

# METODOLOGÍA PARA LA CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES PROCEDENTES DEL SENSOR LANDSAT MSS EN ANÁLISIS MULTITEMPORALES

M<sup>º</sup> J. PRADOS.

Departamento de Geografía Humana. Universidad de Sevilla. Sevilla.

## RESUMEN

Las imágenes digitales procedentes de los sensores Multiespectrales Scanner están siendo revalorizadas hoy en día ante el volumen de información disponible como consecuencia de la temprana fecha de lanzamiento de la primera plataforma de la serie Landsat. Esta comunicación pretende validar la metodología usual en la clasificación supervisada de valores digitales captados por MSS, sobre tres imágenes de una misma zona agrícola pertenecientes a fechas distintas. Se ensayaron tres técnicas de clasificación, de paralelepípedos, vecino más próximo o mínima distancia, y máxima verosimilitud, en base a unas mismas áreas homogéneas tomadas como muestra. Los resultados numéricos y gráficos son comentados al objeto de determinar las posibilidades del sensor MSS en la clasificación de imágenes multitemporales.

## ABSTRACT

*Landsat Multispectral Scanner provides information about land cover which can be used for historical purposes. The aim of this research is to analyze the capabilities of Landsat MSS products in irrigated agricultural retrospective and multitemporal studies, and try to solve technical satellite limitations in relation with its spectral and also spatial resolution properties. The methodology is based on current image processing one, and three supervised classification procedures were selected -box, nearest neighbour and maximum likelihood- combined spectral data with field samples. The conclusions are related to numerical and image composition results in order to detect irrigated crops.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las imágenes digitales procedentes de los sensores Multispectral Scanner tienden a ser revalorizadas hoy en día ante el volumen de información disponible como consecuencia de la temprana fecha de lanzamiento de la primera plataforma de la serie Landsat. Frente a una correcta resolución temporal de 18 días, la resolución espectral y sobre todo la espacial de este sensor MSS actúan como limitantes en la obtención de esa información, máxime cuando en la actualidad se dispone de la amplitud espectral ofrecida por las bandas en el infrarrojo medio y próximo del sensor Thematic Mapper o del nivel de detalle presente en los 10 metros de resolución espacial del SPOT Panchromatic.

En estudios retrospectivos el sensor MSS ha de ser considerado como una fuente de información muy eficaz, puesto que si ponemos en relación la fecha de lanzamiento -junio 1972- con la elevada resolución temporal -una imagen captada de un mismo área cada 18 días- resulta un número considerable de imágenes disponibles, que presentan además una repetitividad secuencial muy alta. Esta última característica es muy apreciada cuando se trabaja en la detección de la presencia de usos de suelo y cobertura vegetal. En estos casos, el empleo de imágenes pertenecientes a distintas épocas del año puede ayudar a superar las limitaciones de este

sensor MSS en cuanto a su resolución espectral y espacial.

Esta comunicación pretende validar la metodología usual en la clasificación supervisada de valores digitales captados por MSS, sobre tres imágenes de una misma zona agrícola pertenecientes a fechas distintas: abril, junio y septiembre de 1979. Los clasificadores aplicados son los más usuales, esto es del tipo cúbico, vecino más próximo y máxima verosimilitud, en base a unas mismas áreas homogéneas tomadas como muestras. Las fases de preprocesamiento y procesamiento de los valores digitales contenidos en las imágenes seleccionadas han sido realizadas dentro del sistema de información geográfica Iltis, desarrollado por técnicos del I.T.C., y que nos ha permitido combinar la información obtenida en el trabajo de campo con la ofrecida por las imágenes de satélite.

## 2. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio elegida está emplazada en el valle del Guadiana, en la intersección de los afluentes Guadamez y Burdalo con el río principal, y a unos 50 Km al Este de la ciudad de Mérida. Se trata de un área de unas 30.000 has de suelos de vega que soportan un uso fundamentalmente agrícola, tanto en secano como en regadío, además de una



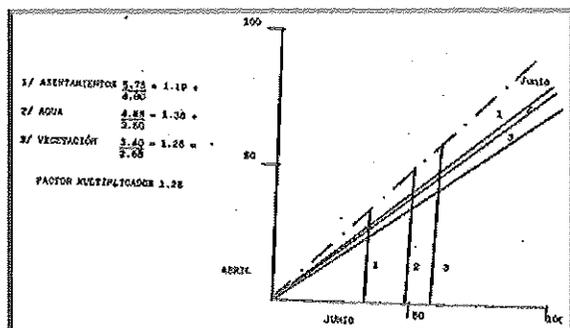


Figura 2.- Corrección del ángulo solar en la imagen de abril.

ral del análisis, es preciso realizar una corrección geométrica de las imágenes que permita la superposición de la información contenida en ellas.

