

## COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LOS SISTEMAS ERAFIS (INIA), RS (ICG) Y AMATEL (AMA) EN LA ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES CULTIVADAS

F. GONZALEZ<sup>1</sup>, R. ARBIOL<sup>2</sup>, A. LOBATO<sup>3</sup>, J.M. MOREIRA<sup>3</sup>, J. ROMEU<sup>2</sup> Y J.M. CUEVAS<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Sección de Teledetección Agraria. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid.

<sup>2</sup>Servicio de Teledetección. Instituto Cartográfico de Cataluña. Barcelona.

<sup>3</sup>Servicio de Evaluación de Recursos Naturales. Agencia de Medio Ambiente. Sevilla.

### RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos en la estimación de superficies cultivadas en el Sur de Navarra utilizando en el estudio encuestas de campo e información espectral procedente de una imagen Landsat TM. El procesamiento de la información se ha realizado con los tres sistemas informáticos desarrollados a este fin en España. Los resultados obtenidos con los tres sistemas son muy similares, lo cual demuestra la gran consistencia y fiabilidad de los mismos para la utilización de los procedimientos metodológicos en ellos implementados en aplicaciones operacionales.

### ABSTRACT

*The results obtained in the estimation of the crop areas in the South of Navarra, using an area sample frame and spectral Landsat TM information, are presented. The processing of the information has been made using the three different informatic systems developed with this aim in Spain. The obtained results with the three systems are very similar, proving the great consistency and reliability of the methodological processes in them developed for the operational applications.*

### 1. LA ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES CULTIVADAS MEDIANTE IMÁGENES DE SATELITE

La estimación de superficies cultivadas realizada mediante la integración de técnicas de muestreo y la clasificación de imágenes de satélite es la aplicación de la Teledetección que tiene mayor interés económico y factibilidad operacional. La estimación de la superficie cultivada utilizando datos MSS-Landsat ha sido realizada de modo operacional en los Estados Unidos por el Servicio de Estadística Agrícola desde 1980 utilizando el sistema EDITOR (Ozga et al., 1977) con resultados muy satisfactorios (Allen y Hanuschack, 1988). Se ha desarrollado otras experiencias en Canadá (Ryerson et al., 1985), Francia (Meyer-Roux et al., 1983), Italia (ITA, 1989), Australia (Daubin y Beach, 1981), Argentina (Badwhar et al., 1987), Brasil (Moreira et al., 1986), etc.

El 26 de septiembre de 1988 el Consejo de Ministros de la Comunidad Europea aprobó el Proyecto Piloto de Teledetección aplicada a las estadísticas agrarias. Este proyecto, presentado por la Dirección General VI de Agricultura en colaboración con la Oficina Estadística de las Comunidades Europeas tiene como objetivo evaluar las aplicaciones de la Teledetección espacial en el campo de la estadística agraria de cara a la integración de este tipo de información en los procedimientos actuales de obtención de información sobre

la agricultura.

Los resultados obtenidos en dicho proyecto en cinco regiones europeas de España, Francia, Italia, Grecia y Alemania durante los años 1989, 1990 y 1991 han confirmado la utilidad operacional de la realización de estadísticas agrarias de superficies a partir de encuestas de campo e imágenes de satélite.

Así pues, dicha metodología será la recomendada por la Dirección General de Agricultura y la Oficina de Estadística de la CEE para los países del Sur de la Comunidad para la realización de las estadísticas agrarias a nivel nacional.

### 2. LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS ESPAÑOLES PARA LA ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES CULTIVADAS UTILIZANDO IMÁGENES DE SATELITE

Los sistemas informáticos desarrollados en España específicamente para la estimación de las superficies ocupadas por los diferentes usos del suelo son ERAFIS (Estimación de Recursos Agrícolas y Forestales mediante Imágenes de Satélite) (Moro et al., 1984 y 1986), RS (Remote Sensing) (Romeu et al., 1988) y AMATEL (Agencia de Medio Ambiente, Teledetección) (Giménez de Azcárate, et al., 1989).

