



INFORME

MAPA DE COBERTURA Y USO DE SUELO

DE LA PROVINCIA DE
CÓRDOBA 2017/2018 - 1 ha

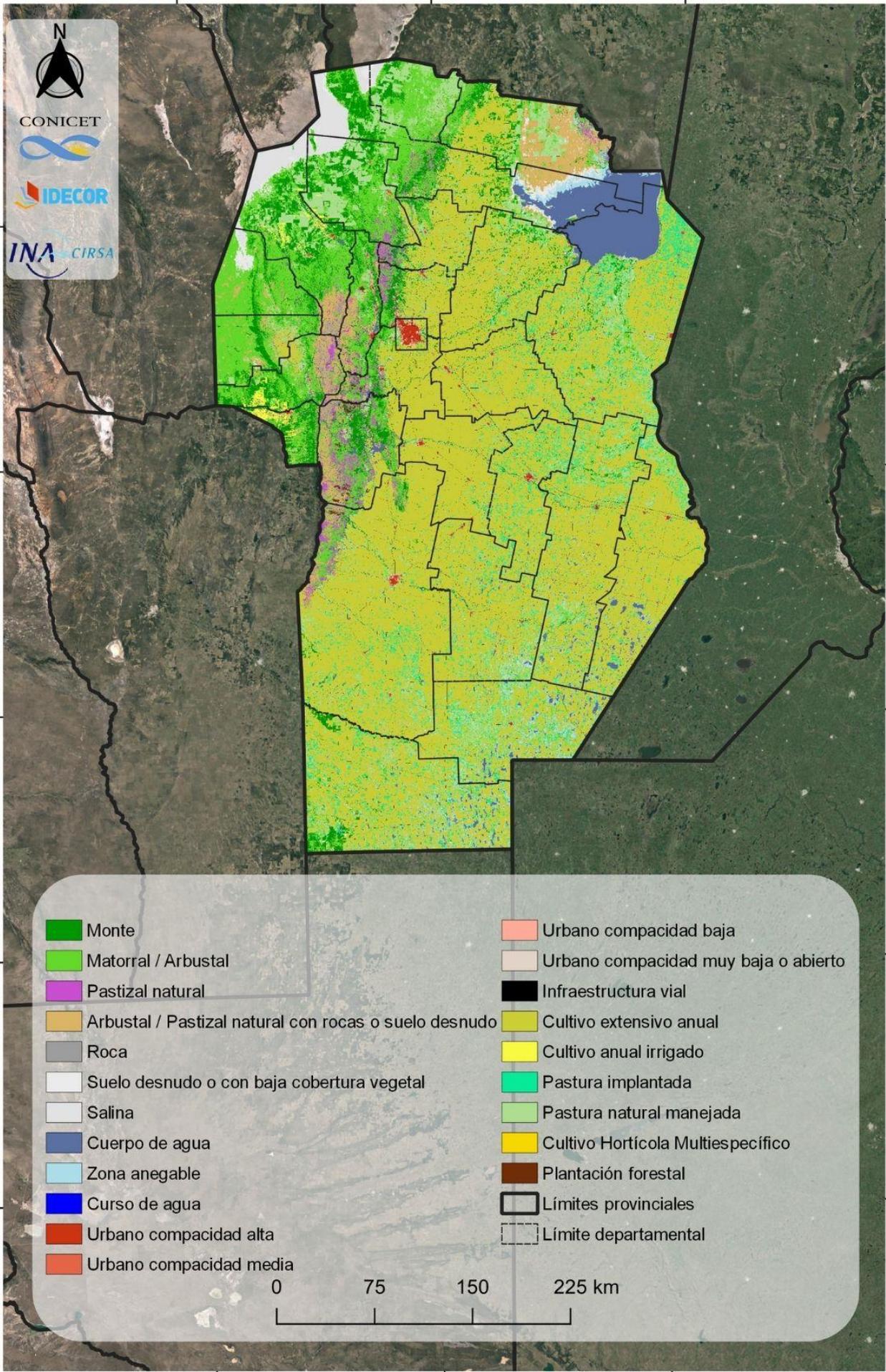
NOVIEMBRE 2020

IDECOR - INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

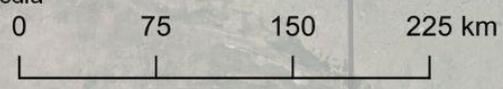
66.0°O 64.0°O 62.0°O



30.6°S
32.3°S
34.0°S
35.7°S
37.4°S



- | | |
|---|--------------------------------------|
| Monte | Urbano compacidad baja |
| Matorral / Arbustal | Urbano compacidad muy baja o abierto |
| Pastizal natural | Infraestructura vial |
| Arbustal / Pastizal natural con rocas o suelo desnudo | Cultivo extensivo anual |
| Roca | Cultivo anual irrigado |
| Suelo desnudo o con baja cobertura vegetal | Pastura implantada |
| Salina | Pastura natural manejada |
| Cuerpo de agua | Cultivo Hortícola Multiespecífico |
| Zona anegable | Plantación forestal |
| Curso de agua | Límites provinciales |
| Urbano compacidad alta | Límite departamental |
| Urbano compacidad media | |



Organismos participantes y equipo de trabajo

Desarrollo:

- IDECOR (Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba) en convenio con CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina).
- INA - CIRSA (Centro de la Región Semiárida del Instituto Nacional del Agua).

Organismos Participantes:

- INTA Córdoba.
- Secretaría de Agricultura. Ministerio De Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba.
- Secretaría de Ambiente. Ministerio de Coordinación de la Provincia de Córdoba.
- Bolsa de Cereales de Córdoba.
- Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación.
- Instituto de Altos Estudios Espaciales "Mario Gulich" (Comisión Nacional de Actividades Espaciales - Universidad Nacional de Córdoba).

