

DIFERENCIACIÓN DE TIPOS DE COBERTURAS Y CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO EN UN SECTOR DE LA PAMPA DEPRIMIDA

Daniela Yamila Negro Sirch*, ***, Silvina Carretero*, **, Alfonsina Tripaldi***

* Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE); UNLP. Calle 64 N° 3, (1900) La Plata, Argentina. dynegrosirch@fcnym.unlp.edu.ar

** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

*** IGEBA-CONICET, Depto. de Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Buenos Aires C1428EHA, Argentina.

Resumen

La Pampa Deprimida experimenta desde épocas históricas problemáticas asociadas a períodos de sequías e inundaciones alternantes. El objetivo del trabajo fue evaluar dos técnicas de teledetección (procesamiento Tasseled Cap y clasificación no supervisada K-means aplicada a la banda humedad obtenida del procesamiento Tasseled Cap) con el software SNAP en una imagen Landsat 8 correspondiente al 20 de enero de 2024, para diferenciar tipos de coberturas y condiciones de humedad del suelo que posteriormente se utilizarán para el análisis de las inundaciones. Del procesamiento Tasseled Cap se obtuvo una banda de humedad, una de brillo y una de vegetación. A esta banda humedad se le aplicó una clasificación no supervisada K-means para obtener 4 clases (muy húmedo, húmedo, poco húmedo y seco). Se obtuvo como resultado una buena diferenciación de las coberturas para el caso del Tasseled Cap, pudiendo diferenciar cuerpos de agua profundos de someros, como también terrenos cubiertos con poca o muy poca vegetación de los campos húmedos con mucha vegetación. Por el contrario, la clasificación no supervisada no diferenció eficazmente las distintas coberturas, principalmente en el caso de las dos clases intermedias (clases húmedo, poco húmedo).

Palabras Claves: inundaciones, humedad en el suelo, teledetección, Pampa Deprimida.

Abstract

Since historical times, the Pampa Deprimida has experienced problems associated with periods of alternating droughts and floods. The objective of the work was to evaluate two remote sensing techniques (Tasseled Cap processing and unsupervised K-means classification applied to the humidity band obtained from Tasseled Cap processing) with the SNAP software in a Landsat 8 image corresponding to January 20th, 2024, to differentiate types of coverage and soil moisture conditions that will later be used for the analysis of floods. From the Tasseled Cap processing, a humidity band, a brightness band and a vegetation band were obtained. An unsupervised K-means classification was applied to this humidity band to obtain 4 classes (very humid, humid, slightly humid, and dry). As a result, a good differentiation of the coverage was obtained for the case of the Tasseled Cap, being able to differentiate deep bodies of water from shallow ones, as well as land covered with little or very little vegetation from humid fields with a lot of vegetation. On the contrary, the unsupervised classification did not effectively differentiate the different coverages, mainly in the case of the two intermediate classes (humid and slightly humid classes).

Keywords: floods, soil moisture, remote sensing, Pampa Deprimida

INTRODUCCIÓN

La subregión Pampa Deprimida experimenta problemáticas socio-económicas relacionadas a períodos alternantes de sequías e inundaciones, reconocidas desde el siglo XIX (Ameghino, 1884). La Pampa Deprimida (Tricart, 1973) o área Pampásica deprimida o central (Frenguelli, 1950) constituye una extensa llanura con una pendiente promedio inferior al 0,1 % (Vázquez *et al.*, 2004). Abarca gran parte la cuenca media y baja del río Salado, el cual recibe, por el margen sur, sus dos principales tributarios: los arroyos Vallimanca-Saladillo y Las Flores (Figura 1).

