

## MEJORAS EN LA ESTRATIFICACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES CULTIVADAS EN NAVARRA

A. LERÁNOZ y L. ALBIZUA

aleranoz@tracasa.es

*Trabajos Catastrales S.A. Carretera del Sadar s/n. Edificio "El Sario". Pamplona 31006. Navarra*

**RESUMEN:** El objetivo de esta presentación es mostrar las mejoras que aporta la estratificación del territorio a partir del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (M.C.A.) E 1:25.000 de Navarra y de datos PAC para mejorar la precisión de las estimaciones de superficie de los principales cultivos anuales. El trabajo se enmarca dentro del proyecto de estimación de superficies y rendimientos que Trabajos Catastrales S.A. realiza anualmente para el Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra. La aplicación de esta nueva estratificación implica, por un lado, la utilización de herramientas SIG para el tratamiento de la información y por otro, un exhaustivo estudio estadístico con el fin de ajustar los estimadores del cálculo de superficies al caso particular de este tipo de estratificación compartida (no disjunta). La utilización de la nueva estratificación ha supuesto una mejora significativa en los resultados; en términos generales se ha reducido el C.V. de un 5% a un 2,5%.

**ABSTRACT:** The aim of this presentation is to show the use of the stratification of the territory based on the Map of Crops and Natural Resources (MCA) of Navarre at 1/25.000 scale and PAC data in order to improve the accuracy of the estimations of the main annual crop surfaces. This activity is set into the framework of "the Surface and Yield Estimate of Main Annual Crops" project carried out by Trabajos Catastrales, S.A. for the Government of Navarre.

The application of a new stratification needs, on the one hand, the use of GIS tools to deal with the information, and on the other hand, a thorough statistical study in order to adjust the estimators of surface calculation in the particular case of the shared stratification.

The use of the new stratification has meant a remarkable improvement in the results and in general terms the V.C. has been reduced from 5% to 2.5%.

**Palabras clave:** Cultivos, Superficies, Estadística, Teledetección, Estratificación

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo de la estratificación del territorio para realizar estimaciones estadísticas basadas en técnicas de muestreo, es el de reducir la variabilidad del carácter estudiado con el fin de aumentar la precisión de las estimaciones.

La estratificación del territorio aporta a la estadística una componente espacial, localizando sobre el territorio unidades de similar comportamiento.

En el planteamiento inicial, la estratificación del territorio se basa en la comarcalización agraria de Navarra en 7 Comarcas Agrarias con características homogéneas y en la fotointerpretación de imágenes de satélite a E 1:100.000 contrastada con información del mapa de usos y aprovechamientos, fotogramas aéreos e información de campo.

La estratificación se ajusta a la línea quebrada de la malla UTM de un km<sup>2</sup>. Esto permite separar zonas de 1 km<sup>2</sup> de superficie como pertenecientes, íntegramente, a un determinado estrato.

Intentar estratificar el territorio de forma más precisa, implica disponer de una buena información de partida que permita tal fin: M.C.A. y declaraciones PAC.

La realización del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (M.C.A.) a E 1:25.000 en Navarra ha permitido re-estratificar el territorio con el objetivo de mejorar las estimaciones de superficies de los cultivos anuales más importantes de esta comunidad.

La información que se obtiene a partir de las declaraciones PAC, permite así mismo, conocer la distribución de los diferentes cultivos de interés de forma anual y por término municipal.

## NUEVA ESTRATIFICACIÓN

La nueva estratificación parte de la comarcalización agraria de Navarra e incorpora la información que suministra el M.C.A. y las declaraciones PAC anuales.

A partir del M.C.A. y por agrupamiento de usos, se diferencian en el territorio 5 estratos: áreas agrícolas con cultivos anuales de secano, áreas agrícolas con cultivos anuales de regadío, áreas agrícolas con cultivos permanentes, praderas y zonas forestales o no agrícolas.

Teniendo en cuenta que el M.C.A. ha sido realizado a E 1:25.000, el recinto mínimo de la estratificación es de 2,5 ha.

La estratificación se superpone a la malla UTM de 1 km<sup>2</sup>, dando como resultado una base de datos con la superficie de cada estrato por Quadrat (recinto de 1 km<sup>2</sup> de la malla UTM perfectamente identificado por sus coordenadas del vértice SO).