Equipo de Trabajo:

- Ing. Agr. Álvarez, María Paula
- Mg. Arq. Fleker, Laila
- Lic. Fuentes, María Luz
- Dr. García, César
- Ing. Agrim. Garmendia, Camila
- Mg. Arq. Margonari, Abril
- Mg. Lic. Mari, Nicolás
- Ing. Agrim. Morales, Hernán
- Ing. Agr. Muñoz, Sebastián
- Lic. Navarro, Carlos
- Agrim. Piumetto, Mario
- Dr. Pons, Diego
- Lic. Rojas, Mara Carolina
- Dra Teich, Ingrid

Versión y Licencia

Esta es la Versión 2, 10 de noviembre del 2020.

MAPA DE COBERTURA Y USO DE SUELO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA 2017-2018 - 1 ha. Está distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Libre para compartir, distribuir, copiar y adaptar.



Citar como: Mapa de Cobertura y uso de suelo de la Provincia de Córdoba 2017-2018 - 1 ha. Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR), noviembre 2020.

Aviso de uso

Los datos desarrollados en el marco del presente trabajo son parte del proyecto Mapas de Cobertura del Suelo de la Provincia de Córdoba 2017/2018, desarrollado por IDECOR con el apoyo de CONICET, para la realización de estudios territoriales e inmobiliarios en particular. No obstante, las características técnicas de los resultados obtenidos posibilitan otros usos científicos y técnicos, quedando éstos a criterio y responsabilidad de los usuarios. Los mapas se diseñaron para servir como herramienta cartográfica a escala regional y provincial; no fueron creados con objetivos específicos y/o para trabajos que demanden escalas y detalles mayores, como por ejemplo el ordenamiento territorial de los bosques nativos o forestaciones, entre otras. La categoría “Monte” no diferencia entre especies nativas e implantadas.

El equipo técnico se desliga de cualquier uso indebido que pueda realizarse de los mapas y datos desarrollados fuera del ámbito para el cual fueron diseñados y/o sus características técnicas posibilitan, quedando estos otros usos bajo responsabilidad de los usuarios.

Contenido

1. Antecedentes.....	6
2. Objetivo y alcance del nuevo producto	6
3. Metodología.....	7
4. Mapa Resultante.....	9
5. Validación	10
5.1. Fotointerpretación de segmentos	10
5.2. Coincidencias con BCCBA.....	11
6. Referencias bibliográficas.....	13
7. Anexos.....	13

1. Antecedentes

Este nuevo mapa de 1ha de Unidad Mínima Mapeable (UMM) y 10 m de resolución de píxel tiene como antecedente la publicación de abril de 2019 de IDECOR y CONICET. Ese primer producto, Mapa de Cobertura y uso de Suelo (Land Cover) 2017-2018 de la Provincia de Córdoba Versión 1, contaba con 27 categorías, 2.5ha de UMM y 3 niveles crecientes de diversidad y complejidad de leyenda. La aplicación principal de este mapa fue en la estimación y determinación de los nuevos valores catastrales de la provincia de Córdoba durante 2018, con vigencia 2019. Sin embargo, las características técnicas de los resultados obtenidos posibilitaron otros usos en los sectores de la administración pública, ciencia y tecnología, producción agropecuaria y en diversos ámbitos públicos y privados. El informe completo del producto puede consultarse en el siguiente [link](#).

Luego de la publicación de este mapa se continuó con la investigación de metodologías para procesar datos masivos satelitales y con la retroalimentación de diferentes actores del territorio provincial. Agentes de organismos públicos y privados con conocimientos variados del territorio (INTA, BCCBA, Secretaría de Ambiente, Secretaría de Agricultura de la Provincia de Córdoba, entre otros) participaron en la evaluación de la metodología y revisión de clases.

2. Objetivo y alcance del nuevo producto

Con la experiencia recabada se decidió, en primer lugar, llevar a cabo una nueva versión del Mapa de Cobertura y uso de Suelo (Land Cover) 2017-2018 para evaluar el desempeño de las nuevas metodologías y avances tecnológicos y dejar sentadas las bases de un nuevo sistema que permita una actualización temporal más dinámica.

Se listan a continuación las mejoras introducidas en el producto final:

- **Clases urbanas redefinidas:** El objetivo fue ajustar la superficie y bordes exteriores de estas categorías, y permitir la ocurrencia de *parches* de otros usos dentro de superficies con uso urbano. Las nuevas clases urbanas fueron definidas en función del porcentaje de superficie construida en un entorno de 500 m. Las definiciones de estas clases pueden consultarse en el [Anexo A](#) y provienen de desarrollos y experiencias previas del equipo tal como han sido los mapas de [Fragmentación Urbana](#) (IDECOR, 2019).
- **Cultivo hortícola:** Esta nueva clase busca desagregar del producto anterior zonas de cultivos irrigados, que en realidad se corresponden con cultivos hortícolas multiespecíficos. Estas superficies provienen de la digitalización manual de superficies con usos hortícolas de pequeña escala en espacios periurbanos, su definición puede consultarse en el [Anexo A](#).
- **Resolución espacial:** en esta nueva versión se utilizaron exclusivamente imágenes satelitales del sensor MSI a bordo de [Sentinel 2A y 2B](#) del programa Copernicus de la agencia espacial europea (ESA) con resolución espacial nominal de 10 m para las bandas en las regiones visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético. En la versión anterior se habían combinado imágenes satelitales de los sensores OLI y TIRS a bordo del Landsat 8 resolución espacial de 30 m. Este cambio y mejoras en los algoritmos de clasificación y segmentación llevaron a reducir la unidad mínima mapeable (UMM) de 2,5 ha a 1 ha.
- **Cursos de agua e infraestructura vial:** Se actualizaron los productos vectoriales y se redujo el tamaño de los buffers para ajustarlo a la nueva resolución de 10 m de píxel del producto versión 2. La introducción de esas novedades estuvo asociada a mejoras en los procesos de clasificación y segmentación que fueron automatizados en la plataforma Google Earth Engine. Esto produjo mejoras en todo el producto final, permitiendo a su vez disminuir los tiempos de procesamiento. De esta manera se avanza en el objetivo de mejorar

la precisión global del mapa mediante metodologías orientadas a hacer más frecuente su actualización en los próximos años.

