

## Utilización de tecnología satelital para determinar la estimación de superficies agrícolas: Método de segmentos aleatorios

Carlos Della Valle <sup>1</sup>  
María de Nuria Dufour <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.  
Coordinador Dirección de Información Agrícola y Forestal  
cadell@minagri.gob.ar

<sup>2</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca  
Dirección de Información Agrícola y Forestal  
ndufou@minagri.gob.ar

**Abstract.** The Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries (MAGyP) developed and implemented the method known as random segments, for estimating the area planted with different crops in the agricultural areas of the country. This method incorporates the use of Landsat satellite imagery and Google Earth for tasks stratification of homogeneous areas, distribution of points on the surface area, segment design, and specification outlined the use of land plots as true, accurate measurement of selected surfaces and surfaces to expand the sample. Using GPS, to determine the waypoints on the Earth's surface and the satellite image databases and protocols work to organize information, statistical analysis to obtain the results. The results and the low CV achieved have shown that this method is suitable for estimating the area of field crops such as soybeans, wheat, corn, large level areas (covering several departments), in segments with homogeneous land use.

**Palabra Clave:** remote sensing, estimating the area planted, image processing, GPS and Google Earth, satellite image, segment design, statistical analysis

### I. Introducción

En la República Argentina, el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGYP), como parte integrante del Sistema Estadístico Nacional, suministra la información estadística básica del sector agropecuario a través de la Dirección de Información Agrícola y Forestal, la cual cuenta con una red de 42 delegaciones distribuidas en el interior del país.

La estimación de las superficies agrícolas, tiene una gran relevancia estratégica y es requerida por numerosos actores económicos, sociales y políticos para planificar acciones, reducir incertidumbre o mejorar la asignación de los recursos. Estos actores incluyen a oficinas gubernamentales, organizaciones de productores, exportadores, empresas proveedoras de insumos para el sector, agencias de seguro o impositivas, ONGs vinculadas a la producción agropecuaria y/o conservación etc.

Históricamente, los procedimientos utilizados para la elaboración de información por parte del MAGyP se basaron en los denominadas métodos subjetivos a partir de informantes calificados, los que fueron mejorados a partir de la incorporación de controles y validaciones con datos provenientes de otras fuentes comerciales y productivas (acopiadores, cooperativas, productores, distribuidores de agroquímicos y semillas, etc.).

La subjetividad de este sistema tiende a producir desfasajes en el tiempo que es necesario corregir, por ello el MAGyP desarrolló e implementó un nuevo método objetivo, denominado de Segmentos Aleatorios, para la estimación de la superficie sembrada de cultivos extensivos en las diferentes zonas agropecuarias del país. Este método contempla la utilización de técnicas de teledetección basadas en imágenes satelitales de alta y mediana resolución, integradas en un sistema de información geográfica (GIS), el control e interpretación de los resultados obtenidos a través de operativos a campo y el procesamiento y difusión de la información generada por la aplicación de esta metodología.

En detalle el método incorpora el uso de:

1) Imágenes del satélite Landsat y del programa Google Earth para tareas de: estratificación de zonas homogéneas, distribución de puntos sobre la superficie territorial, diseño de segmentos, delineado y especificación del uso de los lotes como verdad terrestre, medición exacta de las superficies seleccionadas y de las superficies para expandir la muestra.

2) GPS (Global Positioning System), para determinar los waypoints<sup>1</sup> sobre la superficie terrestre y sobre la imagen satelital.

3) Bases de Datos y Protocolos de trabajo para organizar la información.

4) El programa SPSS Statistical para el análisis y obtención de los resultados.

## II. Metodología de trabajo

El objetivo fundamental del método de Segmentos Aleatorios es, “Estimar<sup>2</sup> la superficie sembrada con cultivos de tipo extensivos.

Entre los Objetivos específicos se mencionan: 1) Contar con un diseño de muestra que no dependa de entrevistas personales a productores. 2) Comparar los resultados obtenidos con esta metodología con los sistemas de estimación basados en informantes calificados. 3) Utilizar los resultados como ajuste a las estimaciones subjetivas obtenidas por métodos subjetivos 4) Generar información Georreferenciada como soporte para los operativos a campo. 5) Desarrollar un sistema de Información Agrícola.

El trabajo contempla las siguientes etapas:

### 1) Estratificación

Los estratos son zonas que se delimitan dentro de cada Partido/Departamento<sup>3</sup> por presentar un uso agropecuario homogéneo del suelo. La delimitación de los estratos se efectúa mediante la utilización de imágenes provenientes del satélite LandSat y del Google Earth.

En el método propuesto se definen cuatro estratos:

1. Estrato A: Zonas con un alto porcentaje de aptitud agrícola

2. Estrato B: Zonas mixtas con un mayor porcentaje de aptitud ganadera

3. Estrato C: Zonas sólo aptas para uso ganadero

4. Estrato D: Tierras con probabilidad nula de utilización agrícola o pecuaria, como es el caso de: ciudades, lagunas, sierras, dunas, etc.

La estratificación se realiza en base a la clasificación de imágenes satelitales y el conocimiento de la zona.

### 2) Selección de puntos aleatorios

El primer paso implica seleccionar una muestra aleatoria de puntos dentro de los estratos delimitados en cada Partido o Departamento, con excepción de las zonas no agropecuarias previamente excluidas. Es decir que la unidad estadística original es un punto sobre la superficie terrestre.

En muchos casos, dado que un punto aleatorio puede caer en cualquier parte de la superficie, usualmente dentro de explotaciones y lotes que no son directamente accesibles, es necesario reubicarlos, evitando en lo posible que la pérdida de aleatoriedad produzca sesgos. La solución práctica adoptada consistió en trasladar el punto hasta el camino más cercano, de

<sup>1</sup> Son las coordenadas que permiten ubicar los puntos de referencia utilizados y/o creados en la salida de campo

<sup>2</sup> Permite obtener estimaciones de los valores poblacionales que corresponden a la verdadera cantidad de hectáreas cultivadas.

<sup>3</sup>En Argentina la división territorial incluye para cada provincia y distintos partidos o departamentos.

forma tal que pueda arribarse con un vehículo y sin necesidad de contar con la autorización previa del propietario de las tierras, del productor u ocupante.

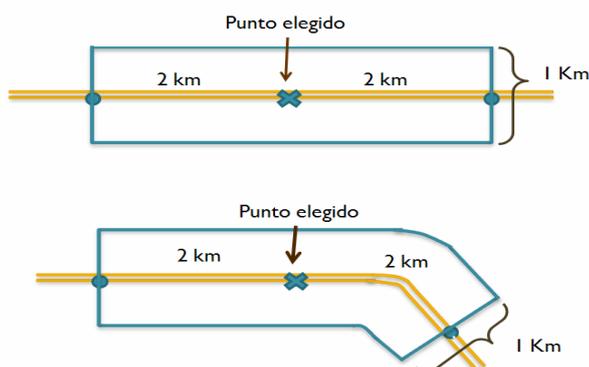
Una vez que se dispone del punto muestra sobre un camino se procede a ubicar dentro de su trazado dos nuevos puntos opuestos y equidistantes del original, cada uno a dos kilómetros del mismo. Los dos puntos se unen para dar origen a un segmento lineal de aproximadamente 4 Km de largo.

### 3) Unidad de muestro: Segmento

La unidad estadística de muestreo es el segmento, superficie en forma de polígono generalmente rectangular, generado a partir de una ruta o un camino identificable a ambos lados de la línea de recorrido, con una distancia entre el punto inicial y final de 4 kilómetros y un ancho de 500 metros de cada lado. Por lo tanto, la superficie total de cada segmento se aproxima a 400 hectáreas.

El área que abarca un segmento constituye la verdad de campo. En ella, se identifican las diferentes Unidades de Uso de Suelo - UUS (coberturas) presentes, no agropecuarias y agropecuarias.

Esquema de un Segmento



La cantidad de puntos y en consecuencia de segmentos a elegir se determina mediante un estudio del tamaño de la muestra, llevado a cabo a nivel de Departamento o Partido.

El tamaño de la muestra es una aproximación que se realiza en base a criterios estadísticos basados en: a) el conocimiento de la superficie de las jurisdicciones, b) la cantidad y composición de los lotes que se observan en las imágenes satelitales y c) la disponibilidad de información anterior de la zona.