Estos sistemas informáticos, aunque con características propias, en gran medida derivadas del distinto hardware so-

bre el que están implementados, tienen una amplia serie de características comunes, entre las que se puede citar su flexibilidad, la posibilidad de modificación o ampliación, el poseer una documentación accesible y el estar diseñados de tal modo que se facilite el intercambio entre ellos de resultados y experiencias.

En la Figura 1 aparece representado el esquema conceptual al que se adaptan en gran medida los sistemas mencionados anteriormente.

### 3. EXPERIENCIAS REALIZADAS UTILIZANDO ESTOS SISTEMAS

El sistema ERAFIS se ha utilizado en el reconocimiento y estimación de los usos del suelo en la provincia de Toledo (González et al., 1988) utilizando imágenes Landsat 4-MSS, así como en varios estudios derivados utilizando los mismos datos (Cuevas et al., 1988; Llop et al., 1990). También se ha utilizado para realizar la estimación de las superficies cultivadas en el Sur de Navarra usando Landsat TM y probando dos metodologías diferentes (González et al., 1991), adaptaciones de la propuesta por el Instituto para las Aplicaciones de la Teledetección de la CEE y de la metodología tradicional de marco de áreas que emplea el Servicio de Estadística Agrícola de los Estados Unidos.

El sistema RS del Instituto Cartográfico de Cataluña (Romeu et al., 1987) se viene aplicando en diversas comarcas de Cataluña desde 1987 y en la actualidad al conjunto de toda Cataluña para la realización de estadísticas agrarias.

El sistema AMATEL (Giménez de Azcárate et al., 1989) se ha aplicado en una experiencia realizada en el Bajo Guadalquivir con una superficie aproximada de 100.000 ha en 1990 y actualmente se aplica para realizar el seguimiento de los cultivos en regadío en el entorno del Parque Nacional de Doñana.

### 4. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO, INVENTARIO REALIZADO E IMAGEN UTILIZADA.

El área de estudio utilizada para realizar la comparación de los tres sistemas informáticos mencionados comprende catorce términos municipales del Sur de Navarra y ha sido el área utilizada por la Sección de Teledetección del INIA para la realización de otros trabajos en colaboración con el Gobierno de Navarra y la Secretaría General Técnica del MAPA. Este área tiene una superficie total de 91.963 ha. Las precipitaciones anuales son siempre inferiores a 600 mm, llegando en algunas estaciones a sólo superarse muy ligeramente los 400 mm. El área en estudio se reparte entre el Terciario continental y el Cuaternario, siendo las principales litologías de los depósitos terciarios areniscas, yesos, margas y calizas y lutitas intercalas. Este área es fundamentalmente agrícola, destacando los cultivos de cereales (trigo, cebada, maíz) y el viñedo.

Se investigaron en el campo 24 segmentos cuadrados de 700 m de lado entre el 15 y el 30 de mayo de 1988. De cada una de las parcelas dentro de estos segmentos

presentando una diferente cubierta se anotó ésta, habiéndose considerado 24 diferentes tipos de cubierta (González et al., 1990). En este estudio comparativo no se ha realizado ninguna estratificación.

Para la realización de este estudio se ha utilizado una imagen Landsat TM de fecha 15 de marzo de 1988. Esta imagen fue la única encontrada sin cubierta nubosa de importancia y de una fecha anterior a la cosecha de los cereales.

### 5. RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I aparecen el número de píxeles de entrenamiento utilizados en cada uno de los sistemas (NPIX), así como los porcentajes de clasificación correcta obtenidos (% C.C.) para las clases consideradas en este estudio (trigo, cebada, barbecho y viñedo). El número de píxeles de entrenamiento utilizados ha sido similar en los tres casos, aunque inferior en el caso ERAFIS debido a las más estrictas condiciones exigidas para incluir un píxel correspondiente a los segmentos en la definición de los clasificadores.

Tabla I

	ERAFIS		RS		AMATEL	
	% C.C.	NPIX	% C.C.	NPIX	% C.C.	NPIX
CULTIVO						
TRIGO	24,2	297	20,8	370	54,9	421
CEBADA	81,5	1621	84,9	2203	64,7	2283
VIÑEDO	85,5	662	76,1	854	78,2	853
BARBECHOS	69,2	1135	72,9	2069	71,2	1555
TOTAL	69,8	3945	65,1	5801	68,4	5432

Los porcentajes de clasificación correcta total obtenidos en las áreas de entrenamiento son similares en los tres sistemas. Por clases los mejores porcentajes de clasificación correcta se obtuvieron para las clases VIÑEDO (85,5 %) utilizando el sistema ERAFIS, CEBADA (84,9 %) y BARBECHOS (72,9%) utilizando el sistema RS y TRIGO (54,9%) utilizando el sistema AMATEL.

Con el objeto de poder medir cual es el interés de incorporar la información de Teledetección a un muestreo por marco de áreas convencional se define la Eficiencia Relativa del estimador de regresión con respecto al estimador de expansión directa como el ratio entre las varianzas obtenidas en cada caso, es decir:

$$\text{Eficiencia Relativa: (E.R.)} = \frac{\hat{V}}{\hat{V}_{\text{reg}}}$$

Siendo:

$\hat{V}$  = varianza del estimador por expansión directa para la superficie ocupada por un determinado uso del suelo en el área en estudio.

$\hat{V}_{\text{reg}}$  = varianza del estimador por regresión para la superficie ocupada por un determinado uso del suelo en el área en estudio.

Tabla 2

		ICC					INIA					AMA				
		TOTAL	DESV. TIP	C.V.	E.R.	R <sup>2</sup>	TOTAL	DESV. TIP	C.V.	E.R.	R <sup>2</sup>	TOTAL	DESV. TIP	C.V.	E.R.	R <sup>2</sup>
TRIGO	EXP. DIRECTA	6738	2365	35.09			6729	2369	35.20			6762	2356	34.84		
	REGRESION	6364	1342	21.08	3.10	.6760	6186	1278	20.66	3.43	.7087	6996	1642	23.48	2.05	.5138
CEBADA	EXP. DIRECTA	26910	4131	15.35			26924	4138	15.36			26830	4112	15.31		
	REGRESION	27040	1691	6.25	5.96	.8324	29165	1768	6.06	5.47	.8173	28148	1912	6.79	4.62	.7836
BARBECHO	EXP. DIRECTA	27216	3819	14.03			27203	3828	14.07			27304	3814	13.97		
	REGRESION	31178	2292	7.35	2.77	.6397	35159	2747	7.81	1.94	.4850	31190	2974	9.53	1.64	.3918
VIÑEDO	EXP. DIRECTA	10718	3822	35.65			10396	3853	37.06			10389	3835	36.91		
	REGRESION	6324	1310	20.71	8.51	.8825	6373	1041	16.32	13.71	.9270	5728	1087	18.98	12.43	.9196

En la Tabla 2 aparecen, para las clases en estudio y utilizando los tres sistemas, los píxeles correspondientes y los coeficientes de variación obtenidos en la estimación por expansión directa y por regresión, así como el coeficiente de determinación y la eficiencia relativa del estimador por regresión.

Las eficiencias relativas obtenidas con los tres sistemas os-

cilan entre 1,94 y 13,71 en el caso ERAFIS, entre 3,10 y 8,51 en el caso RS y entre 1,64 y 12,43 en el caso AMATEL. Las mayores eficiencias relativas obtenidas han sido en los tres casos para la clave viñedo, en que se han obtenido valores muy altos. Las eficiencias relativas obtenidas son algo inferiores en el caso AMATEL a las obtenidas con los otros dos sistemas para el trigo, la cebada y el barbecho. Las

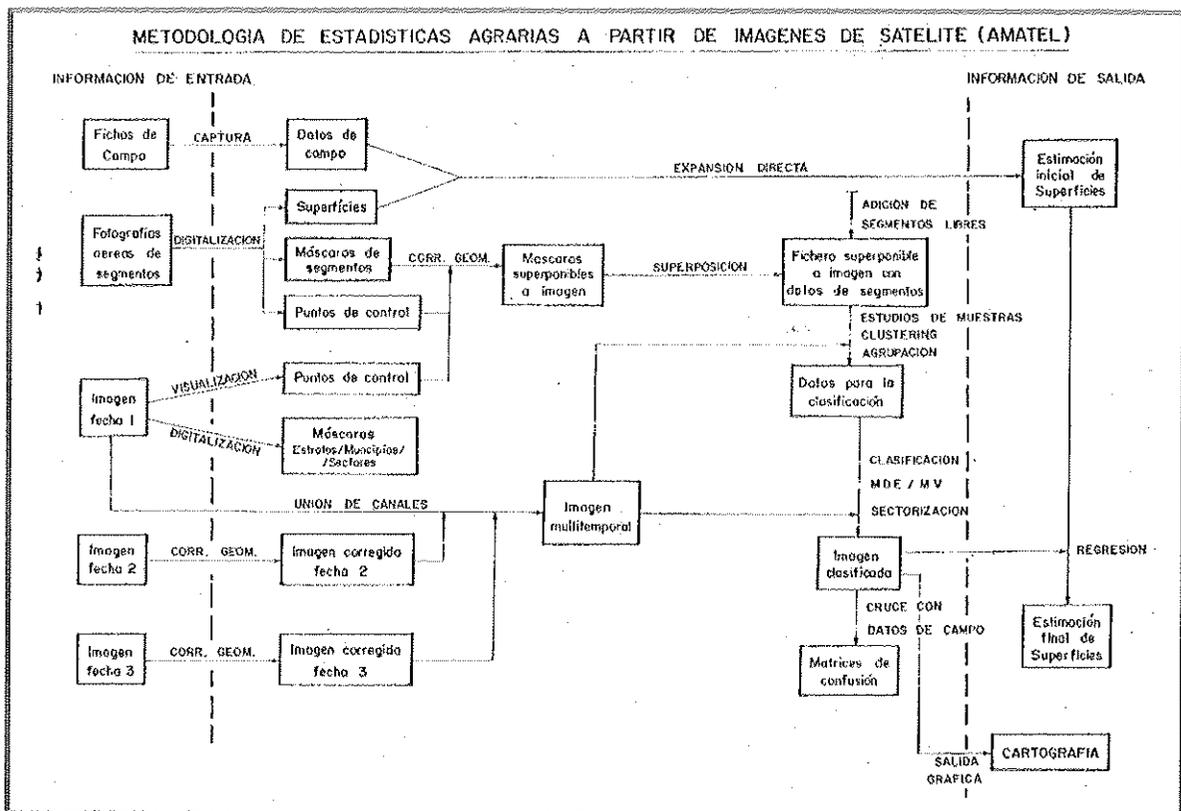


Figura 1.- Esquema conceptual de los sistemas utilizados.

máximas eficiencias relativas se han obtenido para el trigo y el viñedo con el sistema ERAFIS, y para la cebada y el barbecho con el sistema RS.

## 6. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se deduce que los tres sistemas informáticos utilizados (ERAFIS, RS y AMATEL) conducen a unos resultados muy similares en la estimación de superficies cultivadas utilizando un muestreo por marco de áreas y datos espectrales, lo cual demuestra que estos sistemas están dota-

dos de una gran consistencia y fiabilidad.

Los procedimientos metodológicos implementados en estos sistemas aparecen como idóneos para su utilización en aplicaciones operacionales orientadas a la realización de estadísticas agrarias incorporando imágenes de satélite de alta resolución espacial (Landsat TM y SPOT).