3. Metodología

La metodología empleada se basa en hacer uso y actualización de productos cartográficos generados previamente. El principal insumo fue el mapa de cobertura anterior, sobre el cual se aplicaron algoritmos que buscan corregir errores y actualizarlo acorde a las imágenes satelitales disponibles. Esta misma técnica puede ser utilizada tanto para mejorar la resolución espacial como para ajustar el producto a imágenes de otros años. En la figura 1 se puede ver un diagrama lógico del proceso:

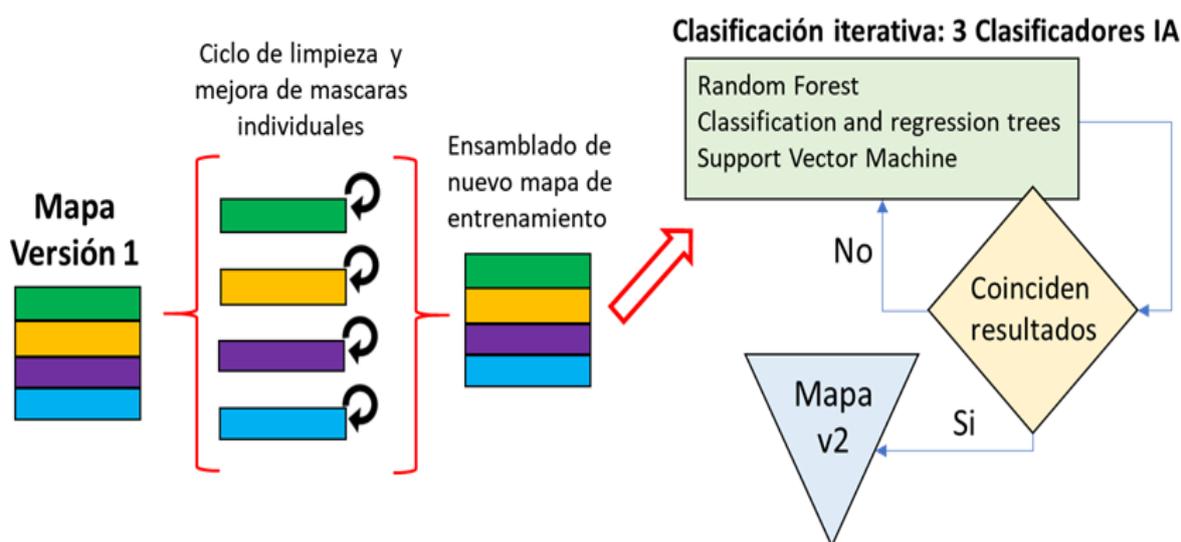


Figura 1: Diagrama de reprocesamiento

Limpieza de máscaras por clase:

Las clases de cobertura principales del mapa anterior fueron utilizadas para construir máscaras de entrenamiento para el nuevo producto. Este proceso requiere en primer lugar analizar cada uno de estos mapas (de una sola cobertura) conjuntamente con los mosaicos libres de nubes de imágenes Sentinel 2 que se utilizarán para crear el nuevo mapa.

En este caso se utilizaron 7 mosaicos con fechas entre agosto de 2017 y abril de 2018, para capturar el comportamiento fenológico de las distintas coberturas/usuarios. La técnica de Quality-Mosaic con NDVI se utilizó para cobertura terrestre, mientras que para clases de agua y anegable se hicieron mosaicos utilizando la mediana para evitar efectos de nubes sobre el agua. ([Documentación GEE](#)).

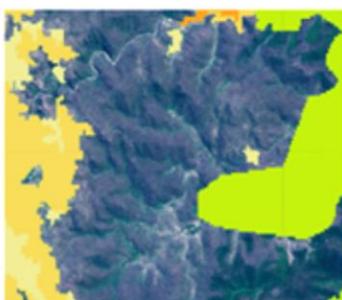
Utilizando clasificadores no supervisados (K-MEANS) y supervisados (Random Forest) se limpiaron cada una de las máscaras para dejar solamente los píxeles más representativos de cada categoría (ver ejemplo en Box 1).

Una zona con bosques en el mapa anterior de 2.5ha de (UMM) y 30m de resolución, al ser observada con las nuevas imágenes de 10m puede contener caminos o pequeños parches con otra cobertura que por la escala entraban dentro de ese segmento. Si el objetivo es usar esa categoría como máscara de entrenamiento, se deben eliminar todos esos píxeles que ahora son detectados como no bosques. Este proceso genera una máscara limpia y actualizada.

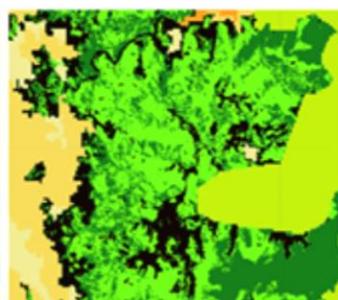
Cartografía temática
2,5 has UMM y 30 m



Detalle en la imagen de
10 m de pixel



Limpieza de la máscara
removiendo no-Bosque



Box 1: Proceso de limpieza por máscaras

Clasificación de Imágenes iterativa:

Una vez listas las máscaras individuales se realiza el ensamblado de un mapa que contiene todas las máscaras que serán el insumo para la nueva clasificación. Este proceso se basa en utilizar un muestreo estratificado aleatorio y 3 algoritmos de inteligencia artificial de manera conjunta: Random Forest (RF), Classification and Regression Trees (CART) y Support Vector Machines (SVM). Varios ciclos de clasificaciones se utilizan usando la información purificada del mapa anterior y los nuevos mosaicos, hasta encontrar píxeles donde hay un consenso total entre los 3 algoritmos. A medida que nuevos píxeles van ingresando al mapa de consensos se incorporan al conjunto de insumos para las nuevas clasificaciones. Cuando ya no se logra anexar más píxeles con la regla de consenso total, las áreas remanentes de difícil clasificación son asignadas a una categoría utilizando el voto mayoritario de las n clasificaciones realizadas.

Postproceso y ajustes:

El objetivo del producto es reflejar tanto cobertura como usos de la tierra. Coberturas vegetales del mismo tipo pero con distinto uso son asignadas por los clasificadores a la misma categoría. La posterior reclasificación es por lo tanto un post-proceso que se realiza teniendo en cuenta información auxiliar y conocimiento del territorio por parte de los equipos de trabajo.

Segmentación:

Con el fin de lograr unidades cartográficas homogéneas con una superficie mínima de 1 ha, se realizó una segmentación en Google Earth Engine con el Algoritmo SNIC (Simple Non-Iterative Clustering) (Achanta and Süsstrunk, 2017). Para que los píxeles individuales formen grupos con sus vecinos que tienen un mismo comportamiento espectral y dinámica temporal se utilizaron 3 mosaicos de Sentinel 2 (01/06/2017 al 15/09/2017; 15/10/2017 al 01/01/2018 y 15/01/2018 al 01/04/2018) compuestos mediante el algoritmo *Quality mosaic* ([Documentación GEE](#)). Los segmentos resultantes se muestran en la Fig. 2 a). Estos segmentos fueron utilizados sobre el mapa final de píxeles (Fig. 2 b) y cada uno de ellos tomó la categoría dominante (moda) dentro de sus límites (Fig. 2 c); a excepción de aquellos casos con presencia de clases urbanas en los que cada segmento tomó la categoría urbana presente. Al finalizar, se superpusieron los vectores de vías y ríos.

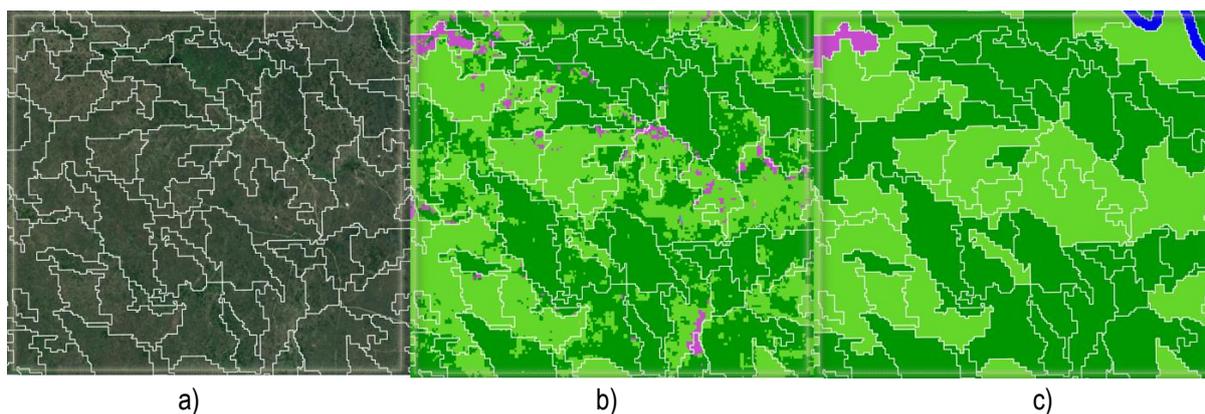


Figura 2: Proceso de segmentación

4. Mapa Resultante

El mapa final tiene un total de 21 categorías, sus superficies y proporción se presentan en la Tabla 1 y la Figura 3. Las definiciones de cada una de las categorías pueden consultarse en el [Anexo A](#), mientras que información por cada departamento se encuentra en el [Anexo B](#).

Tabla 1: Superficie categorías mapa resultante

ID	Categoría	Superficie (ha)	% del total
1	Monte	1.095.835	6,64
2	Matorral / Arbustal	2.187.942	13,26
3	Pastizal natural	263.475	1,60
4	Arbustal / Pastizal natural con rocas o suelo desnudo	526.324	3,19
5	Roca	45.920	0,28
6	Suelo desnudo o con baja cobertura vegetal	164.733	1,00
7	Salina	245.971	1,49
8	Cuerpo de agua	639.893	3,88
9	Zona anegable	271.733	1,65
10	Curso de agua	31.033	0,19
11	Urbano compacidad alta	34.361	0,21
12	Urbano compacidad media	43.473	0,26
13	Urbano compacidad baja	31.453	0,19
14	Urbano compacidad muy baja o abierto	20.229	0,12
15	Infraestructura vial	71.042	0,43
16	Cultivo extensivo anual	8.232.860	49,90
17	Cultivo anual irrigado	56.508	0,34
18	Pastura implantada	762.071	4,62
19	Pastura natural manejada	1.750.525	10,61
20	Cultivo Hortícola Multiespecífico	6.032	0,04
21	Plantación Forestal	16.520	0,10
TOTAL		16.497.933	100,00