### 4) Unidades de Uso de Suelo (UUS)

Las variables en estudio son las superficies en hectáreas ocupadas con las siguientes coberturas del suelo:

- Cereales: Alpiste, Arroz, Avena, Cebada Cervecera, Cebada Forrajera, Centeno, Maíz, Mijo, Sorgo Granífero, Trigo.
- Oleaginosas: Algodón, Cártamo, Colza, Girasol, Lino, Maní, Soja de 1º, Soja de 2º.
- Legumbres: Arveja Seca, Garbanzo, Lenteja y Poroto.

### 5) Operativo a Campo

Con el fin de cumplimentar la verdad de campo, cada observador cuenta con los siguientes materiales, para realizar la recorrida del segmento.





## 6) Análisis, consistencia y procesamiento de la información

Sobre la imagen de Google Earth se realiza el primer control, comparando la numeración de cada UUS con la que figura en la planilla de campo que contiene los datos del operativo a campo (planilla resumen).

Cada uno de los archivos .kml se convierten a formato shape utilizando el software ArcView Gis, para visualizar las UUS sobre las imágenes Lansat de la salida de campo y compararlas con la verdad de campo registrada en la planilla de campo resumen.

La superficie de cada UUS agropecuaria identificada en el operativo a campo se mide, y se anexa a cada UUS la información contenida la planilla de campo resumen (con la cobertura relevada), y se obtiene la información de las UUS georreferenciada.

## 7) Generación de las estimaciones

Los estimadores se definen como las fórmulas matemáticas y procedimientos de cálculo que se utilizan para obtener las estimaciones de los parámetros con los datos de la muestra que fue aleatoriamente elegida. La metodología utilizada y el conjunto de todos los procesos de selección aleatoria y de implementación de estimadores recibe el nombre de diseño de la muestra.

$W_{hi}$  = Factor de expansión del i-ésimo segmento, del h-ésimo Partido/Departamento.

Las variables del estudio son las que corresponden a las superficies de las diferentes coberturas consideradas, y se las simboliza:

$y_{hi}$  = Cantidad de hectáreas de una determinada cobertura, del i-ésimo segmento seleccionado del h-ésimo Partido/Departamento.

$W_{hi} \cdot y_{hi}$  = Representa la superficie expandida a nivel de Partido/Departamento de una UUS especificada

$\hat{y}_h$  = Estimación de la superficie total de hectáreas de una cobertura especificada del h-ésimo Partido/Departamento.

$\hat{y}$  = Estimación de la superficie total de hectáreas de una UUS especificada de una región compuesta por varios Partidos/Departamentos.

## 8) Errores no debidos y debidos al proceso muestreo

Toda estimación originada a través de una muestra tiene asociada dos tipos de errores.

Los errores no debidos al proceso de muestreo, que no son medibles y son dependientes de un buen operativo de campo y un mejor análisis de consistencia y coherencia. Y los errores debidos al proceso de muestreo, que no se pueden anular, pero en el caso de una muestra probabilística pueden ser medidos. Las dos principales medidas que se disponen son el Error Estándar (E.Est) y el Coeficiente de Variación (CV), ambos son estimados a través de la muestra.

El Error Estándar es una medida de la variabilidad que, en cifras absolutas, expresa el grado de precisión con que las superficies de las UUS se aproximan al resultado que se habría obtenido si se hubiera observado la población completa bajo las mismas condiciones de la muestra.

El coeficiente de variación es una cifra relativa que se expresa en porcentaje, esta dado por el cociente entre el error estándar y la estimación de la superficie de cada UUS, aquí también cuanto más pequeño mejor, la expresión es

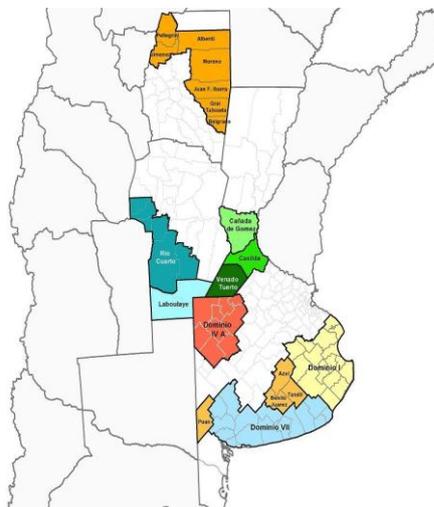
$$CV\% = \frac{\text{Estimación del error de muestreo de la superficie en ha de un cultivo}}{\text{Estimación de la superficie sembrada en ha del cultivo}} * 100$$

Se consideran los siguientes grados de confiabilidad de la estimación de un parámetro.

