

**CI61Q/CI 71M PRINCIPIOS DE REMEDIACION Y RESTAURACION**  
**SEMESTRE PRIMAVERA 2005**  
**EJERCICIO 3**

**Agosto 26, 2005**

Borden es una antigua base de la Fuerza Aérea Canadiense, la cual presenta una alta contaminación de sus aguas subterráneas debido a las actividades desarrolladas por décadas en ese sector.

El año 1986 se desarrolló, en esta localidad, un experimento clásico en el tema de contaminación de aguas subterráneas, el cual es descrito en detalle en Mackay (1986). En esta experiencia se procedió a inyectar diversos trazadores, cuyo movimiento en el acuífero fue estudiado en detalle a lo largo de dos años.

Los resultados de este experimento pueden ser analizados utilizando una solución analítica para la inyección instantánea de un contaminante en un campo de velocidades uniforme y con procesos de advección, dispersión, adsorción lineal y decaimiento de primer orden. La solución analítica que describe este problema se entrega a continuación:

$$C(x, y, z, t) = \frac{M'}{8 \cdot (p \cdot t)^{3/2} \cdot \sqrt{D'_x \cdot D'_y \cdot D'_z}} \cdot \exp \left( -\frac{(x - v' \cdot t)^2}{4 \cdot D'_x \cdot t} - \frac{y^2}{4 \cdot D'_y \cdot t} - \frac{z^2}{4 \cdot D'_z \cdot t} - I \cdot t \right)$$

donde:

$$M' = \frac{M}{n \cdot R} \qquad v' = \frac{v}{R} \qquad I = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}}$$

$$D'_x = \frac{D_x}{R} = \frac{a_L \cdot u + D^*}{R} \qquad D'_y = \frac{D_y}{R} = \frac{a_T \cdot u + D^*}{R} \qquad D'_z = \frac{D_z}{R} = \frac{a_T \cdot u + D^*}{R}$$

donde M es la masa de trazador inyectada en el acuífero, n es la porosidad del medio, R es el coeficiente de retardación, u es la velocidad de poros,  $a_L$  y  $a_T$  son la dispersividad longitudinal y transversal, respectivamente,  $D^*$  es la difusión molecular, y  $T_{1/2}$  es la vida media de un compuesto que decae según una cinética de primer orden.

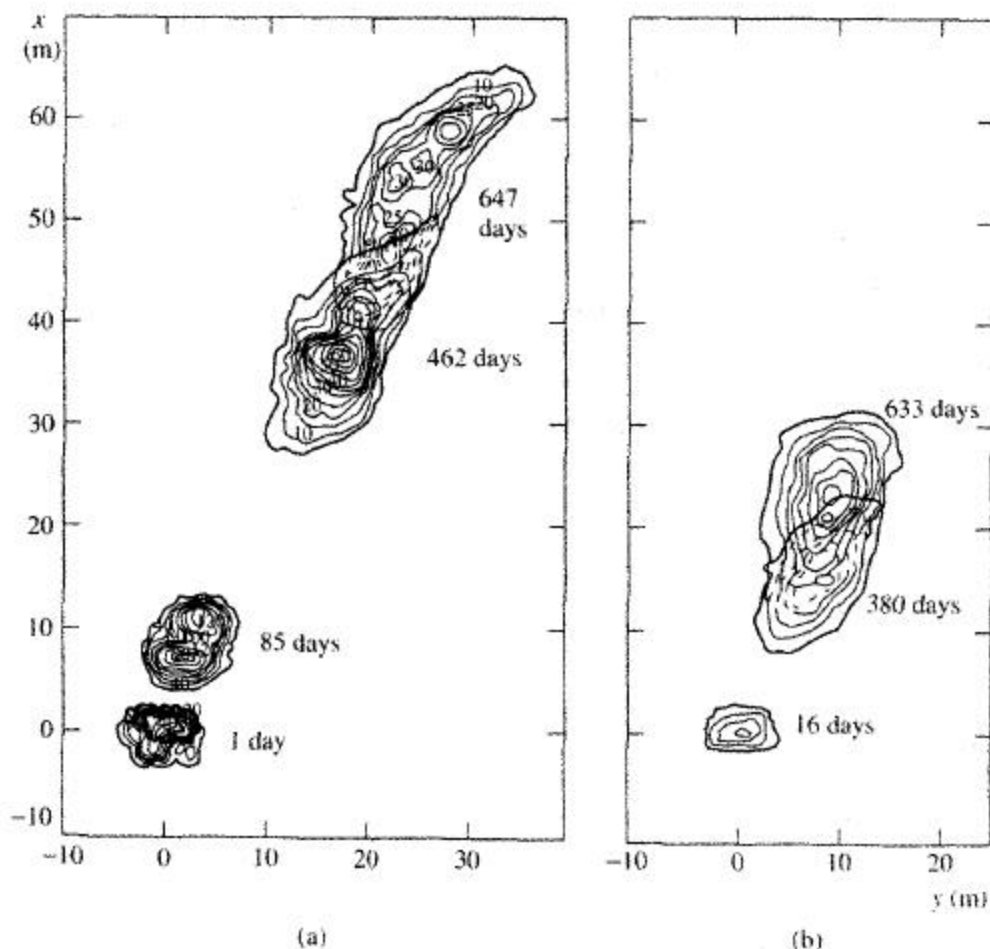
Resultados de la experiencia de flujo de agua subterránea y transporte de trazadores en el sitio de Borden se presentan en la Tabla 1.

Escribir un programa en EXCEL, MATLAB u otro lenguaje para utilizar la solución anterior y modelar el transporte de dos trazadores en el sitio de Borden: cloruro y carbon tetracloruro. Los datos de flujo y transporte recopilados en los artículos dedicados a este tema se resumen en la Tabla 1. Desprecie los efectos de difusión molecular y decaimiento. Compare y comente sus resultados teóricos con aquellos resumidos en la Figura 1.

**Tabla 1**  
**Datos Básicos Experiencia de Borden**

Trazador	Masa Inyectada	Velocidad de poros	Dispersividad Longitudinal	Dispersividad Transversal	Factor de Retardación
	(g)	(m/día)	(m)	(m)	
Ion Cloruro	10,700	0.091	0.36	0.039	1.0
carbon tetracloruro	3,870	0.091	0.36	0.039	2.5

**Figura 1**  
**Resultados Experimentos en Borden**



Distribución de concentración verticalmente promediada de dos solutos:

- (a) ión cloruro, luego de 1, 85, 462, y 647 días después de la inyección (intervalo de promedio:  $z=-1.5$  a  $-7.5$  m)
- (b) carbon tetracloruro, luego de 16, 380, y 633 días después de la inyección (intervalo de promedio:  $z=-1.5$  a  $-6.0$  m)

**REF:** Mackay, DM., D.L. Freyberg, P.V. Roberts, and J. A. Cherry, "A Natural Gradient Experiment On Solute Transport In A Sand Aquifer, (1) Approach And Overview Of Plume Movement", Water Resources Research., 22:13:2017-2029, December 1986.

**Fecha de entrega de Ejercicio: Viernes 3 de Septiembre.**