

Estimación de la superficie ocupada por cultivos anuales de secano en la provincia de Toledo incorporando información espectral MSS-Landsat4. Influencia de la presencia de Dehesas

J.M. CUEVAS GOZALO, R. LLOP POMARES, F. GONZALEZ ALONSO y S. LOPEZ SORIA

### Objetivos del estudio

El objetivo básico del estudio que se presenta, ha sido evaluar, en las condiciones habituales de la España mediterránea, las posibilidades ofrecidas por las imágenes MSS-Landsat en el reconocimiento de cultivos anuales de secano y en la estimación de las superficies por ellos ocupadas, así como estudiar la influencia ejercida por la presencia de dehesas en el área de estudio.

### Antecedentes

La utilización de imágenes de satélite en el seguimiento de cultivos y la estimación de sus superficies es una de las líneas de investigación y desarrollo de más envergadura en el entorno de la aplicación de las imágenes al medio natural.

Las razones de ello son claras si se tienen en cuenta las repercusiones económicas y geopolíticas del tema. Es en los Estados Unidos donde se ha hecho el mayor esfuerzo a este respecto: los grandes proyectos LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment) primero y AgRISTARS (Agriculture and Resource Inventory Surveys Through Aerospace Remote Sensing) después, han permitido el acopio de gran cantidad de información y la puesta a punto de técnicas y metodologías progresivamente más depuradas. Se ha prestado atención preferente a los grandes cultivos anuales (trigo, maíz, soja, etc) y posteriormente también a las zonas de agricultura diversificada de regadío.

Actualmente se continúan las investigaciones sobre técnicas que permitan no ya sólo la estimación más precisa de superficies plantadas ("crop acreage

estimation"), sino perfeccionar los modelos de predicción existentes, fundamentalmente basados en datos meteorológicos, con la incorporación de información espectral multitemporal bajo formas diversas. Los numerosos estudios realizados últimamente en los Estados Unidos (Hatfield, 1983; Henderson y Badhwar, 1984; Odenweller y Johnson, 1984; Badhwar, 1984) están mostrando la viabilidad de estas técnicas, basadas la mayoría en la evolución temporal del factor de "greenness" (Kauth y Thomas, 1976) o sus derivados.

Lógicamente, la incorporación de información espectral a los diseños de muestreo y estimación de superficies más convencionales quedará justificada siempre que, respetándose la oportunidad en el tiempo de los resultados, la mejora en la calidad de las estimaciones compense el presumible aumento de coste.

Como principal proyecto operativo de este tipo, merece destacar el llevado a cabo por el Statistical Reporting Service del Departamento de Agricultura americano para la mejora de la estimación de superficies anuales de los distintos cultivos en varios estados completos, mediante la incorporación de información espectral MSS-Landsat al diseño de muestreo por marco de área (segmentos) existente en Estados Unidos. Esta aplicación se basa en el sistema informático EDITOR de tratamiento de datos de imágenes de satélite (Dzga et al., 1977) y hace uso de estimadores de regresión basados en la relación obtenida, para un determinado cultivo a partir de los segmentos investigados en el terreno, entre superficie cultivada y superficie clasificada con la información espectral. La disminución en la varianza del estimador así construido frente a un estimador convencional de ratio o expansión directa (Cochran, 1973), basado

sólo en la información de campo, justifica la utilización de la información espectral procedente de imágenes de satélite.

Apoyándose parcialmente en el enfoque americano, se han desarrollado ciertas aplicaciones en Canadá. La principal diferencia entre las metodologías canadiense y americana radica en que en la segunda los datos de satélite son exclusivamente empleados como una información auxiliar numérica, en tanto que en el enfoque canadiense son tratados como imágenes digitales e interpretados mediante el uso de procesadores de imágenes. Los principales cultivos investigados en Canadá han sido patatas y colza.

Es evidente que las condiciones naturales y agrarias de muchas zonas de Estados Unidos, Canadá y otros grandes países productores favorecen la utilización de estas técnicas: grandes extensiones, homogeneidad ecológica, parcelas de tamaño considerable, etc. Por el contrario, las condiciones españolas, y las europeas en general, son mucho más restrictivas. En nuestro caso se añaden: parcelación generalmente muy alta, diversidad de cultivos y variedades, heterogeneidad en corto espacio de suelo, clima y, por tanto, fenología, etc, aunque con la ventaja de que son frecuentes los largos periodos de buen tiempo en la época de crecimiento vegetativo en que se pueden obtener imágenes libres de nubes.

Las experiencias relativas a estimación de superficies de cultivos haciendo uso de imágenes de satélite en Europa han sido escasas y los resultados no siempre satisfactorios (Meyer, 1981). El exceso de parcelación y la abundancia de nubosidad en la Europa septentrional han generado un creciente interés tanto por las imágenes de alta resolución de los sensores de segunda generación (Thematic Mapper y SPOT) como por la tecnología de microondas, que está previsto está previsto incorporar en los futuros satélites europeos.

#### El área de estudio y selección de la imagen

El área de estudio está incluida en la cuenca del río Tajo, dentro de la provincia de Toledo, y se extiende desde las estribaciones toledanas del Sistema Central hasta los Montes de Toledo, incluyendo parte de las comarcas agrarias de Torrijos, Talavera, La Jara y Montes de Navahermosa.

Los usos del suelo existentes en esta zona, si bien predominantemente agrícolas, presentan una gran variabilidad como consecuencia de la diversidad fi-

siográfica y ecológica presente en las distintas regiones que comprende el área de estudio. Así, los usos varían desde los estrictamente forestales, como son las masas de rebollo y castaño existentes en la Sierra de San Vicente y los pinares de pino piñonero de Almorox y Paredes de Escalona, hasta las grandes áreas de marcado carácter agrícola con importantes cultivos de cereales de secano y de leguminosas en regadío, así como cultivos leñosos tales como los frutales, el olivo y la vid.

Para la realización del estudio, se utilizó una imagen MSS obtenida por el Landsat 4 el día 27 de Mayo de 1983. Se trata de una imagen ya utilizada en un estudio anterior (González et al., 1987), siendo la imagen que, estando libre de nubes, resulta más coetánea con la fecha en que se realizaron los trabajos de campo.

#### Peculiaridades del estudio

Los cultivos anuales presentes en el área en estudio son básicamente cereales: trigo, cebada y avena. El reconocimiento y estimación de superficies de estos cultivos se efectúa suponiendo que la única posibilidad de confusión posible es entre ellos mismos, y con los suelos labrados y en barbecho. Esto implica que se conozcan, y tengan delimitadas previamente, las zonas dedicadas a cultivos cerealistas de secano, diferenciándolas de las ocupadas por otros usos, tales como uso urbano o industrial, áreas forestales, áreas con cultivos en regadío, áreas con cultivos leñosos como viñedo, olivar, frutales, etc. En el territorio español, esta diferenciación está contemplada en los Mapas de Cultivos y Aprovechamientos, a escala 1:50.000, editados por el MAPA, y que fueron realizados mediante fotointerpretación convencional.

Para la realización de este estudio se utilizaron los programas del sistema ERAFIS (Moro et al., 1986), implementado en la Sección de Proceso de Datos del INIA.

El precedente inmediato de este trabajo se halla en el estudio realizado utilizando el sistema ERAFIS en la provincia de Toledo (González et al., 1987), en el se estudian el conjunto de los cereales, integrados en una sola clase de información, junto a otras doce clases de información.

Los resultados, en porcentajes de clasificación correcta, para cada clase de información, fueron los siguientes:

Cereales.....	45.65
Leguminosas regadio.....	89.62
Olivar.....	81.67
Encinar.....	59.94
Suelo labrado.....	43.74
Dehesa sobre pasto.....	80.62
Dehesa sobre labor.....	64.34
Piñonero.....	67.61
Castañar.....	70.08
Repoblaciones de P. pinaster....	38.77
Jarales.....	55.43
Matorral mezclado.....	29.16
Embalses.....	99.25

Dada la abundancia de dehesas, muchas de ellas cultivadas, presentes en el área en estudio, así como en el conjunto del territorio nacional, este trabajo se presenta estructurado en dos fases. En la primera no se incluyen las parcelas de verdad terreno que tienen dehesa de encina, mientras que sí que se incluyen en la segunda fase.

PRIMERA FASE: Exclusión de las dehesas del estrato en análisis

Aunque se excluyen las dehesas, estén éstas cultivadas o no, si se incluyen terrenos de cultivo salpicados de arbolado, básicamente encinas, que tengan un grado de cubierta muy bajo (<5%), que se han separado de las dehesas propiamente dichas en la toma de datos de campo, y que son diferenciables mediante el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos.

La unidad muestral de verdad de campo se denomina AVT (Area de Verdad Terreno), definiéndose como PVT (Parcela de Verdad Terreno) cada una de las distintas superficies que aparece como homogénea dentro de un AVT en cuanto a cubierta vegetal y tipo fisiográfico.

En este análisis se han utilizado 20 AVTs (Áreas de Verdad Terreno), pero únicamente 17 contienen el estrato tal y como se ha definido.

El número de píxeles totales y de píxeles de borde, procedentes de las PVTs (Parcelas de Verdad Terreno) fueron:

C.I.	NPXT	NPXNB
TRIGO.....	1219.....	463
CEBADA.....	1209.....	369
AVENA.....	783.....	258
SUELOS LABRADOS.....	2372.....	710

Siendo C.I. la clase de información, NPXT el Número Total de Píxeles, y NPXNB el Número Total de Píxeles No de Borde.

Cada una de las clases de información está compuesta de las siguientes cubiertas:

- TRIGO: trigo + trigo con arbolado de encina.
- CEBADA: cebada + cebada con arbolado de encina.
- AVENA: avena + avena con arbolado de encina.
- SUELOS LABRADOS: Suelo labrado + suelo labrado con arbolado de encina.

Otras clases, como las leguminosas de secano, no se pudieron tener en cuenta debido a su escasísima presencia, que implicó la disponibilidad de una muestra formada por un número de píxeles muy reducido.

Las alternativas de análisis seguidas han sido las siguientes:

1. Considerar los diferentes cultivos (trigo, cebada, etc) como clases de información temática y espectralmente separadas, o bien agruparlos desde el principio en una única clase.
2. Definición, o no, de varias clases espectrales en cada clase de información para cada una de las posibilidades de análisis (diferentes cereales por separado, o bien agrupados).
3. Tipo de Discriminación: Se ha optado por la discriminación cuadrática de forma exclusiva, agrupando las matrices de varianzas-covarianzas por el método de las coaliciones (Wilf, 1977).
4. Se han seguido otras varias de las alternativas incorporadas entre las opciones del sistema ERAFIS: no se han utilizado píxeles de borde en la definición de clasificadores, se han utilizado probabilidades a priori estimadas a partir de la muestra, y como regla de asignación se ha utilizado la normal, es decir, se asigna un píxel a la clase de información correspondiente a la clase espectral a la que el píxel presenta mayor probabilidad de pertenecer.
5. Para cada una de las opciones utilizadas, se procedió a la clasificación muestral, obteniéndose los porcentajes de clasificación correcta correspondientes a cada una de las clases de información. Posteriormente se llevó a cabo la clasificación poblacional, utilizando en cada caso el clasificador obtenido en la opción correspondiente. De esta forma se obtenía el número de píxeles que se asignaban a cada clase de información dentro del área de estudio.

Tras la clasificación poblacional se calculó, en cada caso, la Eficiencia Relativa de cada clasificador, entendiéndose por tal al ratio entre la varianza del estimador obtenido sin tener en cuenta la información espectral, es decir, efectuando la estimación por expansión directa, y la varianza del estimador teniendo en cuenta la información espectral, es decir, mediante la estimación por regresión.

Para el cálculo de la Eficiencia Relativa, se empleó la siguiente fórmula:

$$E.R. = \frac{V(A_i)}{V(A_i(\text{reg}))} = \frac{n_i - 2}{n_i - 1} \cdot \frac{1}{1 - R_i}$$

Siendo  $R_i$  es el coeficiente de determinación que resulta de poner en regresión, para la clase de información  $i$ , el número de hectáreas digitalizadas y el número de píxeles asignados a ella, y  $n_i$  el número de AVTs en que aparece dicha clase.

De dicha fórmula se puede deducir que, cuanto mayor sea el valor del coeficiente de determinación  $R_i$ , entre superficies digitalizadas y píxeles asignados al AVT, mayor será el interés que presentará el empleo de la información espectral proporcionada por las imágenes de satélite junto a la información que se obtiene mediante muestreo convencional del terreno.

Como resultado de la combinación de las alternativas citadas, se tiene un total de seis análisis diferentes.

Resultados obtenidos en las diferentes opciones en el caso de excluir las dehesas del estrato de análisis.

OPCION I-A-1:

- Cuatro clases de información: Trigo, Cebada, Avena y Suelo Labrado.
- Una sola clase espectral en cada clase de información.

Resultados obtenidos para los diferentes cultivos, y para el conjunto de los píxeles (píxeles de borde + píxeles no de borde):

C.I.	%Clasificación Correcta	R	Eficiencia
TRIGO	41.3	.69	2.74
CEBADA	34.3	.82	5.26

AVENA	18.1	.13	1.08
-------	------	-----	------

Agrupando los resultados obtenidos para los diferentes cultivos, se obtiene lo siguiente:

CEREALES AGRUPADOS	73.3	.96	26.28
--------------------	------	-----	-------

OPCION I-B-1:

- Cuatro clases de información: Trigo, Cebada, Avena y Suelo Labrado.
- Varias clases espectrales en cada clase de información.
- Sin agrupación de clases espectrales.

Resultados obtenidos para los diferentes cultivos, y para el conjunto de los píxeles (píxeles de borde + píxeles no de borde):

C.I.	%Clasificación Correcta	R	Eficiencia
TRIGO	58.0	.91	10.00
CEBADA	30.4	.69	2.99
AVENA	46.1	.55	2.06

Agrupando los resultados obtenidos para los diferentes cultivos, se obtiene lo siguiente:

CEREALES AGRUPADOS	73.4	.96	24.15
--------------------	------	-----	-------

OPCION I-B-2:

- Cuatro clases de información: Trigo, Cebada, Avena y Suelo Labrado.
- Varias clases espectrales en cada clase de información.
- Con agrupación de clases espectrales.

Resultados obtenidos para los diferentes cultivos, y para el conjunto de los píxeles (píxeles de borde + píxeles no de borde):

C.I.	%Clasificación Correcta	R	Eficiencia
TRIGO	43.7	.90	9.55
CEBADA	30.0	.67	2.88
AVENA	33.8	.55	2.11

Agrupando los resultados obtenidos para los diferentes cultivos, se obtiene lo siguiente:

CEREALES AGRUPADOS	73.0	.96	22.45
--------------------	------	-----	-------

Las eficiencias obtenidas son mayores que las obtenidas en Francia por Meyer (1981) para cultivos aislados (oscilando entre 1.2 y 1.7) porque este autor no opera sólo sobre el estrato de cultivos anuales de secano.

**OPCION II-A-1:**

- Dos clases de información: Cereales y Suelo Labrado.
- Una clase espectral por cada clase de información.

Resultados para todos los píxeles (píxeles de borde + píxeles no de borde) de la clase CEREALES:

%Clasificación Correcta	2	
	R	Eficiencia
78.5	.96	24.87

**OPCION II-B-1:**

- Dos clases de información: Cereales y Suelo Labrado.
- Varias clases espectrales en cada clase de información.
- Sin agrupación de clases espectrales.

Resultados para todos los píxeles (píxeles de borde + píxeles no de borde) de la clase CEREALES:

%Clasificación Correcta	2	
	R	Eficiencia
78.2	.95	18.53

**OPCION II-B-2:**

- Dos clases de información: Cereales y Suelos Labrados.
- Varias clases espectrales en cada clase de información.
- Con agrupación de clases espectrales.

Resultados para todos los píxeles (píxeles de borde + píxeles no de borde) de la clase CEREALES:

%Clasificación Correcta	2	
	R	Eficiencia
78.1	.96	22.77

Análisis de los Resultados

De los análisis realizados hasta el momento, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

A) Aparece, bajo algunos aspectos, más adecuada la estrategia de una clase de información única. De esta forma, los porcentajes de clasificación correcta son siempre más altos que en el resto de las estrategias, aunque no ocurre lo mismo con las eficiencias.

B) Cada una de las dos estrategias, una clase de información única para los cereales, o bien una por cultivo, conduce a resultados contrapuestos para cereales y suelos labrados. Así, la primera mejora los porcentajes de clasificación correcta para los cereales, conduciendo a sobreclasificaciones muestrales en los cereales y a subclasificaciones en los suelos labrados. Esta situación se invierte en la segunda estrategia.

C) La división de las clases de información en varias clases espectrales no conduce, de forma generalizada, a mejores resultados.

SEGUNDA FASE: INCLUSION DE LAS DEHESAS EN EL ESTRATO EN ANALISIS

La primera cuestión que se plantea es qué se debe considerar como dehesa cultivable. Así, las dehesas dedicadas al cultivo extensivo o intensivo sí deben serlo mientras que, por el contrario, no deben serlo las dehesas con subvuelo de pastizal o matorral. En este trabajo se incluyen los resultados de discriminación y clasificación muestral en dos casos: con y sin inclusión de la clase de información correspondiente a la cubierta Dehesa de Encina con Pastizal.

La inclusión de una clase para aquella cubierta es una estrategia pesimista, que conduce a peores resultados de discriminación y clasificación muestral por presentarse una elevada confusión entre dicha clase y los cultivos de cereales.

Alternativas de Análisis

A) Una primera alternativa lógica es considerar a estos efectos las dehesas como un estrato diferente. Es decir, el reconocimiento y estimación de superficies cultivadas se haría independientemente para las dehesas. Este enfoque es el más lógico desde un punto de vista espectral y práctico. Ahora bien, en nuestro caso ha aparecido en la muestra de AVTs muy

poca representación de dehesas que estuvieran cultivadas con cereales en el momento de la toma de los datos de campo (1983), si se compara con las dehesas labradas o en barbecho. Ello, tal vez, fuese debido a que las malas condiciones climatológicas de dicho año propiciaron la escasez de plantaciones o, incluso, el levantamiento de parte de las efectuadas. Lo anterior, junto con el hecho de ser la avena el único cultivo bajo dehesa, obligó a que, a efectos exclusivamente de este estudio, se considerase un único estrato incluyendo los terrenos tanto con dehesa como sin ella.

B) Una segunda alternativa hace referencia a la definición de clases de información. Se consideró inicialmente una clase de información de cereales bajo dehesa, y otra clase de información de cereales sin dehesa. Ahora bien, la escasa representación de la primera obligó a agruparlos en una única clase. La cubierta Dehesa con Pastizal está suficientemente representada como para dar lugar a una clase de información independiente (DEHENC PAST). A esta cubierta se le añadió la cubierta Dehesa sin Diferenciar, que estaba muy poco representada.

Con las cubiertas de suelos labrados o en barbecho, bajo dehesa o no, las posibilidades son varias: se podría pensar en formar clases de información atendiendo a la presencia, o no, de arbolado, o bien, por el contrario, atendiendo al estado del suelo, según sea suelo labrado o barbecho/rastrojera. Se ha desestimado esta segunda opción por la escasa representación de píxeles disponible, especialmente de píxeles no de borde de barbecho/rastrojera, que sólo ascendían a 106.

En definitiva, se ha optado por formar dos clases con estas cubiertas: una con todos los suelos labrados o en barbecho sin acompañamiento de dehesas y que se corresponde exactamente con la clase Suelos Labrados del enfoque seguido en el caso de exclusión de las dehesas, ya visto anteriormente, y otra clase de información formada por los suelos labrados, o en barbecho, bajo dehesa.

Las clases de información definidas fueron:

CEREALES: Conjunto de cereales con y sin arbolado.

SUELOS LABRADOS: Conjunto de suelos labrados, barbechos y similares, que no sean dehesa.

DEHESAS CON SUELO LABRADO

DEHESAS CON PASTIZAL: Dehesas no cultivadas, con

cubierta de pastizal o pastizal/matorral.

Las alternativas de análisis llevadas a cabo fueron las cuatro siguientes:

Inclusión de la clase DEHESAS CON PASTIZAL:

III-A: Una sola clase espectral en cada clase de información.

III-B: Varias clases espectrales en cada clase de información.

Exclusión de la clase DEHESAS CON PASTIZAL:

IV-A: Una sola clase espectral en cada clase de información.

IV-B: Varias clases espectrales en cada clase de información.

En todos los casos se han usado sólo los píxeles no de borde para definir el clasificador, se han utilizado las probabilidades a priori propias de la muestra, se ha empleado la discriminación cuadrática y se ha seguido la regla de asignación normal.

Resultados obtenidos en las diferentes opciones realizadas incluyendo las dehesas en el estrato de análisis:

OPCION III-A:

- Cuatro clases de información: Cereales, Suelos Labrados, Dehesas con Suelo Labrado y Dehesas con Pastizal.

- Una clase espectral por cada clase de información.

Resultados para todos los píxeles (píxeles de borde + píxeles no de borde) de la clase CEREALES:

XClasificación	2	
	R	Eficiencia
Correcta		
80.1	.91	10.53

OPCION III-B:

- Cuatro clases de información: Cereales, Suelos Labrados, Dehesas con Suelo Labrado y Dehesas con Pastizal.

- Varias clases espectrales por cada clase de información.

Resultados para todos los píxeles (píxeles de borde

+ píxeles no de borde) de la clase CEREALES:

XClasificación Correcta	2	
	R	Eficiencia
66.0	.70	3.16

OPCION IV-A:

- Tres clases de información: Cereales, Suelos Labrados y Dehesas con Suelo Labrado.
- Una clase espectral por cada clase de información.

Resultados para todos los píxeles (píxeles de borde + píxeles no de borde) de la clase CEREALES:

XClasificación Correcta	2	
	R	Eficiencia
80.1	.91	10.83

OPCION IV-B:

- Tres clases de información: Cereales, Suelos Labrados y Dehesas con Suelo Labrado.
- Varias clases espectrales por cada clase de información.

Resultados para todos los píxeles (píxeles de borde + píxeles no de borde) de la clase CEREALES:

XClasificación Correcta	2	
	R	Eficiencia
78.6	.91	11.63

Conclusiones

Como conclusiones generales a las que se ha llegado en este estudio, se pueden enumerar las siguientes:

1. La incorporación de información espectral MSS-Landsat a los procesos de estimación de la superficie ocupada en conjunto por los cereales de secano, aparece, dentro del área estudiada, como técnicamente viable, conduciendo a mejorar notablemente la calidad de las estimaciones.

2. Para que lo anterior sea realmente cierto, es imprescindible recurrir a la estratificación previa del territorio, de forma que sólo se opere sobre el

estrato de cultivos anuales de secano. La información necesaria para llevar a cabo tal estratificación se puede obtener de los existentes Mapas de Cultivos y Aprovechamientos.

3. El reconocimiento de los diferentes cereales, de forma independiente, se presenta problemático y sólo en algunas ocasiones se mejorará de forma notable la estimación de superficies mediante la incorporación de información espectral MSS-Landsat.

A este respecto cabe señalar que una mejora en la estimación de la superficie ocupada por el conjunto de los cereales también servirá para mejorar la estimación de la superficie ocupada por cada cultivo, haciendo uso para ello de las proporciones muestrales que representan cada uno.

4. La presencia de dehesas cultivadas en el área en estudio dificulta la discriminación espectral de los cultivos de cereales, aunque no al punto de invalidar la metodología. Si las dehesas fuesen muy abundantes, sería muy recomendable, por no decir imprescindible, considerar dos estratos de análisis diferentes.

Bibliografía

BADHWAR, G.D., 1984. Automatic corn soybean classification using Landsat MSS data. I) Near harvest crop proportion estimation. II) Early season crop proportion estimation. *Remote Sensing of the Environment*, 14, pp. 15-24 y 31-37.

COCHRAN, W.B., 1973. Sampling Techniques. John Wiley and Sons. London.

GONZALEZ F., CUEVAS J.M., MORD J., 1987. Aplicación del sistema informático ERAFIS al reconocimiento y discriminación de los usos del suelo en la provincia de Toledo a partir de imágenes MSS-Landsat 4. Publicaciones INIA (en prensa).

HATFIELD, J.L., 1983. Remote sensing estimators of potential and actual crop yield. *Remote Sensing of the Environment*, 13, pp.301-313.

HENDERSON, K.E., BADHWAR, G.D., 1984. An initial model for estimating soybean development stages from spectral data. *Remote Sensing of Environment*, 14, pp.55-63.

KAUTH, R.J., THOMAS G.S., 1976. The tasseled cap. A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. Proc. Symposium Machine Processing of Remotely Sensed

Data. Purdue, West Lafayette, Indiana.

MERGERSON J.M., HANUSHAK, G.A., COOK, P.W., 1982. Application of satellite remote sensing for U.S. crop acreage estimation, 1980-81 results. Sixteenth International Symposium on Remote Sensing of the Environment. Buenos Aires, 1982.

MEYER, J., 1981. Estimation des superficies a l'aide des données Landsat et de l'enquête ter-uti. Cahier de Statistique Agricole.

MORO J., GONZALEZ F., CUEVAS J.M., 1986. Introducción del sistema ERAFIS (Estimación de Recursos Agrícolas y Forestales mediante Imágenes de Satélite). Monografías INIA, No. 54, Madrid.

ODENWELLER, J.B., JOHNSON, K.I., 1984. Crop identification using Landsat temporal-spectral profiles. *Remote Sensing of the Environment*, 14. pp.39-54.

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

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