

# Mapa de Cobertura de Suelo (Land Cover) de Córdoba, Argentina. Su desarrollo y publicación en la IDE provincial

Mario Piumetto<sup>1</sup>, César García<sup>2</sup> y Hernán Morales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IDECOR (Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba), Rivera Indarte 770, Córdoba – Tel.: (0351) 428-6048. Email: {marioandres.piumetto, hernan.morales}@cba.gov.ar

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Desarrollo en Inmunología y Enfermedades Infecciosas (CIDIE) - CONICET, Universidad Católica de Córdoba, Av. Armada Argentina 3555, Córdoba – Tel: (0351) 493-8094. Email: cesarnon@gmail.com

**Resumen.** El desarrollo de un Mapa de Cobertura del Suelo de la provincia de Córdoba, en el marco de IDECOR, con una escala temática y unidad mínima mapeable de detalle, resulta muy importante para estudios territoriales y el soporte de políticas públicas a nivel provincial. Del mismo modo, y al ser una de las primeras experiencias de su tipo en el país, es un caso útil para la discusión, mejora y definición de un marco metodológico sustentable para el monitoreo de los cambios en usos y ocupación del suelo a escala regional y periurbana en todo el país. Los resultados son muy importantes para Córdoba y brindan una componente esencial para los procesos de valuaciones masivas en el ámbito rural. A nivel técnico, la innovación en distintos aspectos del procesamiento, el uso de mosaicos multitemporales y las herramientas y datos utilizados, brinda el marco necesario para asegurar buenos resultados, lo que representa una oportunidad para su aplicación en otros ámbitos. La experiencia abre el debate sobre la importancia de este tipo de datos y hasta qué nivel pueden formar parte de un conjunto de DByF, como así también su disponibilidad en forma pública y abierta en una IDE.

**Palabras Claves:** cobertura del suelo, valuaciones masivas, Córdoba, IDE, geoservicios OGC

## 1. INTRODUCCIÓN

¿Qué son y qué utilidad tienen los mapas de cobertura de suelo o cobertura de la tierra (*land cover*)? ¿Qué problemáticas y desafíos están involucrados en su desarrollo? ¿Cómo disponibilizar dicha información para toda la sociedad?

El presente trabajo comparte la experiencia que se lleva actualmente en la Provincia de Córdoba, en el marco de IDECOR (Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba) y un proyecto especial de la Dirección General de Catastro, cuyo fin es un estudio territorial y de los mercados inmobiliarios en toda la provincia, tanto los ámbitos urbanos como rurales.

“La cobertura de la tierra es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la Tierra” (Di Gregorio y Jansen, 2000). Comprender el concepto es clave, ya que usualmente suele asimilarse o confundirse con los mapas de “uso del suelo”, los que representan esencialmente situaciones en el territorio derivadas de la acción del hombre. Otra distinción puede hacerse también desde la técnica necesaria para construir los datos. Los mapas de cobertura se basan en reconocimiento físico o tomas aéreas del territorio, mientras que la identificación del uso puede requerir una inspección específica. Por ejemplo, si un mapa de cobertura indica en una de sus categorías “área urbana edificada”, el mapa de uso podría distinguir entre zona e inmuebles con destino industrial o comercial; en el caso rural, mientras un mapa de cobertura podría indicar un área como “de bosque natural o monte”, un mapa de usos podría especificar un uso turístico, como complejo de cabañas de baja densidad, coto de caza u otros.

Conocer cómo está estructurado el territorio es clave para llevar adelante estudios de los mercados inmobiliarios, urbano y rural. Estudios preliminares indican que la tierra rural con aptitud agrícola en entornos urbanos de baja densidad (sectores de transición, dentro de 1 km de distancia a la mancha urbana consolidada) puede aumentar su valor hasta 10 veces el valor máximo agrícola de la zona (Dirección General de Catastro, 2018). Esto es lo que se conoce en valuaciones, como el principio del “mayor y mejor uso”, en virtud de la expectativa de cambio de uso de dicha tierra a usos urbanos.

En ese contexto, ¿Cuánto y cómo cambia el territorio? Algunos datos y estadísticas resultan clarificadores.

Conforme estadísticas del Ministerio de Agroindustria de la Nación, el promedio quinquenal de superficie sembrada de cultivos estivales en la Provincia de Córdoba era a principios de 1980 de 2,5 millones de ha; mientras que en los últimos años llegó a 7,8 millones de ha (crecimiento del 200%). De igual modo, puede considerarse el caso de las migraciones urbanas, con el consecuente crecimiento físico de dichas áreas. Conforme datos de los Censos Nacionales 2001 y 2010 (INDEC) la variación intercensal departamental destaca al Departamento Colón, parte del Gran Córdoba, con un aumento de su población del 24%, mientras que la variación porcentual del total provincial fue 7,3%.

Los mapeos de cobertura de suelo tienen varias décadas de desarrollo. Tal vez el proyecto que mayor difusión dio a este tipo de datos fue CORINE Land Cover,

un programa de la Unión Europea iniciado en 1985, que desarrolla mapas de cobertura a escala 1: 100.000 y una unidad mínima mapeable de 25 ha.

A nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) trabajó fuertemente desde finales de los 90 por crear un estándar en clasificación de coberturas de suelo, publicando en 2000 la primera versión del Sistema de Clasificación de Cobertura de la Tierra – LCCS (Di Gregorio y Jansen, 2000), que tuvo posteriormente varias actualizaciones.

A nivel nacional el primer trabajo que siguió la metodología LCCS de FAO fue desarrollado por INTA, publicando el Mapa de Cobertura del Suelo de Argentina, con cartas a escala 1:500.000 y unidad mínima mapeable de 600 ha (Volante et al. 2009). Un trabajo más reciente y de mayor detalle es el Mapa de Sistemas de Uso de Tierras (LUS) de la República Argentina (García et al. 2017), basado en el trabajo anterior y unidad mínima mapeable de 300ha.

En el contexto de una IDE, cabe discutir cuán importante es este tipo de datos, lo que derivará en la relevancia que tenga su desarrollo y actualización, como a su disponibilidad para todos. En principio, conforme la Descripción de Datos Básicos y Fundamentales (DByF) de IDERA (2016) pueden calificarse como datos temáticos, y como tal, son datos secundarios. Sin embargo, en la descripción de aquellos existen algunos que requieren el conocimiento de rasgos en el territorio, como las “plantas urbanas” (código 020104), que se definen como *“área urbana aproximada que incluye la zona contigua de amanzanamiento edificado, cuyos límites son reconocibles”*, lo que significa determinar un límite físico a cierta fecha. Desde un punto de vista de calidad del conjunto de datos, sin duda su desarrollo debería basarse en una fotointerpretación de la misma fuente, igual fecha, escala homogénea y mismos criterios de definición (nivel de fragmentación urbana y/o densidad de ocupación, etc.), para todos los elementos. Consideraciones similares podrían aplicarse a “Espejo de agua” (código 041108), por ejemplo.

Considerando que todas las iniciativas de mapeo de cobertura de suelo consideran varios “niveles” de leyenda, debería evaluarse si este tipo de datos, en un Nivel 1 de clasificación (que generalmente alcanza 8 o 9 clases aproximadamente), debiera ser parte de los DByF de una IDE, lo que aseguraría su mayor relevancia, prioridad de desarrollo y accesibilidad para todos.

## **2. MAPA DE COBERTURA DE SUELO DE LA PROVINCIA DE CORDOBA**

A mediados de 2017, y en el marco de IDECOR y un estudio territorial inmobiliario que decide llevar adelante la Dirección General de Catastro y el Ministerio de Finanzas, se evaluó la necesidad de desarrollar un Mapa de

Cobertura de Suelo (MCS) para toda la provincia. A ese fin, se estudiaron los antecedentes en Argentina y las capacidades locales vinculadas a la ejecución de un proyecto de este tipo. Así, en agosto de 2017 se firma un convenio entre el Ministerio de Finanzas de la Provincia de Córdoba y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET-CIDIE), iniciándose los trabajos durante el último cuatrimestre de 2017.

Los objetivos del proyecto son proveer información para el estudio de los mercados inmobiliarios rurales y periurbanos, como así también servir de base para demás usos científicos y técnicos vinculados a diversas políticas territoriales y ambientales, datos que se brindarán a través de IDECOR.

Las definiciones técnicas principales fueron: un mapa de cobertura completo de toda la provincia (165.321 km<sup>2</sup>), 3 niveles de leyenda (aumentando progresivamente el detalle temático), unidad mínima mapeable de 2,5 ha, temporalidad *circa* 2017/2018 y el desarrollo de una metodología de mapeo que utilice la mejor información preexistente y herramientas tecnológicas disponibles.

La provincia cuenta con información de coberturas de suelo, aunque particulares según temas y necesidades específicas. Un primer mapa de coberturas fue desarrollado en el marco del proyecto PID 2009-013 “Bases Ambientales para el Ordenamiento Territorial del espacio rural de la Provincia de Córdoba” por Zak y Cabido; no obstante, el trabajo hace especial énfasis en coberturas vegetales. El mapa fue actualizado por Lamfri a fines de 2016, en ocasión de la actualización del Ordenamiento Territorial del Bosque Nativo (Secretaría General de la Gobernación, 2016). Por su parte, la Bolsa de Cereales de Córdoba elabora anualmente mapas detallados de cultivos, aunque su foco son las zonas agrícolas y los mismos no son de acceso libre. En resumen, existen desarrollos pero responden a objetivos particulares y entre dichos trabajos no existe coincidencia de fechas, fuentes, metodología, escala y unidad mínima mapeable, lo que dificultaría compilar los datos en un mapa de cobertura de suelo general.

El proyecto MCS de la Provincia de Córdoba se encuentra en ejecución. En diciembre de 2017 se finalizó una primera etapa (Nivel 1) y en mayo de 2018 la segunda (Nivel 2). Los trabajos pendientes tienen como objetivo la obtención del Nivel 3 de clasificación y la determinación de zonas con inundaciones recurrentes (análisis de series de tiempo).

