

Aplicaciones de la Teledetección a la estadística agraria.

F. González, J.M. Cuevas, S. López y R. Llop

Proyecto de Teledetección. Sección de Proceso de Datos. INIA.
Apartado 8111. 28080 Madrid.

Resumen

La aplicación de las técnicas de Teledetección para la realización de la estadística agraria en el contexto español puede ser factible, dadas las favorables condiciones climáticas españolas y las grandes ventajas que para dicho objetivo presentan las imágenes de satélite en formato digital.

El sistema informático ERAFIS (Estimación de Recursos Agrícolas y Forestales mediante Imágenes de Satélite) desarrollado en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias fué orientado básicamente hacia dicha finalidad y su aplicación en una zona piloto de la provincia de Toledo, ha demostrado la viabilidad y el interés que presenta realizar la integración de la información radiométrica procedente de los satélites con los datos recogidos mediante trabajos de campo a la hora de confeccionar las estadísticas relativas a la ocupación del suelo.

1.- Introducción

Las imágenes digitales procedentes de los diversos satélites de observación de la Tierra (Landsat, Spot, NOAA) poseen importantes ventajas para su aplicación en el ámbito agrario.

Entre estas ventajas se podrían citar las siguientes: fácil obtención de los datos a través de los Puntos Nacionales de Contacto del Programa EARTHNET, costes de adquisición razonables por unidad de superficie, calidad de la información homogénea debido al barrido sistemático del sensor, flujo continuo de información debido a la repetitividad de las observaciones, cobertura de todo el territorio nacional, almacenamiento de los datos en formato digital directamente procesable en un ordenador, posibilidad de abordar diversas escalas de trabajo debido a la diferente resolución espacial de los sensores actualmente operativos,...

Por otra parte, la reciente incorporación de España a la Comunidad Económica Europea implicará la realización de un esfuerzo en la elaboración de las estadísticas agrarias que podría resumirse en los puntos siguientes:

- Es necesario un incremento en la cantidad y fiabilidad de la información con el objeto de que las estadísticas agrarias sean un instrumento más útil para la formulación y evaluación de la política agraria.
- La obtención de la información se debe realizar a través de procedimientos objetivos con un grado de credibilidad suficiente.
- La metodología seguida en la elaboración de las estadísticas agrarias debe permitir su comparación entre los diferentes países de la Comunidad Económica Europea.

Las razones anteriormente expuestas, unido a las favorables condiciones climáticas españolas de cara a la utilización de las técnicas de Teledetección, animaron al Grupo de Trabajo de Teledetección de la Sección de Proceso de Datos de INIA al desarrollo del sistema informático ERAFIS (Estimación de Recur

cursos Agrícolas y Forestales mediante Imágenes de Satélite) realizado dentro del marco de un proyecto de investigación financiado por la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Técnica. (MORO et al, 1984, 1986) .

2.- Descripción del sistema ERAFIS

El sistema informático ERAFIS está inspirado en el sistema EDITOR que fué desarrollado conjuntamente por el Center for Advanced Computation de la Universidad de Illinois y el Statistical Reporting Service del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (OZGA et al, 1977) .

El sistema ERAFIS está orientado fundamentalmente hacia el reconocimiento automático mediante técnicas de clasificación supervisada y evaluación de la superficie de diferentes clases de información, entendiéndose por tales a aquellas clases que poseen un contenido temático determinado (ej. tipos de cubierta vegetal presentes en un territorio) .

La región geográfica donde está localizada físicamente la zona a estudiar mediante el sistema ERAFIS, normalmente estará clasificada en varios estratos homogéneos, siguiendo unos criterios determinados, de cara a la realización en la misma de un muestreo estadístico .

La unidad básica de muestreo empleada en la prospección del territorio se denomina AVT (Area de Verdad Terreno) y normalmente coincide con el área útil de un fotograma aéreo cuya escala dependerá del propósito del estudio .

El sistema ERAFIS permite al usuario el empleo de una metodología rigurosa y flexible para realizar la integración de las AVT con la información espectral que contienen las imágenes de satélite .

Cada AVT se puede encontrar dividida en diferentes PVT (Parcela de Verdad Terreno) que delimitan a aquellas superficies continuas que son homogéneas desde el punto de vista del

estudio a realizar.

Las características principales del sistema (MORO et al. 1984; 1986) son:

- 1) Está escrito en lenguaje FORTRAN e implementado en los ordenadores CDC-Cyber 180 y IBM PC-AT, este último controla un digitalizador y un plotter electrostático.
- 2) Los diferentes programas que constituyen el sistema tienen carácter interactivo.
- 3) Está orientado fundamentalmente hacia la clasificación supervisada de imágenes digitales procedentes de diferentes sensores (MSS, TM, HRV).
- 4) Permite al usuario realizar un tratamiento riguroso y versatil de la información de verdad terreno contemplando los aspectos siguientes:
 - Posibilidad de estudiar hasta 10 atributos en las AVT.
 - Digitalización detallada de las AVT y registro de los mismos sobre la imagen de satélite mediante un proceso con dos fases.
 - Consideración a lo largo de todo el proceso de dos tipos de píxeles: "de borde" y "no de borde".
 - Posibilidad de definir de forma interactiva las clases de información a reconocer mediante la aplicación de un lenguaje booleano en la base de datos de verdad terreno.
- 5) Posibilidad de generar clases espectrales unimodales a partir de los píxeles constituyentes de las clases de información mediante un algoritmo de clasificación automática no supervisada del tipo "nubes dinámicas".
- 6) Determinación de unas funciones de clasificación para cada uno de los estratos de análisis.
- 7) Utilización de clasificadores bayesianos de máxima verosimilitud basados en la hipótesis de multinormalidad.
- 8) Evaluación del clasificador mediante su aplicación en las áreas de verdad terreno (Formación de matrices de confusión).
- 9) Clasificación de toda el área de estudio en base a la infor

mación espectral por estratos de análisis y unidades administrativas.

Desde un punto de vista metodológico se pueden distinguir en el sistema ERAFIS las tres fases siguientes: Preparación, Análisis y Clasificación. Los diferentes programas y archivos involucrados en las mismas se representan en la Fig.1.

Fase de Preparación

El propósito de la misma es la realización de una serie de procesos previos relativos fundamentalmente a las CCT y a la información recogida en las AVT. Entre estos procesos se pueden citar los siguientes:

- Cambio del formato original de la CCT a un formato de trabajo (Programa PRFMT).
- Registro de la imagen a coordenadas geográficas.(Programa PCLBGL)
- Digitalización de las AVT.(Programa PDGTLZ).
- Generación de la máscara correspondiente a los píxeles de borde en las AVT.(Programa PGMSC).
- Edición de la información temática recogida en las AVT.(Programa PEDIVT).

Fase de análisis

Su objetivo consiste en la obtención de unas funciones de clasificación correctas e incluye los siguientes procesos básicos:

- Definición y extracción de las clases de información a reconocer.(Programa PXTR1).
- Generación de clases espectrales en las distintas clases de información mediante un procedimiento de clustering no jerárquico.(Programa PCLUST).
- Generación y evaluación de las funciones de clasificación.(Programa PANAL).

Los programas incluidos en esta fase son muy interactivos y su ejecución se puede repetir varias veces hasta que el análisis obtenga un clasificador idóneo.

