

# Resumen

Los modelos numéricos se están constituyendo en herramientas fundamentales para realizar predicciones de una amplia gama de problemas enfrentados por ingenieros geotécnicos y geoambientales. Sin embargo, para que estos modelos puedan realizar predicciones confiables, los parámetros de entrada del modelo deben ser estimados considerando el efecto escala. Si existe una diferencia entre las escalas observada y la del modelo, hay dos maneras de considerar este efecto: o los modelos son construidos con elementos de tamaños similares a la escala en la cual las propiedades fueron medidas, o se usa una regla de cambio de escala predefinida. En este contexto, esta tesis se concentra en las reglas del cambio de escala de los parámetros de flujo y transporte de masa en un suelo tropical a través de estudios numéricos, de laboratorio y de campo. Esta está organizada en cuatro partes.

Primero, la heterogeneidad, correlación y correlación cruzada entre los parámetros de transporte de solutos (dispersividad,  $\alpha$ , y coeficiente de partición,  $K_d$ ) y las propiedades del suelo fueron estudiadas en detalle. En esta parte fue verificado que la conductividad hidráulica ( $K$ ) y los parámetros de transporte de solutos son altamente heterogéneos, mientras que las propiedades del suelo no lo son. La correlación espacial de  $\alpha$  y  $K$  con variables estadísticamente significativas fue estudiada. Este resultado probablemente podrá mejorar la estimación en casos de estudios de pequeña escala debido a que solo fue observada correlaciones de hasta 2,5 m. Este estudio fue un primer intento de evaluar la variación espacial en el coeficiente de correlación de los parámetros de transporte de un soluto reactivo y de un no reactivo, indicando las variables más relevantes y aquella que debería ser incluida en estudios futuros.

En la segunda parte, el efecto escala en  $K$ , dispersividad y coeficiente de partición de potasio y clorito fue estudiado experimentalmente a través de experimentos de laboratorio y de campo. El objetivo de esta parte fue contribuir a la discusión sobre el efecto escala en  $K$ ,  $\alpha$  y  $K_d$ , y entender como estos parámetros se comportan con el cambio de escala de medición. La dispersividad tiende a aumentar con la altura de la muestra, es decir, con la longitud del transporte, de manera exponencial. El coeficiente

de partición tiende a aumentar con la altura, el diámetro y el volumen de la muestra. Estas diferencias encontradas en los parámetros de acuerdo con la escala de medición deben ser considerados cuando estos valores sean usados posteriormente como datos de entrada de modelos numéricos; de otra manera, las respuestas pueden ser malinterpretadas.

Tercero, análisis estocásticos tridimensionales de cambio de escala de la conductividad hidráulica fueron realizados usando los métodos de promedios simples y de Laplace con piel para una variedad de tamaños de bloques usando mediciones reales de  $K$ . En esta parte son demostrados los errores que pueden ser introducidos al usar métodos determinísticos de cambio de escala usando promedios simples de las mediciones de  $K$  sin llevar en consideración la correlación espacial. La aplicación muestra que la heterogeneidad de  $K$  puede ser incorporada en la práctica diaria del modelador geotécnico. Los aspectos que considerar durante un proceso de cambio de escala también son discutidos. Finalmente, la dependencia del exponente de la norma- $p$  como función del tamaño del bloque fue analizada.

En la última parte, una aplicación de cambio de escala estocástico del coeficiente de dispersión hidrodinámica  $D$  y del factor de retardo  $R$  fue realizada usando datos reales con el objetivo de reducir la falta de casos de investigación experimental de cambio de escala de parámetros de transporte de solutos reactivos. El cambio de escala de  $D$  fue realizado usando el método de macrodispersión. El método de promedio simple de norma- $p$  fue usado para realizar el cambio de escala de  $R$ . Una buena propagación de incertidumbres fue alcanzada. Métodos simples de cambio de escala pueden ser introducidos en la práctica del modelaje usando programas comerciales de transporte y conseguir reproducir el transporte en escala gruesa, pero puede requerir correcciones con el objetivo de reducir el efecto de suavizado de la heterogeneidad causado por el proceso de cambio de escala.