Estimación del CV	Confiabilidad de la estimación
$CV < 2,5 \%$	Excelente
$2,5 \% \leq CV < 5\%$	Muy Buena
$5,0 \% \leq CV < 10,0 \%$	Buena
$10,0 \% \leq CV < 15,0 \%$	Poco confiable pero aceptable
$15,0 \% \leq CV < 20,0 \%$	Escasamente confiable
$CV \geq 20,0 \%$	No confiable

### III. Resultados

En una primera etapa, la metodología para la estimación de la superficie sembrada con cultivos extensivos, con el método de segmentos aleatorios se implementó en los siguientes departamentos:



En una segunda etapa esta metodología se implementará en todos los departamentos del país y se incorporan nuevos cultivos.

Se obtuvieron los siguientes resultados, del trabajo realizado en la provincia de Santa Fé, en los departamentos de Belgrano, Iriondo, San Jerónimo y San Martín.

Cuadro Nro 1

Cultivo	TOTAL			BELGRANO			IRIONDO			SAN JERONIMO			SAN MARTIN		
	Estim.	Er. Std.	C.V.	Estim.	Er. Std.	C.V.	Estim.	Er. Std.	C.V.	Estim.	Er. Std.	C.V.	Estim.	Er. Std.	C.V.
Campo Natural	10.687	4.066	38,0	5.189	3.897	75,1	505	*	*	2.213	454	20,5	2.781	1.069	38,5
Maíz	217.428	12.690	5,8	46.280	4.553	9,8	52.216	5.360	10,3	35.989	4.468	12,4	82.942	9.573	11,5
No Relevado	9.960	2.037	20,4	661	161	24,3	2.818	990	35,1	72	20	27,2	6.408	1.773	27,7
Otros Cultivos	2.733	1.043	38,2	1.202	853	70,9	.	.	.	1.531	601	39,3	.	.	.
P.asturas Perman	76.489	8.114	10,6	6.708	975	14,5	22.222	4.988	22,4	14.633	2.731	18,7	32.925	5.705	17,3
Potrero	1.178	385	32,6	.	.	.	.	.	.	1.178	385	32,6	.	.	.
Soja 1ra	650.939	17.661	2,7	119.228	6.904	5,8	164.985	8.802	5,3	150.760	5.417	3,6	215.966	12.547	5,8
Soja 2da	159.660	10.699	6,7	34.676	4.867	14	31.489	4.241	13,5	16.124	3.222	20	77.371	7.901	10,2
Sorgo Granifero	36.069	4.179	11,6	6.906	2.773	40,1	4.365	838	19,2	12.859	1.953	15,2	11.939	2.293	19,2
TOTAL	1.167.815	3.602	-	220.938	869	.	279.527	1.503	.	236.210	2.201	.	431.141	2.261	.

#### IV Conclusiones

A partir de esta metodología que combina la utilización de técnicas de teledetección, los sistemas de información (GIS), el control e interpretación de los resultados obtenidos a través de operativos a campo, procedimientos estadísticos y la gestión de la información, se dispone de una estimación por partido/departamento del área implantada con cultivos extensivos.

Los resultados obtenidos y los bajos CV alcanzados han demostrado que esta metodología es indicada para estimar la superficie de cultivos extensivos como la soja, trigo, maíz, a nivel de grandes zonas (abarcando varios departamentos); en segmentos con uso homogéneo del suelo y cuando en todo el segmento se presenta el mismo cultivo y en la misma proporción. Además, es útil para obtener la información que permite discriminar cultivos difíciles de separar espectralmente como la cebada del trigo.

#### Referencias

Scheaffer, Mendenhall, Lyman. Elementos de Muestreo. Grupo Editorial Iberoamericana, México, 1987, 321 p.

Sharon L. Lohr. Muestreo, diseño y análisis. ISBN: 9789706860170. Ediciones Paraninfo SA, 2000, 480 p

Yu Xue, Jian Ren. Manual GPS-GPS 2.1. Año 2012.

Google Earth: [://www.google.com/earth/index.html](http://www.google.com/earth/index.html)

National Aeronautics and Space Administration (NASA), <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>

ESRI, ARCGIS: <http://www.esri.com/software/arcgis>

ESRI, Arc View : <http://www.esri.com/software/arcgis/arcview>