



ID de la contribución : 9

Tipo : no especificado

## **Delimitación de coberturas del suelo a partir de datos satelitales y mediciones in situ en una cuenca hidrográfica de la Región Pampeana (Argentina)**

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue evaluar diversas fuentes de información satelital para delimitar las coberturas del suelo de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). La metodología incluyó el análisis de tres matrices. La primera presentó las coberturas del suelo medidas in situ, mientras que las otras dos fueron las clasificadas por los productos MODIS-Landcover y ESA-Landcover. Para su comparación, las coberturas del suelo brindadas por las tres fuentes de datos fueron llevadas a una resolución espacial de 300 metros y se aplicaron métricas de matrices. El producto MODIS-Landcover presentó excelentes ajustes para estudiar los cultivos y los pastizales, mientras que los ESA-Landcover para los cuerpos de agua y la expansión de las áreas urbanas. Los resultados representan una base de datos esencial para diseñar políticas de manejo sustentable del territorio destinadas a preservar las actividades económicas.

Palabras clave: productos satelitales globales; Landsat 8 OLI-TIRS; cuenca del río Sauce Grande; firmas espectrales; cruce de matrices.

### **Introducción**

La teledetección proporciona información fundamental para evaluar la actividad agrícola, forestal, las áreas urbanas y los cuerpos de agua de una región en particular. Actualmente, las imágenes satelitales permiten monitorear las coberturas del suelo y sus cambios a escala global, regional y local de forma periódica (Gordon et al., 2008). Las cuencas hidrográficas son unidades espaciales que funcionan como integradores de los cambios medioambientales que ocurren en el paisaje terrestre (Williamson et al., 2009). Por ello, la generación de un mapa de coberturas del suelo con excelente precisión y exactitud es de gran utilidad para el ordenamiento del territorio.

Actualmente, están disponibles productos satelitales que contienen las coberturas del suelo a escala mundial. Uno de ellos es el derivado de la combinación de los satélites MODIS-Aqua y MODIS-Terra. Este pertenece a la colección MCD12Q1C y es un producto satelital de 500 m de resolución espacial (LAADS-DAAC). Por otro lado, la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) ofrece productos de coberturas del suelo derivado de la combinación de varios satélites para el período 1992-2018 con una resolución espacial de 300 metros (ESA, 2017). La ventaja de estas dos fuentes de datos es que son de acceso libre y se encuentran validados a escala mundial. A pesar de ello, se desconoce su ajuste en relación con los datos medidos a campo en las cuencas hidrográficas de Argentina.

Por lo mencionado, el objetivo de este estudio fue evaluar la precisión de los productos de cobertura del suelo de MODIS y de ESA en relación con las coberturas del suelo determinadas a campo con la finalidad de identificar la fuente de información indirecta que mejor se ajusta a lo observado in situ en la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). Los resultados permitirán identificar el grado de exactitud y de error de cada una de las fuentes de información.

### **Área de estudio**

El área de estudio fue la cuenca del río Sauce Grande, localizada en el Sudoeste Bonaerense (Argentina) (Figura 1). Tiene una superficie de 4856 km<sup>2</sup> y se emplaza dentro de los climas templados y semiáridos con una precipitación media anual de 705 mm (Brendel et al., 2019). Su economía se basa en la ganadería y en los cultivos de secano, por lo que la variabilidad de las precipitaciones puede impactar de forma directa sobre la población y sus actividades.

La temperatura media anual es 15,5 °C, presentando una diferenciación térmica marcada entre inviernos y veranos (Brendel et al., 2019). Las características de su clima favorecen el crecimiento de cultivos estivales,

mientras que las horas de frío facilitan la implementación de cultivos durante el invierno. En general, las áreas cultivadas se localizan en la mayor parte de la cuenca, siendo la cuenca media y baja la que mayor extensión presenta. El conocimiento de sus coberturas del suelo es indispensable para orientar y guiar políticas públicas relacionadas con el ordenamiento del territorio (Brendel et al., 2019).

Figura 1. Localización de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina).

#### Método de trabajo

Se confeccionó un mapa de coberturas del suelo a partir del conocimiento, recorrido y muestreo a campo de la zona de estudio. Los sitios de medición se seleccionaron a partir del análisis de la composición de bandas (falso color) de imágenes satelitales Landsat 8 OLI-TIRS del año 2018. Las mismas fueron descargadas del catálogo oficial de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE, Argentina). Posteriormente, se realizaron cinco viajes de campo en los que se determinaron seis coberturas del suelo (Tabla 1).

Tabla 1. Coberturas del suelo determinadas a campo mediante observación directa y combinación de falso color en imágenes Landsat 8 OLI-TIRS.

Posteriormente, mediante la utilización de un espectro radiómetro de campo Ocean Optics USB 2000+, se adquirieron firmas espectrales con la finalidad de diferenciar spectralmente estas coberturas (Figura 2). Este instrumento analiza la reflectancia espectral desde los 400 hasta los 1200 nm con un ancho de banda de 0.34 nm, por lo que registra información en el espectro visible y en el infrarrojo cercano. El período de muestreo coincidió con el horario del cenit solar y se realizó en días con condiciones de cielo descubierto y escasa velocidad del viento (< 10 km/h).

Figura 2. Adquisición de firmas espectrales en el terreno.

Para clasificar las coberturas del suelo, se aplicaron los métodos supervisados de Máxima Probabilidad y Distancia de Mahalanobis, utilizando las muestras georeferenciadas adquiridas a campo como base de la clasificación. Estas fueron utilizadas dado que son las que arrojan resultados más precisos y con mayor exactitud para el área de estudio (Brendel et al., 2019). Para aplicarlos, se procesaron cuatro imágenes Landsat OLI-TIRS 8 correspondientes a las distintas estaciones del año. Este procesamiento incluyó la corrección geométrica mediante la técnica de puntos de control, corrección atmosférica y la corrección radiométrica, incluyendo la aplicación del método de resta de objetos oscuros descritos en Brendel et al. (2019).

Por otro lado, se descargaron los productos MODIS MCD12Q1C de coberturas del suelo provisto por LAADS-DAAC y los productos de la ESA correspondientes al año 2018. Para que todos los mapas sean comparables entre sí, se estableció un valor de píxel de 300 metros. Luego, se unificaron las nomenclaturas de las coberturas del suelo para realizar un análisis de las matrices. Con el objetivo de evaluar la precisión de los productos respecto del mapa in situ, se realizó una matriz de confusión píxel por píxel. Se calcularon distintos parámetros de estimación como i) la exactitud global que indicó el porcentaje de píxeles correctamente clasificados, ii) la exactitud del productor que expresa la probabilidad de que un píxel clasificado como clase x realmente pertenezca a esa clase y iii) la precisión del usuario que hace referencia a la probabilidad de que un píxel clasificado como x corresponda a dicha clase.

Las matrices fueron comparadas mediante el cálculo del índice Kappa. El mismo es una medida de precisión que computa la exactitud, en este caso, entre los productos MODIS y de la ESA con respecto a la clasificación in situ, eliminando lo que cabría esperar por el azar. El Índice Kappa y la precisión oscilan entre 0 y 1 (ó 0-100 %) y según Monserud y Leemans (1992), el mismo podría tener una clasificación cualitativa considerando: i) <0,4 ajustes muy malos, ii) >0,4 <0,55 ajustes moderados, >0,55 <0,7 ajustes buenos, iii) >0,7 <0,85 muy buen ajuste y iv) > 0,85 excelente ajuste. Estos análisis se realizaron en el Software ENVI y el ArcGIS 10.5.

#### Resultados

##### Comportamiento espectral de las coberturas del suelo

El comportamiento espectral de las cinco coberturas del suelo medidas in situ se muestra en la Figura 3. Las mismas presentaron una marcada diferenciación espectral. Si bien algunas coberturas presentaron valores similares en el espectro visible, estas fueron claramente diferenciadas en el Infrarrojo Cercano (IRC). La vegetación riparia, los cultivos y los pastizales presentaron un comportamiento similar a lo largo de todo el espectro. Sin embargo, la primera cobertura se caracterizó por tener los valores máximos en el IRC, siendo claramente diferenciable del resto. Los cultivos registraron picos máximos y más elevados que los pastizales en el verde (550 nm) y en el IRC (9,2 y 43,5 %, respectivamente) (Figura 2).

Por otro lado, los suelos desnudos mantuvieron una firma espectral típica de este tipo de coberturas con valores constantes a lo largo de todo el espectro (≈ 15 %). Lo mismo se observó en el agua, registrando una reflectancia baja. Aún así, su máximo se identificó en el visible (5,2 %) (Figura 3).

Figura 3. Firmas espectrales de las coberturas del suelo identificadas in situ durante el año 2018.

##### Evaluación de las coberturas del suelo

Los cultivos tuvieron una cobertura similar entre los resultados obtenidos in situ y los identificados con MODIS-Landcover (35,9 y 44,3 %, respectivamente), mientras que en el producto ESA-Landcover estos presentaron una superficie mayor (80,1 %). Un caso similar se observó en los pastizales. Los mismos tuvieron una cobertura menor en el mapa derivado de ESA-Landcover (18,1 %) (Figura 4).

Por otro lado, los suelos desnudos abarcaron el 7,9 % de la superficie de la cuenca. no se registraron en los dos productos satelitales. La vegetación riparia ocupó un 5,1 %, mientras que en MODIS-Landcover 0,1 % y en ESA-Landcover 0,2 %. Finalmente, el área correspondiente a las áreas urbanas fue igual en los tres casos analizados (0,4 %) (Figura 4).

Figura 4. Porcentaje de las coberturas del suelo identificadas in situ, con MODIS Landcover y con ESA Landcover.

Al observar las matrices, se identificó que el mapa obtenido in situ presentó mayor detalle al estar realizado sobre una imagen satelital con resolución espacial menor (30 m - Landsat 8). El producto ESA-Landcover sobreestimó las áreas de cultivos. Su resolución espacial (300 m) no permitió determinar la existencia de suelos al descubierto sobre la cuenca. Los mismos se emplazaron dentro de pastizales (Figura 5).

Figura 5. Distribución espacial de las coberturas del suelo calculadas en los tres productos cartográficos1) in situ, 2) ESA-Landcover y 3) MODIS-Landcover.

El mapa derivado del MODIS-Landcover no permitió obtener una matriz con grandes detalles como el observado in situ debido a su resolución espacial (500 m), pero sí se identificó la heterogeneidad espacial registrada entre cultivos y pastizales sobre la cuenca media y baja. Al igual que en el caso anterior, los suelos al descubierto formaron parte de los pastizales (Figura 5). Las coberturas de agua estuvieron bien definidas en los tres productos, al igual que las ciudades. Esta última categoría tuvo mayor extensión en el MODIS, dado que presentó un área urbana al sur del dique Paso de Las Piedras (Figura 5).

Evaluación de la precisión y la exactitud de los productos satelitales

Al realizar el cruce de matrices píxel por píxel entre el mapa obtenido in situ con la de MODIS-Landcover y la de ESA-Landcover, se observaron diferencias. En el primer caso, el coeficiente Kappa fue 0,78 y la precisión general 0,81, lo que indicó un muy buen ajuste entre ambas matrices. Por otro lado, el producto ESA-Landcover presentó valores de 0,43 y 0,51, respectivamente, identificando un ajuste moderado.

A partir del análisis de la precisión del productor y del usuario, el producto MODIS-Landcover presentó valores de 86 y 88,2 % para el cultivo, respectivamente. El pastizal mostró valores de 92 y 80,2 % y el agua de 93,7 y 97,1 %, respectivamente. Esto evidencia que este producto presenta excelentes ajustes para estudiar estas coberturas. Por otro lado, con el producto ESA-Landcover se obtuvieron excelentes resultados para el agua (93,2 y 98,2 %) y las áreas urbanas (89 y 98 %) (Figura 6).

Figura 6. Precisión del Usuario (PU) y Precisión del Productor (PP) para MODIS-Landcover y ESA-Landcover en relación con los datos obtenidos in situ.

## Conclusión

El análisis de productos provistos por fuentes indirectas demostró que si bien sobreestiman o subestiman las áreas, ambos tienen gran utilidad para estudiar las coberturas del suelo a escala de cuencas hidrográficas. El MODIS-Landcover es una buena herramienta para estimar y monitorear los cultivos y los pastizales, mientras que el producto ESA-Landcover favorece el estudio del crecimiento de las ciudades y de la cobertura de agua. Los resultados constituyen una base de datos esencial para el monitoreo de las coberturas del suelo en las cuencas de clima templado y semiárido de la provincia de Buenos Aires y sirven de base para el ordenamiento del territorio como así también para orientar políticas públicas destinadas a conservar los recursos naturales y las actividades económicas de la población.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y a la Universidad Nacional del Sur (CONICET - UNS) por el financiamiento del presente trabajo. Además, a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por la proporción de datos satelitales, al LAAD y la ESA por los productos satelitales.

## Referencias

- Brendel, A. S., Ferrelli, F., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. (2019). Assessment of the effectiveness of supervised and unsupervised methods: maximizing land-cover classification accuracy with spectral indices data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(1), 014503.
- ESA. Land Cover CCI Product User Guide Version 2. Tech. Rep. (2017). Available at: [maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2\\_2.0.pdf](https://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf)
- Gordon, L. J., Peterson, G. D., & Bennett, E. M. (2008). Agricultural modifications of hydrological flows create ecological surprises. *Trends in ecology & evolution*, 23(4), 211-219.
- Monserud, R. A., & Leemans, R. (1992). Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological modelling*, 62(4), 275-293.
- The Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System (LAADS) Distributed Active Archive Center (DAAC), <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>
- Williamson, C. E., Saros, J. E., Vincent, W. F., & Smol, J. P. (2009). Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. *Limnology and Oceanography*, 54(6part2), 2273-2282.

**Primary author(s) :** Dr FERRELLI, Federico (IADO-UNS-CONICET); BRENDDEL, Andrea (IADO-UNS-CONICET); Dr PICCOLO, Maria Cintia (IADO-UNS-CONICET); Dr PERILLO, Gerardo Miguel Eduardo (IADO-UNS-CONICET)

**Presenter(s) :** Dr FERRELLI, Federico (IADO-UNS-CONICET)

**Clasificación de la sesión :** E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales

**Clasificación de temáticas :** E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales