

MAPA DE CULTIVOS

Introducción y metodología



**Ministerio
de Economía**
República Argentina

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca**

Resumen

El uso de técnicas de teledetección (remote sensing) en estadísticas agrícolas a nivel país ha ganado relevancia en las últimas décadas. Este enfoque ofrece una forma eficiente y precisa de monitorear y analizar la producción agrícola, el uso del suelo y otros indicadores clave, permitiendo a los gobiernos y organismos internacionales tomar decisiones informadas sobre políticas agrícolas y de seguridad alimentaria.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, a través de la Dirección de Estimaciones Agrícolas, elabora y publica información oficial actualizada y desarrolla nuevos formatos para su presentación.

El Mapa de Cultivos es un nuevo producto de altísima calidad elaborado a partir de las fortalezas de la Dirección en cuanto a territorialidad, capacidad técnica y volumen de la base de información de verdad de campo.

Introducción

Conocer la distribución y la superficie ocupada por los distintos cultivos en cada campaña agrícola, es una herramienta clave para la planificación de políticas agrarias. En este sentido, la Dirección de Estimaciones Agrícolas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (SAGYP), desarrolla e implementa desde la campaña 2011/2012 la Metodología de Segmentos Aleatorios (MSA), a fin de determinar las cifras oficiales que son publicadas en cada cierre de campaña. Este método dio respuesta a la demanda que existía años atrás sobre una metodología oficial para obtener estimaciones confiables, atribuidas al resultado de un método objetivo validado.

La fortaleza y robustez de la metodología se basa principalmente en el diseño, tamaño y representatividad de la muestra, la cual se compone de 4.800 segmentos de 400 hectáreas de superficie cada uno. Estos segmentos son aleatorios, ya que se han distribuido al azar sobre estratos agrícolas a nivel de cada partido o departamento muestreado, tal como se muestra en la Figura 1. La posibilidad de abarcar todo el territorio ocupado por cultivos extensivos y regionales del país, se ve fortalecida por la presencia de 40 delegaciones que son parte de la estructura del área de estimaciones agrícolas de SAGYP.



Esta red de delegaciones tiene presencia territorial en todo el país, con profesionales calificados, que llevan adelante la tarea de relevar y tomar datos de la verdad de campo en cada campaña agrícola. Esto último es fundamental para poder contar en cada semestre, con el dato de cobertura de suelo de cada uno de los lotes incluidos en cada segmento aleatorio relevado. Asimismo se avanza en forma sostenida para ampliar este relevamiento incorporando cultivos regionales frutihortícolas.

Es decir, que existan delegaciones y técnicos en todo el territorio, facilita la tarea operativa de realizar el muestreo de verdad de campo dos veces al año, incluyendo todas las regiones agrícolas del país, cada una con sus características y particularidades.

Vale mencionar que cada operativo a campo implica el recorrido de más de 200.000 km totales, incluyendo rutas nacionales, provinciales y caminos rurales, y la observación directa y toma de datos sobre 1.800.000 ha de cobertura y uso de suelo.

Como se puede inferir de lo mencionado, la obtención de todo el volumen de datos georreferenciados en cada campaña agrícola, requiere una significativa inversión de recursos del sector público nacional. Esta verdad de campo permitió a la Dirección, además de hacer la expansión estadística de los cultivos relevados, analizar y solucionar diferentes problemáticas a través de la generación de mapas de uso regionales (algodón, girasol, áreas afectadas por inundación, etc.). En el mismo sentido, es de destacar la tendencia que se observa desde hace algunos años respecto a iniciativas internacionales sobre mapeo de coberturas agrícolas. Estos mapas de cultivo son presentados y publicados en catálogos geográficos como complemento de las estadísticas oficiales, principalmente en países que tienen roles protagonistas en la producción y el mercado agroalimentario mundial.

