

Sistema de soporte a las decisiones para la administración de agua subterránea en Chihuahua, México

Introducción

Los mantos acuíferos en el estado de Chihuahua presentan problemáticas asociadas a sus condiciones naturales, ya que están en una región árida que se caracteriza por la baja precipitación pluvial e intensa evaporación. Aunado a lo anterior, reciben constantes presiones por la extracción de aguas, para la agricultura. Desafortunadamente, en el pasado la expansión del suministro de agua no ha sido planeada ni gestionada.

Por lo tanto, se presenta un sistema para gestionar la información de los aprovechamientos de agua subterránea y un sistema de soporte a las decisiones para el almacenamiento de la información existente, visualizar la información geográficamente e interpretarla con la finalidad de brindar apoyo para la toma de decisiones en la administración de agua subterránea.

Metodología

Se creó una metodología para cada uno de los objetivos planteados. Primeramente, se consultó la información de almacenes de datos de agua subterránea; los sistemas relacionados con el agua existían en México y se consultó con expertos la utilidad del proyecto. Posteriormente, se realizó el diseño de una base de datos con la información de los aprovechamientos de agua subterránea, creándose un diccionario de datos, una interfaz de usuario y desarrollándose la inserción de datos desde ésta, mediante una aplicación JEE con una arquitectura modelo, vista y controlador. Como herramientas se empleó *MySQL Workbench*, *NetBeans IDE*, *Argo UML* y *Java Enterprise Edition* (JEE). Finalmente, se desarrolló el Sistema de Soporte a las Decisiones, donde primeramente se creó el Sistema de Predicción, luego el almacén de datos y el Sistema de Información Geográfica, ahí se muestra la ubicación de los pozos y sus características. Se hizo uso de *Java EE* y del API de *JavaScript* de *Google Maps*.

Resultados

A continuación se mencionan algunos de los sistemas relacionados con el agua desarrollados en México, en su mayoría por parte de la Comisión Nacional del Agua.

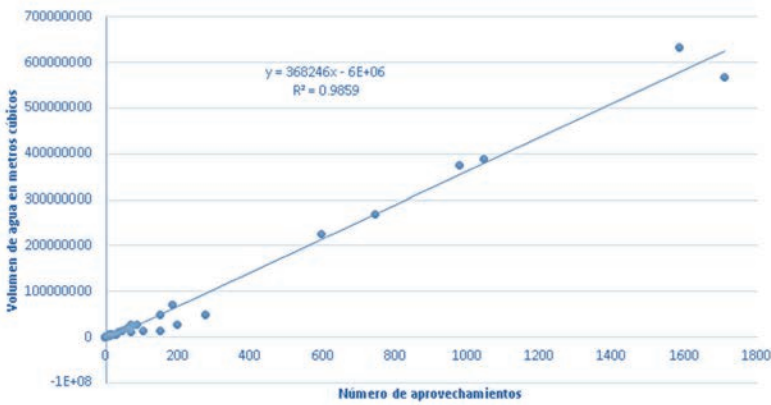


Figura 1. Sistemas relacionados con el agua en México. (Comisión Nacional del Agua, 2013).

Los expertos consideran que la utilidad del proyecto puede ser una buena herramienta para tener idea de la situación hidráulica de pozos en las unidades acuíferas. Como ejemplo: la hidrometría, niveles piezométricos y calidad del agua, entre otras decisiones que impactan directamente a la optimización del recurso. Perciben como refrescante que personas ajenas al ambiente hidrogeológico se interesen en este tipo de problemas (Villalobos Aragón, Velázquez Cázares, & De la Garza Aguilar, 2014).

Asimismo, se elaboraron el Diagrama Entidad-Relación, el Diccionario de Datos, el *Script* de la base de datos y la aplicación JEE para el ingreso de información a la base de datos.

El sistema de predicción se desarrolló con el modelo presentado en la figura 1. Éste sistema una clara dependencia de la relación entre el número de acuíferos y el volumen extraído. Al probar las diferentes funciones de regresión se obtuvieron los siguientes resultados, siendo x el número de aprovechamientos y el volumen y .



Gráfica 1. Dispersión de los datos. La línea es el modelo obtenido.

En el almacén de datos se integró la información más relevante de la base de datos operacional, para procesarlos y analizarlos desde diferentes perspectivas y a diferente nivel de detalle. Se organizaron por temas para facilitar el acceso y entendimiento del almacén.

Por ejemplo, alrededor de la tabla de hechos (*facts*) está la de las características de los aprovechamientos (*well*), la de los datos referentes a la ubicación (*location*) y otra tabla con las fechas de recolección de los datos (*calendar*). De las primeras dos, *wells* y *location*, se desprenden los catálogos, con la información detallada de los aprovechamientos y la ubicación de los mismos.

El Sistema de Información Geográfica tiene tres funcionalidades principales:

1.- Mostrar todos los aprovechamientos de agua subterránea en el estado de Chihuahua.