## 7. BIBLIOGRAFIA

- ✓ ALLEN, J.D.; & HANUSCHACK, G.A. (1988): *The remote sensing applications program of the National Agriculture Statistics Service*. pp. 1980-1987.
- ✓ BADHWAR, G.D.; GARGANTINI, C.E. & REDONDO, F.V., (1987): Landsat classification of Argentina summer crops. *Remote Sens. Environ.*, 21. pp. 111-117.
- ✓ CUEVAS, J.M.; LLOP, R.; GONZALEZ, F. y SORIA S., (1988): Utilización de información espectral MSS-Landsat en la estimación de las superficies ocupadas por cultivos anuales de secano. Aplicación en la Provincia de Toledo. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales*. Vol 3(3), 329-346.
- ✓ DAUBIN, K.W. & BEACH, D.W. (1981): Crop monitoring using Landsat. En *proc. 2nd Australasian Landsat Conference*. Landsat-81. Camberra.
- ✓ GIMÉNEZ DE AZCARATE, F.; MOREIRA, J.M.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, A.; RAMOS, A. y LOBATO A. (1989): Análisis de estadísticas agrarias en Andalucía basado en técnicas de Teledetección espacial. En *III Reunión Científica del Grupo de Trabajo en Teledetección*. Madrid. pp. 81-92.
- ✓ GONZALEZ, F.; CUEVAS, J.M. y MORO, J. (1988): Aplicación del sistema informativo ERAFIS al reconocimiento y discriminación de los usos del suelo en la Provincia de Toledo a partir de imágenes digitales MSS-Landsat 4. *Monografías INIA*, 64, Madrid.
- ✓ GONZALEZ, F.; LOPEZ, S. y CUEVAS, J.M. (1990): Influencia de la información contenida en imágenes de satélite sobre la precisión en la estimación de la superficie cultivada de cereal en una zona piloto de la Comunidad Autónoma de Navarra. *Monografías INIA*, 73, Madrid.
- ✓ GONZALEZ, F.; LOPEZ, S. & CUEVAS, J.M. (1991): Comparing two methodologies for crop area estimation in Spain using Landsat TM images and ground gathered data. *Remote Sens. Environ.*, 35: 24-35.
- ✓ ITA, (1989): *Teledetección en agricultura. Estimación de las superficies y precisión de la producción de los cultivos, de la factibilidad a la operatividad*. ITA. Roma
- ✓ LLOP, R.; CUEVAS, J.M.; LOPEZ, S. y GONZALEZ, F., (1990): Método para mejorar la discriminación del olivar utilizando información espectral sintética y textural obtenida de una imagen MSS-Landsat 4. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal*. Vol. 5(2), 313-323.
- ✓ MEYER-ROUX, J.; FOURNIER, PH. & TOUZELET, M., (1983): The remote sensing program of the French agricultural statistical service. SCEES. París.
- ✓ MOREIRA, M.A.; CHEN, S.C. & BATISTA, G.T. (1986): Wheat-area estimation using digital Landsat MSS data and aerial photographs. *Int. J. Remote Sens.*, 9: 1109-1120.
- ✓ MORO, J.; GONZALEZ, F. y CUEVAS, J.M., (1984): ERAFIS: un sistema informático para la estimación de recursos agrícolas y forestales mediante imágenes de satélite. Documentación Técnica. *Nota Técnica, Sección de Proceso de Datos*. 26, INIA, Madrid.
- ✓ MORO, J.; GONZALEZ, F. y CUEVAS, J.M. (1986): Introducción al sistema ERAFIS (Estimación de Recursos Agrícolas y Forestales mediante Imágenes de Satélite) *Monografías INIA*, 54, Madrid.
- ✓ OZGA, M.; DONOVAN, W. & GLEASON, C., (1977): An interactive system for agricultural estimates using Landsat data. En *proc. of the 1977 Symposium of Remotely Sensed Data*. West Lafayette, Indiana, pp 113-123.
- ✓ RYERSON, R.A.; DOBBINS, R.N. & THIBAUT, C. (1985): Timely crop areas estimates from Landsat, *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 51: 1735-1743.
- ✓ ROMEU, J.; VIÑAS, O. y ARBIOL, R. (1988): Estadísticas agrarias a partir de imágenes de satélite. En *II Reunión Nacional del Grupo de Trabajo en Teledetección*. Valencia. pp 241-246.