Por todo lo anterior, el área de estimaciones agrícolas tiene como desafío jerarquizar la gran cantidad de datos de verdad de terreno y aumentar su valor agregado a través de una cartografía de alcance nacional. Al respecto, se propuso trabajar en la generación de un mapa de uso del suelo, con una resolución de 30m, que permita el análisis a nivel de lote, para el período de tiempo que comprende una campaña agrícola. Se entiende por uso del suelo a la caracterización del territorio de acuerdo a la dimensión funcional, es decir sobre el destino socioeconómico actual que se da a ese territorio, ya sea ambiental, agrícola o ganadero.

El objetivo planteado, en cuanto a cultivos extensivos, es publicar dos mapas de cultivo al año, uno con la clasificación para el período de la campaña fina o de cultivos de invierno y otro que comprenda la campaña gruesa o de cultivos de verano.



La cartografía publicada será de consulta y tendrá la capacidad de servir en el desarrollo de estudios agronómicos, medioambientales y de diseño de infraestructuras, y permitirá obtener información georreferenciada con el nivel de detalle establecido, quedando disponible su uso y consulta tanto para intereses públicos como privados.

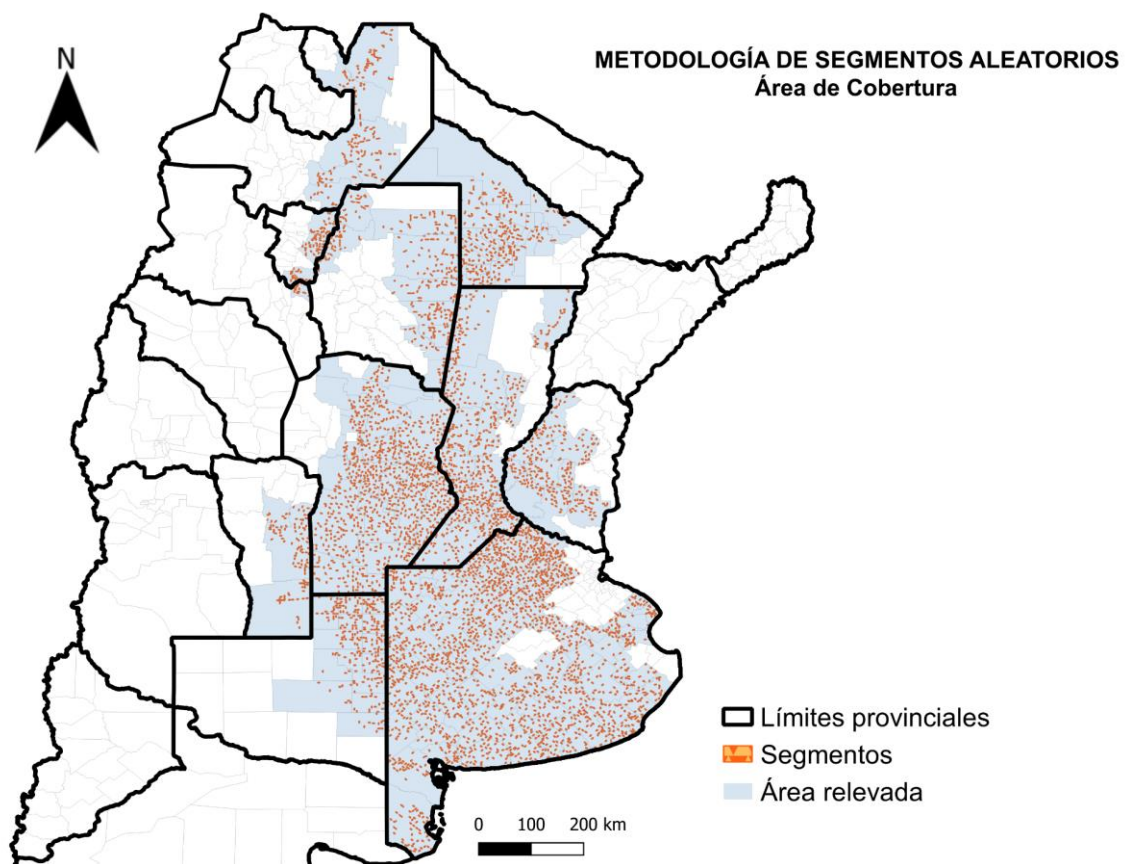


Figura 1. Mapa de segmentos aleatorios relevados en cada campaña por la Dirección de Estimaciones Agrícolas de SAGYP.