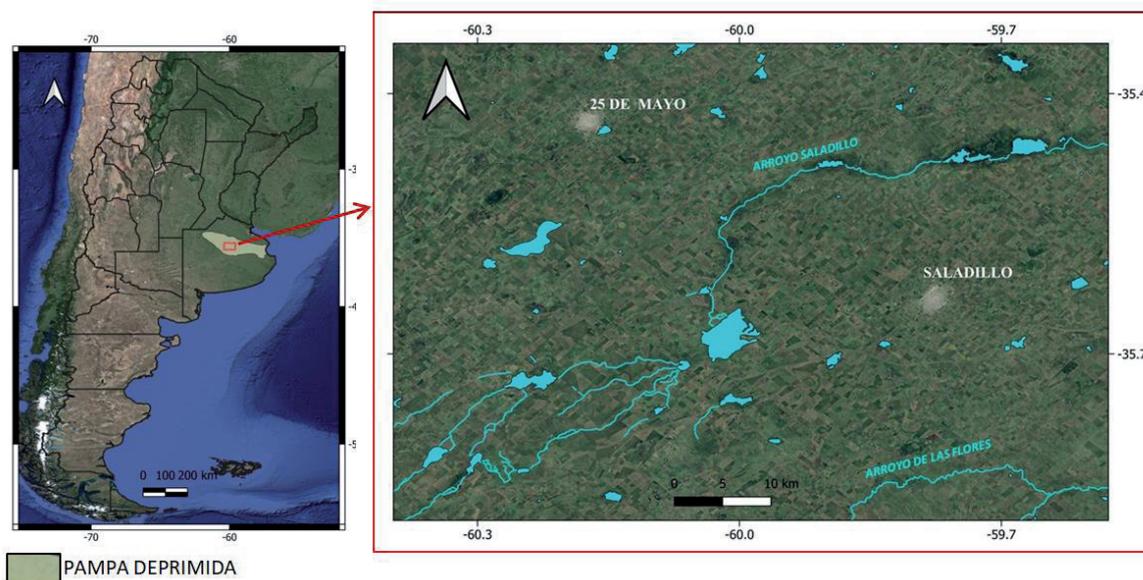


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Este paisaje originado durante el Pleistoceno bajo condiciones áridas-semiáridas modeló geformas eólicas como dunas, cuencas de deflación y planicies loésicas (Zárate, 2003; Zárate y Tripaldi, 2012), que condicionó una red de drenaje poco integrada. Hacia el Pleistoceno tardío y Holoceno, el ambiente se volvió más cálido y húmedo, dando lugar a importantes depósitos fluviales y al desarrollo de suelos. En particular, el área de estudio que comprende las localidades de Saladillo y 25 de Mayo, dentro de la Pampa Deprimida, presenta una planicie loésica en parte cubierta por dunas parabólicas y transversales (Díaz Appella *et al.*, 2021). Estas geformas controlan el drenaje superficial de la zona y condicionan las propiedades de los suelos, la infiltración del agua y la capacidad de almacenamiento. Actualmente, la combinación de este ambiente geomorfológico resultado de períodos áridos a semiáridos pero dominado actualmente por condiciones climáticas cálido húmedas con importantes excedentes hídricos, resulta en un desequilibrio que fomenta los anegamientos en grandes sectores de su territorio (Fucks *et al.*, 2012).

Sumado a las condiciones climáticas actuales, también contribuyen a la recurrencia de inundaciones en el área la escasa pendiente y las características geomorfológicas e hidrológicas de la zona, factores como el tipo de uso del suelo, la reducción del territorio ocupado por pastizal autóctono, la obstaculización del drenaje natural por infraestructura como rutas y vías férreas o la impermeabilización del suelo por construcciones urbanas.

El uso de arados generó la compactación del suelo, disminuyendo la infiltración y fomentando el escurrimiento superficial. A su vez, los suelos que quedan desnudos, sin barbecho ni rastrojo, resultan más vulnerables a la compactación por golpeteo de la lluvia y a la fricción del agua que escurre, disminuyendo la infiltración. A menor infiltración se genera mayor erosión y mayor probabilidad de inundaciones.

Los pastizales naturales de la región, a diferencia de la mayoría de cultivos y pasturas implantadas, coevolucionaron con las frecuentes inundaciones adquiriendo una gran tolerancia a las mismas (Otondo *et al.*, 2014). La disminución de este tipo de cobertura por el avance de la agricultura, deforestación y construcción favoreció la recarga y el ascenso de la capa freática. Los cultivos anuales (por ejemplo, la soja), poseen una evapotranspiración mucho menor y un sistema radicular de menor tamaño en comparación a las pasturas, ocasionando mayores excesos hídricos (y que la capa freática se encuentre más cerca de la superficie).

Los factores involucrados en la temática de las inundaciones son diversos y numerosos, por lo cual, resulta indispensable poder diferenciar las distintas coberturas presentes en el área al momento de analizar las posibles medidas correctivas y mitigadoras. El objetivo de este trabajo fue evaluar dos técnicas de teledetección (transformación Tasseled Cap y clasificación no supervisada K-means aplicada a la banda humedad obtenida del procesamiento Tasseled Cap) para analizar su potencialidad para diferenciar tipos de coberturas y condiciones de humedad del suelo que puedan ser utilizados en el análisis de las inundaciones de la Pampa Deprimida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para los análisis se utilizó una imagen óptica del Satélite Landsat OLI (8) correspondiente al 20 de enero de 2024 (Path 226-Row 085) provista por el USGS (United States Geological Survey). Las bandas espectrales utilizadas presentan una resolución espacial de 30 metros. Se recortó dicha imagen para obtener el área circundante a las localidades de Saladillo y 25 de Mayo, dentro de la subregión de la Pampa Deprimida. Los procesamientos se efectuaron con el software SNAP (Sentinel Application Platform) de la Agencia Espacial Europea.

El Tasseled Cap es una transformación que utiliza diferentes coeficientes aplicados a las bandas 2 a 7 de Landsat OLI (Azul, Verde, Rojo, NIR, SWIR1 y SWIR2) para crear nuevas bandas identificadas como: Brillo, Verdor, Humedad, Cuarta, Quinta y Sexta (Ali Baig *et al.*, 2014). Las ecuaciones (Ec.1, Ec. 2 y Ec. 3) para el cálculo se detallan a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Brillo: } & (b2*0.3029)+(b3*0.2786)+(b4*0.4733)+(b5*0.5599)+(b6*0.508)+(b7*0.1872) & \text{Ec.1} \\ \text{Verdor: } & (b2*(-0.2941))+(b3*(-0.243))+(b4*(-0.5424))+(b5*0,7276)+(b6*0,0713)+(b7*(-0,1608)) & \text{Ec.2} \\ \text{Humedad: } & (b2*0,1511)+(b3*0,1973)+(b4*0,3283)+(b5*0,3407)+(b6*(-0,7117))+(b7*(-0,4559)) & \text{Ec.3} \end{aligned}$$

Siendo b2 la banda 2, b3 la banda 3, b4 la banda 4, b5 la banda5, b6 la banda6 y b7 la banda7 del Satélite Landsat OLI (8).

A la banda de humedad obtenida de la transformación Tasseled Cap se le aplicó una clasificación no supervisada K-means con 30 iteraciones para obtener 4 clases (muy húmedo, húmedo, poco húmedo y seco).

La clasificación no supervisada determina un agrupamiento estadístico de píxeles que no incluye información definida por el usuario. K-means es un algoritmo de clasificación no supervisada que agrupa objetos en *k* grupos en base a sus características, calculando las medias de clase iniciales distribuidas uniformemente en el espacio de datos y agrupando iterativamente los píxeles en la clase más cercana según la técnica de distancia mínima. Este proceso se repite hasta que el número de píxeles de cada clase cambie menos que el umbral de cambio de píxeles seleccionado o si se alcanza el número máximo de iteraciones.

RESULTADOS

Del cálculo de la transformación Tasseled Cap se obtuvo una banda de humedad, una de brillo y una de vegetación. Para la visualización de dichas bandas se realizó un RGB

asignando la capa humedad (*wetness*) al canal rojo, el verdor o vegetación (*greenness*) al canal verde y el brillo o aridez (*brightness*) al canal azul. Al interpretar los colores de las diferentes coberturas visualizadas con las bandas de Tasseled Cap en RGB, se consideró la combinación de colores primarios y secundarios de la teoría de la síntesis aditiva. De la clasificación no supervisada K-means se obtuvieron 4 clases con colores asignados por el software: muy húmedo en azul, húmedo en amarillo, poco húmedo en negro y seco en rojo (Figura 2).

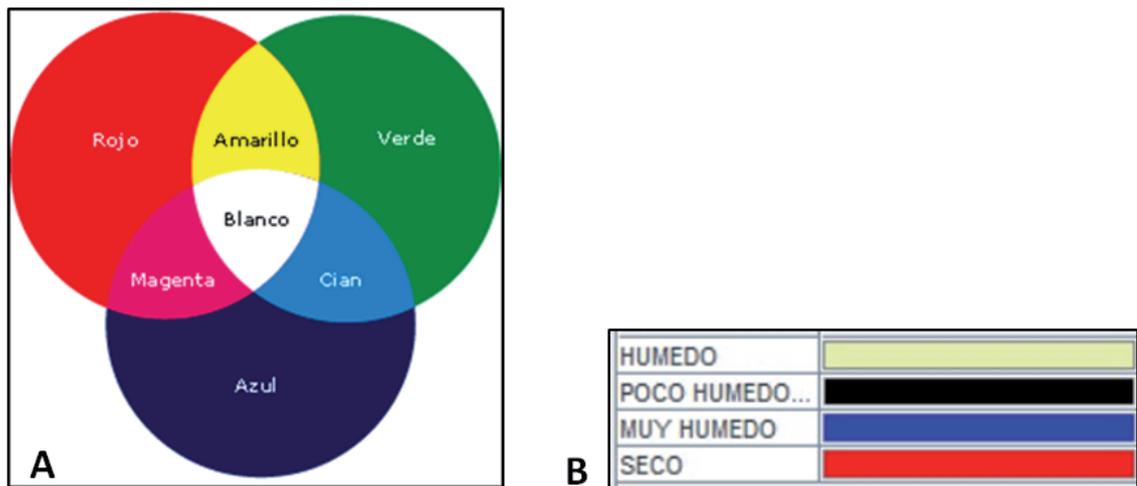


Figura 2. A) Teoría de la Síntesis Aditiva, B) Colores asignados a la clasificación no supervisada K-means

La transformación Tasseled Cap dio como resultado una diferenciación de las coberturas mucho más satisfactoria que la visualizada en la clasificación no supervisada K-means. Los cascos urbanos en el Tasseled Cap se observaron en azul y magenta que representan sectores con brillo (secos) con parches un poco más húmedos (magenta), mientras que, en la clasificación no supervisada K-means, mostraron principalmente colores negro y amarillo correspondientes a las clases intermedias húmedo y poco húmedo (Figura 3). Respecto al suelo, los terrenos cubiertos con poca o muy poca vegetación visualizados en verde claro en la composición real, aparecen en tonos celeste-cian en el Tasseled Cap y mayormente en color amarillo (clase Húmedo) en la clasificación no supervisada (Figura 4).

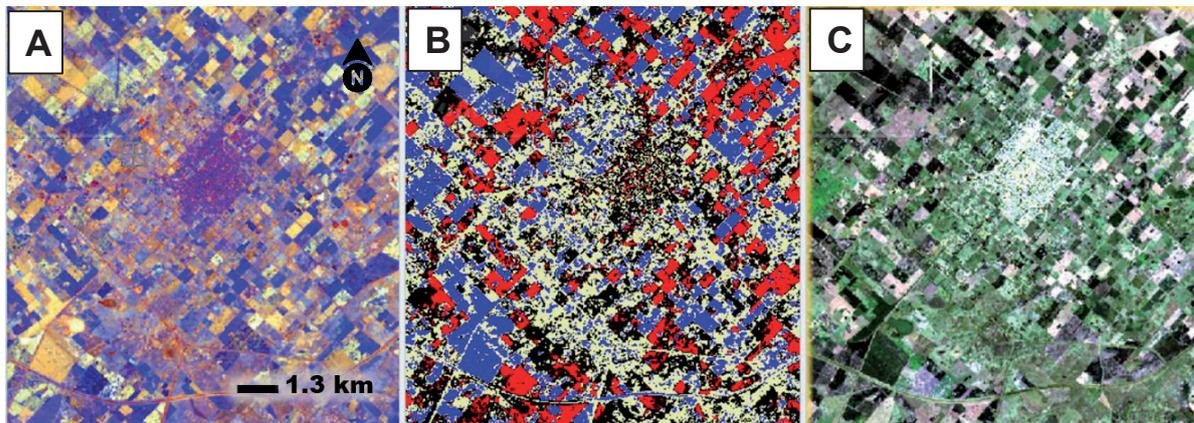


Figura 3: Detalle comparativo de cascos urbanos en A) Tasseled Cap, B) Clasificación no supervisada K-means aplicada a la banda humedad y C) Composición color RGB.

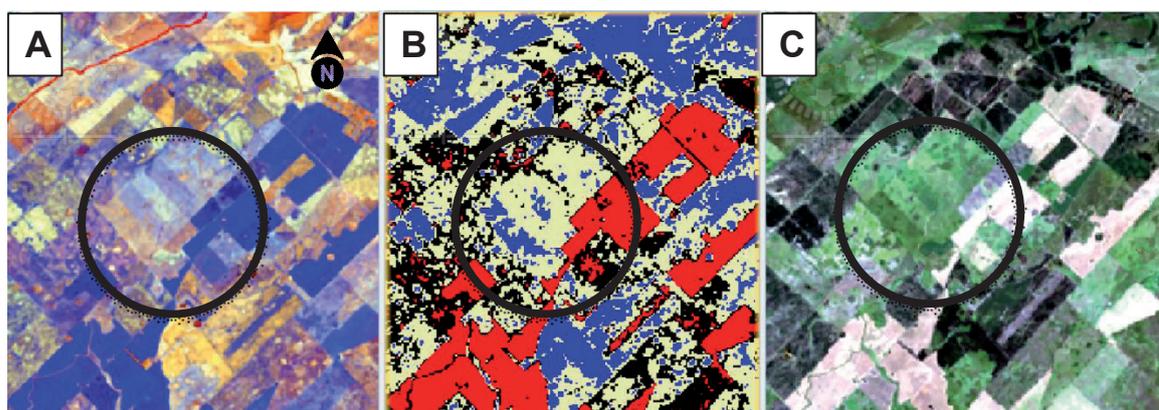


Figura 4: Detalle comparativo de terrenos cubiertos con poca o muy poca vegetación en A) Tasseled Cap, B) Clasificación no supervisada K-means aplicada a la banda humedad y C) Composición color RGB

Los campos húmedos con mucha vegetación, en color verde muy oscuro a negro en la composición color real, se distinguieron en el Tasseled Cap en tonos amarillentos y amarillo-anaranjados (este último resulta de la mezcla de humedad (rojo) y vegetación (verde). En la clasificación K-means en cambio, la zona no se distingue fácilmente, entremezclándose el azul y amarillo de las clases muy húmedo y húmedo y sin diferenciarse nítidamente de los campos vecinos con menor vegetación o vegetación menos desarrollada (Figura 5). Los suelos desnudos presentes en tonos blanquecinos en la composición color real, se identifican en azul intenso en el Tasseled Cap y color rojo (clase seco) en la Clasificación no supervisada (Figura 6).

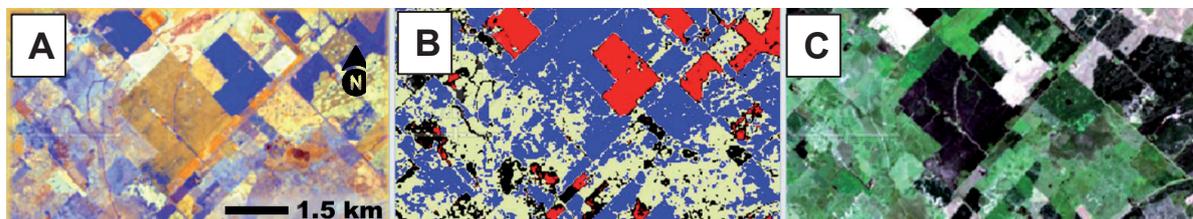


Figura 5: Detalle comparativo de campos húmedos con mucha vegetación en A) Tasseled Cap, B) Clasificación no supervisada K-means aplicada a la banda humedad y C) Composición color RGB.

