



Resumen de la Tesina de Máster.

Master Oficial en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Título: Modelación matemática y experimental de los efectos gravitatorios en el desarrollo de un penacho de contaminante en medio poroso saturado

Alumno/a: Claudia L Garzon M **E-mail** clalogamo@yahoo.com

Director/a: Jose E. Capilla R.

Codirector/es: -

Resumen: **Castellano** (máximo 2000 caracteres)

Las diferencias de densidades entre las sustancias contaminantes y el agua subterránea generan una estratificación, la cual puede favorecer dependiendo de las características hidráulicas del acuífero el desarrollo de efectos gravitatorios tales como el movimiento vertical del soluto y/o la formación de inestabilidades gravitatorias en los límites del penacho. Este tipo de fenómenos, ha sido muy estudiado por la hidrogeología durante las últimas dos décadas. En general, los trabajos de investigación se han enfocado en desarrollar marcos numéricos para la modelación cuidadosa de estos fenómenos apoyados en estudios experimentales. Sin embargo, la representación numérica de estos sistemas es compleja y requiere de estudios que permitan tener un detallado conocimiento del medio, además de suficientes mediciones con adecuada cobertura espacial y temporal. Por ello, los trabajos experimentales resultan ser una herramienta fundamental para lograr el estudio y comprensión de estos procesos.

Bajo este enfoque, el trabajo desarrollado se basa en la modelación numérica de un ensayo experimental del movimiento de un trazador de densidad mayor (1088 kg/m³) que el agua del medio (1000 kg/m³), ejecutado en un tanque experimental de análisis bidimensional. De este ensayo se cuenta con información detallada de la distribución espacial y temporal del trazador en el medio obtenida a través de técnicas de análisis de imágenes digitales y un amplio conocimiento de las características del medio. Con base en esta información, se modeló matemáticamente el movimiento del trazador empleando dos programas: uno con enfoque de flujo de densidad variable (SEAWAT 2000) y otro con enfoque clásico de flujo y transporte de aguas subterráneas (MODFLOW/MT3DMS). Adicionalmente la ecuación de transporte de la componente advectiva fue resuelta a través de los métodos de las características – MOC – (enfoque lagrangiano) y el método TVD (enfoque euleriano).

Los resultados obtenidos indican que el movimiento vertical del trazador en los tiempos iniciales de la experimentación, determina la forma y el área de desarrollo del penacho en los tiempos posteriores a la inyección. El éxito de la simulación se basa en poder reproducir el hundimiento observado, ya que la distribución de la masa del trazador en el medio está íntimamente ligada a los patrones de flujo y campos de conductividad existente afectada por el

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL MÁSTER



grado de heterogeneidad del medio. Para lo anterior resulta importante conocer la función de la variación de la densidad con respecto a la concentración cuando se emplea un trazador con composición o características diferentes a las del agua del mar. Se observó que el uso de una ecuación estándar, para describir dicha relación, puede influenciar los resultados en la modelación de los efectos gravitatorios. En el caso del uso de los modelos MODFLOW/MT3DMS, no se logra reproducir el movimiento vertical del penacho observado en los tiempos iniciales del ensayo. En consecuencia, existen discrepancias entre los resultados numéricos y experimentales. Por otra parte, el considerar los efectos de las diferencias de la densidad entre fluidos, permitió simular con el programa SEAWAT 2000 el hundimiento del penacho y modelar con aproximación los patrones de flujo observados

Inglés (máximo 2000 caracteres)

The differences of densities between the polluting substances and the groundwater generate a stratification, which can help, depending on the hydraulic characteristics of the aquifer, the development of gravitational effects such as the vertical movement heave of the solute and/or the formation of gravitational instabilities in the limits of plume. This kind of phenomena has been very studied by the hydrogeology during the last two decades. In general, the works of investigation have focused in develop numerical marks for the careful modeling of these phenomena, supported in experimental studies. Nevertheless, the numerical representation of these systems is complex and requires of studies that allow us to have a detailed knowledge of means, in addition to enough measurements with suitable space and temporary cover. For that reason, the experimental works become in a fundamental tool for the study and understanding of these processes.

Under this approach, the developed work is based on the numerical modeling of an experimental test of the movement of a tracer of higher density (1088 kg/m³) than the water of the means (1000 kg/m³), which have been observed during 2,64 days and were realize in an experimental tank of bidimensional analysis, located in the Polytechnical University of Valencia. In this test we have exhaustive information of the spatial and temporary distribution of the tracer in means, obtained through analytics techniques of digital images and an elevated knowledge of the mean. With base in this information, has modeled mathematically the tracer movement, using two programs: one with flow approach of variable density (SEAWAT 2000) and another one with classic approach of flow and groundwater transport (MODFLOW/MT3DMS). Additionally the transport equation of the advective component was solved through the methods of the characteristics - MOC - (lagrangiano approach) and method TVD (eulerian approach).

The obtained results indicate that the heave of the tracer in the experimentation initial times, determines the shape and area of the plume development in the injection later times. The success of the simulation is based on being able to reproduce the observed collapse, because the mass distribution of the tracer in the mean, intimately is bound to the flow patterns and the conductivity fields, affected by the heterogeneity degree of the means. For the previous thing it is important to know the density variation function respect to the concentration when is used a tracer with different composition or characteristics than the seawater.

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL MÁSTER



It was observed that the use of a standard equation, to describe this relation, could influence the results in the modeling of the gravitational effects. In the case of the use of the models MODFLOW/MT3DMS, could not been reproduced the heave of plume observed in the test initial times.

Consequently, discrepancies between the numerical and experimental results exist. On the other hand, considering the effects of the density differences between fluids, allowed to simulate with program SEAWAT 2000 the collapse of plume and to model with approach the observed patterns of flow.

Valenciano (máximo 2000 caracteres)

Les diferències de densitats entre les substàncies contaminants i l'aigua subterrània generen una estratificació, la qual pot afavorir, depenent de les característiques hidràuliques de l'aqüífer, el desenrotllament d'efectes gravitatoris tals com el moviment vertical del soluto i/o la formació d'instabilitats gravitatòries en els límits del plomall. Este tipus de fenòmens, ha sigut molt estudiat per la hidrogeologia durant les últimes dos dècades. En general, els treballs d'investigació s'han enfocat a desenrotllar marcs numèrics per a la modelació acurada d'estos fenòmens recolzats en estudis experimentals. No obstant, la representació numèrica d'estos sistemes és complexa i requereix d'estudis que permeten tindre un detallat coneixement del medi, a més de suficients mesuraments amb adequada cobertura espacial i temporal. Per això, els treballs experimentals resulten ser una ferramenta fonamental per a aconseguir l'estudi i comprensió d'estos processos

Baix este enfocament, el treball desenrotllat es basa en la modelació numèrica d'un assaig experimental del moviment d'un traçador de densitat major (1088 kg/m³) que l'aigua del medi (1000 kg/m³), i va ser executat en un tanc experimental d'anàlisi bidimensional. D'este assaig es compta amb informació detallada de la distribució espacial i temporal del traçador en el medi obtinguda a través de tècniques d'anàlisi d'imatges digitals i un ampli coneixement de les característiques del medi. Amb base en esta informació, es va modelar matemàticament el moviment del traçador emprant dos programes: un amb enfocament de flux de densitat variable (SEAWAT 2000) i un altre amb enfocament clàssic de flux i transport d'aigües subterrànies (MODFLOW/MT3DMS). Adicionalment l'equació de transport de la component advectiva va ser resolta a través dels mètodes de les característiques – MOC – (enfocament lagrangiano) i el mètode TVD (enfocament euleriano).

Els resultats obtinguts indiquen que el moviment vertical del traçador en els temps inicials de l'experimentació, determina la forma i l'àrea de desenrotllament del plomall en els temps posteriors a la injecció. L'èxit de la simulació es basa a poder reproduir l'afonament observat, ja que la distribució de la massa del traçador en el mig està íntimament lligada als patrons de flux i camps de conductivitat existent afectada pel grau d'heterogeneïtat del mig. Per a l'anterior resulta important conèixer la funció de la variació de la densitat respecte a la concentració quan s'empra un traçador amb composició o característiques diferents a les de l'aigua del mar.

Es va observar que l'ús d'una equació estàndard, per a descriure la dita relació, pot influenciar els resultats en la modelació dels efectes gravitatoris. En el cas de l'ús dels models MODFLOW/MT3DMS, no se aconseguisc

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL MÁSTER



reproduir el moviment vertical del plomall observat en els temps inicials de l'assaig. En conseqüència, hi ha discrepàncies entre els resultats numèrics i experimentals. D'altra banda, el considerar els efectes de les diferències de la densitat entre fluids, va permetre simular amb el programa SEAWAT 2000 l'afonament del plomall i modelar amb aproximació els patrons de flux observats

**Palabras clave
(máximo 5):**

densidad variable / tanques experimentales / flujo subterráneo / efectos gravitatorios /

Fecha: 3 de diciembre de 2009

El/La Alumno/a

Fdo: Claudia L. Garzon M.

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL MÁSTER