Metodología

En términos generales, la metodología ha seguido estos seis pasos imprescindibles:

1. Recorrido de segmentos aleatorios y relevamiento de la verdad de campo.
2. Depuración de las verdades de campo.
3. Selección de las imágenes satelitales y las métricas a emplear.
4. Diseño del script y selección del algoritmo.
5. Clasificación propiamente dicha.
6. Evaluación de los resultados.
7. Recodificación

Como ya se mencionó en la introducción, la etapa de relevamiento de la verdad de terreno es realizada por los técnicos de las delegaciones del interior del país, y sirve de insumo para el MSA, luego esa verdad de campo queda disponible para poder avanzar sobre el desarrollo del mapa de cultivo.

El segundo paso, que consiste en la limpieza de las verdades de terreno, es el determinante para el éxito del proceso de clasificación. Consiste en la selección y edición de los polígonos provenientes de las recorridas para la campaña de interés como parte del MSA. Poder realizar esta depuración de forma precisa, con el objetivo de seleccionar los polígonos que mejor representan cada clase, e identificar las clases relevantes para cada región, es la clave para aumentar la exactitud y la precisión del resultado de la clasificación. Vale destacar que, para esta tarea, se aprovechó el conocimiento previo de los técnicos regionales respecto a cómo se perciben los distintos cultivos en las imágenes de sensores remotos. Asimismo, se realizaron jornadas y capacitaciones por regiones a fin de unificar criterios, trabajar de manera conjunta y uniformizar el avance del proyecto.

En cuanto al tercer paso, la selección de imágenes satelitales es condición necesaria para poder realizar la depuración y además para el desarrollo del script. Para esa selección se tuvieron en cuenta los estados fenológicos de los cultivos y de otras coberturas, y se eligieron para cada zona, dentro del rango de fechas relevantes, las imágenes de los sensores Sentinel 1 y 2, y en algunos casos Landsat 8, con muy baja o nula cobertura de nubes.

Sobre la plataforma Google Earth Engine (GEE) se calculó con frecuencia quincenal, en la medida de lo posible, el valor de la mediana de cada píxel. Se obtuvo de esa manera,



una composición de las reflectancias y/o retrodispersión de cada zona de estudio para cada mes. Se calcularon, siempre dentro de esa plataforma, distintas series de índices, buscando captar las características fenológicas de las distintas coberturas.

Todos los valores obtenidos se compilaron en una imagen de trabajo que es, en definitiva, un “marco de datos” donde se resumen las características fenológicas y los atributos espectrales de cada cobertura en distintos momentos del ciclo analizado. A este marco de datos se integran las verdades de terreno depuradas inicialmente y las máscaras correspondientes (cuerpos de agua permanentes, ejidos urbanos, etc.), y luego se particionan los polígonos para obtener dos subconjuntos independientes entre sí: un subconjunto de datos de entrenamiento del algoritmo y otro que se utilizará para el testeado de la clasificación obtenida.

Para la clasificación, se entrenó un algoritmo de “Random Forest” ya que dentro de los distintos métodos de aprendizaje automático, ha demostrado una gran aptitud para este tipo de clasificaciones y su uso se ha expandido notablemente en los últimos años. Una vez adquirida la imagen clasificada, se evalúa la calidad de la clasificación mediante la matriz de confusión y los indicadores que de ella se derivan, obteniéndose en general resultados altamente satisfactorios, siendo la excepción aquellas zonas afectadas por fenómenos adversos, donde los cultivos no expresan su potencial.