Antes, por tanto, de iniciar la clasificación de las imágenes, han de ejecutarse labores de preprocesamiento dirigidas a eliminar errores de partida que puedan dar lugar a distorsiones en la interpretación de los resultados finales del estudio. Las correcciones radiométricas, atmosféricas y geométricas son realizadas para el conjunto de las nueve bandas procedentes del sensor MSS: bandas 4 y 5 del espectro visible y banda 7 del infrarrojo próximo, correspondientes al 1 de abril, 3 de junio y 1 de septiembre de 1979.

En primer lugar, las bandas originales son revisadas al objeto de detectar defectos de calibración, comprobando que las bandas 4 y 7 del mes de abril y banda 7 de septiembre padecen los efectos provocados por un desajuste en los detectores. La corrección radiométrica se aplica para eliminar el bandeo periódico presente en estas bandas, utilizando para ello el programa Destripe. Exe integrado en Ilwis (Brouer H., Gorte B., Valenzuela C., 1988).

Las correcciones atmosféricas son consideradas necesarias para la supresión del efecto aditivo provocado por las partículas atmosféricas y la eliminación de diferencias en el ángulo solar. El primero de estos problemas queda resuelto mediante la sustracción en cada banda de los valores más bajos de su histograma. La corrección del ángulo solar es, sin embargo, más compleja, porque parte del cálculo de la diferencia de radiación ofrecida por imágenes captadas en fechas distintas. Para ello ha de procederse al registro de los valores de radiancia contenidos en unas mismas áreas seleccionadas en cada una de las imágenes, de manera que nos permita dibujar un vector que defina los valores de brillo en cada banda; por último ha de calcularse la diferencia entre los vectores de abril y septiembre respecto de los del mes de junio, y de la media de estas diferencias extraer un factor multiplicador que pueda ser usado para homogeneizar el ángulo solar en las tres imágenes (Figura 2).

En último lugar se procede a la corrección geométrica de las imágenes seleccionadas. Por tratarse de un análisis en simultáneo de imágenes captadas en fechas distintas y en el que además se combina la información espectral proporcionada por las imágenes digitales con la obtenida en el trabajo

PUNTO				Master		
#	Row	Col	DRow	DCol		
11	65	70	0.09	-0.04	748200	4312200
21	109	31	-0.04	-0.09	748253	4312305
31	174	127	0.28	-0.95	731200	4305767
41	167	31	-0.02	0.01	742867	4307800
51	193	6	0.03	-0.04	740833	4308667
61	11	19	-0.06	-2.01	744219	4303500
71	89	153	-0.03	-0.02	752767	4312433
81	130	107	-0.10	0.11	749450	4309450
91	79	31	0.01	-0.08	744453	4313467

Affine transformation  
Sigma = 0.08

Second order transformation  
Sigma = 0.06

Figura 3.- Corrección geométrica. Distribución de puntos de control.

de campo, es necesario realizar una primera corrección geométrica (Huerneman A., 1989). De este modo es posible superponer la información contenida en cada una de las bandas y hacer un uso adecuado de los datos de campo. La corrección ha de ser realizada banda a banda, en base a una única malla de puntos de control comunes a éstas y el mapa topográfico tomado como referente. El paso siguiente consiste en aplicar una o varias funciones de transformación capaces de eliminar las diferencias existentes entre la posición de puntos en las bandas y el mapa, y establecer así una única malla acorde con la proyección de la cartografía UTM empleada (Figura 3).

#### 4. PROCESAMIENTO DE LOS VALORES DIGITALES

Una vez que las bandas han sido sometidas a la corrección radiométrica, atmosférica y geométrica de sus valores digitales, se procede a la creación de tres imágenes en falso color, una para cada uno de los tres meses en los que se basa el análisis multitemporal. El paso siguiente consiste en la superposición de estas imágenes en falso color en una imagen final, que ha de ser considerada como un indicador multitemporal de biomasa, sobre la que se señalan las áreas-muestra necesarias para la clasificación supervisada de sus valores digitales (vid. esquema Figura 4).