ERAFIS P TELEDETECCION SPD - INIA

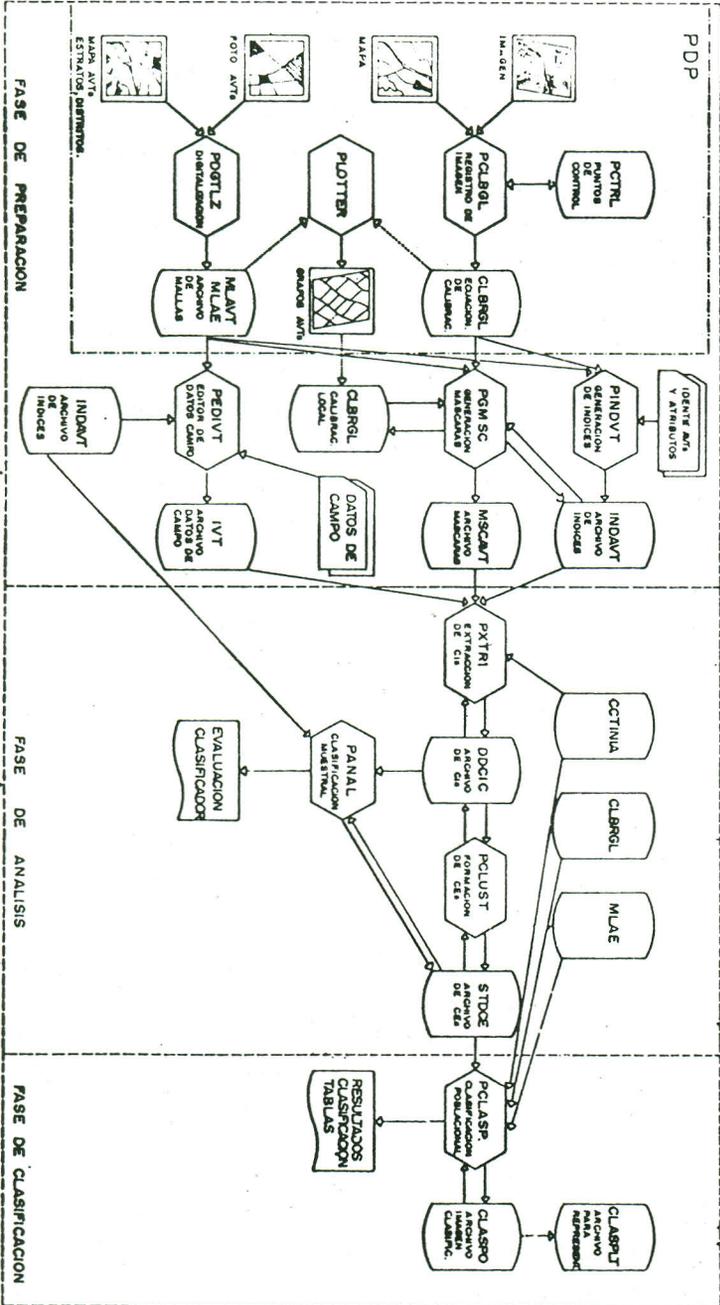
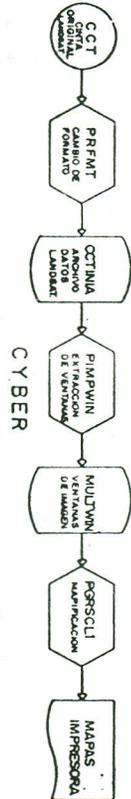


FIGURA 1. FASES DEL SISTEMA ERAFIS

Fase de clasificación

En esta fase se realiza la clasificación de los diferentes estratos definidos en la zona de estudio, aplicando en cada uno de ellos el clasificador correspondiente. El resultado de la misma consiste en una imagen clasificada de la cual se pueden obtener productos cartograficos y las superficies correspondientes a cada clase de información.(Programa PCLASP).

3. Aplicación y resultados

El sistema ERAFIS se ha aplicado recientemente en un estudio orientado al reconocimiento y discriminación de los diferentes usos del suelo presentes en una zona de la provincia de Toledo, habiéndose realizado a partir de imágenes digitales MSS-LANDSAT 4 (GONZALEZ et al. 1986).

El área de estudio se presenta como un transecto del Valle del río Tajo en su zona media, alargado en el sentido Norte-Sur (80 Km aproximadamente) y extendiéndose desde las estribaciones toledanas del Sistema Central hasta los Montes de Toledo al Sur.

Según la clasificación agroclimática de Panadakis, la zona de estudio se encuentra mayoritariamente dentro del tipo climático "mediterráneo seco".

Para la realización del mencionado estudio se ha empleado una imagen MSS de fecha 23/5/1983 y en ella se ha seleccionado una subimagen comprendida entre las filas 950 y 2285 y las columnas 2491 y 3600 de la CCT correspondiente,

Una vez realizada la transformación del formato original de la CCT al formato propio del sistema ERAFIS, se efectuó el registro geografico de la subimagen mencionada, mediante el empleo de 17 puntos de control, de los cuales se determinaron con precisión sus coordenadas Landsat y sus coordenadas geográficas correspondientes a la malla UTM.

Posteriormente, mediante ajustes por mínimos cuadrados se calcularon las ecuaciones de transformación de coordenadas UTM a coordenadas Landsat y viceversa.

Como información de verdad terreno se han utilizado 23 unidades de muestreo denominadas AVT (Áreas de Verdad Terreno), Dichas unidades normalmente coinciden con la parte rectangular central útil de fotogramas aéreos correspondientes a un vuelo en blanco y negro a escala 1/18.000 recientemente realizado sobre la zona (cada unidad de muestreo representa como mínimo unas 477 ha).

La selección de la muestra se realizó de forma que se garantizase la obtención de información espectral válida de todos los principales usos del suelo presentes en la zona de estudio.

Durante el mes de Mayo de 1983 cada una de las 23 unidades de verdad terreno (AVTs) fueron investigadas directamente en el campo, realizándose sobre el fotograma aéreo la delimitación de las parcelas existentes así como la anotación para cada una de estas de diferentes características tales como: uso del suelo, modalidad de cultivo, fenología, forma topográfica, pendiente, exposición, altitud, etc.

Una vez realizados los trabajos de campo se procedió a la digitalización de las áreas de verdad terreno. Cada una de ellas ha dado origen a dos archivos, uno relativo a su estructura geométrica (archivos de tipo MLAVT) y otro relativo a su información temática (archivos de tipo IVT).

Posteriormente se definieron los usos del suelo a reconocer en la zona de estudio y se realizó la extracción de la información espectral asociada a cada clase de información.

El entrenamiento de los clasificadores se ha realizado mediante la aplicación de técnicas de análisis discriminante y asignaciones bayesianas de máxima verosimilitud basadas en el método de coaliciones (WILF, 1977) y (GONZALEZ, 1981), de esta forma se pudieron discriminar hasta trece clases de infor-

mación o usos del suelo y los porcentajes de clasificación correcta para los pixeles no de borde deducidos a partir de las áreas de entrenamiento fueron los que se especifican en la tabla 1.

<u>CLASES DE INFORMACION</u>	<u>% C.C.</u>	<u>R2</u>	<u>E.R.</u>
1-Cereales	45.65	.55	1.99
2-Leguminosas-regadio	89.62	.95	21.16
3-Olivar	81.67	.78	4.12
4-Encinar	59.94	.23	1.17
5-Suelo labrado	43.74	.75	3.66
6-Dehesa-pasto	80.62	.82	5.21
7-Dehesa-labor	64.34	.61	2.35
8-Pinus pinea	67.61	.79	4.43
9-Castañar	70.08	.88	7.73
10-Repoblaciones	38.77	.66	2.70
11-Jarales	55.43	.96	28.87
12-Matorral mixto	29.16	.78	4.20
13-Embalses	99.25	.91	10.73

Tabla 1

Con el objeto de evaluar la validez del clasificador obtenido, de cara a la incorporación de los datos Landsat en una estrategia de marco de muestreo por áreas, se determinó la eficiencia relativa del método a partir de la expresión:

$$\text{Eficiencia Relativa} = V(\hat{A}) / V(\hat{A}(\text{reg}))$$

siendo:

$V(\hat{A})$ = varianza de la estimación por expansión directa

$V(\hat{A}(\text{reg}))$ = varianza de la estimación por regresión

Los resultados obtenidos en cada clase de información para el coeficiente de determinación de la regresión (R2) y para la Eficiencia Relativa (E.R.) se especifican en las columnas correspondientes de la Tabla 1.

La aplicación del clasificador obtenido al área delimitada por las hojas 1/50.000 número 602, 627, 655 ha permitido

deducir un grado de concordancia del 85% entre las superficies especificadas para las diversas clases de información en el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos y las obtenidas al clasificar la información Landsat.

Por otra parte, también se ha investigado la adecuación de la resolución del MSS al tamaño de las parcelas de las distintas clases de información. En las clases con mayor representación tal y como los Cereales, los Olivares y las Dehesas se ha comprobado que entre el 30% y el 40% de su superficie está constituida por parcelas con dimensión por lo menos igual a tres píxeles MSS (240mx80m).

Finalmente, la consideración exclusiva de las clases de información relacionadas con el estrato de análisis denominado: "Cultivos anuales de Secano", proporcionó unos resultados de clasificación correcta entre el 80% y el 90% para los píxeles no de borde pertenecientes a las áreas de entrenamiento de las clases Cereales y Suelos labrados.

Los valores de la Eficiencia Relativa fueron del orden de 20 y 6 para las clases Cereales y Suelo labrado respectivamente.

4. Conclusiones

El sistema ERAFIS permite realizar una integración eficaz de los datos Landsat con informaciones procedentes de verdad de campo mediante la realización de operaciones de registro geográfico de imágenes, digitalización de áreas de verdad terreno, generación de máscaras y definición y extracción de clases de información, de cara a la discriminación espectral y el reconocimiento de diversos usos del suelo de carácter agrícola y/o forestal.

Los porcentajes de clasificación correcta obtenidos se muestran satisfactorios en la mayoría de las clases de información y la metodología empleada puede ser una estrategia adecuada de cara a la actualización de los usos del suelo y a la

realización de la estadística agraria.

La precisión de la estimación de la superficie de las clases de información se puede mejorar sustancialmente mediante el empleo de estimadores por regresión, según se deduce de los valores obtenidos para la eficiencia relativa.

5. Bibliografía

GONZALEZ, F. 1981. Técnicas de tratamiento de datos en Teledetección. Monografía, 28, INIA, Madrid

GONZALEZ, F., CUEVAS, J., MORO, J. 1986. Aplicación del Sistema Informático ERAFIS al Reconocimiento y Discriminación de los usos del suelo en la provincia de Toledo a partir de Imágenes Digitales MSS-Landsat 4. INIA, Madrid.

MORO, J., GONZALEZ, F., CUEVAS, J. 1984. ERAFIS: Un Sistema Informático para la Estimación de Recursos Agrícolas y Forestales mediante Imágenes de Satélite. Documentación Técnica. INIA, Madrid.

MORO, J., GONZALEZ, F., CUEVAS, J. 1986. Introducción al sistema ERAFIS. Monografía, 54, INIA, Madrid.

OZGA, M., DONOVAN, W, GLEASON, G., 1977. An interactive system for agricultural acreage estimates using Landsat. Proc. of the 1977 Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. Purdue University, West Lafayette, Indiana.

WILF, H. 1977. A Methods of Coalitions in statistical discriminant analysis, in Statistical Methods for Digital Computers. Edited by Enslein K., A. Ralston and H.S. Wilf., vol.III of Mathematical Methods for Digital Computers. John Wiley and Sons, New York.