

CONTROL ASISTIDO MEDIANTE TECNICAS DE TELEDETECCION Y S.I.G. DE LAS AYUDAS PAC A LAS SUPERFICIES DE CULTIVOS HERBACEOS

J. Ignasi Augé Prats y Xavier Baulies Bochaca
Institut Cartogràfic de Catalunya

RESUMEN.- El Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) está llevando a cabo, por encargo del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP) de la Generalitat de Catalunya, por segundo año consecutivo, una campaña de control de las declaraciones de los agricultores que solicitan subvenciones del programa PAC de la Unión Europea, mediante la utilización de técnicas de teledetección y S.I.G.

1.- OBJETIVOS

1.1.- Objetivo global

El objetivo global de este proyecto consiste en el control de la veracidad de las declaraciones de los agricultores que se solicitan ayudas a la Unión Europea para las superficies destinadas a cultivos herbáceos; comprobando que se ajusten a la normativa vigente en materia de superficie cultivada y retirada, y compatibilidad de cultivos con las ayudas solicitadas.

Por ello, será necesario efectuar una serie de controles a nivel de parcela agrícola declarada, cual son la detección de los cultivos declarados, la compatibilidad entre la modalidad de abandono de tierras escogida y la evolución fenológica observada, y la medición de la parcela agrícola declarada, interactivamente si sus límites no coinciden con la parcela catastral dentro de la cual se enmarca. Esta medición conllevará -caso de ofrecer diferencias- la comparación con la superficie declarada, y la evaluación de su conformidad con los umbrales de tolerancia regulados.

1.2.- Objetivos específicos

Los objetivos propios del Servicio de Teledetección del ICC relativos a este proyecto se centran en la implementación de un sistema semi-automático de validación -a partir de una clasificación multispectral- de las parcelas cuya evolución es coherente con la existencia de los cultivos declarados, que permita la concentración del esfuerzo interactivo -esto es, mediante fotointerpretación de materiales propios de la teledetección- sobre las parcelas potencialmente dudosas o erróneas.

Por otra parte, se ha llevado a cabo un esfuerzo a nivel organizativo de cara a permitir la generación "fast-mapping" de resultados (documentación cartográfica para uso de los técnicos del DARP) con un nivel de precisión cartográfico. Esto supondrá un desarrollo de software en SIG suficiente para que la información proveniente de ámbitos muy distintos (DARP, Catastro, teledetección) resulte adecuadamente normalizada y, por ende, cruzable.

2.- METODOLOGIA

2.1.- Información alfanumérica: las declaraciones de los agricultores.

Se trata de los impresos de declaración cumplimentados por los agricultores en las oficinas comarcales del DARP, en los cuales declaran las distintas parcelas agrícolas inscritas en sus parcelas catastrales correspondientes, con expresión de su superficie (cultivada y catastral). Esta información hay que "leerla", normalizarla para su uso posterior e integrarla en el entorno Arclnfo en el cual se procederá a su interconexión con el resto de información.

Una vez integrada en dicho entorno, se procede a la aplicación de una serie de filtros alfanuméricos, con el objetivo de detectar y, eventualmente, descartar expedientes en los que más del 15% de la superficie declarada queda fuera del área de trabajo escogida, así como detectar y descartar los expedientes que poseen inconsistencias graves que impiden su análisis y diagnosis.

Estos filtros pueden establecerse a nivel de parcela agrícola declarada (por ejemplo, código de cultivo no acorde con la ayuda solicitada), de parcela catastral (por ejemplo, superficie sembrada superior a la superficie catastral) o a nivel de expediente (que se declare retirada de tierras si el declarante está obligado a ello).

Al final de este proceso de integración, la información útil proveniente de las declaraciones resulta íntegramente accesible en el entorno de trabajo, en el momento de peritar la adecuación de tal o cual parcela a la regulación a que desea acogerse.

2.2.- Información gráfica vectorial: el catastro de rústica

En orden a conseguir una eficaz normalización de la información, y entendiendo que en un futuro más o menos cercano todo el catastro de rústica estará disponible en formatos digitales, se ha escogido un área de trabajo compuesta exclusivamente por municipios cuyo catastro se halla digitalizado.

Concretamente, se escogió -de acuerdo con las necesidades del DARP- la comarca del Pla d'Urgell, que está compuesta de 16 municipios, de los cuales finalmente se analizaron 14. La información procedente del Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria (CGCCT) de Lleida es leida, normalizada a partir de sus distintos formatos y especificidades, e integrada en el entorno Arclnfo, para hacerla totalmente cruzable con el resto de la información.

En la fase de integración de esta información se excluye voluntariamente toda información alfanumérica aneja más allá de la superficie catastral, evitando trabajar con información relativa a la propiedad de las parcelas.

Asimismo, se ha renunciado finalmente a utilizar la información gráfica que constituyen las denominadas subparcelas, esto es, las subdivisiones del parcelario que indican, entre otros aspectos, las parcelas agrícolas que existían dentro de la parcela catastral cuando se digitalizó el catastro de su municipio. La imposibilidad de contar con una actualización medianamente constante de esta información nos lleva a considerar que su uso podría introducir sesgos no deseados al proceso de detección de los límites de las parcelas agrícolas.

2.3.- Información gráfica "raster": de la teledetección

2.3.1.- Imágenes de satélite

Para la detección de los cultivos declarados se ha trabajado con tres imágenes SPOT-XS por campaña, escogiendo cuidadosamente sus fechas para la discriminación eficiente de los distintos cultivos presentes en el área de trabajo.

Las fechas de las imágenes, para las dos campañas, han sido las siguientes:

1.994:	18-10-93	24-03-94	08-08-94
1.995:	11-01-95	31-03-95	30-06-95

La prontitud de la imagen de verano de este año no ha supuesto ningún inconveniente, por cuanto el maíz -absolutamente mayoritario entre los cultivos de verano esta campaña-, se encontraba ya en un estado avanzado de su ciclo de crecimiento. Por lo que respecta a las imágenes de otoño-invierno, la fecha de 1.994 (octubre) se ha revelado mucho más discriminante que la de 1.995 (enero), por cuanto aquella ayuda a detectar muy claramente los frutales de regadío, abundantes en la mitad sur de la provincia de Lleida. No obstante, la fecha de la imagen de 1.995 se puede considerar más estratégica, puesto que el 15 de Enero es la fecha límite en la que los campos acogidos a ciertas modalidades de retirada de tierras deben quedar en barbecho.

Una vez adquiridas las imágenes de satélite, se procede a su rectificación geométrica, así como al registro entre ellas, tomando como referencia la de la segunda fecha por ocupar una posición "central" en la probable evolución del paisaje analizado.

Para el análisis retrospectivo de las parcelas con declaración de retirada de tierras, se dispone -además de las imágenes citadas- de escenas LANDSAT-TM de la zona para 1.993, año en que comenzó a aplicarse la normativa PAC en los países de la Comunidad Europea.

Sucintamente, las modalidades más significativas de retirada de tierras consisten en la retirada "fija", según la cual una parcela debe mantenerse retirada durante cinco años, y la "rotativa", en que, manteniendo el porcentaje de tierra retirada en el conjunto de la explotación, una parcela retirada debe haber sido cultivada los cuatro años anteriores. También existe la retirada "libre", no sujeta a los condicionantes citados, y la "voluntaria", creada para poder cuadrar la superficie sobrante de las parcelas dejadas en barbecho con un tope superior de porcentaje de tierras a retirar.

Aparte de la utilización de las imágenes para su clasificación multiespectral -que reseñaremos más adelante-, éstas se utilizan también para su visualización directa en la fase de fotointerpretación interactiva. Para desarrollar este cometido en las mejores condiciones, a las imágenes a visualizar se les aplica un programa para la mejora radiométrica, basado en expansiones locales de sus histogramas, de manera que el conjunto de los píxeles de las imágenes ocupe una parte mayor del histograma de valores digitales utilizable.

2.3.2.- Imágenes derivadas: el NDVI

De las distintas imágenes de satélite de cada temporada se extraen sus NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), que expresan el índice de vegetación de los distintos píxeles de la imagen, de acuerdo con la fórmula

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IR}-\text{R}}{\text{IR}+\text{R}}$$

donde IR son los valores digitales de los píxeles del canal 3 de SPOT-XS (infrarrojo cercano) y R los valores del canal 2 de SPOT-XS (visible rojizo).

Estos índices se extraen para las tres imágenes, y con sus resultados se compone una imagen multitemporal en color, donde los valores digitales del canal rojo corresponden al NDVI de otoño o invierno, el verde al NDVI de primavera, y el azul al NDVI de verano.

El resultado es una imagen de síntesis donde se hace visible de un modo rápido y eficaz la información relativa a la evolución fenológica de las parcelas durante la campaña.

Así, es posible para el intérprete establecer patrones de comportamiento de acuerdo con el color resultante de este NDVI multitemporal

ejemplo:

verde:	cultivos herbáceos de invierno o primavera
azul:	cultivos herbáceos de verano
magenta:	frutales de regadío
cyan:	alfalfa, otras forrajeras de regadío
oscuro:	frutales de secano, forestal, urbano, suelos desnudos, ...

2.3.3.- Ortofotomapa

Como soporte para la identificación de los límites de las parcelas agrícolas y su posterior medición, el ICC ha utilizado el ortofotomapa de Catalunya de que previamente disponía, realizado a partir de un vuelo de 1.993, a escala 1:60.000 (creado para imprimir hojas a escala 1:25.000), con una resolución de 1,8 m sobre el terreno.

En la mayoría de países, esta tarea se ha llevado a cabo utilizando imágenes pancromáticas de SPOT, con una resolución de píxel de 10 m. La comparación entre los dos niveles de resolución da cuenta de las ventajas a nivel de precisión que arroja la utilización de ortoimágenes, permitiendo incluso la detección de texturas propias de malas hierbas, distintos tipos de leñosos, etc.

Como el vuelo citado era en color, y la información verdaderamente significativa era la relativa a la textura y no al color, se ha extraído el canal rojo de la imagen (por considerarse el más uniforme a través del territorio) para ahorrar así espacio en disco.

Se han llevado a cabo, asimismo, expansiones del histograma y procesos de enfoque de la imagen mediante la aplicación del algoritmo Maximum Likelihood Estimator (MLE), para la mejora de su visualización.

Finalmente, se ha cargado la ortoimagen del área de trabajo (43 x 50,5 Km) al entorno ArcInfo, en el cual se ha de ejecutar la fase de trabajo interactivo. Esta ortoimagen supone, por supuesto, el mayor volumen de espacio en disco utilizado.

2.4.- Clasificación multiespectral

La clasificación multitemporal de las imágenes de satélite de la temporada se ha efectuado de acuerdo con una metodología no supervisada. La información de campo ha consistido en segmentos de verdad-terreno de 50 Ha, cubriendo un porcentaje superior al 1% del área de trabajo. El análisis de estos segmentos permite, a su vez, una profundización en el conocimiento del calendario fenológico del año en curso, y en las características geográficas del territorio.

Se han efectuado dos visitas a campo, de cara a detectar los cultivos de invierno o primavera y los de verano, y discriminar así estos últimos del barbecho. Por tanto, la campaña se ha organizado en dos fases de trabajo, con sendas clasificaciones, con dos y tres imágenes, respectivamente.

Los resultados de las clasificaciones de 1.995 ofrecen un acierto global de un 68% y un 70%, respectivamente, etiquetando las clases de acuerdo con grupos definidos en función de comportamientos radiométricos definidos, grupos de cultivos observados por la normativa PAC, y presencia significativa en el campo.

Seguidamente, se muestra el cuadro de cruce entre los grupos etiquetados en la clasificación y los grupos de cultivos PAC. Esta tabla será clave más adelante, cuando se crucen las dos informaciones en el sistema de información geográfica.

CE	Grupo 1
Cereales de invierno	Cereales, subdivisión propia con las variedades de invierno
BM	Grupo 1
Maíz	Cereales, sólo maíz
GL	Grupos II, III y IV
Barbecho labrado	Retirada de tierras, variedades "sin cubierta vegetal"
GI	Grupo V
Girasol	Oleaginosas, sólo especies de verano
AL	Grupo IX. Superficies forrajeras
Alfalfa	"
FA	"
Otros cultivos forrajeros	"
PR	"
Prados y matorrales	"
LL	No declarado
Frutales de secano	"
FR	"
Frutales de regadío	"
HT	"
Huertos y hortalizas	"
FO	"
Forestal	"

Finalmente, se procede a la extrapolación de la clasificación al conjunto del área de trabajo, esto es, la comarca del Pla d'Urgell (Lleida).

En la campaña de 1.994, el uso dado a la imagen derivada de la clasificación multiespectral fue exclusivamente interpretativo, conservando, para su análisis visual, sólo las clases con una fiabilidad superior al 70 %.

No obstante, experiencias llevadas a cabo en otros países, así como el hecho de producirse una concurrencia de informaciones visuales -a menudo redundantes- entre imagen clasificada, NDVI multitemporal e imágenes de satélite "directas", nos movieron a abordar una utilización semi-automatizada de estos valiosos datos, del modo que se describe a continuación.

2.5.- Validación semi-automática de parcelas a partir de la clasificación multiespectral

El proceso de validación automatizada de parcelas potencialmente correctas debe realizarse en un entorno SIG en formato raster (en este caso, el módulo Grid de ArcInfo) que permita un procesado eficiente de los datos de estructura teselar aportados por la clasificación y su cruce con una información de tipo poligonal, cual es la catastral.

Este proceso se ha basado en el establecimiento de reglas a partir de la comparación entre dos tablas:

Por un lado la clasificación, es decir, el etiquetado de los píxeles de la imagen para una determinada parcela catastral. Por otro las declaraciones, esto es, los distintos cultivos declarados para una parcela catastral. Como vemos, la parcela catastral deviene la unidad espacial de referencia -la única posible, a nuestro entender- en el proceso de comparación.

Las reglas desarrolladas, según las cuales se acotan unos umbrales de tolerancia para dar o no por válidas las parcelas procesadas han sido dos:

1. La regla más "tolerante" consiste simplemente en constatar que exista una coincidencia en el orden decreciente del recubrimiento de la parcela catastral por parte de las distintas cubiertas definidas, según ambas tablas.
2. La regla más "estricta" propone la comparación de los porcentajes de superficie ocupados por cada cubierta observada. Los umbrales con que este año se ha trabajado cuando se ha utilizado esta opción han sido las diferencias de 10 puntos y de 20 puntos de porcentaje entre ambas tablas, o bien aquella diferencia que genere el mismo número de parcelas rechazadas que la regla "tolerante".

No obstante, hay que comentar que este año el área de trabajo ha sido una zona casi íntegramente de regadío, donde la biunivocidad entre parcela agrícola y catastral es considerable. Ello ha permitido un alto grado de confianza en la correspondencia entre la ubicación de los píxeles clasificados y las parcelas declaradas para una misma cubierta, que no siempre será posible obtener.

Para la aplicación en campañas posteriores de este sistema de comparación, la idea es evolucionar hacia el concepto de "umbral móvil", susceptible de ser más restrictivo en áreas -municipios- donde las diferencias de superficies entre unas parcelas catastrales mucho mayores que las agrícolas abonaría la posibilidad de validaciones por comparación con partes de la parcela catastral que no se corresponden, en realidad, con la parcela agrícola declarada.

3.- DOCUMENTACION FINAL

El objetivo funcional de la campaña no es otro que suministrar información al cuerpo técnico del DARP para la eficaz planificación de los controles sobre el terreno, orientando la inspección hacia expedientes y parcelas que muestren indicios razonables de error o fraude. Así, se consigue ahorrar un tiempo considerable de trabajo de campo, y se evitan las molestias propias de una inspección a la mayoría de agricultores que han efectuado correctamente sus declaraciones.

3.1.- Documentación alfanumérica

La documentación alfanumérica consiste fundamentalmente en listados ordenados por expedientes, donde se avisa sobre la posible incorrección de parcelas agrícolas y grupos de cultivos dentro de un expediente, con indicación de si sobrepasan los umbrales de tolerancia establecidos por la normativa comunitaria, afectando la validez general del expediente. Estos errores serán tanto relativos al tipo de cultivo declarado como a la superficie cultivada. Por otra parte, se remiten listados de parcelas agrícolas por hojas del ortofotomapa de Catalunya 1:5.000 para ayudar a la planificación de las rutas de inspección. Eventualmente, se pueden ofrecer listados por municipios.

3.2.- Documentación gráfica

Consiste en "plots" por hojas del ortofotomapa 1:5.000 en soporte transparente, superponibles a dichas ortoimágenes.

En ellos se explicitan gráficamente las parcelas catastrales, y, mediante el color con que se

escribe el código catastral de la parcela, se indica si ésta ha sido analizada, y si su resultado es correcto, dudoso o erróneo. Si es menester, se muestra la parte de la parcela catastral identificada como parcela agrícola.

En total, se han generado 59 hojas para la campaña de 1.995.

4.- RESULTADOS

Campaña 1994 (experimental)

Ambito de trabajo:	6 Municipios de la Provincia de Lleida (Alcanó, Aspa, Belianes, Puig-grós, Sudaneli y el Viloseli)	
Expedientes analizados:	336	
Parcelas agrícolas analizadas:	1.222	
Parcelas catastrales analizadas:	1.188	
Superficie evaluada:	1.717 Ha.	
% parcelas correctas:	73,65 %	
parcelas dudosas:	20,70 %	
parcelas erróneas:	5,65	
Principales grupos de cultivo:	Cereales (excepto maíz)	71,7 %
	Retirada de tierras	12,9 %
	Girasol	4,6 %

Campaña 1995 (operacional)

Ambito de trabajo:	Comarca del Pla d'Urgell (14 Municipios)	
Expedientes analizados:	1.532	
Parcelas agrícolas analizadas:	7.288	
Parcelas catastrales analizadas:	6.706	
Superficie evaluada:	10.691 Ha.	
% parcelas correctas:	75,40	
% parcelas dudosas:	9,82	
% parcelas erróneas:	14,78	
Principales grupos de cultivo:	Maíz	47,4 %
	Cereales (excepto maíz)	45,6 %
	Retirada de tierras	3,2 %

5.- LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS

Como hemos visto al citar los aspectos normativos relativos al abandono de tierras, la complejidad creciente en el análisis de la componente diacrónico de estas parcelas hace aconsejable tender a una desvinculación del método general de trabajo, pues por sí sola requiere la utilización de un acervo de imágenes considerable. Por otra parte, hay que tener en cuenta el dudoso valor jurídico que pueda tener un análisis como el realizado en estas campañas, que no puede ir acompañado de una validación en campo de la utilización de las parcelas cada uno de los años en que han sido declaradas.

Otro factor que ofrecerá limitaciones en un futuro próximo es el grado de actualización de la información catastral, que requeriría de una adecuación periódica para ser suficientemente fiable. De lo contrario, el sesgo producido por la inadecuación de los límites gráficos con la realidad irá en aumento de forma creciente.

Por otra parte, el ICC está evaluando la contribución del uso de imágenes provenientes de sensores aerotransportados (CASI) en subáreas específicas potencialmente conflictivas. Pensemos, en este sentido, en la mayor fiabilidad que la resolución espectral y espacial (0,8 m) de los datos CASI ofrecería para la discriminación de parcelas de girasol poco

desarrollado.

Finalmente, también se está tanteando la posibilidad de utilizar -para cada área concreta, y en cada campaña concreta- la caracterización multitemporal del comportamiento espectral "standart" para cada tipo de cultivo subvencionado, caminando así hacia la provisión de "catálogos" de comportamientos espectrales, contra los cuales validar o no las diferentes parcelas declaradas.

6.- CONCLUSIONES

Los materiales (SPOT-XS y LANDSAT TM) y las técnicas de teledetección, integrados en un entorno SIG teselar, manipulados con programas propios de dicho entorno, son eficaces para el análisis de los cultivos declarados, a efectos de ayudar en las campañas PAC de la UE.

El uso de ortoimágenes en lugar de SPOT-P aporta una mayor resolución (1,8 m versus 10 m de píxel) que se traduce en la identificación de texturas propias de los distintos usos del suelo, aportando una mayor fiabilidad a la identificación de los límites de parcelas agrícolas, y en la cuantificación de la superficie de dichas parcelas.

Un proceso de validación semi-automática, basado en una clasificación multispectral, facilita una mayor rapidez en la diagnosis, a la vez que permite centrar el peritaje en las parcelas potencialmente conflictivas. Así, los intérpretes adquieren más fácilmente experiencia respecto a las principales dificultades que ofrecen la geografía y las prácticas de los agricultores en el área de trabajo específica.