Proporción por categoría

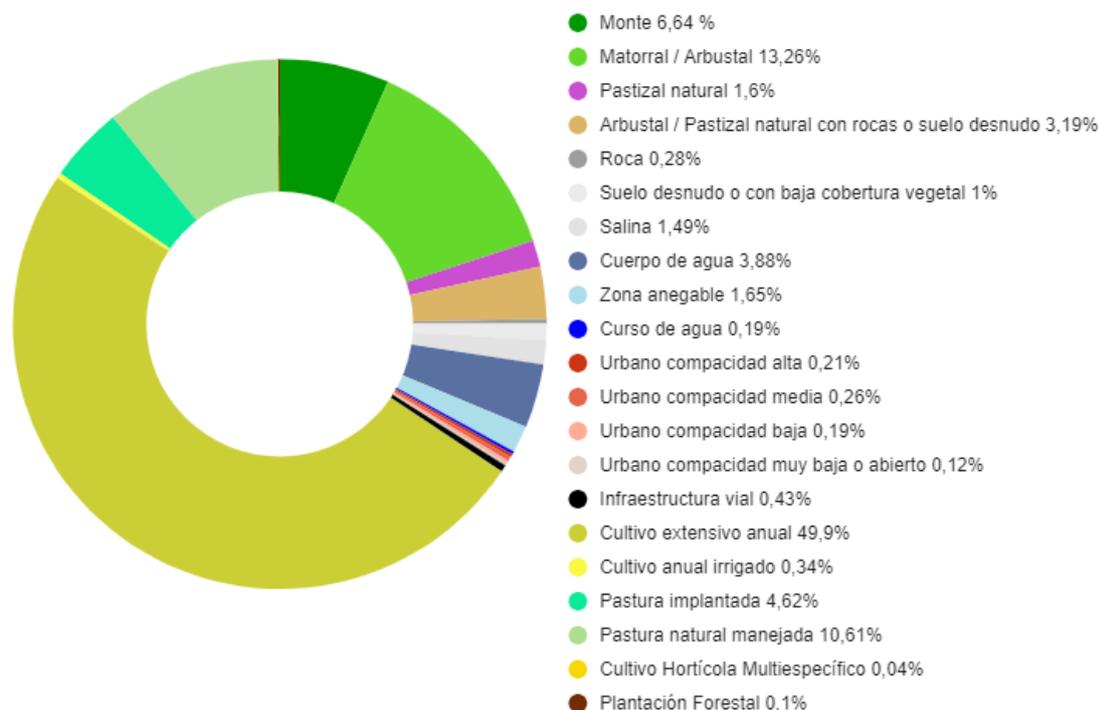


Figura 3: proporción de la superficie provincial ocupada por cada categoría

La principal cobertura/uso de suelo provincial es de cultivos extensivos anuales que cubren casi el 50% de la superficie provincial. Sumando todas las categorías de cultivos y pasturas puede decirse que el 65% de la superficie provincial tiene como uso principal producción agrícola-ganadera extensiva. Esto es sin considerar coberturas como montes, arbustales / matorrales y pastizales naturales que si bien también son utilizadas para producción agrícola-ganadera de uso múltiple que puede incluir algunos de los siguientes: producción ganadera, apícola, extracción de leña y de plantas medicinales y demás cultivos para consumo propio.

Las categorías Monte y Matorral / Arbustal no distinguen especies nativas de exóticas ni están sub clasificadas según su grado de conservación.

5. Validación

Para validar el producto se utilizaron diferentes técnicas y bases de datos. Se contó con datos de terreno colectados por el equipo de trabajo, y con una base de 20580 puntos colectada por el equipo de la Bolsa de Cereales de Córdoba. Adicionalmente se sistematizaron 500 muestras de fotointerpretación para la validación por segmento.

5.1. Fotointerpretación de segmentos

Se empleó una técnica de recolección de datos para validación basada en fotointerpretación (Leemhuis et al., 2017; Messina et al., 2018) de segmentos seleccionados mediante un muestreo aleatorio estratificado. Dado que el mapa final es un producto segmentado, y cada segmento representa la cobertura mayoritaria en 1 ha (pero no la única presente) una validación de 1 punto de observación de campo versus un pixel del mapa puede tener un grado alto de error aleatorio. Para considerar la forma real del segmento en la validación, es que se llevó a cabo la fotointerpretación de segmentos con 3 intérpretes.

Se dejaron fuera aquellas categorías provenientes de la digitalización y datos provistos por otros organismos, o aquellas que no pueden ser identificadas por fotointerpretación. Además, se agruparon las clases a validar en grupos susceptibles de ser identificados mediante fotointerpretación. Estos grupos se detallan en la tabla 2.

Tabla 2: Agrupación de clases para validación por fotointerpretación

Grupo	Clases agrupadas
1	Monte
2	Matorral / Arbustal
3	Pastizal natural - Arbustal / Pastizal natural con rocas o suelo desnudo
4	Roca - Suelo desnudo o con baja cobertura vegetal - Salina
5	Cuerpo de agua
6	Cultivo extensivo anual - Pastura implantada
7	Pastura natural manejada
8	Cultivo anual irrigado
9	Urbano compacidad alta - Urbano compacidad media - Urbano compacidad baja
10	Zona Anegable

Se seleccionaron 50 segmentos de cada clase mediante un muestreo aleatorio estratificado, dando un total de 500 segmentos que fueron sometidos a 3 interpretaciones independientes (figura 4). Las 3 opiniones de los expertos, que no conocían de antemano ni la categoría del mapa ni la de los demás expertos, se compararon entre sí y con el mapa. Se consideró como la categoría interpretada aquella donde al menos 2 intérpretes coinciden.

Para los casos en los que no hubo consenso entre los 3 intérpretes (26 segmentos) se discutió particularmente cada uno y se acordó la interpretación.

En total 93.8% de los puntos analizados tuvieron al menos 2 intérpretes que acordaron con la categoría del mapa (Tabla 3). La información resultante se resume a continuación en la Tabla 3:

Tabla 3: Coincidencia entre los foto-intérpretes y el mapa

Total de segmentos	500	100,00%
Con coincidencia	469	93,80%
Sin coincidencia	31	6,20%

5.2. Coincidencias con BCCBA

Se evaluó el grado de coincidencia entre el mapa y datos provistos por la Bolsa de Cereales de Córdoba (BCCBA), entidad que colecta regularmente puntos en las distintas zonas de cultivo de la provincia de Córdoba. Esta Fuente de información externa e independiente se utilizó para validar dos categorías principales del mapa de cobertura del suelo, pasturas implantadas y cultivos extensivos anuales, que ocupan el 54% del territorio provincial. En total se utilizaron 20.580 puntos de la BCCBA recolectados de la campaña de invierno 2017 y en la de verano 2017/2018. Los puntos utilizados fueron aquellos que pertenecen a pastura implantada (alfalfa) y cultivos (todas las especies de cultivos anuales que se registraron). La distribución de estos puede observarse en la Fig. 4.

Para la evaluación se calcularon la precisión global, del usuario y del productor y se elaboró la siguiente matriz de confusión:

Tabla 4: matriz de confusión a partir de los datos de la BCCBA

	Cultivos	Pasturas implantadas	Totales	Precisión del usuario (%)
Cultivos	18.673	164	18.837	99,13
Pasturas implantadas	263	908	1171	77,54
Otras Coberturas/usos	541	31	572	--
Totales	19.477	1103	20.580	Precisión Global (%)
Precisión del productor (%)	95,87	82,32	--	95,14

De acuerdo con McNairn et al. (2009) y con Shelestov et al. (2017) una precisión global de 85% es el valor mínimo a considerar en aplicaciones para la agricultura. Este valor mínimo fue superado, alcanzando una precisión global del 95,4%.

Tanto la precisión del productor como la del usuario fue superior para superficies con cultivos que con pasturas implantadas. Esto es esperable ya que por el tipo de manejo, el comportamiento espectral en el tiempo de las superficies con pasturas es mucho más variable al de aquellas ocupadas por cultivos. Esto conlleva a que la identificación mediante técnicas de clasificación sea más compleja.

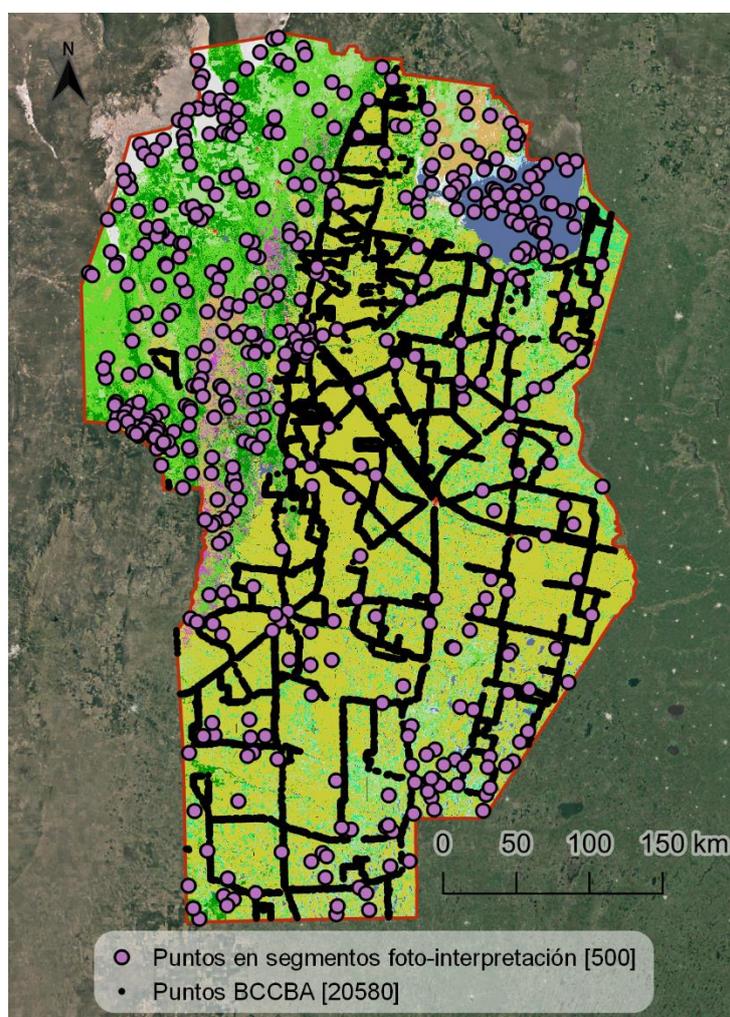


Figura 4: Distribución de puntos de BCCBA y segmentos de foto-interpretación

6. Referencias bibliográficas

Angel, S., Parent, J., & Civco, D. L. (2010). The fragmentation of urban footprints: global evidence of sprawl, 1990-2000 (p. 114). Cambridge, MA, USA: Lincoln Institute of Land Policy.

Gao, B. C. (1996). NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing of environment*, 58(3), 257-266.

García, CL; Piumetto, M; Teich, I; Morales, H; Kindgard, A; Fuentes, ML; Bosio, MJ; Ravelo, A. [MAPAS DE COBERTURA DEL SUELO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA 2017/2018 - Niveles 1 a 3](#). Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR), diciembre 2018.

IDECOR. [La diferencia está en la fragmentación: conocé la estructura de las ciudades de Córdoba](#). Junio 2019.

Leemhuis, C., Thonfeld, F., Näschen, K., Steinbach, S., Muro, J., Strauch, A., López, A., Daconto, G., Games, I., Diekkrüger, B., 2017. Sustainability in the Food-Water-Ecosystem Nexus: The Role of Land Use and Land Cover Change for Water Resources and Ecosystems in the Kilombero Wetland, Tanzania. *Sustainability* 9, 1513.

McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.

Messina, M., Cunliffe, R., Farcomeni, A., Malatesta, L., Smit, I.P.J., Testolin, R., Ribeiro, N.S., Nhancale, B., Vitale, M., Attorre, F., 2018. An innovative approach to disentangling the effect of management and environment on tree cover and density of protected areas in African savanna. *Forest Ecology and Management* 419-420, 1-9.

Quality mosaic: Documentación del algoritmo en

https://developers.google.com/earth-engine/guides/ic_composite_mosaic

R. Achanta and S. Sússtrunk, "Superpixels and Polygons Using Simple Non-iterative Clustering," 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, 2017, pp. 4895-4904, doi: 10.1109/CVPR.2017.520.

7. Anexos

Anexo A: Definición de categorías

Clases

1. **Monte:** Se refiere a áreas con presencia de especies arbóreas (nativas o exóticas) que alcancen los siguientes umbrales: 5 m de altura mínima y 20 % de cobertura de copas.
2. **Matorral / Arbustal:** corresponden a aquellas coberturas naturales de especies leñosas que no alcanzan los umbrales para ser consideradas Monte.
3. **Pastizal natural:** dominada por especies herbáceas y gramíneas. Mayormente representa pastizales de gran cobertura en las zonas naturales de la provincia (Sierras y bañados).
4. **Arbustal / Pastizal natural con rocas o suelo desnudo:** dominada por especies herbáceas, gramíneas o leñosas bajas, con una cobertura vegetal del suelo inferior al 50%. La cobertura de suelo desnudo o roca es mayor al 50% generando respuestas espectrales muy variables. En la zona serrana predominan pastizales y romerillo, mientras que en los alrededores de la Mar Chiquita y Salinas los arbustos halófilos.
5. **Rocas:** coberturas naturales desprovistas de vegetación de cualquier tipo que supere el 20% de cobertura, dejando expuesto la roca o el material original. Mayormente se representan los afloramientos rocosos naturales o pavimentos de erosión de las zonas Serranas.
6. **Suelo desnudo o con baja cobertura vegetal:** coberturas naturales desprovistas de vegetación de cualquier tipo que supere el 20% de cobertura, dejando expuesto el suelo o el material original. Mayormente se representan

zonas expuestas de lugares áridos (oeste cordobés) y áreas con suelos hidromórficos producto de la recesión del agua (Mar de Ansenusa sus bañados asociados, Pampa anegadiza).

7. **Salina:** coberturas naturales desprovistas de vegetación de cualquier tipo que supere el 20% de cobertura, dejando expuesto el suelo salitroso. Mayormente se representan zonas expuestas del Noroeste cordobés asociadas a las Salinas Grandes y a las Salinas de Ambargasta.

8. **Cuerpo de agua:** cobertura natural o artificial que permanece con agua estacionaria en superficie durante todo el periodo de estudio. Representa mayormente los diques y lagunas.

9. **Zona anegable:** cobertura natural o artificial que no se encuentra cubierta por agua durante todo el periodo estudiado (2017/2018). Se detectan zonas donde se registró anegación o recesión de aguas.

10. **Curso de agua:** cobertura natural que representa un cauce de drenaje principal. Los cursos de agua presentados en este mapa son una selección de los principales cursos provistos por la Administración Provincial de Recursos Hídricos (APRHI) a los que se les adiciona un buffer de 20 m.

Clases urbanas

El análisis de compacidad se realizó en píxeles de parcelas catastrales de menos de 8 ha que se encuentran dentro de las manchas urbanas digitalizadas manualmente. Dejando fuera del análisis de compacidad urbana a parcelas de gran tamaño es que se permite conservar parcelas de clases no urbanas como parches o islas dentro de las manchas urbanas. Este análisis se basó en Angel et al. (2010) y se establecieron las siguientes clases:

11. **Urbano compacidad alta:** pixel construido (*) con el porcentaje de píxeles construidos en su entorno (**) superior al 55%

12. **Urbano compacidad media:** pixel construido (*) con el porcentaje de píxeles construidos en su entorno (**) superior al 10% y menor al 55%.

13. **Urbano compacidad baja:** pixel construido (*) con el porcentaje de píxeles construidos en su entorno (**) superior al 0,1% y menor al 10%.

14. **Urbano compacidad muy baja o abierto:** pixel no construido (*) con el porcentaje de píxeles construidos en su entorno (**) superior al 25%.

Posteriormente, se utilizó la capa de parques, plazas y canchas de Open Street Map (OSM). Aquellos píxeles que habían sido clasificados como urbanos de compacidad alta, media o baja y pertenecían a un parque, plaza, o cancha de OSM fueron reubicados en la clase de compacidad muy baja o abierto.

En segmentos con presencia de categorías urbanas la asignación priorizó a estas categorías. Es por ello que pueden encontrarse segmentos con pequeña proporción de superficies construidas como categorías urbanas.

(*) La clasificación de píxeles construido - no construido se realizó en base a su respuesta espectral en imágenes satelitales de Sentinel 2.

(**) Se define al *entorno* como un círculo de 500 m de radio con el píxel en cuestión en el centro.

15. **Infraestructura vial:** superficies cubiertas por construcciones viales de distinta jerarquía y sus territorios vinculados. Corresponden a una selección de las principales vías provistas por las Dirección Provincial de Vialidad a las que se les adicionó un buffer según su funcionalidad: autopistas y vías de circunvalación 70 m, redes primarias y secundarias 30 m y terciarias 15 m.

16. **Cultivo extensivo anual:** cobertura que posee una dinámica anual que incluye los ciclos de preparación del suelo, siembra, crecimiento y cosecha de un cultivo.

17. **Cultivo anual irrigado:** Todo tipo de cultivo en áreas en que las condiciones climáticas no permitirían producciones en secano. El vector de estas zonas irrigadas fue provisto por la Administración Provincial de Recursos Hídricos.

18. **Pastura implantada:** Cultivo intensivo de especies herbáceas para uso como forraje.

19. **Pastura natural manejada:** Cobertura de especies herbáceas manejadas mediante cargas ganaderas.

20. **Cultivo Hortícola Multiespecífico:** cultivos de producción hortícola intensiva multiespecífica de pequeña escala en espacios periurbanos. Fueron digitalizadas manualmente principalmente a las afueras de Córdoba Capital, Monte Cristo, Pilar, Río Primero, Villa María, Villa Nueva y Río Cuarto y en menor medida en Villa Dolores, Colonia Caroya, Totoral, Alma Fuerte, Río tercero, Bell Ville, General Levalle.

21. **Plantación forestal:** cobertura actual de árboles implantados por el hombre con fines maderables con cobertura de copa mayor al 20%. Se emplearon los polígonos de la cartografía de Plantaciones Forestales del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Anexo B: Mapa de Cobertura y uso de suelo por Departamento

En este apartado se presenta un mapa ampliado en formato pdf y tamaño A3 por departamento como el de la Figura 5 del departamento Santa María. Cada mapa cuenta con la siguiente información:

- Mapa de cobertura y uso de suelo con límites departamentales y principales localidades
- Tabla con el detalle de superficie en hectáreas y porcentaje de la superficie total departamental de cada categoría.
- Gráfico con participación de las categorías: con el objetivo de permitir una correcta visualización, para la realización de este gráfico se reagruparon clases con baja participación como se detalla en la tabla 5. Además, se muestran las etiquetas de las categorías cuya superficie alcanza al menos el 5% de la superficie del departamento.

Tabla 5: reagrupación de clases para el gráfico de superficies por departamento

Nombre en el gráfico	Color	Categorías agrupadas
Monte		-
Matorral / Arbustal		-
Pastizales / Arbustal		Pastizal natural, Arbustal / Pastizal natural con rocas o suelo desnudo
Agua		Cuerpo de agua, Curso de agua
Zona anegable		-
Urbano		Categorías urbanas (todas las compacidades), Infraestructura vial
Cultivos extensivos anuales		-
Pastura implantada		-
Pastura natural manejada		-
Baja cobertura vegetal		Roca, Suelo desnudo o con baja cobertura vegetal, Salina
Otras		Plantación Forestal, Cultivo Hortícola Multiespecífico, Cultivo anual irrigado

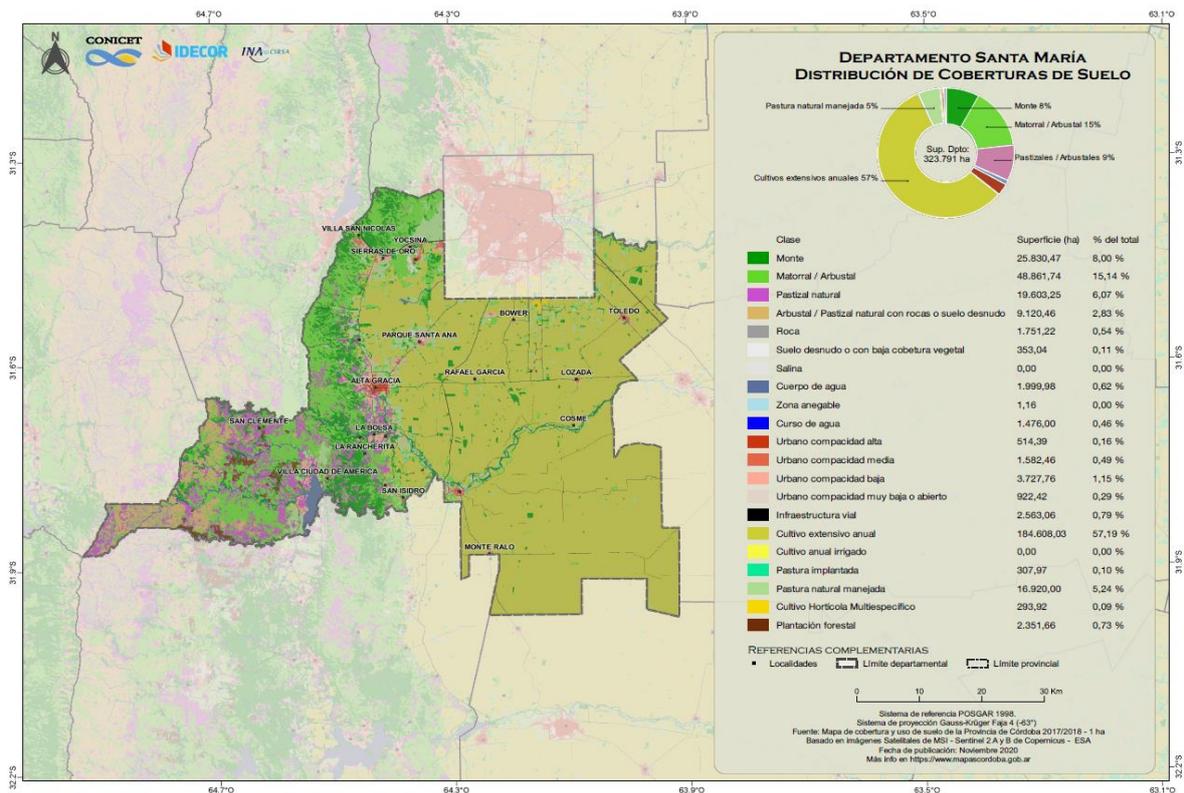


Figura 5: Ejemplo mapa ampliado del departamento Santa María

A continuación, el vínculo a los mapas de cada departamento:

[Calamuchita](#)

[Capital](#)

[Colón](#)

[Cruz del Eje](#)

[General Roca](#)

[General San Martín](#)

[Ischilín](#)

[Juárez Celman](#)

[Marcos Juárez](#)

[Minas](#)

[Pocho](#)

[Pte. Roque Saenz Peña](#)

[Punilla](#)

[Río Cuarto](#)

[Río Primero](#)

[Río Seco](#)

[Río Segundo](#)

[San Alberto](#)

[San Javier](#)

[San Justo](#)

[Santa María](#)

[Sobremonte](#)

[Tercero Arriba](#)

[Totoral](#)

[Tulumba](#)

[Unión](#)



Ministerio de
FINANZAS



mapascordoba.gob.ar idecor.cba.gov.ar
idecor@cba.gov.ar