### **3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS OBTENIDOS**

De inicio, se fijaron los siguientes principios a considerar en el trabajo y las definiciones metodológicas a tomar:

- Uso de bases de datos preexistentes. Los nuevos datos deben desarrollarse considerando mapas y estudios oficiales antecedentes, que sean indicadores de alguna variable de cobertura del suelo.
- Capitalización y actualización de datos. El esfuerzo realizado en su construcción puede ser capitalizado en un proceso de control de calidad y actualización periódica. Por ejemplo, se pueden mejorar límites de áreas urbanas a partir de imágenes de mayor resolución o actualizar una cobertura de bosque con imágenes actuales.
- Mejoras metodológicas. Los métodos pueden mejorarse utilizando nuevos enfoques y/o tecnologías. El procesamiento remoto en la nube y la variedad de satélites / software permite innovar para superar limitaciones asociadas al manejo de Big Data (Gorelick et al 2017). Por ejemplo aumentar la dimensión del análisis de datos pasando de clasificar una imagen a nivel de pixel con información multi-espectral a clasificar espacio-temporalmente grupos de píxeles multi-espectrales de imágenes de distintas fechas.

### **Metodología aplicada – Nivel 1**

La metodología aplicada en el proyecto, al igual que el LCCS – FAO, se basó en la creación de niveles de leyenda. En la actualidad se han desarrollado 2 niveles de leyenda de complejidad creciente como puede observarse en la Tabla 1.

Las principales fuentes usadas fueron todas las escenas Landsat 8, 2016 a 2018 (Colección: LANDSAT/LC08/C01/T1\_TOA) y Sentinel 2 (Colección: COPERNICUS/S2); y los mapas de Cobertura Vegetal de la provincia de Zak y Cabido (2002) con la actualización de Lamfri (2016). Así mismo, se consideraron la Globe Land, mapa de cobertura de suelo a 30 m (Chen et al. 2014), Global Forest Change (Hansen et al 2013), JRC Global Surface Water (Pekel et al. 2016), la base cartográfica libre Open Street Maps, capas de parcelas con riego y límites de procesamiento urbano construidos ad-hoc por IDECOR.

Para el Nivel 1 se dividió la provincia en 4 ecorregiones: Chaco Árido, Chaco Serrano, Chaco Semiárido y Pampa Interior / Espinal. Dentro de cada ecorregión se utilizaron imágenes Landsat 8 y Sentinel 2 para construir las categorías primarias. Esto se realizó combinando la información de la base de datos (mapas raster) con clasificaciones supervisadas CART (Breiman et al., 1993). De esta manera toda la información previa fue considerada y sometida a un análisis que permitió conservar o eliminar datos en función de su estado actual (2017).

Todos los análisis y la construcción de la base de datos fue realizada utilizando software libre como QGIS, Earth Engine (Gorelick et al 2017) y Orfeo Toolbox – Monteverdi (Christophe e Inglada, 2009).

El ensamblado final del Nivel 1 se proyectó con una unidad mínima mapeable de 2,5 ha, lo que obligó agregar los píxeles a la escala del proyecto. La agregación de los píxeles consideró la componente espacial y su comportamiento multi-espectral a lo largo del tiempo, con un método que difiere sustancialmente de una simple generalización (Fig. 1). A ese fin, se elaboraron mosaicos por sector que fueron unidos, generando un único mosaico multi-temporal, el que se segmentó en el software libre Monteverdi2, mediante el algoritmo “Mean-Shift segmentation” (Inglada y Christophe, 2009). Luego se asignó a cada uno de los segmentos resultantes la cobertura mayoritaria.

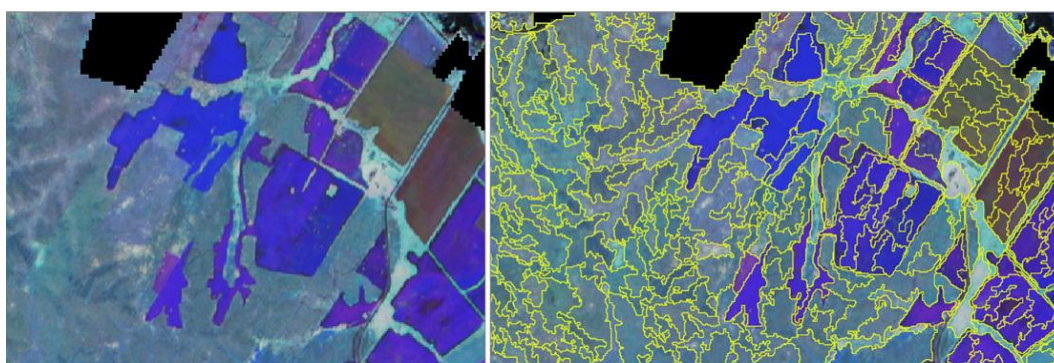


Figura 1. A la izquierda se muestra un mosaico multitemporal de la zona de Rio Tercero. A la derecha, la subsecuente segmentación (polígonos delineados de amarillo)

## Metodología aplicada – Nivel 2

El mapa Nivel 1 es la base y la fuente de las máscaras de procesamiento para el Nivel 2. Cada una de las coberturas que debe sub-clasificarse es sometida a un nuevo proceso de control de calidad, esta vez utilizando mosaicos multi-temporales y multi-espectrales de Sentinel 2 a una resolución de 10 m. Se utilizaron 6 mosaicos (1: Jul-Ago2017, 2: Sep-Oct2017, 3: Oct-Nov2017, 4: Nov-Dic2017, 5: Dic-Feb2018, 6: Feb-Mar2018) contruidos a partir de 964 imágenes Sentinel 2 y a través del método de Quality-Mosaic que selecciona la fecha del mejor píxel en función del mejor NDVI. Estos 6 mosaicos fueron integrados a su vez en un único mega-mosaico multitemporal que contiene toda la información.

El poder de cómputo del *cloud computing* permite manejar el volumen de datos preparado. Esto es una mejora sustancial si se lo compara con utilizar mosaicos uni-temporales. La temporalidad permite observar la fenología de la vegetación con mayor resolución. En la Fig. 2 pueden verse falsos colores de una zona cercana a Noetinger. Si se consideran los lotes con el punto blanco en cualquier fecha, siempre hay al menos 2 que parecen ser similares; considerando las 4 fechas, ninguno de ellos tiene el mismo comportamiento.

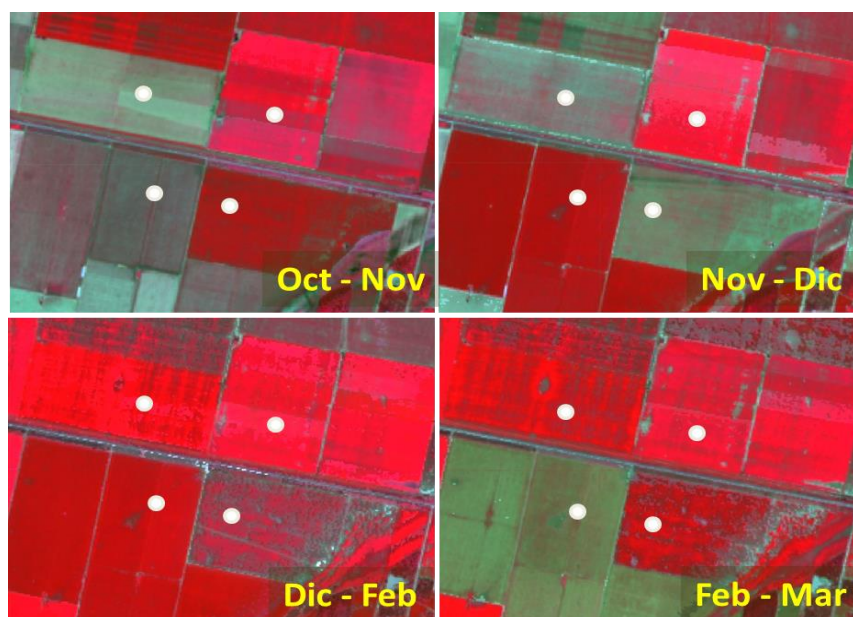


Figura 2. Mosaicos de distintas fechas en falso color. Los puntos indican lotes con distintos cultivos, de Izquierda a derecha, arriba: soja y alfalfa; abajo: maíz y trigo

Para clasificar las categorías de Nivel 2 se utilizaron el mega-mosaico y algoritmos de clasificación supervisada del tipo Random Forest (Ho, 1995; Breiman, 2001) implementados en Earth Engine. Para entrenar los clasificadores se utilizaron 515 puntos recogidos a campo, complementados con 1.050 puntos obtenidos mediante Collect Earth. Usando las series de imágenes en Earth Engine, se seleccionaron lotes homogéneos para dibujar polígonos de entrenamiento, lo que permite multiplicar los puntos de entrenamiento, mejorar la calidad de los mismos y conservar los puntos originales para validación. Se sumaron a la validación puntos provistos por la Bolsa de Cereales de Córdoba.

Una consideración especial merece el procesamiento y criterios adoptados para los espacios urbanos y periurbanos, donde se fijaron 3 categorías. A tal fin, se consideró el estudio de Expansión y Fragmentación Urbana (Angel et al. 2010), cuyos resultados y orientaciones fueron integrados al Atlas de la Expansión Urbana, un estudio llevado adelante por la Universidad de Nueva York, en asociación con ONU-Hábitat y el Instituto Lincoln de Políticas de Suelo (<http://www.atlasofurbanexpansion.org/>). El caso del MCS de la Provincia de Córdoba no requería dicho detalle ni construcción de todas las métricas urbanas, pero las orientaciones fueron claves para definir las características y alcance de la clasificaciones realizada.

## Resultados Nivel 2

El mapa Nivel 2, con 21 categorías, se presenta en la Figura 3. Las superficies y proporción de cada una de ellas se presentan en la Tabla 1.

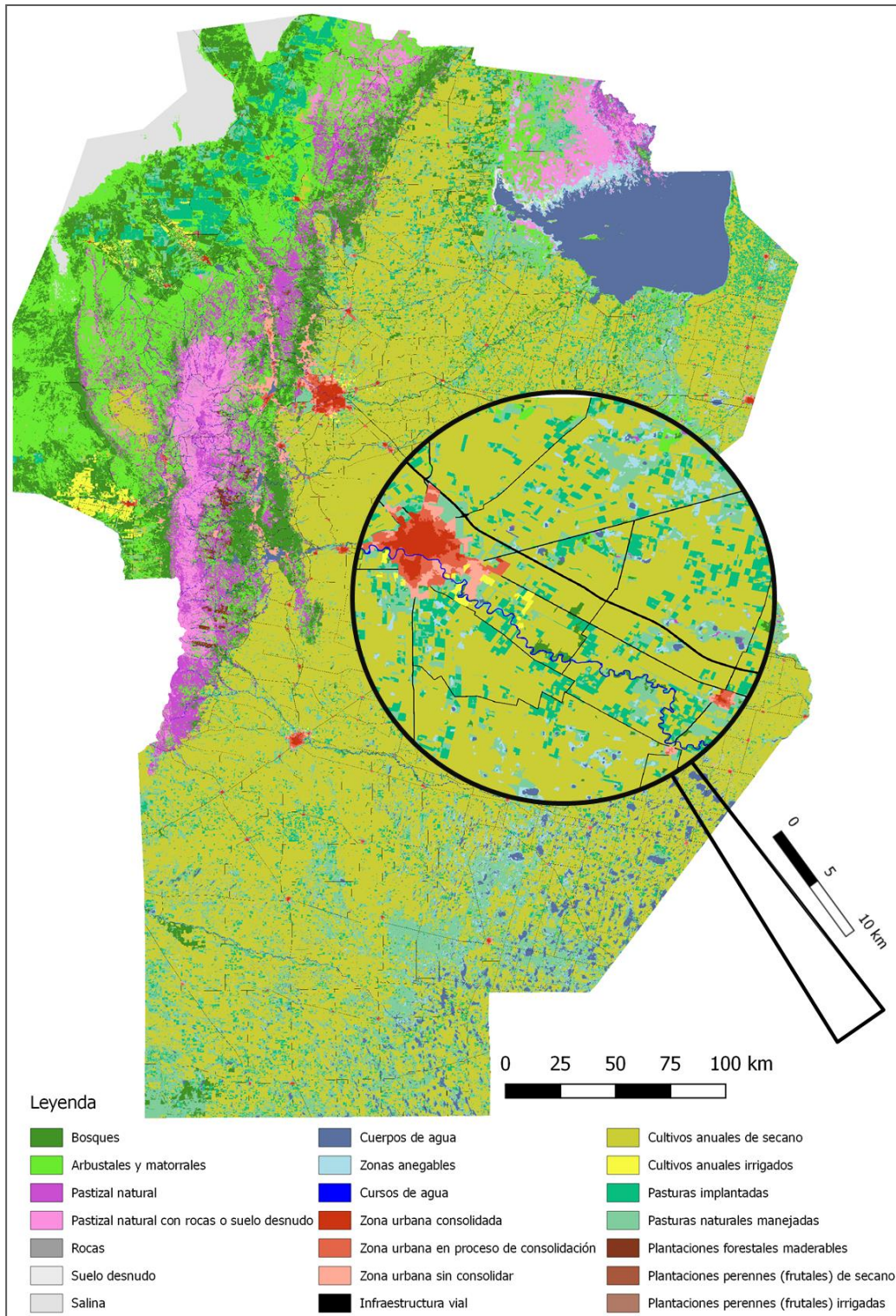




Tabla 1. Niveles de leyenda 1 y 2 y superficies por categoría, Mapa de Cobertura del Suelo de la Provincia de Córdoba, abril 2018

ID_1	Nivel 1	ID_2	Nivel 2	Sup.(ha)	Porc.(%)
<b>Coberturas naturales</b>					
1	Bosques	1	Bosques	1,109,804	6.76%
2	Arbustales y matorrales	2	Arbustales y matorrales	1,705,060	10.38%
3	Pastizales	3	Pastizal Natural	626,600	3.82%
		4	Past. natural con rocas o s. desn.	497,375	3.03%
4	Suelo desnudo	5	Rocas	5,317	0.03%
		6	Suelo desnudo	9,086	0.06%
		7	Salinas	270,740	1.65%
5	Cuerpos de agua y áreas anegables	8	Cuerpos de agua	768,697	4.68%
		9	Zonas anegables	309,525	1.89%
		10	Cursos de agua	41,280	0.25%
<b>Coberturas antrópicas</b>					
6	Infraestructura y asentamientos humanos	11	Zona urbana consolidada	35,402	0.22%
		12	Zona urb. en proceso de consolid.	60,860	0.37%
		13	Zona urbana sin consolidar	73,950	0.45%
		14	Infraestructura vial	142,246	0.87%
7	Cultivos anuales y pasturas manejadas	15	Cultivos anuales de secano	7,846,450	47.79%
		16	Cultivos anuales irrigados	62,204	0.38%
		17	Pasturas implantadas	841,012	5.12%
		18	Pasturas naturales manejadas	1,989,471	12.12%
8	Plant. forest. (maderabl.)	19	Plant. forestales (maderables)	19,791	0.12%
9	Plant. perennes (frutales)	20	Plant. peren. (frutales) de secano	90	0.00%
		21	Plant. peren. (frutales) irrigados	3,206	0.02%

El significado y alcance de las coberturas se describen en el Informe Final del trabajo realizado, que oportunamente se publicará en la página de IDECOR.

#### 4. USO Y PUBLICACIÓN DE LOS DATOS EN LA IDE PROVINCIAL

##### Usos y aplicaciones

En el marco del Estudio Territorial Inmobiliario, el MCS permite conocer las características de cada parcela, de modo que al momento de determinar su valuación particular, puedan considerarse los distintos ambientes de ocupación real (Fig. 4 y Tabla 2), además de otras variables, superando el paradigma de la valoración basada en una caracterización general de la zona.

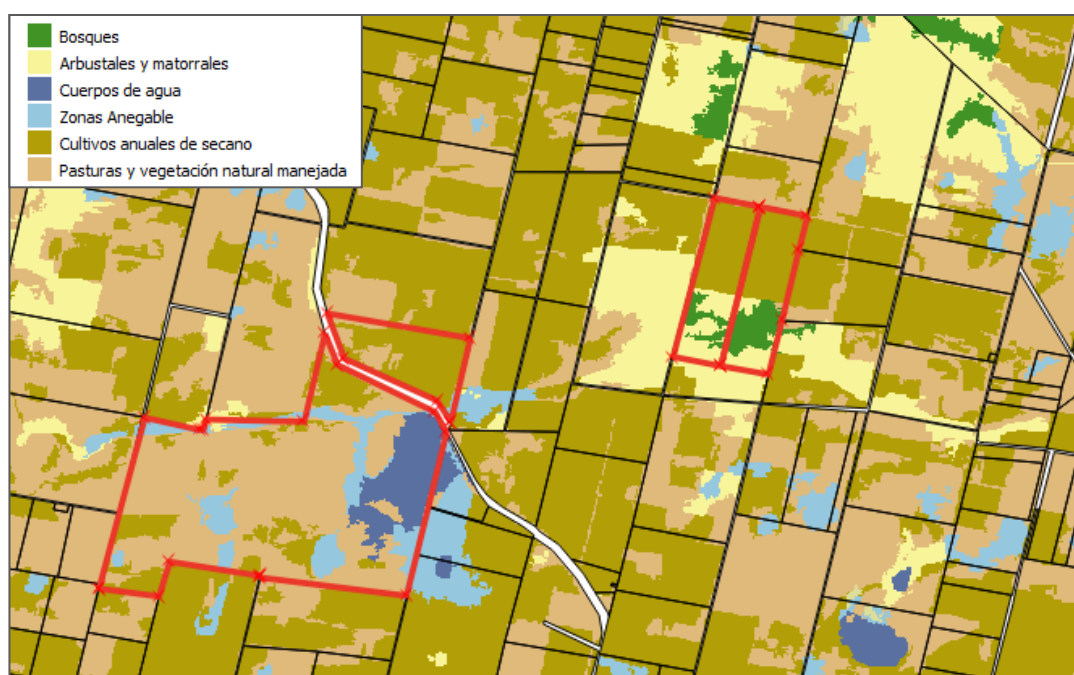


Figura 4. Análisis de superposición parcelas rurales (Dirección General de Catastro) y MCS de la Provincia de Córdoba, 2018

Tabla 2. Resumen de Superficies de Cobertura por parcela

Cobertura de Suelo	Parcelas por Nomenclatura							
	Nro. 1241		1544		1852		1853	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Arbustales y matorrales	3	0,3	---	---	46	31,1	26	17,4
Bosques	---	---	---	---	19	13,2	38	25,4
Cuerpos de agua	123	12,0	---	---	---	---	---	---

Cultivos anuales de secano	150	14,6	107	76,6	80	54,6	82	55,0
Pasturas naturales manejadas	620	60,5	30	21,6	2	1,0	3	2,2
Zona anegable	128	12,6	2	1,7	---	---	---	---
Total superficie Parcela	1024		139		147		149	

En general, los resultados permitirán usos muy variados. Por ejemplo, monitoreo y estadística de los cambios en la ocupación del territorio provincial a lo largo de los años, soporte y complemento de información en la discusiones y acuerdos vinculados a temas ambientales (bosques nativos, zonas inundadas, etc.), seguimiento particular del crecimiento de las áreas urbanas, entre otros.

### **Publicación en la IDE provincial**

La capa raster de cobertura suelo está implementada en la infraestructura de servidores de IDECOR y se publica a través del geoportal Mapas Córdoba (<http://mapascordoba.cba.gov.ar/>; en esta etapa sólo como geoservicio accesible con credenciales autorizadas, hasta la finalización e informe final de los trabajos de clasificación).

Las capas vectoriales (como las parcelas en el ejemplo citado) están alojadas en una Base de Datos Espacial implementada sobre PostGIS; en el caso de los archivos raster, los mismos se encuentran en formato GeoTIFF dentro de un repositorio de imágenes y se publican como WMS y WCS a través de GeoServer. Se analizó la posibilidad que las imágenes fueran administradas mediante PostGIS y su extensión raster, sin embargo, por razones de performance se optó por ahora, mantener el repositorio mencionado. La configuración de caché y teselados es la que propone por defecto GeoServer.

Las distintas clases del MCS publicado fueron simbolizadas en el entorno de GeoServer, el que trabaja con archivos de estilo basados en la especificación OGC SLD (*Styled Layer Descriptor*). Los archivos SLD son archivos XML que describen la simbología que van a mostrar los datos al ser visualizados (Martínez Llario, 2017). Para la generación de dichas configuraciones, se utilizó como base el diseño de simbología realizada en QGIS, la que se exporta en formato SLD y luego, de ser necesario, puede editarse manualmente para asegurar que GeoServer la interprete correctamente (Fig. 5).



Figura 5. Entorno de configuración y edición de archivos SLD en GeoServer, para estilizado de datos y geoservicios.

En la Tabla 3 se indican los geoservicios que publica IDECOR a través de su infraestructura y el geoportal Mapas Córdoba (<http://mapascordoba.cba.gov.ar/>):

Tabla 3. Geoservicios IDECOR

Geoservicio	URL
Web Map Service (WMS)	<a href="https://idecor-ws.cba.gov.ar/geoserver/idecor/wms">https://idecor-ws.cba.gov.ar/geoserver/idecor/wms</a>
Web Feature Service (WFS).	<a href="https://idecor-ws.cba.gov.ar/geoserver/idecor/wfs">https://idecor-ws.cba.gov.ar/geoserver/idecor/wfs</a>
Web Coverage Service (WCS)	<a href="https://idecor-ws.cba.gov.ar/geoserver/idecor/wcs">https://idecor-ws.cba.gov.ar/geoserver/idecor/wcs</a>

Desde clientes desktop se puede acceder a los datos desarrollados, a través de los geoservicios mencionados (Fig.6). En la mayoría de los casos, el funcionamiento de los WMS es ágil, dado el volumen de datos requeridos. El MCS al grado de detalle y formato mencionados se encuentra en 8 bit y comprimido con Deflate (nivel 6) usando gdal\_translate, alcanzando un tamaño total de 13 MB.



corto plazo, la actualización de las valuaciones masivas para todo el espacio rural y periurbano, que alcanza casi el 99% de la superficie provincial y más de 200.000 parcelas. Disponibilizar dicha base por igual para distintas aplicaciones, asegurará mejores resultados y menores diferencias en los trabajos, lo que puede redundar en una disminución de potenciales conflictos y demora en la toma de decisiones, incluso en los consensos sociales. Así mismo, su disponibilidad pública en el mediano plazo, como la memoria técnica de su desarrollo, posibilitará usos académicos y aumentará la confianza en los datos públicos de carácter territorial.

Una limitación de los resultados en el corto plazo la constituye su publicación sólo dentro de la infraestructura de gobierno, tanto a nivel de *webmapping* como geoservicio, debido a aspectos de seguridad informática que deben atenderse.

La experiencia desarrollada ha demostrado un camino de muchos aprendizajes y alta factibilidad de implementar su actualización en el seno de IDECOR, Catastro Provincial u otra área de gobierno a tomar dicha competencia. El avance logrado en cuanto a definiciones metodológicas y procedimientos, la disponibilidad de herramientas y datos libres que son convenientes para la escala y la unidad mínima mapeable definida, junto con la información temática existente en gobierno e IDECOR, aseguran un alto grado de capacidad de actualización por parte del gobierno de Córdoba. No obstante, la formación de los recursos humanos, que deberá ser parte de un proceso de transferencia de *know how*, aparece como el mayor desafío a atender.

A nivel general, se considera importante promover el uso de mapas de cobertura de suelo de estas características, acompañando a nivel nacional el desarrollo de estándares a nivel de producto y métodos, que guíen su desarrollo en las distintas provincias. Del mismo modo, resulta necesario discutir si algún nivel de estos datos constituye parte de los DByF de una IDE y la elaboración de un perfil de metadatos para datos raster.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a la Lic. Ana Sammartino, Dra. Virginia Monayar y Lic. Valentina Fernández, del equipo de Estudios Económicos del Estudio Territorial Inmobiliario, dependiente de la Dirección General de Catastro y el Ministerio de Finanzas, por su colaboración en la realización de microanálisis y estadísticas incluidas en la Introducción del presente trabajo.

Así mismo, al equipo del Conicet quienes llevaron y llevan adelante el diseño metodológico, procesamiento de imágenes y muestras de campo, bajo la

dirección del Dr. César García. Participan del mismo, el Ing. Adolfo Kindgard, Ing. Matías Bosio, Dra. Ingrid Teich y Dr. Andrés Ravelo.

Se agradece también al Ing. Agrim. Renzo Polo, Lic. Luz Fuentes, Mara Rojas y Camila Garmendia, del equipo de Cartografía y SIG del referido proyecto, por su participación en las definiciones metodológicas, control de calidad de datos, documentación y preparación para la publicación en IDECOR; como también al Analista Carlos Salinas y el Lic. Martín Bustos del equipo de Sistemas.

## 7. REFERENCIAS

Angel, S., Parent, J., Civco, D. 2010. The Fragmentation of Urban Footprints: Global Evidence of Sprawl, 1990 2000. Lincoln Institute of Land Policy.

Breiman L, Friedman JH, Olshen RA, Stone CJ. (1993). Classification and regression trees. Chapman Hall, New York. 1984.

Chen J., Ban Y., Li S. China: Open access to Earth land-cover map[J]. Nature, 2014, 514(7523): 434-434. DOI:10.1038/514434c.

Christophe E and J. Inglada, "Open Source Remote Sensing: Increasing the Usability of Cutting-Edge Algorithms," IEEE Geoscience and Remote Sensing Newsletter, pp. 9-15, mar. 2009.

Di Gregorio, A. and L.J.M. Jansen. 2000. Land Cover Classification System (LCCS). Classification Concepts and User Manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.

Dirección General de Catastro, Estudio Territorial Inmobiliario (2018). Análisis preliminar del Valor de la Tierra Periurbana – Estudio de casos en los 3 principales aglomerados del interior de la provincia.

European Environment Agency, Publication (2017). Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>.

García C.L., Bran D., Volante J., Corso M.L., Pietragalla V., Navarro F. y Gaitán J.(2017): Mapa de Sistemas de Uso de Tierras (LUS) de la República Argentina, Proyecto Soporte de Decisiones para la incorporación y ampliación del Manejo Sustentable de Tierras (SD MST). Disponible en <http://www.desertificacion.gob.ar/mapas/visualizador-mapas-biofisicos/>.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment.

Hansen, Potapov, Moore, Hancher et al. "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change." Science 342.6160 (2013): 850-853.

Ho, Tin Kam. (1995). Random Decision Forests (PDF). Proceedings of the 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition, Montreal, QC, 14–16 August 1995. pp. 278–282.

Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina – IDERA (2016). Descripción de Datos Básicos y Fundamentales, versión 2.0.

Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina – IDERA (2016). Perfil de Metadatos para Imágenes Satelitales, versión 1.0.

Inglada J and E. Christophe, "The Orfeo toolbox remote sensing image processing software," in IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'09, Cape Town, South Africa, jul 2009.

Instituto Panamericano de Geografía y de Historia – IPGH. (2017). Perfil Latinoamericano de Metadatos, versión 2.0. Disponible en [https://www.geosur.info/geosur/contents/Perfil%20LAMPv2\\_2017\\_esp.pdf](https://www.geosur.info/geosur/contents/Perfil%20LAMPv2_2017_esp.pdf).

Lencinas, J. D. y A. Siebert. 2009. Relevamiento de bosques con información satelital: Resolución espacial y escala. Quebracho Vol.17(1,2) (101-105).

Martínez Llario, José Carlos (2017) Simbolización y Web Mapping. Universidad Politécnica de Valencia.

Pekel, J.-F., et al. (2016). "High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes." Nature 540: 418.

Ministerio de Agroindustria de la Nación, Dirección Nacional de Estimaciones, Delegaciones y Estudios Económicos. (2017). Datos Agroindustriales. Recuperado de <https://www.agroindustria.gob.ar/datosagroindustriales/>.

Secretaría Gra. de la Gobernación, Informe Técnico Proceso de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos de la Provincia de Córdoba, 2016.

Zak, M. R. and Cabido, M. (2002), Spatial patterns of the Chaco vegetation of central Argentina: Integration of remote sensing and phytosociology. Applied Vegetation Science, 5: 213–226. doi:10.1111/j.1654-109X.2002.tb00551.x

Zak y Cabido, 2009. Mapa de cobertura vegetal de la Provincia de Córdoba, proyecto PID 2009-00013 "Bases Ambientales para el Ordenamiento Territorial del espacio rural de la Provincia de Córdoba". Publicado en <http://www.ordenamientoterritorialcba.com/gisgmaps/OdtCbaMaps.html>.

## 8. LICENCIAS

Esta ponencia se realiza bajo la licencia Creative Commons Atribución 3.0. Las características de esta licencia pueden consultarse en: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode>.