La estratificación resultante es del tipo compartida (no disjunta), porqué en un mismo Quadrat pueden aparecer varios estratos.

Los datos de las declaraciones PAC permiten conocer para cada uso de interés (trigo, cebada, girasol, maíz y barbecho) su superficie por término municipal.

Esta información permite afinar más la estratificación, definiendo sub-estratos, dentro de 2 estratos: áreas agrícolas con cultivos anuales de secano y áreas agrícolas con cultivos anuales de regadío.

Un sub-estrato dentro del estrato agrícola anual agrupa porciones del territorio donde la probabilidad de encontrar un mismo uso es similar

Analizando la distribución de los usos de interés en los distintos Quadrats, se observa que no existe una correlación clara entre ellos. Así por ejemplo, el que haya mucho trigo, no supone siempre que vaya a haber poca cebada, o viceversa. Los mejores resultados se obtendrán creando sub-estratos independientes para cada cultivo.

Con los datos PAC, para cada campaña agrícola y cada uso, creamos un mapa donde cada Quadrat se clasifica dentro de uno de estos tres sub\_estratos: Densidad Alta del cultivo, Densidad Baja del cultivo, Ausencia de cultivo.

La asignación de sub-estratos a cada Quadrat utiliza como punto de corte, el porcentaje de cultivo cuya raíz de la superficie acumulada es el valor medio (Dalenius y Hodges, 1959).

## TASAS DE MUESTREO

Las tasas de muestreo que se aplican a los diferentes estratos son:

Estrato Anual Secano:	3%
Estrato Anual Regadío:	5%

Estrato Cultivos Permanentes:	3%
Estrato Praderas:	3%
Estrato Forestal:	0.5%

## SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La selección de la muestra se basa en el muestreo sistemático de conglomerados de 10\*10 km descrito por el MAPA y que utiliza la malla UTM de 1km<sup>2</sup>.

Sobre el bloque generador (Figura1) se seleccionaron 10 celdas de 1 km<sup>2</sup> numeradas según su prioridad y que se seleccionan o no según la tasa de muestreo de cada estrato.

Se seleccionan tantas terminaciones como sean necesarias para alcanzar la tasa de muestreo deseada para cada uno de los 5 estratos.

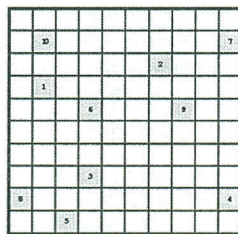


Figura 1. Bloque generador.

De esta manera un mismo Quadrat seleccionado como muestra (de ahora en adelante **segmento**), puede formar parte de la muestra de diferentes estratos. Un ejemplo se propone en la figura 2.

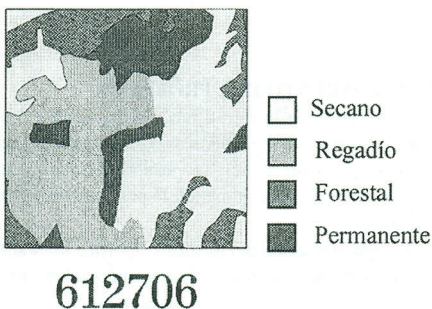


Figura 2. Estratos segmento.

Se trata, por tanto, de segmentos irregulares que han sido seleccionados dentro de un marco regular (malla UTM).



## MUESTREO DE SEGMENTOS EN CAMPO

El trabajo de campo consiste en la identificación de los diferentes usos que existen en el segmento, así como su representación y codificación sobre un poliéster para proceder a su posterior digitalización.

Las zonas del segmento que no son objeto de muestreo por no pertenecer al estrato que estamos muestreando se enmascaran y por tanto no se muestrean.

En los segmentos pertenecientes a varios estratos se retintan los diferentes cultivos/usos encontrados con diferentes colores dependiendo del estrato al que pertenezcan.



Figura 3. Trabajo de campo.

## DIGITALIZACIÓN

El proceso de digitalización permite:

- Obtener a partir de los datos de campo la información alfanumérica necesaria para el posterior tratamiento estadístico y cálculo de resultados.
- Georeferenciar la información de campo dotándola de coordenadas para el uso posterior de la misma en cualquier SIG o software de tratamiento de imágenes.

La información de cada uno de los estratos se digitaliza en diferentes niveles para su tratamiento de manera independiente.

