

# Gerencia de Vinculación Tecnológica

## PRODUCTOS DE USO DEL SUELO

### Mapa de Cobertura y Uso del Suelo Periurbano de Córdoba 2019-02-19

MCUP Córdoba

Manual de Usuario de Productos

Autor: M. Victoria Marinelli

Fecha: 10/06/2020

Código: 20200728\_GVT\_SSU\_SSU\_MP\_v01\_001

**Versión: v01**



**Comisión Nacional de Actividades Espaciales**

	NOMBRE	POSICIÓN	FECHA
<b>AUTORES</b>	M. Victoria Marinelli	IG - CONAE	10/06/2020
<b>REVISADO</b>	M. Fernanda García Ferreyra	UEAT - SgSU - GVT	24/08/2020
	Andrés Lighezzolo	UEAT - SgSU - GVT	14/08/2020
<b>APROBADO</b>	Mariana Horlent	SgSU - GVT	26/08/2020

VERSIÓN	FECHA	CAMBIOS REALIZADOS

DOCUMENTOS APLICABLES		
Nº	CÓDIGO	TÍTULO

DOCUMENTOS DE REFERENCIA		
Nº	CÓDIGO	TÍTULO

Este documento contiene información propiedad de la CONAE sobre la cual tiene la potestad legal de proteger dicha información de la divulgación, el uso o la duplicación no autorizados. Se prohíbe expresamente cualquier divulgación, uso o duplicación de este documento o de cualquier información contenida en el mismo para fines distintos al propósito específico para el que se generó, excepto que CONAE lo acuerde por escrito.

## Índice

<b>1. Sobre el documento</b>	<b>4</b>
1.1. Objetivo . . . . .	4
1.2. Alcance . . . . .	4
1.3. Lista de acrónimos y abreviaturas . . . . .	4
<b>2. Introducción</b>	<b>5</b>
2.1. Área de Estudio . . . . .	5
<b>3. Fuente y procesamiento de datos</b>	<b>5</b>
3.1. Fuente de Datos y Características . . . . .	5
3.2. Clasificación . . . . .	6
3.3. Interfaz Rural-Urbana, detección . . . . .	6
<b>4. Producto</b>	<b>7</b>
4.1. Acceso al producto . . . . .	8
4.1.1. Geo Portal . . . . .	8
4.1.2. Descarga del producto como WMS . . . . .	8
4.1.3. Descarga del producto y sus metadatos . . . . .	8
4.2. Paquete de datos descargado . . . . .	8
4.2.1. Nomenclatura de archivos . . . . .	8
<b>5. Evaluación del producto</b>	<b>10</b>
<b>Referencias</b>	<b>10</b>

## 1. Sobre el documento

### 1.1. Objetivo

El presente documento tiene como objetivo la descripción del producto mapa de cobertura y uso del suelo periurbano de Córdoba, parte de la tesis de Maestría en Aplicaciones de Información Espacial (MAIE) y el Proyecto “Herramientas de caracterización espacial multiescala de las unidades productivas de alimentos de proximidad del cinturón verde de Córdoba (CVC)”, de la Federación Agencia para el Desarrollo Económico de la Ciudad de Córdoba (ADEC), en articulación con Asociación de Productores Hortícolas de Córdoba (APRODUCO), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Agencia de Extensión Rural Córdoba, Observatorio de Agricultura Urbana, Periurbana y Agroecología - INTA (O-AUPA) y el Instituto de Altos Estudios Espaciales “Mario Gulich” (IG). El producto fue generado con la colaboración del Dr. Marcelo C. Scavuzzo, Dr. Diego H. Pons, Dra. Beatriz L. Giobellina y Mgter. Nicolás Mari.

### 1.2. Alcance

Este documento está destinado a la comunidad técnico-científica y público en general.