Además de esta evaluación objetiva de la clasificación, se realiza otra evaluación cualitativa de tipo visual, aprovechando las zonas de solapamiento entre regiones, donde se superponen verdades de terreno no empleadas en la clasificación por pertenecer a una región contigua, observándose nuevamente resultados altamente satisfactorios.

Dada la vastedad y la heterogeneidad del área destinada a la producción de cultivos extensivos en la Argentina, resulta conveniente cierta flexibilidad en el abordaje de las distintas zonas. Las variaciones que existen en las coberturas, así como la diversidad de fechas que abarcan el ciclo del cultivo, llevan a la selección de distintos rangos de fechas y distintas clases a considerar. Es por ello que se realiza como último paso una recodificación de las clasificaciones de las distintas regiones para poder ensamblarlas en un mapa común.

Las coberturas que se muestran en el mapa de cultivo están detalladas en la siguiente tabla. La determinación de cada una de las clases se hizo con el objetivo de destacar los lotes con cobertura agrícola, pero sin perder la información respecto al área de uso agrícola, representada por rastrojos y barbechos.



Código de clase y color	Nombre de referencia	Coberturas que incluye
1	Soja	
2	Maíz	
3	Girasol	
4	Sorgo granífero	
5	Maní	
6	Algodón	
7	Arroz	
8	Poroto	
9	Caña de azúcar	
10	Cereales de invierno	Trigo, cebada, avena, centeno
11	Legumbres de invierno	garbanzo-arveja-lenteja
12	Colza	
13	Lino	
14	Tabaco	
15	Cultivo de cobertura	
17	Otros cultivos	hortalizas-chía
18*	Recursos forrajeros	Pasturas permanentes (puras o polifíticas), pastizales, campo natural, verdes de invierno.
19	Barbecho y rastrojo	Rastrojos, barbechos químicos, barbechos convencionales y cultivos de verano/invierno ya emergidos al momento que se hizo el relevamiento de terreno
20	Frutales	
21*	No agrícolas	monte-bajos-ejidos-agua-sierras

Tabla 1. Clases utilizadas para la recodificación de las clasificaciones para el armado del Mapa Nacional de Cultivos.

*Estas clases se encuentran enmascaradas en el Mapa Nacional para darle más relevancia a los cultivos extensivos.



La clase 10 se compone por todos los cereales de ciclo invernal: trigo, cebada, avena y centeno, dada la significativa similitud fonológica de estos cultivos. Éstos presentan en conjunto un comportamiento espectral análogo a lo largo de todo el ciclo, por lo que en determinadas circunstancias se dificulta hacer una separación intracase. Por lo tanto, se decidió agrupar en una única clase definida como cereales de invierno a los cuatro cultivos mencionados, siendo que de esa manera se cumple el objetivo de identificar la proporción del área agrícola total que fue ocupada por esos cereales durante la campaña. El mismo criterio se aplicó para la clase 11 definida como legumbres, la cual incluye arveja, garbanzo y lenteja.

La clase 19, tal como se muestra en la tabla, se compone por todos los lotes de uso agrícola, pero en descanso durante la campaña analizada. La verdad de campo que se utilizó para clasificar esa clase se compuso por barbechos (químicos y labranzas convencionales), rastrojos, y también se incluyeron en esta clase aquellos lotes que al momento de ser recorridos y tomado el dato de cobertura por observación directa, presentaban un cultivo correspondiente a la campaña siguiente ya emergido. Por ejemplo, en el relevamiento de la campaña fina que se hace durante los meses de octubre y noviembre, es común observar maíces de siembra temprana en estados vegetativos, sojas de primera emergidas, etc. Todas estas coberturas no son incluidas en el mapa de Fina, ya que se trata de cultivos de ciclo estival, por lo tanto son representados como barbechos o rastrojos, para identificar que en esos lotes no hubo cultivo de invierno, pero que igualmente se trata de áreas destinadas a agricultura.

