ha sido de 0,6 píxeles. Éste ECM es mayor debido a la diferente naturaleza de las imágenes origen y destino.

### Generación de nuevas capas

Para obtener información adicional hemos generado dos nuevas capas: la media y la máxima variación:

a) Media: es una capa en la cual el valor de intensidad o nivel digital (ND) de cada píxel es la media aritmética de los píxeles que ocupan la misma posición en las imágenes de Marzo, Junio y Agosto. La función aplicada es sencilla:

$$ND_{Media} = \frac{(ND_{Marzo} + ND_{Junio} + ND_{Agosto})}{3}$$

El aspecto de esta capa es una mezcla representativa de las otras tres.

b) Máxima Variación: esta capa trata de representar la máxima variación temporal posible en cada punto entre las tres originales. Para esto se construye un

modelo que nos combine las capas de dos en dos de todos los modos posibles, se restan los valores de los pares obtenidos, se ponen en valor absoluto y se escoge el de valor máximo. El algoritmo que se aplica es el siguiente:

$$ND_{final} = \text{MAX} ( |ND_{marzo} - ND_{junio}|, |ND_{marzo} - ND_{agosto}|, |ND_{junio} - ND_{agosto}| )$$

El aspecto de esta nueva capa nos resalta los puntos de alta variabilidad temporal y deja con ND's muy bajos los puntos con escaso dinamismo temporal.

### Combinaciones en falso color

La escala de trabajo elegida fue de 1:100.000 Las bandas disponibles eran:

- Banda 1: Imagen 3 Mayo 1993
- Banda 2: Imagen 16 Junio 1993
- Banda 3: Imagen 25 Agosto 1993
- Banda 4: Imagen Media
- Banda 5: Imagen Máxima Variación

Se probaron múltiples combinaciones, en las que se realizó ecualización automática de histogramas en algunos casos y expansión manual en otros. También en algunos casos se realizó un filtrado de realce de estructuras previo a la salida por el plotter. Al final las combinaciones elegidas para la fotointerpretación fueron: RGB: 1,2,3 y RGB: 3,1,5

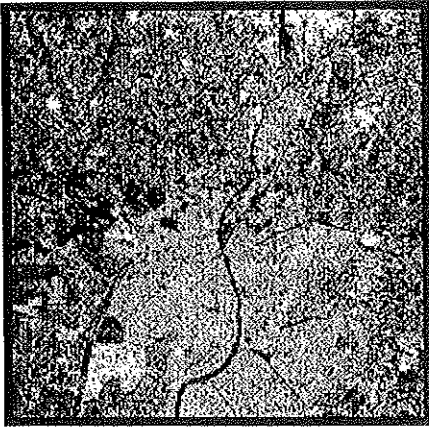


Fig 1.- Imagen SAR multitemporal (1,2,3)  
Fotointerpretación

Para la fotointerpretación se ha hecho una delimitación independiente para cada una de las dos combinaciones en falso color elegidas. Las delimitaciones se hicieron atendiendo a criterios de tono- saturación, textura y estructura. Se obtuvieron 23 y 17 clases respectivamente. Se cruzaron y dieron 146 tipos de terrenos diferentes, los cuales fueron agrupados en 16 categorías.

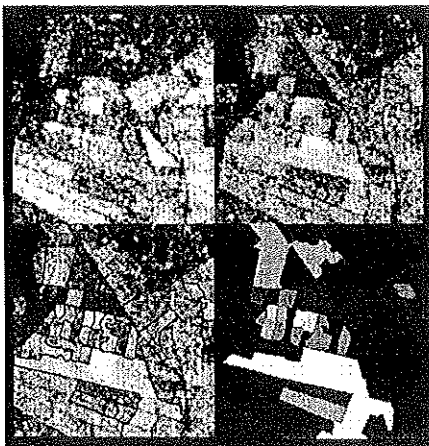


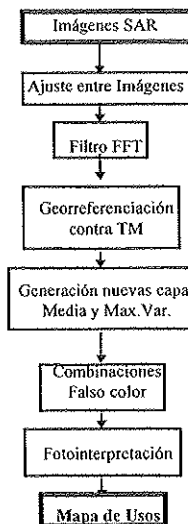
Fig 2.- Muestra de Imagen SAR, Imagen SAR multitemporal, delimitaciones, y mapa generado.

Resultados

Entre las ventajas del SAR frente a otro tipo de sensores, pudimos observar: gran abanico de tipos de cultivo así como una buena descripción del estado y del estadio dentro del ciclo de cultivo. También se observó una gran capacidad para localizar y delimitar núcleos urbanos.

Entre los puntos a mejorar están: definición de bordes un tanto defectuosa, pérdida de información de textura en algunas zonas debido al speckle y menor capacidad de discriminación en terrenos con menor contenido de humedad como pastizales, matorral o masas forestales.

La metodología seguida se muestra en el siguiente esquema:



Conclusiones

Como conclusión, queda claro que se puede realizar un mapa de ocupación del suelo con imágenes SAR multitemporales con un aceptable nivel de precisión.

Aun a falta de mejorar los aspectos antes mencionados, el SAR se revela como una interesante herramienta de cartografía, siendo independiente de las condiciones atmosféricas. Es fácil, pues, vislumbrar un futuro muy prometedor para este tipo de sensor.

Bibliografía:

- Attore, F. Manes, F. Abbate, G. Borfecchia, F. Della Rocca, B. Morchetti, M. Principal vegetation types in a natural area close to the city of Rome as observed by ERS-1 SAR and Landsat -TM. SPIE. Vol. 2585 pags 23- 31.
- ESA. 8- 12 November 1993. Use of ERS- 1 SAR Data for Agricultural, Forestry and Environmental Applications in Central Eastern Europe. Frascati.
- Kasischke E.S.& Bourgeau- Chavez L.L. Monitoring South Florida wetlands using ERS-1 SAR imagery. PE&RS, March, 1997.
- Nezry E., Remondiere S., Solaas G.A., Genovesse G. Mapping of next season's crops during the winter using ERS SAR. Earth Observation Quarterly. Nº 50 - December 1995.