Las áreas-muestra son seleccionadas mediante la combinación de la información procedente del trabajo de campo con aquella definición de clases más nítida que permite el poder de resolución del sensor MSS. En un primer análisis la imagen multitemporal nos ofrece tres usos de suelo fácilmente diferenciables (zona de riegos, agricultura tradicional de secano y dehesa), que deben ser matizadas en esta fase de selección de área muestra. Tras realizar varios ensayos, la resolución espectral y espacial del sensor actúan como factores limitantes, obligando finalmente a concretar en cinco clases: zonas cubiertas por agua de modo permanente, suelo desprovisto de vegetación, y tres áreas de vegetación con distintos grados de recubrimiento y desarrollo.

De ese modo y una vez construida la imagen multitemporal, se dibujan las áreas de muestreo correspondientes a cada una de las clases finalmente seleccionadas. Pese a las limitaciones impuestas por la resolución del sensor, este corto número de clases nos permite seleccionar áreas-muestra

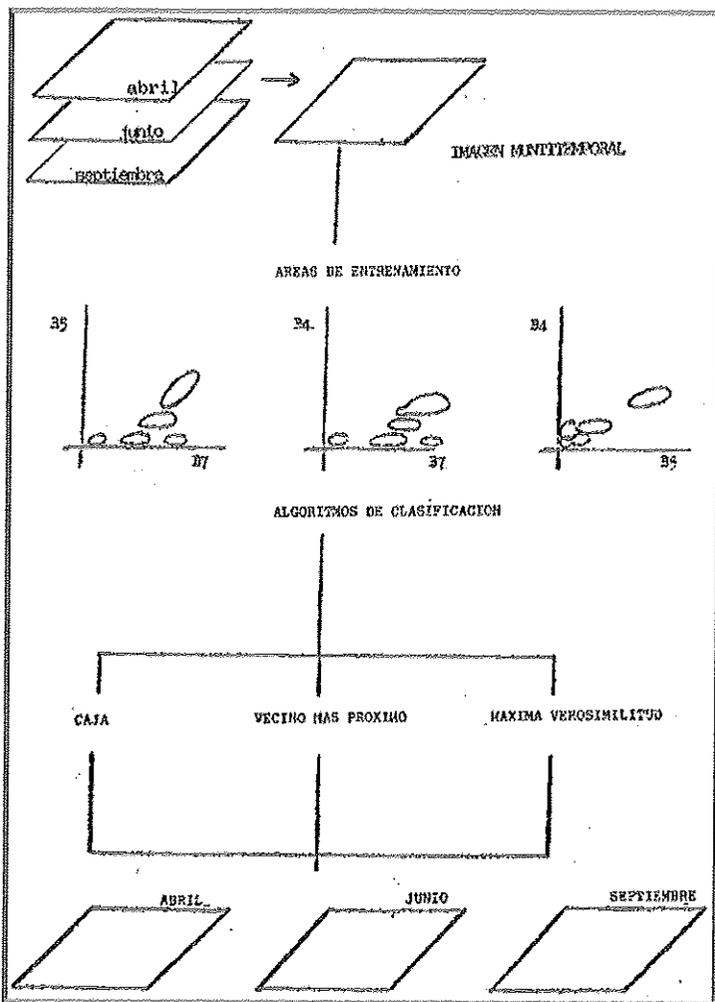


Figura 4.- Proceso de clasificación supervisada en la imagen multitemporal.

bien delimitadas por su tamaño -unos 40 pixels por muestra- y por un rango de variabilidad espectral ajustado. Estas áreas-muestra son empleadas en la clasificación supervisada de paralelepípedos, vecino más próximo y máxima verosimilitud en las tres imágenes de abril, junio y septiembre. Los resultados tanto numéricos como gráficos proporcionados por estos clasificadores merecen una consideración distinta en primer lugar según vayan referidos al porcentaje de píxeles englobados en cada una de las cinco clases definidas, y en segundo lugar en relación con la adecuación de la imagen clasificada a la situación real, conocida a través de la información de campo.

La Tabla 1 refleja los resultados numéricos de la clasificación supervisada para las imágenes correspondientes a los meses de abril, junio y septiembre. El clasificador de paralelepípedos sin duda es el que ofrece resultados más pobres, con unos porcentajes muy elevados de píxeles no engloba-

dos en ninguna de las cinco clases y que van desde el 37% de la imagen de abril hasta un máximo del 45% en la de septiembre. En los casos del vecino más próximo y máxima verosimilitud los resultados que se obtienen son mejores, y así en el primero de ellos los píxeles clasificados como desconocidos oscilan entre el 23% y el 11% correspondiente a las imágenes de septiembre y abril, mientras que en el clasificador de máxima verosimilitud se llega al 100% de píxeles clasificados en todas las imágenes.

En lo que respecta a las cinco clases seleccionadas en la clasificación, en la Tabla 1 se constata la diferente respuesta de aquellas clases asociadas a la mayor o menor presencia de cobertura vegetal frente al resto. Las zonas cubiertas de modo permanente por agua -fundamentalmente ríos y pantanos- aparecen muy bien definidas en los tres clasificadores, con un 20% de píxeles clasificados. La clase correspondiente a suelo desprovisto de vegetación presenta resultados diferentes para cada uno de los meses, hecho lógico al estar en relación con la presencia y grado de desarrollo de la vegetación y los cultivos: independientemente del clasificador de que se trate, el porcentaje de representación de esta clase es más alto en la imagen de abril y más bajo en la de septiembre, cuando la mayor parte de los cultivos herbáceos han sido cosechados y la vegetación ha entrado en una fase de latencia al final del verano.

Las clases asignadas a la cobertura vegetal ofrecen una respuesta muy diferentes en los tres clasificadores, y así vemos como la clase "vegetación escasa" presenta en el mes de septiembre unos porcentajes de asignación del 7% para el clasificador de paralelepípedos, 17% en el vecino más próximo y del 29% en

el de máxima verosimilitud -Tabla 1-. Ante esta situación y retomando los altos porcentajes de píxeles no clasificados mediante los clasificadores de paralelepípedos y del vecino más próximo, puede en un principio considerarse como más ajustado a la realidad el clasificador de máxima verosimilitud. El porcentaje de asignación a las clases "vegetación escasa" y "vegetación media" presenta un máximo de asignación en el mes de junio, y la clases "vegetación densa" permanece invariable con un 11%. De estos resultados es posible inferir que las zonas cubiertas por dehesa y árboles con un marco de plantación ajustado, han sido clasificadas como "vegetación densa", mientras que las otras dos clases son asignadas a la presencia o no de cultivos y a su grado de recubrimiento y desarrollo.

La Imagen 1 recoge las composiciones en falso color de las imágenes de abril, junio y septiembre, y las salidas gráficas de los clasificadores de máxima verosimilitud y vecino

Tabla 1.- Resultados numéricos de la clasificación supervisada.

<b>Clasificador de paralelepípedos</b>				
	<b>ABRIL</b>		<b>JUNIO</b>	
No clasificados	15.536	37%	18.378	44%
Agua	7.891	19%	8.260	19%
Suelo desnudo	2.522	6%	3.550	8%
Vegetación escasa	6.291	15%	6.920	22%
Vegetación media	4.697	11%	447	1%
Vegetación densa	5.163	12%	2.745	6%
<b>Clasificador del vecino más próximo</b>				
	<b>ABRIL</b>		<b>JUNIO</b>	
No clasificados	4.763	11%	6.202	15%
Agua	8.317	20%	8.343	20%
Suelo desnudo	4.019	10%	6.245	15%
Vegetación escasa	10.499	25%	16.523	39%
Vegetación media	7.379	17%	979	2%
Vegetación densa	7.323	17%	4.008	9%
<b>Clasificador de máxima verosimilitud</b>				
	<b>ABRIL</b>		<b>JUNIO</b>	
No clasificados	789	2%	278	0%
Agua	8.513	20%	8.920	21%
Suelo desnudo	4.538	11%	8.412	20%
Vegetación escasa	16.414	39%	10.195	24%
Vegetación media	7.067	17%	9.851	23%
Vegetación densa	4.979	11%	4.644	11%

más próximo, al objeto de hacer posible una comparación entre la situación real y los resultados de la clasificación. El pantano de Cornalvo y los ríos Guadiana, Guadamez y Burdalo aparecen en negro, al igual que la zona de dehesa al noroeste de la imagen y las plantaciones de olivar al sureste. Las zonas agrícolas de secano y regadío se encuentran claramente definidas en la imagen de abril y septiembre respectivamente, pudiendo ser identificadas por el color rojo-rosáceo que en la composición en falso color corresponde a la presencia de vegetación. La identificación de suelo desprovisto de vegetación es más llamativo en las imágenes de junio y sobre todo septiembre, cuando la ausencia de agua impide la existencia de vegetación; esta zona parece corresponderse con la presencia de viñedo, con un marco de plantación abierto que impide un recubrimiento de la planta sobre el suelo (M.A.P.A., 1986).

