

Comparación de Mapas de Riesgo de Contaminación del Acuífero Patiño

Báez, Liz¹; Villalba, Cynthia¹; Nogués, Juan Pablo^{1,2}

lizbaezl@gmail.com, cvillalba@pol.una.py, juan.nogues@upa.edu.py

¹ Facultad Politécnica – Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo. Paraguay

² Facultad de Ciencias de la Ingeniería – Universidad Paraguayo Alemana, San Lorenzo. Paraguay

Programa de incentivos para la formación de docentes – investigadores – Convocatoria 2015

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue verificar, si hay alguna diferencia (estadística) entre dos mapas de riesgo de contaminación del acuífero Patiño, calibrados por contaminantes: Nitrógeno total (N_T) y Coliformes totales (C_T); y responder lo siguiente, ¿Puede un mapa de riesgo de contaminación, calibrado usando valores de un contaminante específico, predecir el riesgo de contaminación por otro contaminante? Para lograr esto se realizaron análisis: estadísticos, variogramas y un cálculo de celdas similares a diferentes radios de búsqueda. Los resultados indicaron que, cualitativa y cuantitativamente, hay suficientes diferencias entre los dos mapas de riesgo para que uno reemplace al otro.

INTRODUCCIÓN

En el estudio "Mapeo de la Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación del Agua Subterránea del Gran Asunción" [1] se obtuvieron mapas (Figura 1) de índice de riesgo de contaminación, a partir de la modificación de un modelo de vulnerabilidad de contaminación de aguas subterráneas, denominado DRASTIC, agregando parámetros antropogénicos como el uso de la tierra, la densidad de pozos ciegos y vías principales de transporte. El modelo modificado fue calibrado basado en la metodología propuesta por Panagopoulos et al. [2]. La calibración se hizo con dos contaminantes distintos: N_T y C_T. De esta manera se logró dos mapas de riesgo de contaminación.

Estudiando a los mapas, la pregunta surge si realmente es necesario crear un mapa de índice de riesgo de contaminación por contaminante, o si un mapa puede llegar a suplir al otro. El objetivo de este trabajo fue verificar, si hay alguna diferencia estadística entre los diferentes mapas de riesgo de contaminación y así responder la pregunta de si es necesario crear un mapa de riesgo para cada tipo de contaminación.

METODOLOGÍA

Para el análisis estadístico se utilizó el conjunto de datos de los mapas de riesgos de contaminación por N_T (Figura 1.a) y C_T (Figura 1.b); que contienen 152.626 valores de índices de riesgo (I-N_T e I-C_T) normalizados de 0 a 100; basados en un estudio previo [1]. Primeramente el análisis exploratorio consistió en la comparación de: histogramas, gráficos de probabilidad normal, resumen estadístico para identificar el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variación, la mediana, los valores mínimos, máximos y los cuartiles de las dos distribuciones, y diagramas de dispersión; cada uno de estos correspondiente a la distribución de datos del mapa de riesgo calibrado con las concentraciones de N_T y C_T.

Se crearon variogramas para estudiar la variabilidad de un parámetro (I-N_T o I-C_T) con distancia y dirección. El variograma estudia la variabilidad con la distancia y en cierta dirección. Se representa por la siguiente ecuación:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{|2N(h)|} \sum_{j=1, j \neq i}^{N(h)} (S_i - S_j)^2 \quad (1)$$

donde la suma se realiza sobre todos los pares a una distancia h y N es el número de pares de valores a una distancia h . Los valores S_i y S_j referencian a los parámetros siendo comparados. El variograma se estudió en el sentido omnidireccional, donde el ángulo de búsqueda es de 360 grados a una distancia entre 0 a 15 Km – esta distancia representa el área aproximada de las zonas urbanas más grande del acuífero (el Gran Asunción).

El último análisis que se realizó en este estudio corresponde al cálculo del ratio que describe cuan parecidas son las celdas entre los dos mapas en cuestión. Para cada celda se calculó la diferencia entre I-N_T y I-C_T, con diferentes radios de búsqueda (a 87, 1700 y 4300 m de distancia). Las celdas con diferencias que estaban por debajo de un valor de "5" fueron contadas y divididas por el total de celdas comparadas. La siguiente ecuación explica el cálculo binario:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^n r_j \quad (2)$$

donde,

$$r_j = \begin{cases} 1 & \text{si } (|NT_i - CT_j|) \leq 5 \\ 0 & \text{si } (|NT_i - CT_j|) > 5 \end{cases} \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

donde N_T y C_T son los valores de riesgo de contaminación de los mapas en el punto i' y los puntos j' . El valor de r_j es constante y solo cambia el valor de j , que representa al búsqueda dentro de un radio y y n son los números de valores comparados. Los radios de búsqueda fueron de 0, 87, 1700, 4300, 5220, 6525 y 10005 metros.

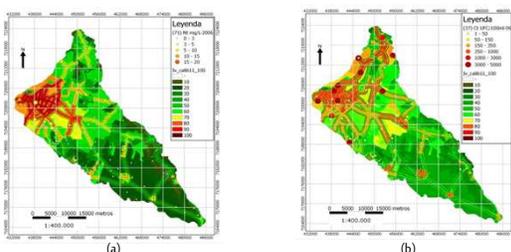


Figura 1. Mapas de riesgo de contaminación del acuífero Patiño (a) Calibrado con N_T (b) Calibrado con C_T

RESULTADOS

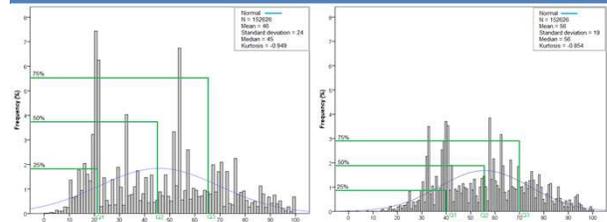


Figura 2. Histogramas y resumen estadístico de los 152.626 valores de I-N_T e I-C_T.

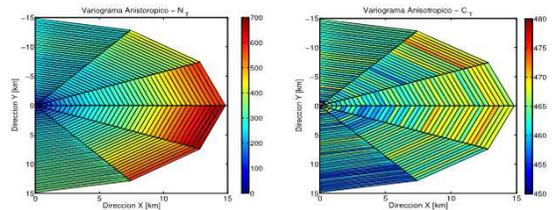


Figura 3. Variogramas Anisotrópicos en 2D de los índices N_T y C_T

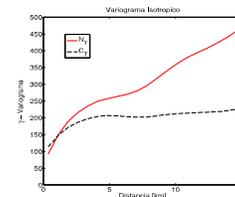


Figura 4. Variograma Isotrópico (omnidireccional) hasta una distancia de 15 km.

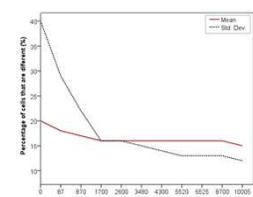


Figura 5. Probabilidad de encontrar celdas similares en diferentes radios de búsquedas al comparar los mapas de riesgos.

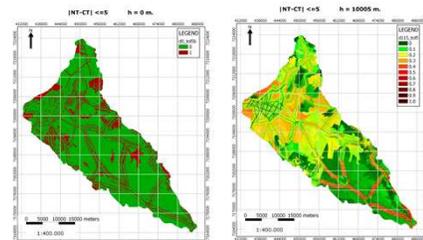


Figura 6. Porcentaje de áreas que tienen el mismo valor, en un radio de búsqueda determinado.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que, cualitativa y cuantitativamente, los mapas son suficientemente diferentes y que un mapa de riesgo no puede reemplazar a otro. Las implicancias prácticas son que un sistema global de monitoreo sin focalizar en un contaminante en específico quizás no sea la forma adecuada de afrontar el problema de monitoreo ya que en tratar de encontrar los dos contaminantes se podría dar el caso de no encontrar ninguno.

A partir de estos resultados se pretende: tener un punto de partida para realizar la toma de muestras en áreas de alto riesgo del acuífero Patiño, crear un sistema de alerta temprana con pozos de monitoreo constante, delimitar zonas adecuadas que puedan servir para el desarrollo comercial, residencial e industrial.

REFERENCIAS

- Báez, L., C. Villalba, and J.P. Nogués. *Mapeo de la Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación del Agua Subterránea del Gran Asunción*. 2014; 55. Available from: <http://www.estudiopatiño.pol.una.py/descargas/Informe%20Final%20Politecnica%20IN20.pdf>.
- Panagopoulos, G.P., A.K. Antonakos, and N.J. Lambakis. *Optimization of the DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment via the use of simple statistical methods and GIS*. Hydrogeology Journal. 2006. 14: p. 894 – 911.