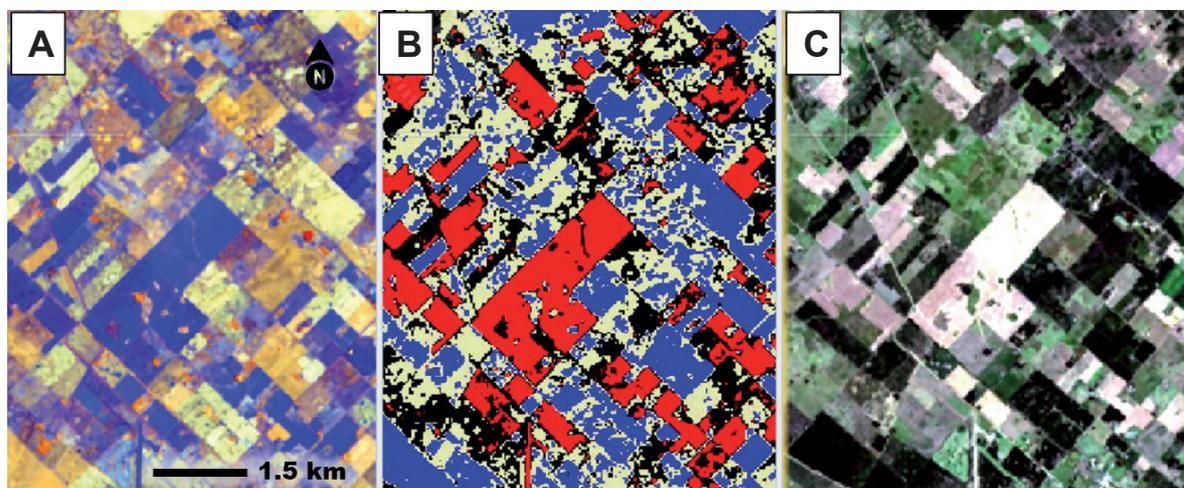


Figura 6: Detalle comparativo de suelo desnudo en A) Tasseled Cap, B) Clasificación no supervisada K-means aplicada a la banda humedad y C) Composición color RGB.

Finalmente, los cuerpos de agua y cursos fluviales se presentan en tonos rojizos-rojo en la transformación Tasseled Cap, pudiendo diferenciarse los cuerpos de agua más profundos en color rojo fuerte de los más someros/zonas anegables en naranja-rojizo. Contrariamente, en la Clasificación no supervisada, todos los cuerpos de agua se observan sin diferenciaciones en color azul correspondiente a la clase Muy Húmedo (Figura 7, 8 y 9).

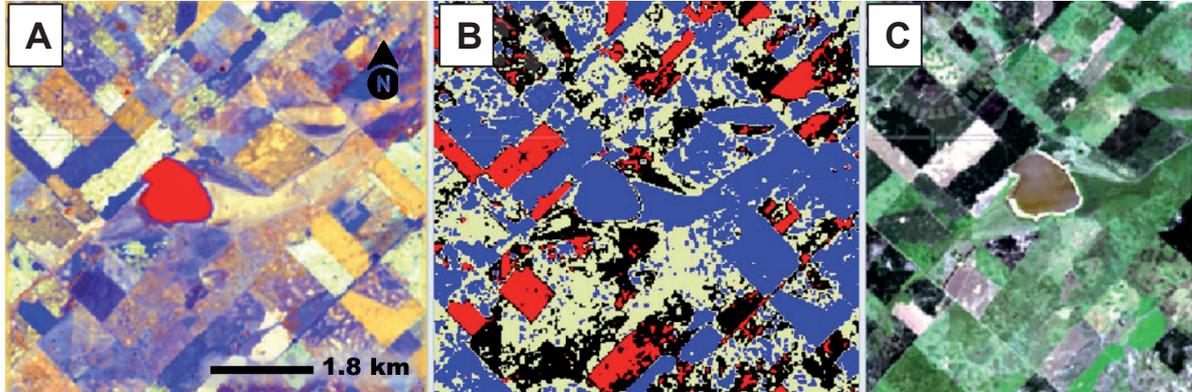


Figura 7: Detalle comparativo de cuerpo de agua en a) composición color real A) Tasseled Cap, B) Clasificación no supervisada K-means aplicada a la banda humedad y C) Composición color RGB.

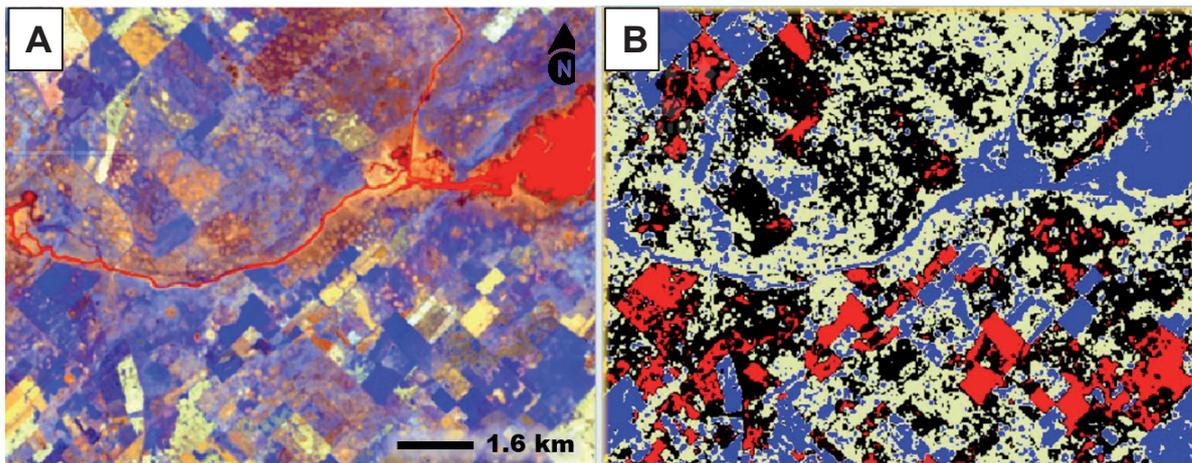


Figura 8: Detalle comparativo de cursos fluviales someros A) Tasseled Cap, B) Clasificación no supervisada K-means aplicada a la banda humedad.

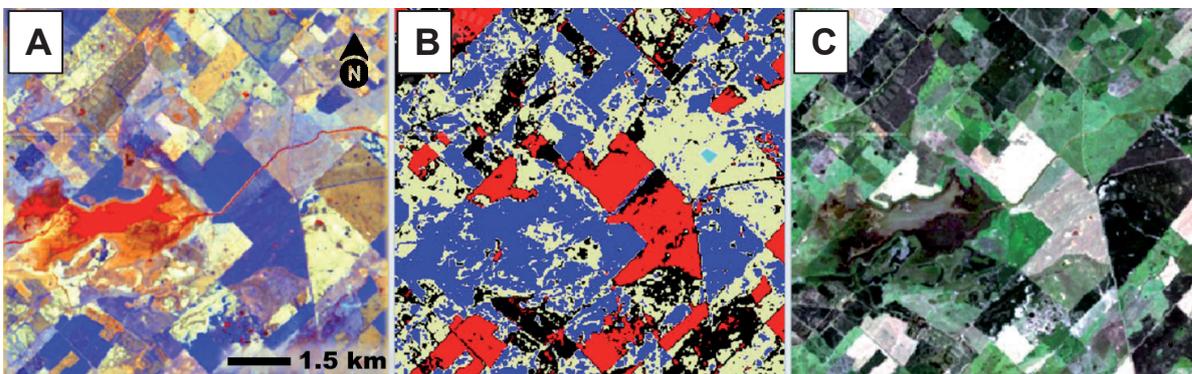


Figura 9: Detalle comparativo de cuerpos de agua y zonas anegables en A) Tasseled Cap, B) Clasificación no supervisada K-means aplicada a la banda humedad y C) Composición color RGB.

CONCLUSIONES

Se concluyó que la clasificación no supervisada aplicada a la banda humedad obtenida del Tasseled Cap, en contraste a la transformación Tasseled Cap, no diferenció eficazmente las distintas coberturas. La clasificación agrupó en la clase denominada muy húmedo a los cuerpos de agua y suelos húmedos con mucha vegetación, no pudiéndose distinguir entre ambos tipos de coberturas ni entre cuerpos de agua profundos y someros. Esta ineficiente diferenciación se profundiza en las clases intermedias húmedo y poco húmedo, donde agrupó terrenos con poca vegetación y planicies de inundación. La clase seco que incluye los suelos desnudos fue la mejor representada en esta técnica.

En cambio, con las bandas obtenidas en el cálculo de la transformación Tasseled Cap se diferenció claramente los cuerpos de agua más profundos (en color rojo) de los más someros (en color naranja-rojizo), como también los terrenos cubiertos con poca o muy poca vegetación de los campos húmedos con mucha vegetación.

La transformación Tasseled Cap podría representar una buena herramienta complementaria para el mapeo de cuerpos de agua y cursos fluviales someros, zonas anegables y humedales. Si bien aplicando una clasificación supervisada donde se asignan áreas de interés representativas de cada tipo de cobertura probablemente se obtengan buenos resultados, esta técnica implica una inversión de mayor tiempo de trabajo, mientras que el Tasseled Cap representaría una herramienta de uso más simple y rápido con resultados eficaces.

REFERENCIAS

- Ameghino, F.** (1884). *Las secas y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires*. Boletín del Instituto Geográfico Argentino. Volumen (5): 113.
- Ali Baig, M., Zhang, L., Shuai, T. y Tong, Q.** (2014). Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance. *Remote Sensing Letters*. 423-431.
- Díaz Appella, B., Pereyra, F. y Marcomini, S.** (2021). Dunas Transversales y Parabólicas en un sector de la Cuenca del río Salado. Actas del XXI Congreso Geológico Argentino. En: Foix, N. (Ed.). *Geología y Desarrollo, desafíos del siglo XXI* (Edición 2022 Asociación Geológica Argentina, pp. 155-156.
- Fucks, E., Pisano, F., Carbonari, J., y Huarte, R.** (2012). Aspectos Geomorfológicos del sector medio e inferior de la Pampa Deprimida, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Geológica de España*. 25 (1-2): 107-118.
- Otondo, J., Melani, E., Casal, A., Coria, J., Martinefsky, M.J. y Némoz, J.P.** (2014). Las inundaciones, los pastizales y los suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Tricart, J.** (1973). *La Geomorfología de la Pampa deprimida como base para los estudios edáficos y agronómicos*. Ed. INTA, Colección científica XII.
- Vázquez, I. Entraigas, M. Varni, M. Gandini y E. Usunoff.** (2004). Zonificación de Inundaciones por medio de Percepción Remota a Escala Regional en Áreas de Llanura: Identificación de patrones de anegamiento en la cuenca del arroyo del Azul mediante el uso de imágenes LANDSAT. *Peligrosidad Geológica en Argentina. Metodologías de análisis y mapeo. Estudio de casos. Volumen (4):* 217-231.
- Zárate, M.** (2003). Loess of southern South America. *Quaternary Science Reviews*. Volumen (22): no 18-19, p. 1987-2006.
- Zárate, M. y Tripaldi, A.** (2012). The aeolian system of central Argentina. *Aeolian Research*. Volumen (3): 401-417.