Contribution ID : **10** Type : **not specified**

Utilización de imágenes Spot para la clasificación de coberturas del suelo en el sur de la Región Pampeana (Argentina)

Resumen
El objetivo de este estudio fue analizar imágenes SPOT para determinar las coberturas del suelo del sur de la Región Pampeana (Argentina) durante septiembre-2017 y julio-2018. Para ello, se procesaron imágenes provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Estas se corrigieron geográfica, radiométrica y atmosféricamente y se calcularon índices espectrales de vegetación, suelo y agua. Se descargaron firmas espectrales cedidas por la CONAE y se adquirieron muestras de reflectividad en salidas al campo. Posteriormente, se aplicó el método de Máxima Verosimilitud. Teniendo en cuenta el coeficiente Kappa y la precisión general, las coberturas del suelo se clasificaron con un excelente ajuste. Por lo tanto, las imágenes satelitales SPOT son una buena fuente de información para monitorear el ambiente con gran resolución espacial.
Palabras clave: firmas espectrales; procesamiento digital de imágenes SPOT; región semiárida.

Introducción
La delimitación de las coberturas del suelo es una herramienta fundamental para enmarcar políticas destinadas al manejo sustentable de los recursos naturales, principalmente en aquellos paisajes complejos y heterogéneos localizados en las regiones semiáridas. En la mayoría de estos espacios, tanto la época de siembra, como la cosecha y su rendimiento dependen directamente de los montos de precipitación (Brendel et al., 2019).
En este contexto, la teledetección adquiere importancia como una herramienta para el monitoreo del paisaje, dado que permite obtener información de la superficie y generar mapas de coberturas del suelo. Para diseñarlos es indispensable considerar factores como la complejidad del paisaje, el tipo de imágenes a utilizar, la resolución espacial y temporal del satélite y los métodos de clasificación que se emplearán (Manandhar et al., 2009). Actualmente existen escasos trabajos que discriminen coberturas del suelo en las regiones semiáridas de forma estacional con alta resolución espacial. Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo fue clasificar las coberturas del suelo de forma estacional en el sur de la Región Pampeana (Argentina) a partir del procesamiento de imágenes satelitales SPOT 6 y SPOT 7.

Área de estudio
El área de estudio se localiza al sur de la Región Pampeana (Argentina), en una región ubicada en el centro sur del partido de Villarino (Buenos Aires, Argentina) (Figura 1). El régimen pluviométrico es de tipo seco y muy seco (Aliaga et al., 2016), con una marcada estacionalidad térmica, que permite la diferenciación de veranos e inviernos.
Figura 1. Localización del área de estudio.

La mayor parte del área de estudio corresponde a zonas de cultivos de secano. Estos son altamente vulnerables a la variación de las precipitaciones. Sin embargo, el sector seleccionado presenta gran cantidad de cultivos bajo riego. Al concentrar aproximadamente el 12 % de la producción agrícola de Argentina, la generación de un mapa de coberturas del suelo a escala estacional con buena precisión y exactitud es indispensable para enmarcar un sistema de alerta temprano ante eventos de sequía extrema, por ejemplo, como el ocurrido en el período 2008-2009, donde las zonas de cultivos se redujeron 17 % y las de pastizales destinados a la agricultura un 13 % (Ferrelli, 2017).

Método de trabajo
Se obtuvieron firmas espectrales proporcionadas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE, Argentina). Las mismas representaron el comportamiento típico de los cultivos que se realizan en la región:

cebolla, alfalfa, trigo, maíz y pasturas.
Por otro lado, se realizaron viajes de campo en los que se adquirieron firmas espectrales correspondientes a otras coberturas como: cobertura arbórea densa y suelos desnudos. Para ello, se utilizó un radiómetro de campo Ocean Optics UBS 2000+. El mismo proporciona información de la reflectividad de la superficie en el espectro visible y en el infrarrojo cercano (400-1200 µm). Como resultado, se obtuvieron seis coberturas del suelo que se presentan en la Tabla 1.
Posteriormente, se procesaron cuatro imágenes satelitales SPOT 6 y SPOT 7 provistas por la CONAE pertenecientes al período septiembre 2017- julio 2018 (Tabla 2). Estas ocupan una extensión de 500 km2. Se analizaron los productos PMS, es decir, la fusión de las cuatro bandas convertidas a la resolución espacial de la banda pancromática (1,5 metros). Las imágenes tuvieron un pre-procesamiento Standard Ortho que consiste en una orto rectificación mediante un Modelo de Elevación Digital y una corrección radiométrica de 12 bits, a partir del método del vecino más cercano (Coeurdevey y Soubirane, 2013).
El procesamiento digital de las imágenes SPOT incluyó una corrección geométrica y radiométrica tal como se describe en Torres Vivar et al. (2017). En una primera instancia, se transformaron los datos espectrales (números digitales) a valores de radiancia para posteriormente calcular los valores de mili-reflectancia (Coeurdevey y Soubirane, 2013; Baghdadi y Zribi, 2016).

Tabla 1. Coberturas del suelo identificadas mediante el procesamiento digital de imágenes SPOT y validación con salidas al terreno.

Tabla 2. Imágenes satelitales SPOT 6 y SPOT 7 analizadas para la clasificación de las coberturas del suelo.

Posteriormente, se calcularon cinco índices espectrales de vegetación, agua y suelo (Tabla 3). Para ello, se incluyeron las cuatro bandas: Azul (A), Verde (G), Roja (R) e Infraroja Cercana (NIR). Se ha demostrado que estos representan una herramienta esencial para el estudio del comportamiento espectral de las coberturas del suelo, permiten ampliar las muestras espaciales necesarias para la aplicación de métodos supervisados de clasificación y facilitan la diferenciación espectral entre las clases seleccionadas (Brendel et al., 2019).

Tabla 3. Índices espectrales utilizados para la clasificación de coberturas del suelo.

Finalmente, se aplicó el método de clasificación supervisado de tipo Máxima Verosimilitud dado que fue el que mejores resultados arrojó para el área de estudio (Guerschman et al., 2003; Kolios y Stylios, 2013; Brendel et al., 2019). Este se empleó utilizando como base de la clasificación, las muestras espaciales generadas a partir del conjunto de bandas pertenecientes a los cinco índices espectrales. Se trabajó con conjuntos de cinco bandas por cada estación del año. Como resultado, se obtuvieron cuatro mapas que representaron las coberturas del suelo a escala estacional.
Para evaluar la precisión de la clasificación, se aplicó una matriz de confusión de tipo píxel por píxel. La misma está compuesta por dos métricas: la precisión general que contiene la precisión del usuario (Smits et al., 1999) y la del productor y el coeficiente Kappa (Conglaton y Mead, 1983). La precisión general indica la cantidad de píxeles bien clasificados, la del productor la probabilidad de que un píxel identificado como una categoría represente realmente dicha categoría y la del usuario que indica qué tan preciso se clasificó el conjunto de píxeles de entrenamiento (Rogan et al., 2003). Por su parte, el coeficiente Kappa es una medida de exactitud que registra las diferencias entre los datos de la clasificación y los de referencia, comparada con la precisión que se derivaría de un clasificador aleatorio (Congalton, 2001). Este índice varía entre 0 y 1, siendo los superiores a 0,85 los que indican un excelente ajuste de la clasificación (Monserud y Leemans, 1992).

Resultados
Como resultado de la aplicación del método de Máxima Verosimilitud, se obtuvieron cuatro mapas estacionales de coberturas del suelo (Figura 2). Durante la primavera imperó la cobertura de cultivos (28,2 % ó 141 km2). En otoño e invierno, la cobertura predominante fue la de pastizales (55,6 % o 278 km2, 35,4 % ó 177 km2, respectivamente), que integraron, en algunos casos, los cultivos de invierno con escaso crecimiento. Finalmente, en el verano hubo una mayor extensión de suelos al descubierto (28,9 % ó 144,5 km2), seguida por la de cultivos (28,1 % ó 140,5 km2) (Figura 2).
Los resultados obtenidos por el método de clasificación de Máxima Verosimilitud fueron superiores a 0,85 en todas las estaciones del año, indicando un excelente ajuste de las coberturas del suelo. Los menores valores se observaron en primavera (86,9 % y 0,85 para la precisión y el índice Kappa, respectivamente), seguido del verano (91,7 % y 0,88), el otoño (93,1 % y 90,3) y finalmente, los mejores resultados se identificaron en el invierno (97,5 % y 0,96) (Figura 3). Esta situación se refleja en la heterogeneidad espacial de las coberturas del suelo del área de estudio. En la primavera y el verano estas tuvieron una gran variabilidad espacial, con grandes fluctuaciones en pequeñas áreas, mientras que en el otoño y el invierno, las coberturas fueron más homogéneas, presentando un predominio de los pastizales y los suelos descubiertos, respectivamente (Figura 2).
Durante todas las estaciones del año las coberturas del suelo presentaron excelentes ajustes al analizarlas con la precisión del usuario (PU) y la del productor (PP). Por ejemplo, los cultivos estuvieron mejor identificados en la primavera y el invierno (PP = 99,8 y 99,7 % y PU = 94,5 y 99,5 %, respectivamente). El agua superficial arrojó muy buenos ajustes durante todas las estaciones del año (PP ⊠ 99 y PU ⊠ 99,8 %). Los pastizales mostraron valores superiores de ambos índices en el invierno (PU = 92,6 y PP = 91,6 %), similarmente a la vegetación densa (PU = 97,9 % y PU = 95,1 %). Por último, los suelos al descubierto presentaron PP y PU máximos en el