### 1.3. Lista de acrónimos y abreviaturas

ADEC	Federación Agencia para el Desarrollo Económico de la Ciudad de Córdoba
APRODUCO	Asociación de Productores Hortícolas de Córdoba
CONAE	Comisión Nacional de Actividades Espaciales
CV	Cinturón Verde, área de producción de alimentos de proximidad a la ciudad
DGI	Dirección General de Irrigación
GVT	Gerencia de Vinculación Tecnológica
IG	Instituto de Altos Estudios Espaciales “Mario Gulich”
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
MAIE	Maestría en Aplicaciones de Información Espacial
MCUP	Mapa de cobertura y uso del suelo en el periurbano de Córdoba
NDVI	Índice diferencial de vegetación normalizada, conocido por sus siglas en inglés
O-AUPA	Observatorio de Agricultura Urbana, Periurbana y Agroecología - INTA
RF	<i>Random Forest</i>
SgSU	Subgerencia de Servicios al Usuario
UEAT	Unidad de Emergencias y Alertas Tempranas
WMS	Servicio de Mapas Web

## 2. Introducción

En la interfaz rural-urbana<sup>1</sup>, territorio heterogéneo entre el conglomerado urbano y la zona rural (agrícola extensiva), se desarrolla el Cinturón Verde, área de producción de alimentos de proximidad a la ciudad (CV). Actualmente los CV son una herramienta de planificación urbana que contribuye a la seguridad alimentaria local, protege la integridad ecológica, conserva la biodiversidad, cuida la cantidad y calidad del agua local, y proporciona zonas de recreación y zonas de amortiguamiento para la expansión urbana [1, 2, 3]. Sin embargo el destino de las áreas para el cultivo de hortalizas disminuye drásticamente, debido a un avance extralimitado de la frontera urbana, que crece en sistemas naturales y agrícolas estratégicos para la sostenibilidad de las ciudades, y el avance de la frontera agrícola industrial [4, 5, 6, 7, 8].

Todos los procesos tienen como objetivo acercarse a la escala de la horticultura y a su mapeo operativo y sistemático, utilizando imágenes de libre acceso (Sentinel-2) y procesándolas con software de libre acceso [9]. Se usó información espectral y espacial, es decir, se añadieron variables de textura a las bandas espectrales para describir los cambios en el contexto de cada píxel.

### 2.1. Área de Estudio

El área de estudio abarca alrededor de 180.000 ha, incluye parte de la región metropolitana de Córdoba, y el área histórica de riego y de uso hortícola alrededor de la ciudad.

La producción hortícola diversificada o multiespecífica se concentra en la zona periférica norte. Esta zona se caracteriza por tener establecimientos de tipo familiar con menos de 20 hectáreas cultivadas. La zona sur está dominada por productores de carácter emprendedor, con producciones poco diversificadas y con uso intensivo de mano de obra mecanizada, en lotes superiores a 20 hectáreas, dedicados principalmente al cultivo de la papa, asociada a la zanahoria y maíz dulce. Los principales cultivos anuales, no hortícolas, son la soja y el maíz (con la variante de invierno: trigo en rotación con soja) y se distribuyen en gran medida fuera del departamento de la capital, con una participación significativa en la interfaz rural-urbana [10, 4, 5, 6, 7].

## 3. Fuente y procesamiento de datos

### 3.1. Fuente de Datos y Características

El área de estudio fue representada por un mosaico de dos imágenes (JML y JLL) Sentinel-2A (ESA) del 19/02/2019 preprocesadas a reflectancia de superficie. Se utilizaron las bandas azul (B2 ~ 493 nm), verde (B3 ~ 560 nm), rojo (B4 ~ 665 nm), infrarrojo cercano (B8 ~ 833 nm) con 10 m de resolución espacial, y 4 bandas estrechas en el dominio espectral de borde rojo de vegetación (B5 ~ 704 nm, B6 ~ 740 nm, B7 ~ 783 nm, B8a ~ 865 nm) y 2 bandas infrarrojas de onda corta, más anchas (B11 ~ 1610 nm y B12 ~ 2190 nm) remuestreadas mediante georreferenciación a un píxel de 10 m. Se agregaron cinco características, texturales y de contexto, a las diez bandas espectrales de Sentinel-2A. Estas se basan en el *filtro de variación NDVI*<sup>2</sup>[11]. La varianza calculada con una ventana de análisis de  $3 \times 3$  se binarizó para

<sup>1</sup>El término “interfaz”, deriva del ámbito del desarrollo territorial y la planificación. El concepto surge de la traducción de interface (inglés) y en la bibliografía en español se traduce tanto como *interfaz* o *interfase*. En idioma castellano, según la Real Academia Española, la palabra “interfase” se refiere a la superficie de separación entre dos fases. Se consideró que la traducción correcta de la palabra inglesa *interface* sería el término “interfaz”, que se refiere a una conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes.

<sup>2</sup>Índice diferencial de vegetación normalizada, conocido por sus siglas en inglés (NDVI).

detectar la presencia o ausencia de la varianza característica de los campos hortícolas (líneas de cultivo). Los filtros medios se procesaron en la clasificación binaria, para describir la proporción de límites en contextos de 0,25 ha; 0,81 ha; 2,25 ha; 4,41 ha y 9,5 ha.

### 3.2. Clasificación

El **algoritmo de clasificación** usado fue *Random Forest* (RF) implementado en *R* [12] que utiliza el algoritmo clásico de Breiman [13]. Para optimizar sus parámetros, se usó el paquete *caret* (una abreviatura de *Classification And REgression Training*).

**Verdad de campo (VC) y definición de clases de cobertura y uso.** El área de estudio fue visitada los días 15 y 16 de febrero del año 2019, georreferenciando la cobertura y usos de suelo, con un GPS, ver Figura 1. Estos puntos de VC registrados se agruparon en clases de cobertura del suelo, analizando la separabilidad espectral y textural (según el índice Jeffries-Methusita [14]). Las clases propuestas son 10: agua, alfalfa, arboledas, construcción, cultivos cubiertos, horticultura, maíz, soja, tierra arada, tierra de uso mixto.

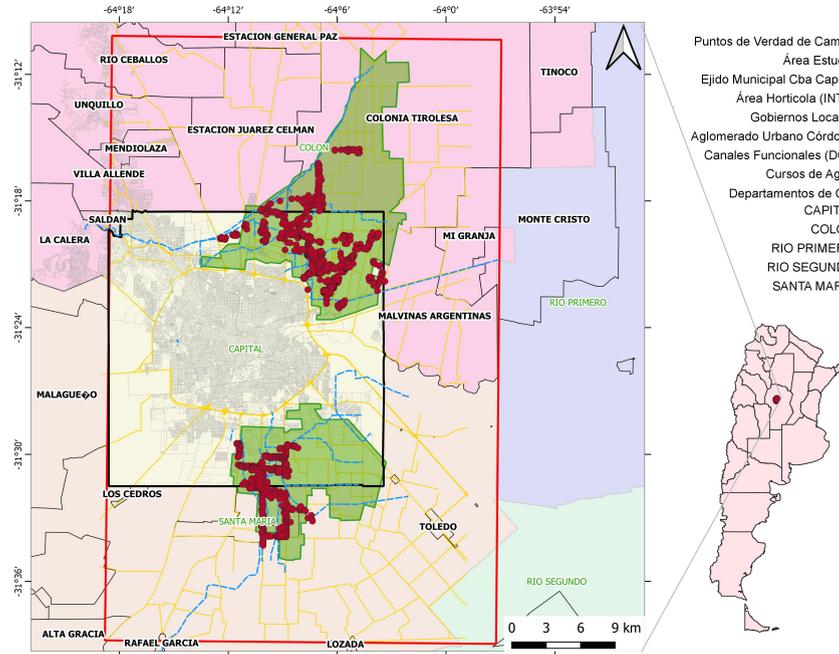


Figura 1: Mapa con geoposición de puntos de verdad de campo, canales funcionales del sistema de riego (Dirección General de Irrigación (DGI)), referencia de área histórica de cultivos hortícolas (INTA) [15], y división política de Córdoba, en el área de estudio [16].

### 3.3. Interfaz Rural-Urbana, detección

A fin de identificar el área de interfaz rural-urbana, dada sus características de ocupación fragmentada y heterogénea del suelo, se aplicó un filtro de media lineal a la imagen filtro de varianza del NDVI, que asigna a cada píxel el valor de varianza en un vecindario (ventana de observación). En dicha interfaz, los campos hortícolas presentan un *patrón* de alta varianza espacial de la cobertura, siendo esta varianza del NDVI en horticultura, inferior al del área urbana. Este procesamiento permitió definir rangos o umbrales de valores de varianza del NDVI, que discriminan entre escalas: zonas urbanas, interfaz urbano-rural y agricultura

extensiva. Se construyó una máscara para todos aquellos píxeles fuera del rango de valores que identifican a la *escala de interfaz urbano-rural*, ver Figura 2. Se realizó una clasificación supervisada RF.

### Clase Hortícola - Clasificación Jerárquica

Una clase de particular interés es la hortícola, ésta fue sobrestimada reportando un área de 7.604 ha. Sin embargo, hubo una mejora categórica en la aproximación a la cantidad de esta clase en la interfaz rural-urbana, respecto al análisis de toda la imagen; esto afirma la hipótesis de que las áreas urbanas (densamente pobladas y difusas) afectan negativamente la identificación de la clase hortícola. Dado que el producto se centra en el área no urbana, se enmascara la zona de forma continua, es decir, eliminando la posibilidad de que otras clases caractericen esta zona. Esta máscara es un umbral promedio de bandas R G B, con un filtro medio. La clase Hortícola se subclasificó en clase Horticultura y clase Mixto, dado que se encontraron errores de asignación de “bordes” (límite de lotes agrícolas y arboleda de calles) a esta clase. Una clasificación jerárquica de la clase *Superficie cubierta (hortícola)*, se realizó, siendo que las áreas de lagunas y canteras del sureste del Río Suquía en primera instancia son asignados erróneamente dicha clase. En esta distribución final de clases, el área **Hortícola alcanza 1.649 ha**, caracterizada por la producción de múltiples especies de vegetales en la interfaz urbano-rural.

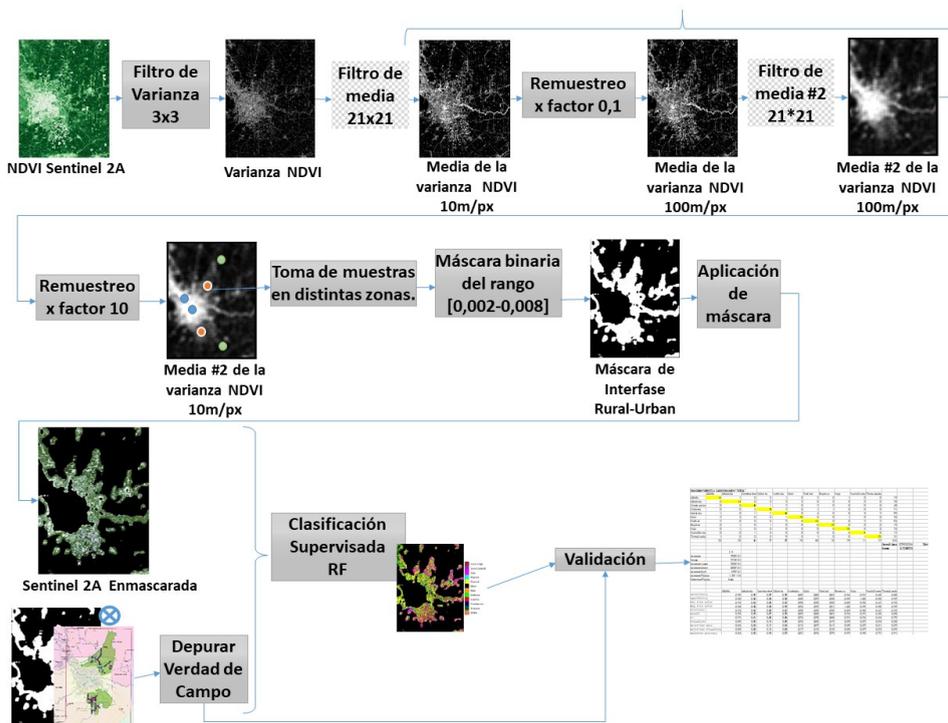


Figura 2: Diagrama de flujo de trabajo para generar *máscara de escala de interfaz rural-urbana* y *clasificación supervisada* a través de *RF*.

## 4. Producto

Mapa de cobertura y uso del área periurbana de Córdoba (interfaz rural-urbano), en base a imágenes Sentinel-2 (ESA), con características espectrales y espaciales por píxel. Identifica 10 clases (1=Cuerpos de Agua, 2=Arboleda, 3=Pastizal Mixto, 4=Construcción, 5=Tierra Arada, 6=Alfalfa, 7=Maíz, 8=Soja, 9=Superficie cubierta (Hortícola), 10=Horticultura, 0=valor no dato), geometría WGS84 latitud/longitud, en

formato GeoTIFF. Extensión: 180.000 ha. Tipo de dato: GeoTIFF. Una vista del producto final se muestra en la Figura 3.

#### 4.1. Acceso al producto

El producto se encuentra actualmente publicado en la página de Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y puede ser accedido y descargado.

##### 4.1.1. Geo Portal

El **Geo Portal** de CONAE puede ser accedido a través de <https://geoportal.conae.gov.ar/geoexplorer/composer/> y permite la visualización del producto. En la lista de capas encontrará el producto dentro del listado “Productos: Uso del suelo” como **Cobertura y Uso del Suelo - Periurbano de Córdoba 2019-02-19**.

##### 4.1.2. Descarga del producto como WMS

Este producto Mapa de cobertura y uso del suelo en el periurbano de Córdoba (MCUP) puede ser descargado como un Servicio de Mapas Web (WMS) a través de <https://catalogos.conae.gov.ar/catalogo/catalogoGeoServiciosOGC.html>, lo encontrará dentro del grupo “Uso del suelo”.

##### 4.1.3. Descarga del producto y sus metadatos

Se puede acceder al **Catálogo de metadatos** de CONAE desde <https://geocatalogos.conae.gov.ar/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/search>. Los metadatos del producto pueden ser visualizados en **MCUP**, desde donde además puede descargar los metadatos, la documentación y/o el producto completo.

#### 4.2. Paquete de datos descargado

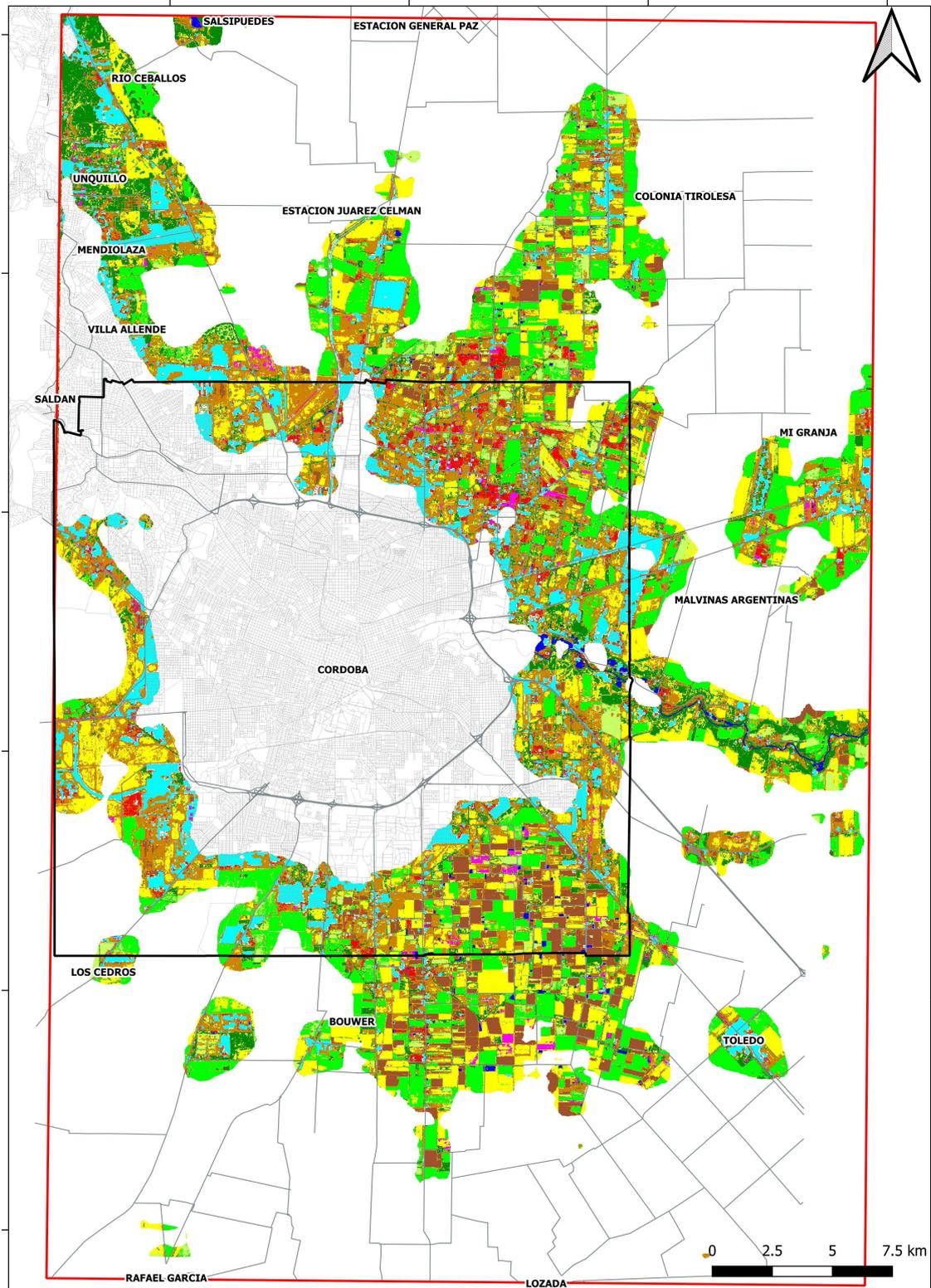
El producto se descarga como un archivo zip que contiene 3 archivos:

- GeoTIFF: contiene el producto propiamente dicho.
- XML: contiene los metadatos del producto.
- JPG: es una imagen en miniatura del producto.

##### 4.2.1. Nomenclatura de archivos

El nombre de este producto, generado en el marco de la tesis de MAIE y el Proyecto “Herramientas de caracterización espacial multiescala de las unidades productivas de alimentos de proximidad del cinturón verde de Córdoba (CVC)”, sigue los estándares de CONAE y se compone de la siguiente manera:

CONAE\_<clase>\_<satélite>\_<sensor>\_<producto>\_<fecha-inicio>\_<localización>\_<versión>



**Interfaz Rural-Urbana de Córdoba**

- |                             |                |                   |   |                   |
|-----------------------------|----------------|-------------------|---|-------------------|
| Clasificación RF Jerárquica | Construcción   | Soja              | T | Gobiernos locales |
| ■ Cuerpos de Agua           | ■ Tierra Arada | ■ Sup. Cubierta   | □ | Córdoba Capital   |
| ■ Arboleda                  | ■ Alfalfa      | ■ Horticultura    | — | Aglomerado Urbano |
| ■ Tierra de uso mixto       | ■ Maíz         | ■ Área de Estudio | — | Red Vial          |

Figura 3: Clasificación RF jerárquica de la máscara de escala de interfaz rural-urbano.

**CONAE:** Prefijo que llevan todos los productos generados y/o distribuidos por “CONAE”.

**clase:** Se refiere a la clase correspondiente al grupo de Productos Derivados: “PRD”.

**satélite:** Plataforma/s que transportan a los instrumentos a partir de cuyos datos se genera el producto. Para este producto: “SEN2A”.

**sensor:** Identificador del instrumento de sensoramiento: “MSI”.

**producto:** Tipo de producto: mapa de cobertura y uso periurbano. El parámetro se describe como “MCUP”.

**fecha inicio:** Fecha de inicio de adquisición de los datos satelitales en formato aaaammdd: “20190219”.

**localización:** Nombre del centro urbano en el que se localiza el producto, antecedido por el prefijo gC: “gCCordoba”.

**versión:** Versión del procesador o de la colección generada: “v001”.

Por lo tanto, así queda compuesto el nombre del producto:

**CONAE\_PDR\_SEN2A\_MSI\_MCUP\_20190219\_gCCordoba\_v001**

## 5. Evaluación del producto

Para determinar la exactitud de la clasificación jerárquica final, sobre la matriz de confusión se calculó la precisión general  $OA = 0,89$  ( $OA$  por sus siglas en inglés *Overall Accuracy*) y el coeficiente kappa  $\kappa = 0,86$ , así como otras métricas de precisión por clase (ver Tabla 1<sup>3</sup>), se destaca la métrica F1 Score, resultando 0,9 para Horticultura y 0,89 para Superficie Cubierta (Hortícola).

La precisión global  $OA$ , se calcula con los píxeles correctamente clasificados sobre el total de datos de validación (píxeles). El  $\kappa$  calcula el acuerdo entre la imagen clasificada y la verdad del terreno, debido únicamente a la exactitud de la clasificación, suprimiendo el acuerdo que cabría esperar simplemente por casualidad [17]. En cuanto a las métricas de exactitud por clase, *Precision* es el número de predicciones positivas dividido por el número total de valores de clase positivos pronosticados. La precisión puede considerarse como una medida de la exactitud de los clasificadores. En cambio, *Recall* es el número de verdaderos positivos dividido por el número total de elementos que realmente pertenecen a la clase positiva (es decir, la suma de verdaderos positivos y falsos negativos, que son elementos que no fueron etiquetados como pertenecientes a la clase positiva pero debería haber sido), se analiza como una medida de sensibilidad a los falsos negativos. *F1 Score*, es calculado como  $[2 * ((precision * recall) / (precision + recall))]$ , transmite el equilibrio entre *precision* y *recall* [18].

## Referencias

- [1] M. Altieri and C. I. Nicholls, “Teoría y práctica para una agricultura sustentable,” *Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental*, vol. 1, 2000.
- [2] A. Barsky, “El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires,” *Scripta Nova*, vol. 9, no. 194, p. 36, 2005.

<sup>3</sup>Se utiliza el nombre de las métricas en inglés a los fines de no perder el sentido en la traducción y dado su uso generalizado en dicho idioma.

Tabla 1: Métricas de precisión de las 10 clases, obtenidas de la clasificación RF jerárquica.

	Agua	Arboleda	Tierra de uso mixto	Construcción	Tierra arada	Alfalfa	Maíz	Soja	Sup. Cubierta	Horticultura
<b>Sensitivity</b>	1,00	0,89	0,85	0,68	0,96	0,93	0,97	0,89	0,88	0,97
<b>Specificity</b>	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,93
<b>Pos Pred Value</b>	0,95	0,89	0,84	1,00	0,93	0,82	0,86	0,89	0,91	0,84
<b>Neg Pred Value</b>	1,00	1,00	0,93	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99
<b>Precision</b>	0,95	0,89	0,84	1,00	0,93	0,82	0,86	0,89	0,91	0,84
<b>Recall</b>	1,00	0,89	0,85	0,68	0,96	0,93	0,97	0,89	0,88	0,97
<b>F1</b>	0,98	0,89	0,85	0,81	0,94	0,88	0,91	0,89	0,89	0,90
<b>Prevalence</b>	0,03	0,03	0,31	0,10	0,04	0,03	0,06	0,03	0,04	0,28
<b>Detection Rate</b>	0,03	0,03	0,26	0,07	0,04	0,02	0,05	0,03	0,04	0,27
<b>Detection Prevalence</b>	0,04	0,03	0,31	0,07	0,05	0,03	0,06	0,03	0,04	0,32
<b>Balanced Accuracy</b>	1,00	0,94	0,89	0,84	0,98	0,96	0,98	0,95	0,94	0,95

- [3] M. Alfie Cohen, “Planeación urbana y medio ambiente: los cinturones verdes,” 2011.
- [4] J. Fernández Lozano, “La producción de hortalizas en argentina,” *Gerencia de Calidad y Tecnología. Mercado Central de Bs. As.*, 2012.
- [5] B. Giobellina and M. Quinteros, “Perspectivas de la agricultura urbana y periurbana en Córdoba. Aportes del programa Pro Huerta a la producción agroecológica de alimentos.,” 2015.
- [6] A. H. Barchuk, L. S. Suez, and L. Locati, “Cobertura y uso de la tierra en el área periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. Aportes a la planificación territorial,” *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes*, vol. 7, pp. 15–36, 2017.
- [7] N. Mari, B. Giobellina, A. Benitez, and V. Marinelli, “Mapping and characterizing the green belt of Córdoba: Land dynamics and the urban-rural transformation process,” *Journal of Agronomy and Research*, vol. 2, no. 1, pp. 29 – 46, 2019.
- [8] B. L. Giobellina, “Dinámicas territoriales del cinturón verde de Córdoba,” *La alimentación de las ciudades*, p. 21, 2018.
- [9] M. V. Marinelli, N. A. Mari, D. H. Pons, B. L. Giobellina, and C. Marcelo, “Spatial and spectral features for horticulture mapping,” in *III International Conference on Agro BigData and Decision Support Systems in Agriculture*, p. 37.
- [10] L. E. Lanfranconi, E. A. Tuda, M. I. Buteler, H. M. Fontán, R. Beretta, and C. W. Robledo, “Situación de contexto del área central bajo riego de la provincia de Córdoba,” 1987.
- [11] R. M. Haralick, K. Shanmugam, and I. H. Dinstein, “Textural features for image classification,” *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, no. 6, pp. 610–621, 1973.
- [12] A. Liaw, M. Wiener, *et al.*, “Classification and regression by randomforest,” *R news*, vol. 2, no. 3, pp. 18–22, 2002.
- [13] L. Breiman, “Random forests,” *Machine learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, 2001.
- [14] H. Jeffreys, “An invariant form for the prior probability in estimation problems,” *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, vol. 186, no. 1007, pp. 453–461, 1946.
- [15] J. N. Volante, A. Collado, E. B. Ferreyra, M. F. Navarro, A. Pezzola, and M. I. Puentes, *Monitoreo de la cobertura y el uso del suelo a partir de sensores remotos - Cobertura del suelo de la Republica Argentina. Año 2006-2007 (LCCS-FAO)*.

- [16] M. V. Marinelli, “Herramientas analíticas de valoración y cuantificación de la producción agrícola basada en sensores remotos,” 2020 (en preparación).
- [17] R. A. Monserud and R. Leemans, “Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic,” *Ecological modelling*, vol. 62, no. 4, pp. 275–293, 1992.
- [18] D. M. Powers, “Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation,” 2011.