Modelado petrofísico de medios porosos parcialmente saturados

SOLDI, Mariangeles[1,2]; GUARRACINO, Luis[2]; JOUGNOT, Damien[3]; REMBERT, Flore[4]

[1] Departamento de Hidráulica y Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales (CURIHAM), Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario/ msoldi@fceia.unr.edu.ar
[2] Centro de Investigaciones Geofísicas, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
[3] Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR 7619 METIS, Paris, Francia.
[4] Université Orléans, CNRS, BRGM, ISTO, UMR 7327, F-45071 Orléans, Francia.

Palabras claves: medio poroso; saturación; flujo multifásico, petrofísica.

INTRODUCCIÓN

Los medios porosos intervienen en numerosos problemas de ingeniería y geociencias, desde el transporte de agua y solutos hasta la estabilidad de materiales, la remediación ambiental y el almacenamiento geológico de fluidos. La descripción cuantitativa de estos procesos requiere modelos capaces de relacionar la estructura del espacio poroso con el comportamiento macroscópico del medio. En este contexto, el desarrollo de modelos analíticos físicamente fundamentados constituye una herramienta de interés tanto para comprender los mecanismos de transporte como para interpretar observaciones experimentales y geofísicas.

OBJETIVOS

El presente trabajo se centra en el desarrollo de modelos analíticos para medios porosos parcialmente saturados.

METODOLOGÍA

El espacio poroso se representa mediante geometrías idealizadas que incorporan características como la tortuosidad y la constrictividad. A partir de considerar una distribución fractal del tamaño de poros y técnicas analíticas de escalamiento (*upscaling*) se obtienen expresiones matemáticas cerradas que permiten establecer relaciones entre la geometría del medio y sus propiedades macroscópicas.

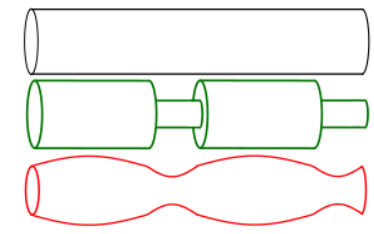


Figura 1. Geometrías porales

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Las expresiones obtenidas permiten estimar propiedades hidráulicas, estructurales y geoeléctricas de medios porosos, incluyendo porosidad, permeabilidad, conductividad hidráulica, conductividad eléctrica y exceso de densidad de carga efectiva asociado al potencial espontáneo. Las formulaciones propuestas fueron contrastadas con modelos teóricos existentes, y comparadas con datos experimentales de laboratorio y de campo, mostrando una adecuada capacidad para reproducir el comportamiento observado en distintos materiales y condiciones hidrológicas.

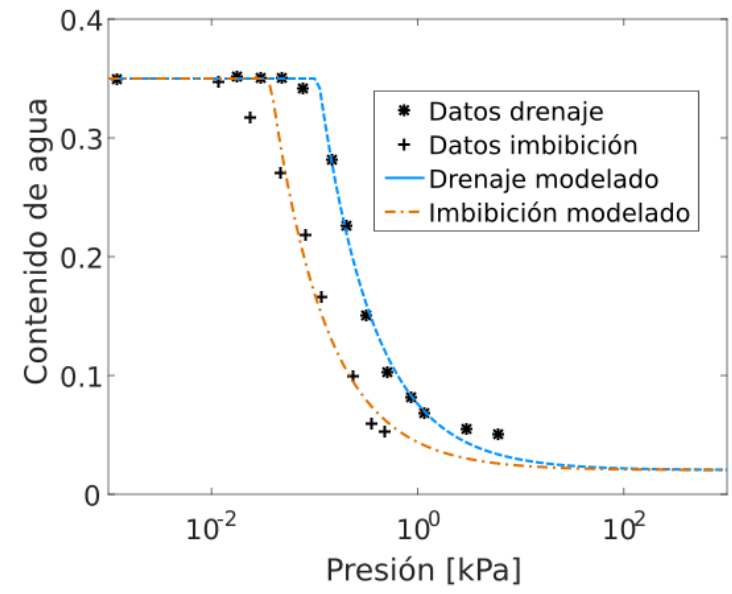


Figura 2. Comparación con datos de arena

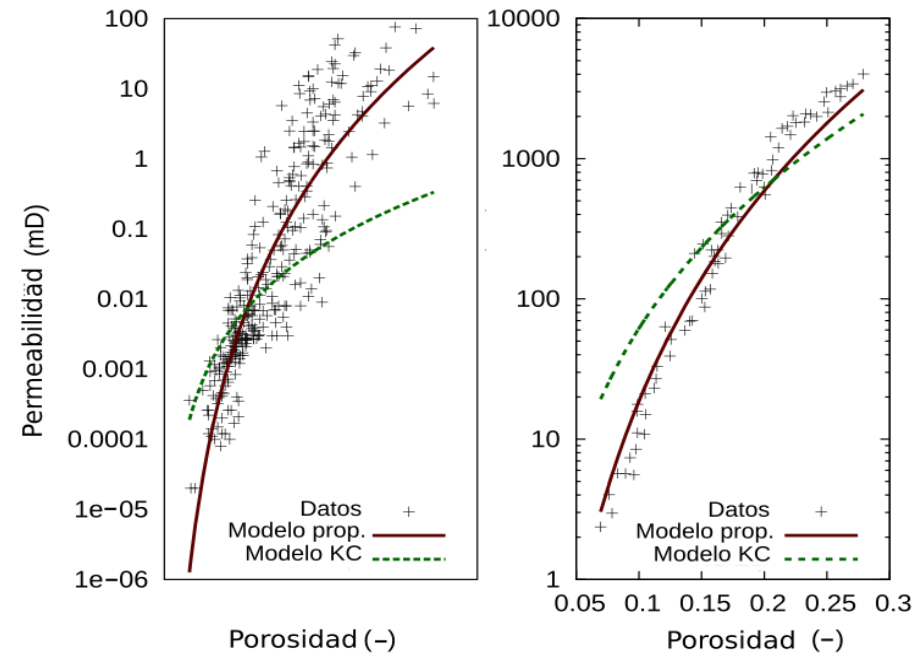


Figura 3. Comparación con datos de arena fluvial y de grano fino

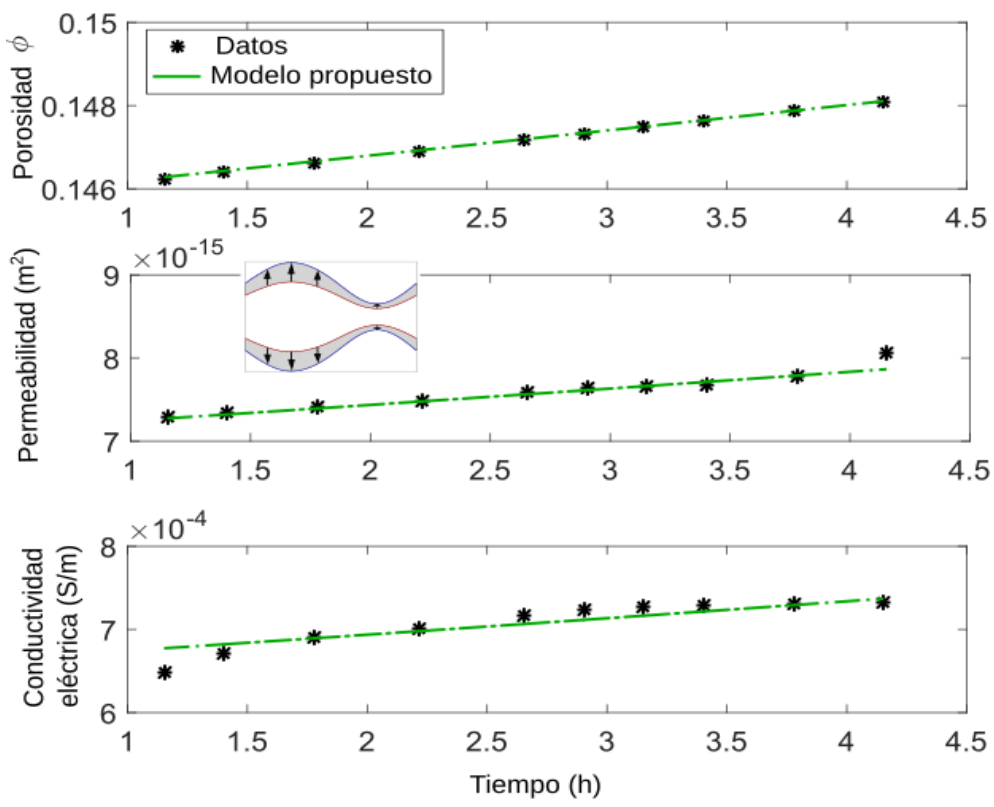


Figura 4. Comparación con datos de disolución de una caliza

CONCLUSIONES

La construcción de modelos analíticos basados en principios físicos proporciona un marco unificado para interpretar la respuesta de los medios porosos frente a diferentes fenómenos y escalas de observación, entre ellos la histéresis asociada a ciclos de drenaje e imbibición y la evolución geométrica producida por procesos de disolución. Esta línea de investigación ofrece herramientas aplicables a diversas problemáticas de ingeniería vinculadas con la caracterización de suelos, el monitoreo de procesos de transporte, la evaluación de recursos hídricos y el estudio de sistemas naturales y antrópicos.

REFERENCIAS (OPCIONAL/Formato APA)

Soldi, M., Rembert, F., Guarracino, L. & Jougnot, D. (2024). Electrical conductivity model for reactive porous media under partially saturated conditions with hysteresis effects. *Advances in Water Resources* 193,104815.

Soldi, M., Guarracino, L. & Jougnot, D. (2022). The effect of pore geometry in constitutive hysteretic models for unsaturated water flow. *Environ Fluid Mech* **22**, 1283–1305.