## ESTIMACIÓN POR EXPANSIÓN DIRECTA

Esta fase del proyecto ha requerido un estudio estadístico exhaustivo con el fin de ajustar los estimadores del cálculo de superficies derivados de este tipo de estratificación.

Para ello se ha contado con la participación de las Doctoras Ana F. Militino y M<sup>a</sup> Dolores Ugarte profesoras

titulares del Dpto. de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad Pública de Navarra.

El estimador utilizado considera la muestra que una muestra aleatoria simple estratificada, pero dado que los segmentos son irregulares se ha utilizado un estimador por regresión que permite utilizar unidades de muestreo comparables.

Las estimaciones se complican dado que una misma unidad de muestreo puede contener a diferentes estratos, lo que hace que el estimador no sea independiente de estrato a estrato. Este hecho añade el componente de covarianza para estimar la varianza global del estimador por regresión.

## TELEDETECCIÓN

Al realizar la clasificación de imágenes de satélite utilizando la nueva estratificación se utilizan los diferentes estratos creados como máscaras en la clasificación. De esta forma, en los estratos Permanentes, Praderas y Forestal no se realiza ninguna clasificación.

Se realizan clasificaciones supervisadas de máxima probabilidad con agrupadores de contexto para los estratos Áreas Agrícolas con Cultivos Anuales de Secano y de Regadío de forma independiente. Con estos datos se procede al cálculo por regresión tradicional.

## CONCLUSIONES

La estratificación permite extraer del territorio áreas de similar comportamiento respecto a las variables estudiadas.

Los resultados obtenidos utilizando la nueva estratificación han mejorado significativamente la precisión de las estimaciones, alcanzando el objetivo pretendido al re-estratificar el territorio.

Como ejemplo de la mejora en la figura 4 se muestra una comparativa de los Coeficientes de Variación obtenidos en las Comarcas Agrarias II y III antes (1999) y después de aplicar la nueva estratificación (2000).

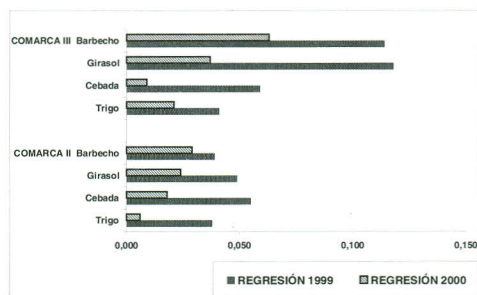


Figura 4. Comparativa CV.

Este tipo de estratificación permite centrar el esfuerzo de las estimaciones en aquellas áreas donde se ubican los usos de interés, creando máscaras para la clasificación de imágenes en las zonas donde no aparecen estos usos.

La línea de trabajo desarrollada en los últimos años ha permitido concretar mejoras que ya se están aplicando en el proyecto de estimación de superficies. No obstante, el objetivo futuro de la investigación se centrará en la definición del tamaño de muestra más adecuado según las características de cada Comarca Agraria y en la clasificación a nivel de parcela.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- COCHRAN, W.G. , 1977 Sampling techniques, 3<sup>rd</sup> ed. New York, Wiley.
- ANA F. MILITINO y M.<sup>a</sup> DOLORES UGARTE, Estimación de superficies cultivadas y rendimientos en Navarra por muestreo de áreas con segmentos irregulares y teledetección.
- DALENIUS, T. and HODGES, J. L., 1959 Minimum variance stratification. Jour. Amer. Stat. Assoc., n 54, pp. 88-101.
- GALLEGO F. J., 1996, Sampling satellite images for area estimates in a large region. Proc. Conf. On Spatial Accuracy Assesment. Fort Collins, May 21-23, USDA Tecnical Report RM-GTR-277, pp. 509-516
- GALLEGO F. J., DELINCE J., RUEDA C., 1993, Crop area estimates through remote sensing stability of the regression correction. Int J. Remote Sensing Vol 14. n.18, pp. 3433-3445.
- GALLEGO F. J. y RUEDA C., 1991, Area estimates with sampling units shared by different strata.
- FAULKENBERRY, G. D. and GAROUI A., 1991, Estimating a Population Total Using an Area Frame. Journal of the American association, 86 (414), 445-449.
- TSILIGIRIDES, T. A., 1998, Remote Sensing as a Tool for Agricultural Statistics: A Case Study of Area Frame sampling Methodology in Hellas. Computers and Electronics in Agriculture, 20, 45-77.