



# XXIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

*Suelos... Huellas del pasado, desafíos del futuro*

San Fernando del Valle de Catamarca,  
Prov. de Catamarca, Argentina  
21 al 24 de mayo de 2024



**AACCS**  
ASOCIACION ARGENTINA  
CIENCIA DEL SUELO

## INDICADORES GEOPEDOLÓGICOS EN LA DELIMITACIÓN DE HUMEDALES, ARROYO EL PESCADO, LA PLATA PROVINCIA DE BS. AS.

Boff, L. D.<sup>1, 2,\*</sup>, Ontivero, P. E.<sup>1</sup>, Gil, J.<sup>1, 2, 3</sup>, Muntz, D. E.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (FCNyM - UNLP).<sup>2</sup> Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE- FCNyM- UNLP)

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),\* Avenida 1 nro. 644 (1900), La Plata, provincia de Buenos Aires. [lauraboff@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:lauraboff@fcnym.unlp.edu.ar)

**RESUMEN:** El área de estudio se ubica en la cuenca media del arroyo El Pescado en el partido de La Plata, provincia de Bs. As. Se realizó un levantamiento topográfico de precisión y se generó un ortomosaico y un modelo digital de elevación. Se realizó una interpretación geopedológica a través de una hidrotoposecuencia. A partir del análisis, mediante un SIG, de la información obtenida junto con imágenes satelitales multitemporales y cartografía preexistente, se establecieron y clasificaron indicadores geopedológicos que fueron útiles para definir y categorizar un gradiente hidromórfico demostrando ser una buena herramienta para la delimitación de humedales a escala de detalle.

**PALABRAS CLAVE:** geopedología, indicadores, humedales

### INTRODUCCION

Los humedales son sistemas naturales complejos, donde se conjugan una gran diversidad de procesos biogeoquímicos variables espacial y temporalmente. Una de las variables que los definen son los suelos, los procesos pedogenéticos dejan huellas o indicadores que se mantienen en el tiempo a pesar de los cambios en las condiciones ambientales. En humedales el proceso pedogenético dominante es el hidromorfismo, tiene su origen en la saturación con agua del perfil del suelo completo o una parte de él, durante períodos más o menos prolongados que provoca déficit de oxígeno. Existe una fuerte relación entre la topografía y el agua del suelo, por eso se utiliza el término hidrotoposecuencia para referirse a un conjunto de suelos con distinta humedad a lo largo de una catena (Zobeck y Ritchie, 1984). Para la delimitación de estos ambientes tan complejos todavía no existe una metodología consensuada, ni tampoco criterios precisos y unánimes. Según Tiner (2017) para delimitarlos es necesaria la validación en campo mediante indicadores. Los mismos no son universales y deben ser determinados detalladamente para cada caso de estudio. Hasta el momento a nivel nacional y provincial la identificación e inventario de humedales se ha realizado a pequeña escala, fundamentalmente utilizando indicadores indirectos (cartográficos y satelitales). Para avanzar hacia un nivel de detalle son imprescindibles pero escasos los relevamientos de campo que permitan definir indicadores geopedológicos, y más aún a esa escala. En este sentido el trabajo tiene como objetivo, identificar indicadores geopedológicos e interpretar el gradiente hidromórfico en un sector del arroyo El Pescado del partido de La Plata como aporte para la delimitación de humedales a escala de detalle.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en la cuenca media del arroyo El Pescado en el partido de La Plata y abarca un sector de 24 Ha sobre ambos márgenes del mismo. Esta cuenca ocupa un área de 340 km<sup>2</sup> y vierte sus aguas hacia el estuario del Río de la Plata (Fig. 1). En campo se realizó un levantamiento topográfico de precisión con un vehículo aéreo no tripulado (UAV)

1152

Organizado por:



**AACCS**  
ASOCIACION ARGENTINA  
CIENCIA DEL SUELO



**UNCA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA



**FCA**



**INTA** Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria

marca DJI Phantom 4 Pro y la utilización de un GPS diferencial marca Pentax G7. Se aplicó la técnica SfM-MVS (Structure From Motion Multiview Stereo) en donde se fusionan los principios fotogramétricos clásicos con desarrollos procedentes de avances en los algoritmos de visión por computadora 3D. Se tomaron 197 fotos ortogonales a 25 m de altura respecto al terreno, con un solapamiento del 75% entre sí. Con el GPS diferencial se tomaron 58 datos puntales GNSS (sistema global de navegación por satélite) utilizando la metodología de medición en tiempo real de tipo NTRIP. En gabinete se procesaron los datos en software específicos, dando como producto final un MDE (Modelo Digital de Elevación) de una resolución de 24 cm/píxel (Fig. 1).

Se caracterizaron morfológicamente los suelos (Soil Survey Staff, 2022) a través de una hidrotoposecuencia transversal al cauce del arroyo en la que se realizaron siete calicatas, y cuatro observaciones ubicadas según criterios geomorfológicos.

La información obtenida se analizó mediante un sistema de información Geográfico de uso libre (Qgis) conjuntamente con Imágenes satelitales google earth multitemporales, para analizar la frecuencia y distribución de inundaciones, y cartografía preexistente (geomorfológica, pedológica, entre otras) de elaboración propia (PIO 009, 2016). Se elaboró una lista de indicadores geopedológicos, se interpretó y se representó el gradiente hidromórfico, a lo largo de la hidrotoposecuencia mediante un perfil topográfico.

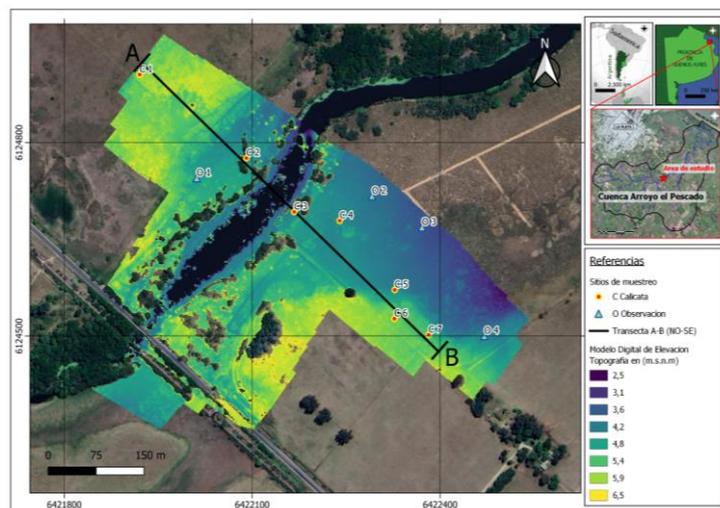


Figura 1. Mapas de ubicación. Cuenca del arroyo El Pescado, área de estudio y Modelo de Elevación Digital (fuente: elaboración propia)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del levantamiento aerofotogramétrico realizado se generó un ortomosaico de resolución 3 cm/píxel y un MDE de resolución 24 cm/píxel (Fig. 1). Al integrar esta información topográfica, la información cartográfica antecedente y la ubicación de las observaciones pedogenéticas relevadas en un SIG, se definió la transecta A-B en donde se observa la hidrotoposecuencia del humedal del arroyo El Pescado. La misma presenta una orientación NO-SE y una longitud de 600 m; en ella se detalla la ubicación de las siete calicatas (C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7) y las cuatro observaciones (O1, O2, O3 y O4). Además, se realizó un mapa geomorfológico del área de estudio en donde se ajustaron los límites entre las unidades anteriormente definidas (PIO 009, 2016). (Fig. 2)

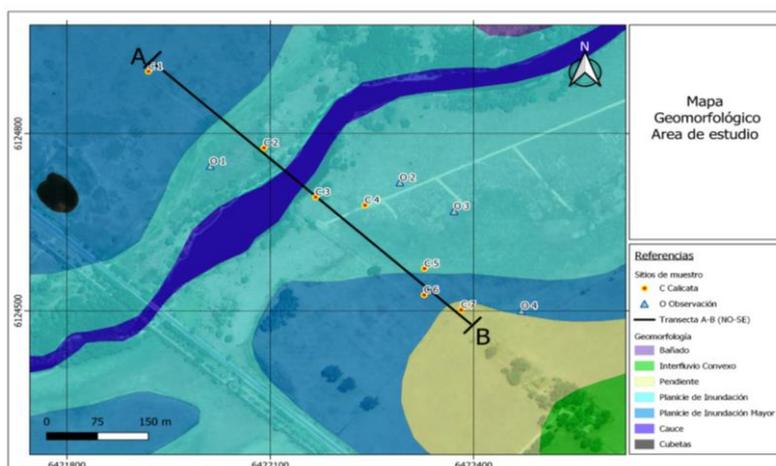


Figura 2. Mapa geomorfológico, ubicación de la transecta A-B, calicatas y observaciones (fuente: elaboración propia)

Las unidades geomorfológicas y las secuencias de horizontes de los siete perfiles de suelos analizados se detallan en el perfil topográfico generado, en el que además se representa el gradiente hidromórfico definido a partir de la interpretación geopedológica. En la hidrotoposecuencia, se observan las relaciones existentes entre los horizontes de los suelos analizados y su estrecha vinculación con la geomorfología del paisaje y las fluctuaciones de los niveles de agua superficial y subterránea (Fig. 3).

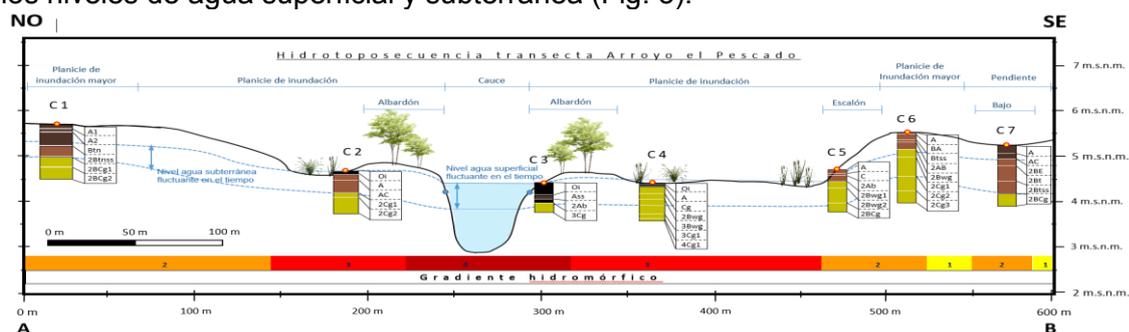


Figura 3. Hidrotoposecuencia, unidades geomorfológicas, secuencia de horizontes y categorías del gradiente de hidromorfismo (4-extremo, 3-fuerte, 2-moderado, 1-débil) (fuente: elaboración propia)

### Interpretación geopedológica

**Pendiente: C7** Se ubica en la pendiente en posición local de bajo, es imperfectamente drenado y la cobertura vegetal del 100 % presenta *Cynodon dactylon*, *Lotus tenuis* y *solanum glaucophyllum*. La secuencia desarrollada sobre material loésico presenta una discontinuidad a los 41 cm sobre la que se desarrolla un ciclo pedogenético de escaso desarrollo sin iluviación, con presencia de rodados loésicos en la base evidenciando que el material original ha sido retrabajado. El horizonte que subyace a la discontinuidad 2BE, evidencia eluviación intensa, con una marcada episaturación expresada además por la presencia de moteados de Fe-Mn escasos finos y precisos en el horizonte A y comunes medios y precisos junto a concreciones ferromanganíferas abundantes en los Hz. AC y 2BE. A partir de los 120 cm de profundidad en el horizonte 2BCg se observa gleyzación intensa. Las raíces son muy abundantes hasta los 41 cm, abundantes hasta los 85 cm y escasas en profundidad.

### Planicie de inundación mayor:

En esta unidad geomorfológica se ubican las calicatas C1 y C6, los materiales originales son continentales loésicos y ambas secuencias presentan una discontinuidad litológica a los 50

cm y 26 cm de profundidad respectivamente. En el ciclo pedogenético reciente se desarrollan horizontes eluviales e iluviales y se observa en la base del mismo rodados loessicos.

C1 Se ubica en el margen NO, el relieve es plano localmente cóncavo y presenta una clase de drenaje natural imperfectamente drenado; la cobertura vegetal es del 50 % con predominio de *Cynidon dactylon*, *Distichlis spicata* y *nostoc* escasos. La secuencia presenta rasgos redoximórficos desde la superficie hasta los 120 cm de profundidad, concreciones de Fe-Mn comunes hasta la discontinuidad litológica y moteados comunes finos y precisos hasta los 75 cm, profundidad a partir de la cual los moteados se presentan con un tamaño medio y más del 80 % de la matriz de estos horizontes presenta colores gley. El sodio se concentra en los horizontes medios del perfil. Estos rasgos reflejan la episaturación controlada por el cambio textural abrupto con eluviación intensa y la falta de estructura generada por los anegamientos frecuentes favorecida por el efecto dispersante del sodio; la endosaturación está evidenciada por los colores gley asociados a la presencia del nivel freático en la base del solum. Las raíces comunes y finas se encuentran en el horizonte A1, mientras que ya en el horizonte A2 son escasas y están ausentes a partir de los 75 cm de profundidad.

C6 Se ubica en el margen SE cercana a la pendiente, el relieve es plano y se considera una clase de drenaje natural imperfectamente drenado, si bien no presenta rasgos redoximórficos en los horizontes superficiales la presencia del colores gley desde los 57cm junto con moteados de Fe abundantes gruesos y sobresalientes evidencia una fuerte influencia del nivel freático en el perfil; la cobertura vegetal es del 100 % con predominio de *Cynidon dactylon* y *Baccharis caridifolia*. Las raíces son muy abundantes y medianas hasta los 17 cm y decrecen en abundancia y tamaño hasta los 60 cm.

#### **Planicie de inundación:**

En esta unidad se ubican los perfiles C2 (en el margen NO) y C3, C4 y C5 (en el margen SE) todos con materiales originales de origen aluvial.

C2 Se ubica entre el albardón y la planicie de inundación mayor, presenta relieve plano-cóncavo, es pobremente drenado, muestra un horizonte orgánico en superficie y una discontinuidad a los 23 cm a partir de la cual los colores son gley hasta la aparición del nivel freático a los 85 cm. Los moteados de Fe-Mn están en todos los horizontes y van aumentando su abundancia, tamaño y expresión en profundidad; el horizonte AC presenta abundantes concreciones de Fe-Mn. La vegetación es predominantemente *Cyperus* y *Eringium eburneum* con un porcentaje de cobertura del 100%. Las raíces son muy abundantes en los horizontes A y abundantes en los Cg.

C3 Se ubica entre el cauce y el albardón, el relieve es plano, es muy pobremente drenado y el nivel freático se encuentra a 40 cm de profundidad. Muestra un horizonte orgánico muy potente en superficie, un horizonte A enterrado, y una discontinuidad a los 48 cm. La estructura laminar del primer horizonte mineral da indicios del ambiente de depositación subacueo y muestra marcados rasgos de bioturbación. No se observan moteados ni concreciones de Fe-Mn, cabe aclarar que identificar estos rasgos, principalmente los moteados, se dificulta debido al alto contenido de materia orgánica acumulada y el alto grado de melanización. El horizonte C se encuentra en discontinuidad y con marcado proceso de gleyzación. La cobertura vegetal es del 100% se observan principalmente *Typha angustifolia* y *Juncus* las raíces son muy abundantes en todo el perfil.

C4 Se encuentra entre el albardón y la planicie de inundación mayor. El relieve es plano-cóncavo y presenta 100% de *Juncus* como cobertura vegetal. Es pobremente drenado. Presenta dos discontinuidades a los 23 y 71 cm. La más superficial separa el reciente y poco desarrollado ciclo pedogenético Oi/A/Cg que presenta marcada melanización y gleyzación, de horizontes bien estructurados, con alto contenido orgánico y con colores gley. El horizonte subyacente a la discontinuidad más profunda es masivo y gleyzado. No se identifican moteados ni concreciones ferromangáníferas.

C5 Este perfil se encuentra sobre un escalón o pendiente local en el margen SE muy cercano al límite con la planicie de inundación mayor. La cobertura vegetal es del 100% y se identificaron *Cynodon dáctylon* y *Cyperus*. El perfil es imperfectamente drenado, presenta moteados de Fe-Mn comunes, medios y precisos desde los 8 cm hasta los 40 cm y la abundancia, tamaño y expresión de los mismos se va incrementando hasta el horizonte más

profundo donde también se observan colores gley. Las raíces son abundantes en los horizontes superficiales y se encuentran presentes hasta los 70 cm.

El perfil presenta una discontinuidad a los 13 cm, pero en este caso a diferencia de los perfiles anteriormente descritos, el material original subyacente es de origen aluvial y el sobryace un material loésico de poco espesor en cuya base se observan rodados loésicos, al igual que en las tres calicatas anteriormente descritas. Esto pone de manifiesto un proceso de erosión hídrica del material loésico de zonas topográficamente más elevadas y redepositación sobre material aluvial sedimentado y pedogenizado previamente en la planicie de inundación. Estos procesos erosivos identificados concuerdan con lo mencionado por Fucks (2017) quien describe para la cuenca del Arroyo el Pescado importantes procesos de erosión hídrica mantiforme asociados a pedimentos de flancos y paredes de valles, a pesar de las bajas pendientes del orden de 0,27%.

A partir de la caracterización pedogenética precedente, el análisis satelital y cartográfico digital se identificaron y clasificaron indicadores geopedológicos (tabla 1).

<b>Categoría del Indicador</b>	<b>Tipo de Indicador</b>	<b>Indicador</b>
Cartográfico/Satelital	Cartas topográficas	Toponimia, cotas bajas, forma de curvas de nivel
	Cartas hidrológicas	Límites de cuenca, tipos de cursos y cuerpos de agua
	Cartas geomorfológicas	Unidades geomorfológicas
	Cartas pedológicas	Unidades cartográficas - Unidades taxonómicas - Fases
	Imágenes satelitales	Geoformas/Vegetación - Tonos - Textura - Patrones de humedad del suelo - imágenes multitemporales
	MED	Cotas bajas y geoformas
	Fotografías aéreas	Geoformas/Vegetación - Tonos - Textura - Patrones - Imágenes históricas, no registradas mediante tecnología satelital
Taxonómicos	Unidades taxonómicas	Taxones de suelos hidromórficos
	Regímenes de humedad	Ácuicos y/o Perácuicos
	Características y propiedades de diagnóstico	Condiciones ácuicas ( Saturación - Condiciones reductoras - Presencia de rasgos redoximórficos) - Cambio textural abrupto
	Epi y endopedones	Álbico, Nátrico, Hístico/ Folístico
Geomorfológicos	Geoformas	Cuerpos de agua (lagunas,ríos), Bajos, Depresiones, Planicies de inundación, etc)
	Relieve	Subnormal ó Plano - Cóncavo
	Pendiente	Escasa o nula
	Anegabilidad/Inundación	Tipo - Frecuencia - Duración
	Escurrimiento superficial	Escaso o nulo
Pedomorfológicos	Moteados de Fe-Mn	Presencia, Abundancia, Intensidad, Distribución, Patrón, Notación Munsell
	Concreciones de Fe-Mn	Presencia, Abundancia, Tamaño, Distribución, Notación Munsell
	Color	Colores gley(Presencia, Profundidad, Distribución, Notación Munsell), Colores oscuros (chroma y value bajos)
	Estructura	Laminar
	Nivel freático	Presencia - Profundidad

	Saturación	Tipo (epi-endo-anthro-capa colgada) - Frecuencia - Duración
	Permeabilidad	Lenta a muy lenta
	Porosidad	Primaria (textura) - Secundaria (estructura)
	Tipo de horizonte	H <sub>z</sub> . O <sub>i</sub> - O <sub>e</sub> - O <sub>a</sub> , H <sub>z</sub> . E, sufijos g, c, n, horizontes enterrados, discontinuidades litológicas
	Clase de drenaje natural	Clases 0, 1, 2 y 3
	Raíces	Abundancia y profundidad, profundidad efectiva
Biológicos	Comunidades vegetales	Especies hidrófitas, higrófitas, porcentaje de cobertura vegetal

Tabla 1. Tabla síntesis de categorías de indicadores, tipos e Indicadores geopedológicos.

## CONCLUSIONES

En el área de estudio existe una estrecha relación entre los suelos, la geomorfología y las fluctuaciones hídricas superficiales y subterráneas. Un abordaje geopedológico integral de campo sumado al uso de tecnología de precisión en campo y procesamiento digital permitió definir indicadores que fueron útiles para definir y categorizar el gradiente hidromórfico. Resultaron de especial importancia en la interpretación del gradiente hidromórfico la presencia y espesor de horizontes orgánicos (O<sub>i</sub>) y/o (E); las discontinuidades litológicas; la distribución y el espesor de horizontes con gleyzación y melanización intensas; la profundidad, distribución, tamaño, abundancia y contraste de rasgos redoximórficos como las concreciones y los moteados de Fe-Mn; la presencia de estructura de tipo laminar; la profundidad efectiva; la presencia y profundidad del nivel freático y la clase de drenaje natural. Todos los suelos a lo largo de la hidrotoposecuencia presentaron hidromorfismo, de grado extremo y fuerte asociado a la planicie de inundación, de grado predominantemente moderado en la planicie de inundación mayor y débil en la pendiente, intensificándose a moderado en posición local de bajo. Se concluye que el análisis geopedológico detallado, sumado a la identificación y clasificación de indicadores demostró ser una herramienta que facilita la interpretación del gradiente hidromórfico, siendo un aporte para la delimitación de humedales.

## BIBLIOGRAFIA

- Fucks, E. E., D'Amico, G., Pisano, M. F., & Nuccetelli, G. (2017). Evolución geomorfológica de la región del Gran La Plata y su relación con eventos catastróficos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 74(2), 141-154.
- Proyecto Investigación Orientado 009 (UNP-CONICET) (2014-2016). "Las inundaciones en La Plata, Berisso y Ensenada. Análisis de riesgos, estrategias de intervención. Hacia la construcción de un Observatorio Ambiental". Directoras-Coordinatoras: Dr. Alicia Ronco y Arq. Isabel Lopez. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59633>
- Schaetzl, R.; Anderson, S. (2005). *Soil and Geomorphology*. Cambridge University Press, New York. 817 p.
- Soil Survey Staff. (2022). *Keys to Soil Taxonomy*, 13th ed.; U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service: Washington, DC, USA. 410 p.
- Tiner, R. W. (2017). Practical considerations for wetland identification and boundary delineation. *Wetlands*, 113-137.
- Zobeck, T. M., & Ritchie Jr, A. (1984). Analysis of long-term water table depth records from a hydrosequence of soils in central Ohio. *Soil Science Society of America Journal*, 48(1), 119-125.