La adecuación de los resultados del clasificador de máxima verosimilitud a la situación real recogida en las imágenes en falso color no puede ser considerada satisfactoria. Pese a la nitidez con la que se distinguen las zonas cubiertas por agua o la permanencia de la zona de dehesa en torno al pantano de Cornalvo, las clases no se adecuan a la situación presente en cada una de las imágenes en falso color; a modo de ejemplo la zona de dehesa aparece siempre como de "vegetación media", las plantaciones de olivar y viñedo son

asignadas a la clase "vegetación escasa", y la gran mancha de regadío es clasificada en el mes de septiembre como "suelo desnudo".

En la clasificación del vecino más próximo los resultados se asemejan mes a mes a las composiciones en falso color. Como puede verse en la Imagen 1, las manchas de agua quedan muy bien definidas tanto en el pantano situado al noroeste de la imagen como en la red de drenaje superficial. Tanto las zonas desprovista como aquellas cubiertas de vegetación rotan a lo largo de las tres imágenes objeto de análisis, si bien también aquí pueden detectarse zonas de permanencia. La superficie arbolada es siempre clasificada como de mediada cobertura, y en ella se incluye tanto la zona de dehesas como una finca dedicada íntegramente al cultivo de cítricos -señalada con un círculo en blanco en la Figura 5-; sin embargo, tanto el olivar como el viñedo quedan fuera de esta clase en relación al marco de plantación.

Las áreas de regadío y de secano rotan en relación al grado de cobertura de vegetación. Las primeras son clasificadas como suelo desnudo en primavera, baja-media cobertura a principios de verano y media-alta en la imagen de septiembre..., en relación directa con la práctica ausencia de cultivos -abril-, la nascencia de girasol y maíz y la fase próxima a la cosecha del trigo -junio-, y finalmente, en septiembre, refleja la presencia del algodón. La zona de agricultura de secano presenta una situación inversa, y así va de un nivel de cobertura de vegetación alto-medio en la ima-

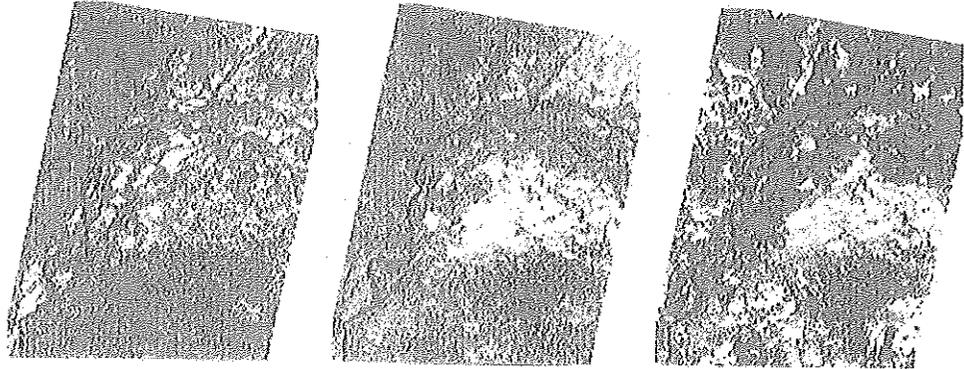
gen de abril, a uno bajo en junio para finalmente quedar fundamentalmente clasificada como "desprovista de vegetación" en la imagen de septiembre.

La diferente respuesta visual dada por los clasificadores que presentaban unos mayores porcentajes de píxeles englobados dentro de una de las cinco clases definidas hace necesaria la comprobación visual de la clasificación supervisada. Pese a que el clasificador de máxima verosimilitud ofrece unos buenos resultados numéricos como consecuencia de una definición de clases en base a la técnicamente correcta selección de áreas-muestra, la excesiva generalización de la función aplicada por el clasificador puede desembocar en una asignación errónea de píxeles a clases a las que no corresponde en realidad.

En esta ocasión, los peores resultados numéricos del clasificador de vecino más próximo no son causa de la desestimación de los resultados gráficos, puesto que éstos se muestran más próximos a la situación real.

En resumen, cuando se trabaja en la detección de coberturas de vegetación en imágenes provenientes de sensores con una resolución espacial y espectral elevada, parece aconsejable aplicar aquel clasificador que conlleve una menor generalización del conjunto de píxeles contenidos en la imagen.

FIGURA 5. COMPOSICIÓN EN FALSO COLOR Y RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN.

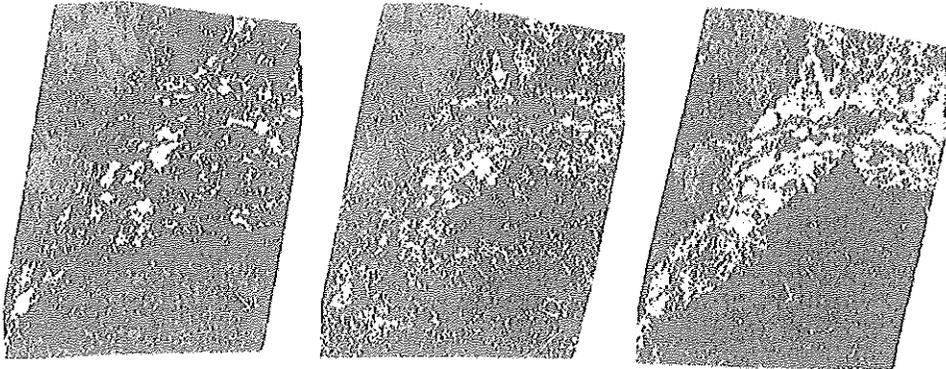


ABRIL

JUNIO

SEPTIEMBRE

Clasificador de máxima verosimilitud

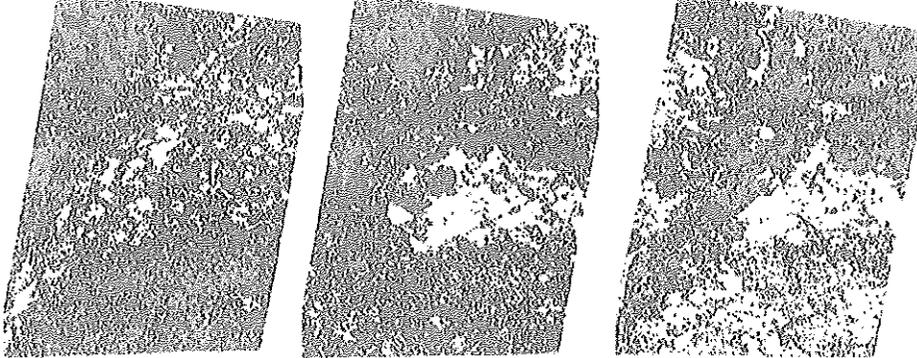


ABRIL

JUNIO

SEPTIEMBRE

Clasificador del vecino más próximo



ABRIL

JUNIO

SEPTIEMBRE

- |   |  |
|---|--|
|  Vegetación escasa |  Suelo desnudo  |
|  Vegetación media  |  Agua           |
|  Vegetación densa  |  No clasificado |

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ✓ BAX, W. & Costwinder H.R., (1989): *Radiometric Corrections*. I.T.C. Hand-out. Países Bajos.
- ✓ BRONSWELD K. & LUDERUS F., (1982): *Analysis of multitemporal data for the identification of land use and crops. (Case of study on the Mérida region in the province of Badajoz, SW of Spain)*. I.T.C.-I.B.M. Netherlands Madrid Scientific Center. 2 vols.
- ✓ BROUER, H.; GORTE, B. & VALENZUELA, C. (1988): "Ilwis update", en *ITC Journal* nº 4 (Países Bajos), pp 360-382.
- ✓ HUURNEMAN, A. (1989): *Geometric corrections*. I.T.C. Hand-out. países Bajos.
- ✓ MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION (1986): *Evaluación de recursos agrarios. Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de "Don Benito" (Badajoz)*. Dirección General de la Producción Vegetal. Madrid.
- ✓ PRADOS VELASCO, M.J. (1990): *The availabilities of irrigated crop detection using Landsat MSS data. Case of study at socalled Mérida área (Spain)*. I.T.C. Países Bajos.