otoño (95,4 y 93,9 %, respectivamente) (Figuras 4 y 5).

Figura 2. Coberturas del suelo durante la Primavera, Verano, Otoño e Invierno.

Figura 3. Precisión general e Índice Kappa para cada estación del año.

Figura 4. Precisión del usuario (PU) estacional para cada cobertura.

Figura 5. Precisión del productor (PP) estacional para cada cobertura.

Conclusiones

La utilización de imágenes satelitales SPOT permitió conocer la dinámica de las coberturas del suelo de forma estacional en el sur de la Región Pampeana. Los cuatro mapas obtenidos presentaron excelentes ajustes, con valores de índice Kappa superiores a 0,85. Esta situación reflejó que el método de Máxima Verosimilitud en conjunto con las muestras espaciales resultantes del procesamiento de índices espectrales permitió aumentar la precisión de las coberturas del suelo en esta región. Los ajustes fueron mejorando a medida que la superficie presentó menor heterogeneidad. En cuanto a las coberturas, el agua fue la mejor discriminada, seguida de los cultivos, la vegetación densa, los pastizales y finalmente los suelos desnudos.

Este tipo de estudios son esenciales en las regiones semiáridas, dado que el monitoreo de las coberturas del suelo de forma rápida y precisa permite tomar decisiones de manejo agrícola y evaluar con gran precisión, por ejemplo, los efectos de la variabilidad pluviométrica sobre los cultivos de secano, los más frecuentes del área estudiada. Por ello, los resultados obtenidos constituyen una base de datos esenciales para diseñar políticas de ordenamiento sustentable del territorio.

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.

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.

Brendel, A., Bohn, V. Y., & Piccolo, M. C. (2017). Efecto de la variabilidad climática sobre el estado de la vegetación y la cobertura de agua en una cuenca de clima templado (Argentina).

Coeurdevey, L., & Soubirane, J. (2013). SPOT 6 & SPOT 7 Imagery User Guide. Toulouse, France. 120p.

Congalton, R. G. (2001). Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. International Journal of Wildland Fire, 10(4), 321-328.

Congalton, R. G., & Mead, R. A. (1983). A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49(1), 69-74.

Ferrelli, F. (2017). Variabilidad pluviométrica y sus efectos sobre las coberturas del suelo al sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista Geográfica Venezolana, 58(1), 26-37.

Guerschman, J. P., Paruelo, J. M., Bella, C. D., Giallorenzi, M. C., & Pacin, F. (2003). Land cover classification in the Argentine Pampas using multi-temporal Landsat TM data. International Journal of Remote Sensing, 24(17), 3381-3402.

Kolios, S., & Stylios, C. D. (2013). Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data. Applied Geography, 40, 150-160.

Manandhar, R., Odeh, I. & Ancev, T. 2009. Improving the accuracy of land use and land cover classification of Landsat data using post-classification enhancement. Remote Sensing, 1(3), 330-344.

Monserud, R.A. & Leemans, R. 1992. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. Ecological Modelling, 62(4), 275-293.

Rogan, J., Miller, J., Stow, D., Franklin, J., Levien, L., & Fischer, C. (2003). Land-cover change monitoring with classification trees using Landsat TM and ancillary data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 69(7), 793-804.

Smits, P. C., Dellepiane, S. G., & Schowengerdt, R. A. (1999). Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: a review and a proposal for a cost-based approach. International journal of remote sensing, 20(8), 1461-1486.

Torres-Vivar, J. E., Valdez-Lazalde, J. R., Ángeles-Pérez, G., Santos-Posadas, H. M. D. L., & Aguirre-Salado, C. A. (2017). Inventario y mapeo de un bosque bajo manejo de pino con datos del sensor SPOT 6. Revista mexicana de ciencias forestales, 8(39), 25-44.

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

CONICET)

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

Session Classification : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales

Track Classification : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales