

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA PIEZOMETRÍA EN EL ACUÍFERO DE IRAPUATO VALLE DE SANTIAGO

Arias García, Andrea Josefina (1), González Barbosa, Ricardo (2)

¹ [Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato] | [andrea-ariasg@hotmail.com]

² [Departamento de Ciencias Ambientales, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [gonzalezbarric@gmail.com]

Resumen

En el presente estudio se analiza la evolución espacial y temporal de los descensos del agua subterránea durante el periodo de 2005 a 2014, a través del análisis de la piezometría del área en los diferentes años por medio del método de kriging ordinario, con el objetivo de conocer el estado actual del Acuífero Irapuato- Valle. Se realizó un modelado del acuífero y un análisis geoestadístico para comparar los comportamientos observados en los variogramas. El programa Surfer 9, se empleó para el modelado del flujo del agua subterránea y la elaboración de mapas de vectores. Con ArcGis 10.3 se realizó el modelado de la distribución del agua subterránea, algebra de mapas y análisis de variaciones espacio-temporales de la piezometría. El correcto análisis de la información permite obtener un panorama general sobre las características y comportamiento histórico del acuífero, para de esta manera, buscar la adecuada gestión mediante la implementación de metodologías y técnicas sustentables de uso del recurso que permitan su protección.

Abstract

The spatial and temporal evolution is analyzed in this study. The main purpose is to study the declines of groundwater during the period 2005 to 2014, through analysis of the piezometric area by the method of ordinary kriging, with the aim to know the current status in Irapuato Valley Aquifer. It was made aquifer modeling and geostatistical analysis to compare the behaviors observed in the variograms. Surfer 9 is used for modeling of groundwater flow and vector maps. The modeling groundwater distribution, algebra mapping and analysis of spatial and temporal variations of the piezometry were made with ArcGIS 10.3. The correct analysis of information allows to obtaining an overview of the features and historical behavior of the aquifer in study and this way, find the proper management by implementing methodologies and sustainable resource use techniques that allow their protection.

PALABRAS CLAVE

Geoestadística; Kriging; Semi-variograma; Abatimiento; Piezometría

INTRODUCCIÓN

El cambio en las actividades humanas requiere que se modifique el medio ambiente. Anteriormente no se consideraron las afectaciones a los recursos hídricos subterráneos, debido a la falta de conciencia de cómo podría disminuir su calidad, razón por la cual el desarrollo se dio de forma no planificada, sin tomar en cuenta los efectos nocivos del crecimiento descontrolado de la población y el aumento de sus demandas.

Los problemas que se presentan relacionados con la disponibilidad del agua y cuestiones relacionadas con su calidad ha aumentado en las últimas décadas, siendo el agua subterránea la principal fuente de abastecimiento en el Estado de Guanajuato, es importante contar con herramientas que ayuden y orienten la definición y alcance de las acciones de protección a este recurso.

Problemática ambiental

El estado de Guanajuato cuenta con una fracción mínima de la disponibilidad nacional de agua y presenta la mayor densidad de pozos del país (27.7% de los aprovechamientos).

La región acuífera Irapuato-Valle es caracterizada por el aumento constante de la competencia por el uso del agua a fin de satisfacer las necesidades. Esta competencia ha ocasionado que la extracción del agua subterránea se incremente año con año, a costa del almacenamiento acuífero.

El acuífero Irapuato-Valle actualmente se encuentra sobreexplotado, si se considera que la cantidad de agua que se obtiene del subsuelo, es mayor que la que recibe o que recarga [1].

El volumen utilizado en agua subterránea es de 522.2 Mm³/año a través de 2969 pozos [1], de acuerdo a los resultados del balance de agua subterránea, existe una sobreexplotación de 163.28 millones de m³/anuales, lo que se traduce en abatimientos de 1 A 1.5 metros por año. La sobreexplotación corresponde al 31.26% de la recarga [1].

Características geográficas del sistema acuífero

El acuífero Irapuato- Valle se encuentra ubicado en la parte centro-sur del estado de Guanajuato. La superficie que comprende es de aproximadamente 2458,495 Km², dentro de sus límites se encuentran 13 municipios, los 5 más importantes por su extensión territorial, número de habitantes y superficie incluida dentro del acuífero son Irapuato, Salamanca, Valle de Santiago, Huanímaro y Pueblo Nuevo.

Estos municipios representan el 17.5 % de la población del Estado y el 98.4% de la zona del acuífero. Los otros 8 municipios que se incluyen son Abasolo, Allende, Guanajuato, Dolores Hidalgo, Santa Cruz de Juventino Rosas, Jaral del progreso, Yuriria y Villagrán.

Justificación

El análisis de la variabilidad espacio-temporal de la piezometría permite caracterizar modificaciones temporales y espaciales del nivel, de gran interés para la administración del recurso.

Se presenta un análisis geoestadístico de la piezometría del acuífero Irapuato-Valle en un periodo de 10 años. Los resultados obtenidos se interpretan desde el punto de vista hidrodinámico relacionando comportamientos observados en los variogramas con el tiempo en que estos se modifican.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo fueron utilizados dos programas: SURFER 9.0 que fue implementado para el modelado del flujo del agua subterránea, este programa permite la visualización en 3D, la creación de isolíneas, y el modelado de superficies en base a la interpolación datos XYZ.

Una segunda parte del estudio fue realizada con ArcGis 10.3 (ArcMap) que se utilizó para el modelado de la distribución del agua subterránea anualmente, posteriormente para realizar algebra de mapas y poder comparar las variaciones espacio-temporales de la piezometría.

Marco de modelación

La información necesaria se tomó de la red de monitoreo del nivel piezométrico del acuífero Irapuato-Valle, conformada por 139 aprovechamientos. En conjunto, se dispone de una media de 100 a 139 datos por año proporcionados por la Comisión Estatal de Agua, suficientes para este tipo de estudios.

A fin de analizar la piezometría y su evolución en el área de estudio, se generaron mapas donde se muestra la distribución del agua subterránea en el periodo 2005 a 2014 en intervalos de 1 año que representan adecuadamente la variabilidad temporal del nivel del agua.

Con el modelo del acuífero, se realizó la estimación espacial mediante kriging ordinario, el cual consiste en interpolar espacialmente el valor de la propiedad en un punto mediante una combinación lineal de sus “n” vecinos más cercanos, generando una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersos con valores z [2].

Esta herramienta de interpolación presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie [2].

Ajuste del modelo

Para usar el kriging fue necesario realizar previamente el análisis estadístico exploratorio de los datos en Excel, el modelado de variogramas y la creación de la superficie.

Se calculó mediante una ecuación un gráfico de semi-variograma, el cual permite ajustar de manera teórica el modelo a la distribución espacial de los datos.

Para la selección del mejor modelo de semi-variograma se usaron los siguientes criterios [3]:

El valor de la raíz cuadrada del error medio cuadrático, Root Mean Square (RMS), menor. El valor del error estándar promedio, Average Standard Error (ASE) menor. El valor de la raíz cuadrada del error medio cuadrático estándar, Root Mean Square Standardized (RMSS), más cercano a uno.

Algebra de mapas

Una vez obtenidas las superficies se utilizó el álgebra de mapas. Este es un conjunto de análisis o geoprocesos que se desarrollan sobre varias capas para obtener información derivada. El método es utilizado para combinar variables territoriales de tal manera que permita obtener mapas de información vinculada a una característica concreta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto al análisis variográfico se observa que para los datos los semi-variogramas que más se acercan a modelar el fenómeno en la zona en estudio son el J-Bessel y Hole effect.

Se trata de un sistema de funciones finitas en el origen y su rango varía de $-\infty$ a $+\infty$. El modelo J-Bessel ayuda a analizar funciones que tienen raíces a intervalos no regulares.

Mediante el modelo Hole effect se puede establecer que el fenómeno presente en la zona posee una componente periódica [3].

Los modelos teóricos usados J-Bessel y Hole effect, son nuevos para estudiar este tipo de fenómenos, ya que la literatura reporta como modelo usado para estos estudios el tipo esférico [3].

El análisis de los niveles estáticos del acuífero de 2005 a 2014 en temporada de estiaje indica que la dirección principal de flujo es desde el Noreste y Sur de la zona hacia la parte centro del acuífero, dicha dirección es inducida por la explotación del acuífero en los alrededores y en zona ubicada al norte de la ciudad de Salamanca y al oriente de Irapuato, en donde se localiza una porción importante del corredor industrial Salamanca – Irapuato (IMAGEN 1).

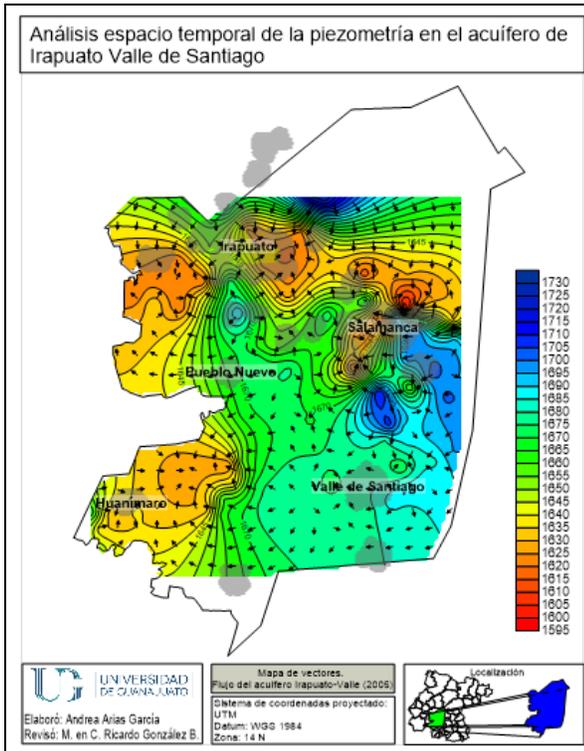


IMAGEN 1: Dirección del flujo del agua subterránea del acuífero Irapuato-Valle.

La alta dependencia de las aguas subterráneas para el abastecimiento urbano y la agricultura en las ciudades pertenecientes al acuífero Irapuato-Valle explican la alta densidad de pozos y el régimen de bombeo intenso.

En general, en las partes planas de los valles la infiltración al acuífero se considera baja o nula, debido a la existencia de horizontes semipermeables o impermeables que dan origen a la formación de un acuífero superficial representado por niveles piezométricos relativamente cerca de la superficie que contrastan con los niveles de un acuífero a mayor profundidad.

Analizando la piezometría (IMAGEN 2) se observa que los mayores niveles se presentan al norte del acuífero donde se encuentra un área de recarga importante.

Esta zona se encuentra constituida por materiales y rocas que permiten la infiltración y circulación de agua en el subsuelo, dando origen a un extenso acuífero de alto rendimiento.

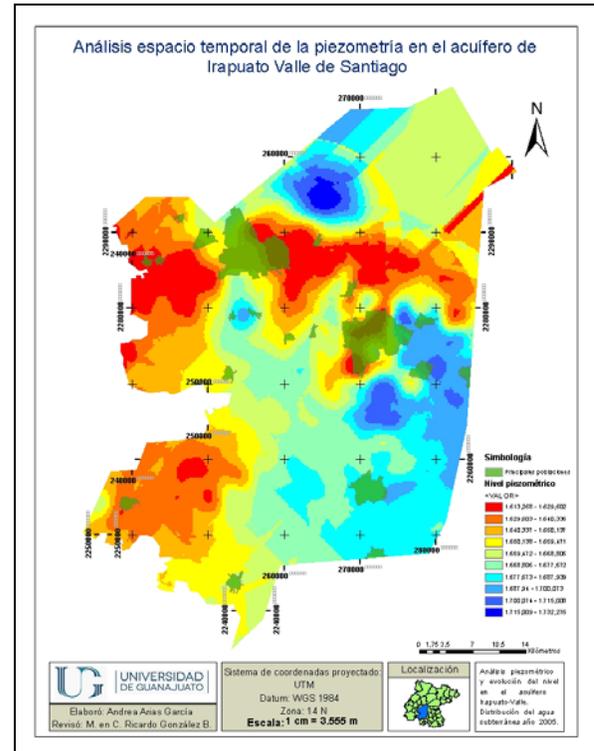


IMAGEN 2: Niveles piezométricos del acuífero Irapuato-Valle año 2005.

A partir de la configuración de la elevación del nivel estático, se ha detectado la existencia de conos de abatimiento localizados al norte del municipio de Irapuato, al oriente de la Cd. de Irapuato - norte del municipio de Salamanca y Centro-Sur de la Cd. de Salamanca donde existe una extracción importante para satisfacer las necesidades de irrigación y para uso industrial. En estos conos el nivel desciende hasta 36 metros en un periodo de 10 años.

En lo que se refiere a la evolución del nivel estático se ha observado que en el periodo 2013-2014 se presentan recuperaciones de hasta 10 m. La media regional anual de descenso se ha mantenido desde 2005 a 2014 de entre los 2 y 4 m.

En los periodos de 2006 a 2007; 2011 a 2012 y 2012 a 2013 se reportan los mayores descensos del nivel freático con abatimientos promedio de 2.5 a 4 m.

Del año 2005 a 2014 se presentó una caída media del nivel de 7 m (IMAGEN 3), los mayores

descensos de manera global se presentan al suroeste de la Cd. de Irapuato; al este de la ciudad de Huanímaro, al norte del municipio de Salamanca y sureste de la esta ciudad.

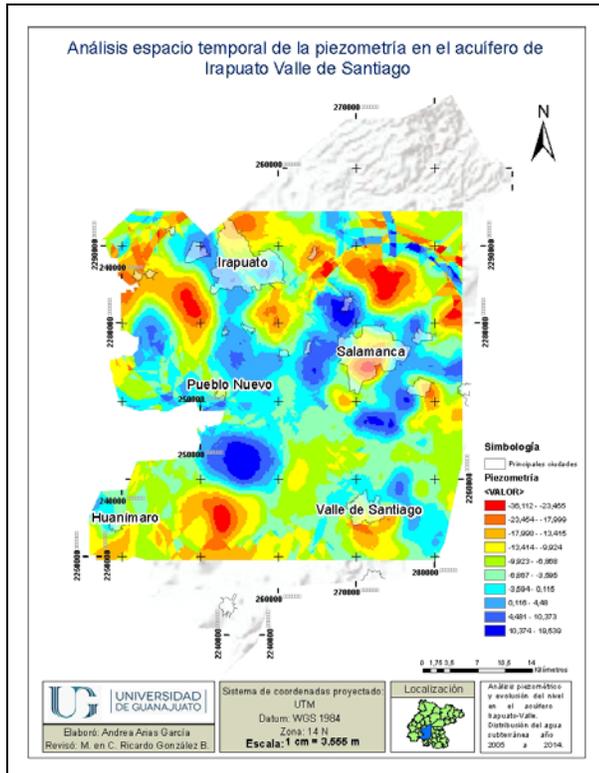


IMAGEN 3: Análisis de la piezometría del acuífero Irapuato-Valle. AP 2005-2014.

CONCLUSIONES

El acuífero de Irapuato–Valle se encuentra actualmente sobreexplotado, si se considera que la cantidad de agua que se obtiene del subsuelo, es mayor que la que recibe o que recarga. El uso intensivo del agua subterránea ha provocado problemas de abastecimiento en ciudades como Irapuato y Salamanca, trayendo a su vez algunas manifestaciones de la extracción intensiva, como la subsidencia de la superficie en zonas urbanas que causa graves daños en la infraestructura.

El proceso de sobreexplotación rebasa las posibilidades e intentos de recuperación, más, sin embargo, es posible mantener estable el

funcionamiento del acuífero a partir del desarrollo de políticas para la protección del recurso hídrico como la implementación de programas de reforestación y recarga; para ello es necesario el completo conocimiento de los problemas que permitan tomar medidas para la preservación y uso sustentable del agua.

El análisis de la evolución del nivel piezométrico permite contar con los elementos técnicos que sustenten decisiones políticas y acciones tales como, la reglamentación del uso y explotación racional de las aguas subterráneas del acuífero.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Guanajuato, al programa Verano de la Investigación Científica de la Universidad de Guanajuato y al Profesor Ricardo González Barbosa por darme la oportunidad de participar en el programa y desarrollar este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Diario Oficial de la Federación. (2015). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, pp. 36.
- [2] Kevin Johnston, J. M. Ver Hoef, K. K. & Neil L. (2003) ArcGIS Geostatistical Analyst Tutorial. ESRI, pp. 256-258.
- [3] Londoño Ciro, L. A., Ramírez Bolívar, J. R., Ramírez Bolívar, G. I., & Ordóñez Ante, A. A. (2010). Modelo de interpolación espacial mediante sistemas de información geográfica para el estudio de la variabilidad espacial de la resistencia a la penetración del suelo. Dyna, 77(164), pp. 109-118.