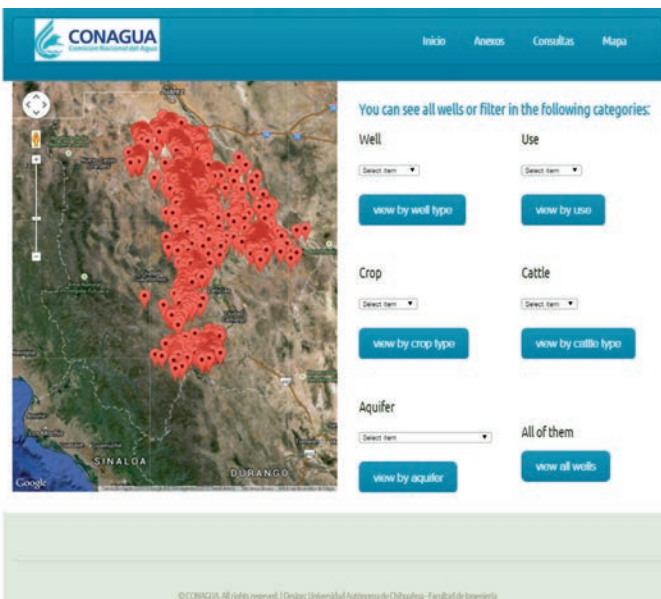


Figura 2. Interfaz del Sistema de Información Geográfica.

2.- Visualización de los aprovechamientos filtrándolos en diferentes categorías.

Tabla 1. Categorías para filtrar la visualización de los aprovechamientos en el mapa.

Categorías	Opciones
Tipo de aprovechamiento	Pozo profundo
	Noria
	Tajo
	Galería Filtrante
Tipo de uso	Agrícola
	Doméstico
	Industrial
	Múltiples, diferentes usos
	Pecuario
	Público / Urbano
	Servicios
Tipo de Cultivo	Alfalfa
	Algodón
	Avena
	Cacahuete
	Calabaza
	Cebolla
	Chile
	Frijol
	Maíz
	Melón
	Nogal
	Pasto
	Sandía
	Sorgo
	Trigo
Varios	
Tipo de Ganado	Ave
	Bovino / Vacuno
	Equino
	Ovino
	Porcino
Acuífero	Todos los acuíferos del Estado de Chihuahua.

3.- Muestra los metadatos de cada aprovechamiento dando clic al marcador.

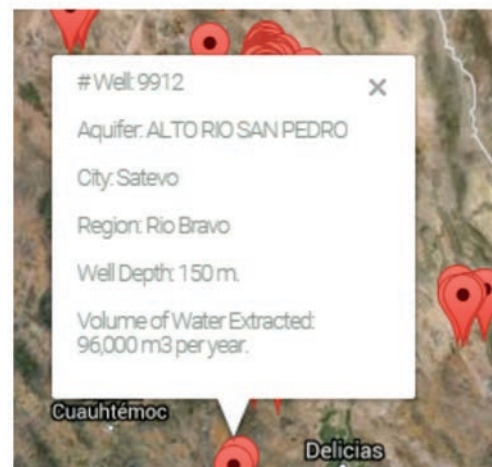


Figura 3. Impresión de pantalla donde muestra que al seleccionar un aprovechamiento muestra sus metadatos.



Figura 4. Impresiones de pantalla del Sistema para visualizar los aprovechamientos en el entorno donde se encuentran.

Conclusiones

El desarrollar proyectos con el sector industrial o de servicios de nuestro país conlleva grandes beneficios, entre ellos, la solución de problemas reales, fortaleciendo la vinculación con el exterior y la participación conjunta de maestros y alumnos en proyectos de investigación como éste.

Referente al Sistema de predicción, se decidió buscar en los datos cuál era la variable que tiene más influencia sobre el volumen de extracción de agua. Después de realizar el análisis, se supo que dicha variable es la cantidad de los aprovechamientos que hay por acuífero. El mejor modelo que se obtuvo, fue el de regresión lineal. Al realizarle pruebas al modelo, se pudo observar que los valores que predice son muy cercanos a los esperados.

Los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), fueron procesados y mostrados espacialmente de acuerdo al tipo de aprovechamiento, tipo de uso (agricultura, ganadería o acuífero) al que corresponden. Así mismo, se muestran sus metadatos, entre ellos, el número de aprovechamiento, el nombre de la ciudad y la región en la que se ubican, la profundidad del aprovechamiento y los metros cúbicos de agua que se extraen al año.

Reconocimientos

Este trabajo fue realizado con apoyo del Consejo de la Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), a través de la Facultad de Ingeniería.

Referencias:

- Arreguín Cortés, F. I. (2013). *Dictamen Técnico 96 Acuíferos*. Comisión Nacional del Agua. (2012). <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60>.
- El Sawah, S., Hicks, A., Manger, P., Athanasiadis, I., Croke, B., & Jakeman, A. (2011). *A web-based platform for integrated groundwater data management. 19th International Congress on Modelling and Simulation. State Government of Victoria - Department of Environment and Primary Industries*. (3 de Noviembre de 2014). <http://data.water.vic.gov.au/monitoring.htm>
- U.S. Geological Survey . (11 de Noviembre de 2014). *NAWQA Data Export*. http://cida.usgs.gov/nawqa_queries_public/
- United States Environmental Protection Agency. (20 de Abril de 2012). *STORET/WQX*. <http://www.epa.gov/storet/>
- University of New Brunswick. (2008). *NB Aquatic Data Warehouse*. <http://www.unb.ca/research/institutes/crri/nbaquatic/dataset.html#watermon>
- Vila, A., Sedano, M., & López, A. (2009). Correlación lineal y análisis de regresión.
- Villalobos Aragón, A., Velázquez Cázares, M. A., & De la Garza Aguilar, R. (26 de Noviembre de 2014). Solicitud de apoyo a expertos en Hidrología Subterránea. (A. L. Corral Flores, Entrevistador)