Por otro lado, la clase 18 que se especificó como recursos forrajeros, incluye los lotes cuya verdad de campo obtenida por observación directa fue pastura permanente, campo natural y verdeo de invierno, y además quedaron incluidas allí las áreas de distintas regiones que se encuentran ocupadas por pastizales naturales o espinales.

En referencia a la clase 20, se debe mencionar que el mapeo de frutales a nivel nacional es llevado a cabo por el área de cultivos regionales de la Dirección. Allí se trabaja en la edición y digitalización de polígonos ocupados por montes frutales en las distintas regiones del país, teniendo como metadatos no solo las verdades de campo que surgen del relevamiento de segmentos aleatorios, sino también una serie de mapas de alcance provincial ya publicados por otras instituciones, que van siendo reeditados y combinados.

Por último, en cuanto a las clases 9, 12, 13, 14 que corresponde a los cultivos de caña de azúcar, colza, lino y tabaco, se pudieron definir sin que existan interferencias o confusiones entre cultivos ya que todos estas coberturas tienen un comportamiento espectral determinado y bien diferenciable, por lo que es sencillo para el algoritmo



planteado poder reconocer y clasificar estos cultivos. Se trata de cultivos que o son regionales, es decir se los ubica solo en determinadas zonas del país, o se encuentran en una proporción del área agrícola muy baja, es decir son de baja frecuencia de aparición, pero así y todo, como se dijo, es fácil su identificación dadas las características distinguibles que presentan en su ciclo fenológico.

Para finalizar, en el mapa se presenta la clase 21 que corresponde a la porción del área no agrícola, que incluye ejidos, cuerpos de agua, montes y bajos. Estas clases no son de uso agrícola ni ganadero en general, pero igualmente están presentes en todo el territorio, y por lo tanto corresponde su inclusión en la clasificación. Sin embargo, para destacar los cultivos extensivos, que son el objetivo de nuestra Dirección, se excluyó de la visualización esta clase.

Conclusión

El desarrollo del Mapa de Cultivos Nacional por parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, a través de la Dirección de Estimaciones Agrícolas, representa un avance significativo en la calidad y precisión de la información estadística del sector agrícola en la Argentina. Este innovador producto se destaca por su capacidad para geoposicionar de manera detallada la producción de los principales cultivos en todo el país, lo que resulta fundamental para un análisis territorial profundo del uso del suelo y la ocupación agrícola.

La alta calidad en la toma de datos y el exhaustivo trabajo de campo aseguran una representación fiel y actualizada de la realidad agrícola nacional. La territorialidad, una de las fortalezas clave de la Dirección, se refleja en la precisión con la que se puede evaluar la distribución y las tendencias de los cultivos a nivel regional y local. Este nivel de detalle no solo enriquece la comprensión de la dinámica agrícola sino que también facilita la toma de decisiones informadas para la planificación y gestión del sector.

El Mapa de Cultivos no solo optimiza la forma en que se presenta la información, sino que también ofrece valiosas herramientas para la formulación de políticas públicas, la gestión de recursos y el análisis de la sostenibilidad agrícola. Su implementación promete ser un recurso esencial para investigadores, planificadores y productores, contribuyendo así al desarrollo más eficiente y sustentable de la agricultura en Argentina.



Para mayor información, consultas sobre metodología o comentarios sobre el mapa publicado, comunicarse con la Dirección de Estimaciones Agrícolas del SAGyP al siguiente correo electrónico: direstiagri@magyp.gob.ar

Asimismo, se deja constancia que los metadatos, incluyendo la matriz de confusión del presente mapa será puesto a disposición para consulta a la brevedad a través del sitio web de la Dirección.





**Ministerio
de Economía**
República Argentina

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca**