

ANÁLISIS DE DATOS EXPERIMENTALES MEDIANTE MÉTODOS ESPECTRALES MODERNOS APLICADOS A LA INGENIERÍA AMBIENTAL

María Guadalupe Torres Venegas (1), Juan Antonio Ramírez Vázquez (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Ambiental, División de Ciencias de la Vida] | [mgtorresv@outlook.com]

2 [Ciencias Ambientales, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [juan.ramirez@ugto.mx]

Resumen

Los hombres en su afán por comprender el mundo tratan de interpretar los signos que algunos sistemas de la naturaleza emiten en su continuo transcurrir, y que son registrados a lo largo del tiempo en lo que se conoce como "serie de tiempo" o "señal". Para ello es necesario procesar la señal con herramientas matemáticas para llegar a una representación más efectiva que permita encontrar información oculta. Estas herramientas matemáticas se denominan Transformadas. La FFT (Fast Fourier Transform) es conocida como un periodograma, el cual es utilizado para el análisis de la densidad espectral de potencia. 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 de explotación para la protección del recurso hídrico, para ello es necesario el completo conocimiento de los problemas de contaminación que permitan tomar medidas para la preservación y uso sustentable del agua. En cuanto a la aplicación de la Ingeniería Ambiental se manipulan datos que provienen de una gran cantidad de pruebas o mediciones realizadas. Estas influyen de manera importante en diferentes áreas, una de ellas es la sobreexplotación de agua en el estado de Guanajuato.

Abstract

Men in their quest to understand the world try to interpret the signs that some systems of nature emit in its continuous pass, and are recorded over time in what is known as "time series" or "signal." This requires processing the signal with mathematical tools to get more effective representation that allows hidden information to be found. These mathematical tools are called transforms. The FFT (Fast Fourier Transform) is known as a periodogram, which is used for analysis of the power spectral density. The process of overexploitation beyond the possibilities and attempts at recovery maintain stable operation of the aquifer from developing operating policies for the protection of water resources, for which the full knowledge of the problems is necessary to allow the preservation and sustainable use of water. As for the implementation of the Environmental Engineering data comes from many tests or measurements which can be manipulated. These have an important influence in different areas, one of which is the overexploitation of water in the state of Guanajuato.

Palabras Clave

1; Sobreexplotación 2; Periodograma 3; Señal 4; Transformadas 5; Recurso hídrico

INTRODUCCIÓN

Los acuíferos son sistemas hidrodinámicos vulnerables, que se han visto afectados por las actividades antropogénicas y los efectos de los agentes naturales. 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 [1].

La sobreexplotación corresponde al 31.26% de la recarga. 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 de explotación para la protección del recurso hídrico, para ello es necesario el completo conocimiento de los problemas de contaminación que permitan tomar medidas para la preservación y uso sustentable del agua.

A partir de la delimitación de las aguas subterráneas establecida por Comisión nacional del Agua (CONAGUA), para Guanajuato se definieron 20 acuíferos. La extensión superficial de Acuífero Irapuato-Valle Abarca parcial o totalmente los municipios de Irapuato, Salamanca, Valle de Santiago, Abasolo, Allende, Guanajuato, Yuriria, Dolores Hidalgo, Santa Cruz de Juventino Rosas, Jaral del Progreso, Pueblo Nuevo, Huanímaro y Villagrán. La superficie que comprende el acuífero es de aproximadamente 2458.495 km² lo cual fue establecido en las últimas delimitaciones realizadas en el 2009, representa un aumento de 9.13 % de la superficie anterior, que corresponde a un 8.1% de la superficie estatal [2].

El acuífero Irapuato-Valle de Santiago del Estado de Guanajuato hoy en día presenta una sobreexplotación, debido a las altas tasas de extracción de agua subterránea y a la poca recarga del mismo. Anualmente se extraen del acuífero 654.9 millones de m³ de agua potable, de los cuales 82.13% se destina al sector agrícola, 7.24% para el sector industrial y 9.82% es utilizado para el abastecimiento de la población.

La recarga anual del acuífero es de 414.77 millones de m³, lo que indica un balance hídrico negativo dentro del acuífero Irapuato-Valle de Santiago, de 255 millones de m³ /año [3].

Con la implementación de la FFT (Fast Fourier Transform) en el análisis de datos, se podrán obtener resultados aceptables y confiables, y de esta manera poder desarrollar políticas necesarias para la protección del recurso hídrico, de manera que se pueda tener una mejor gestión y disposición; para ello es necesario tener conocimiento de los problemas de contaminación que permitan tomar medidas para la preservación y uso sustentable del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Lecturas introductorias sobre el uso y manejo del programa Matlab, así como sus principales herramientas y comandos utilizados.
2. Realización de una serie de lecturas sobre los principales fundamentos y aplicaciones de los Métodos Espectrales Modernos en el software Matlab; en particular la FFT (Fast Fourier Transform).
3. Ejecución de ejemplos extraídos de las lecturas antes mencionadas, para una mejor comprensión y uso del programa utilizado.
4. Ordenamiento de la base de datos obtenida del acuífero Irapuato-Valle, el cual comprende datos tomados del nivel estático en temporada de secas, durante 10 años consecutivos con aproximadamente 139 pozos ubicados en los municipios que este comprende.
5. Elaboración de un mapa para obtener la ubicación exacta de cada uno de los pozos monitoreados de la red que comprende el acuífero Irapuato-Valle.
6. Selección de 1 de los pozos de la red de monitoreo del acuífero Irapuato-Valle, el cual cuenta con la clave IR-VA-330; para su posterior procesamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mayor propósito de la implementación de las transformadas en el análisis de datos, es detectar las propiedades básicas; en el cual se buscan tendencias y oscilaciones periódicas para un mejor

resultado del procesamiento. La FFT (Fast Fourier Transform) es conocida como un periodograma, el cual es utilizado para el análisis de la densidad espectral de potencia. La mayor ventaja de la FFT es que computacionalmente es eficiente y produce resultados aceptables para una gran gama de señales [4].

Consecuentemente a lo largo del tiempo se ha generado una enorme mancha urbana, la cual afecta de manera significativa el uso irracional del agua; la rapidez en este crecimiento, así como la falta de planificación, motivaron que fuera imposible dotar de servicios a estas zonas, por lo que la contaminación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos se convirtió en una práctica normal.

En este contexto es en el centro del país donde se ubican las cuencas de mayor degradación por el uso intensivo del agua, siendo la más representativa la Lerma-Chapala, que de paso ha derivado en que las fuentes para satisfacer las necesidades de la población principalmente sean subterráneas.

El acuífero en cuestión comprende una superficie aproximada de 2,500 km² abarcando a las ciudades de Irapuato, Salamanca, Valle de Santiago, Pueblo Nuevo y Jaral del Progreso, de acuerdo a la imagen 1.

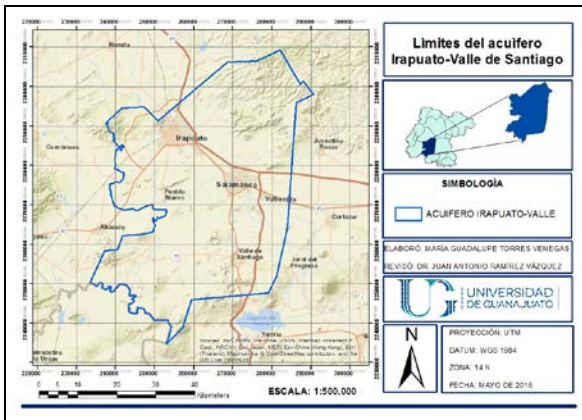


IMAGEN 1: Límites del acuífero Irapuato-Valle.

Se manifiesta también en el Estado de Guanajuato, ubicado en el centro de la República, donde el uso intensivo del agua subterránea ha provocado problemas de abastecimiento en ciudades como León, Celaya, Irapuato y Salamanca, y que el uso agrícola de irrigación cada vez presente mayores problemas

económicos de acuerdo a los tipos de cultivo que se presentan en el estado [5].

En la imagen 2 se puede observar la ubicación de cada uno de los 139 pozos monitoreados, que comprende el acuífero Irapuato-Valle.

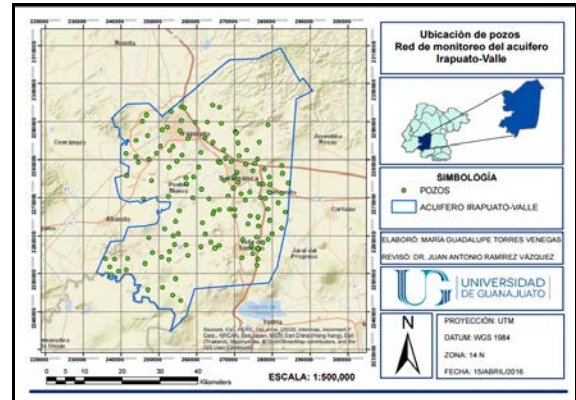


IMAGEN 2: Mapa de ubicación de la red de monitoreo del acuífero Irapuato-Valle.

A fin de obtener un manejo adecuado de los recursos hídricos, se analizó uno de los pozos que conforman el acuífero Irapuato-Valle. El procesamiento de datos se realizó una vez ya teniendo la base de datos completa (imagen 3).

UBICACION	COORDENADAS	X (M)	Y (M)	SECA 2005	SECA 2006	SECA 2007	SECA 2008	SECA 2009	SECA 2010	SECA 2011	SECA 2012	SECA 2013	SECA 2014
1	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	95.05	97.83	97.08	96.00	97.43	95.92	96.50	95.50	95.50	95.40
2	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
3	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
4	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
5	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
6	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
7	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
8	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
9	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
10	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
11	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
12	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
13	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
14	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
15	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
16	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
17	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
18	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
19	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
20	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
21	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54
22	IRAPUATO - CEN. 120	247202	220004	94.67	96.57	95.07	94.67	95.19	94.47	94.70	93.45	93.45	94.54

IMAGEN 3: Base de datos en Excel del acuífero Irapuato-Valle.

Y de esta manera poder procesar la información obtenida de la base de datos, con el propósito de obtener una gráfica la cual nos indicara como ha ido cambiando el nivel estático en temporada de secas, durante 10 años de monitoreo (imagen 4). Y así tener resultados más aceptables para crear políticas o medidas que ayuden al mejoramiento del acuífero, de tal manera que los recursos hídricos se puedan aprovechar sustentablemente.

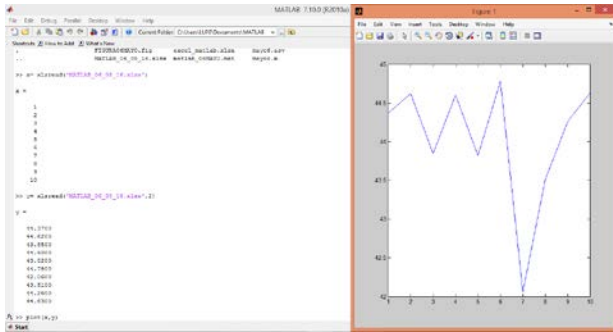


IMAGEN 3: Nivel estático en temporada de secas del pozo IR-VA-330

Se realizó este mismo procesamiento de datos, para el mismo pozo seleccionado, pero ahora introduciendo la FFT (Fast Fourier Transform), esta transformada es de gran ayuda para poder obtener un resultado más certero; computacionalmente es eficiente y produce resultados aceptables para una gran gama de señales, es la mayor ventaja de esta transformada.

En la imagen 4 se observa cómo ha ido disminuyendo el nivel estático de este pozo, pero sobre todo notamos que a partir del año 2 y 3 respectivamente, tenemos un pico considerablemente importante en cuanto a la disminución del recurso hídrico; para lo cual se predice que a partir del año 6 o 7 la disminución del pozo será doblemente mayor, esto a causa de que las frecuencias que se suscitan en los años 2 y 3 aproximadamente.

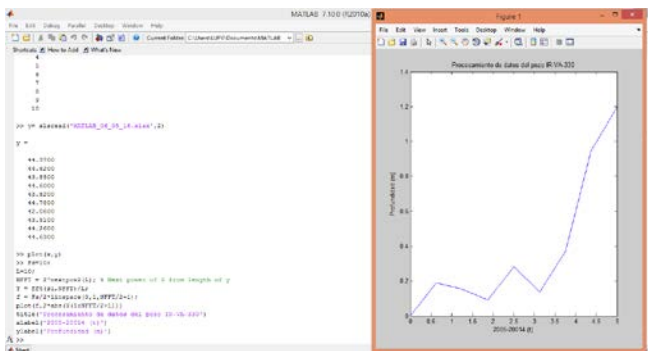


IMAGEN 4: Procesamiento de datos aplicando la FFT (Fast Fourier Transform).

CONCLUSIONES

Actualmente, el acuífero Irapuato-Valle de Santiago se localiza sobre cinco municipios del Estado, con 1600 pozos activos distribuidos según diferentes usos: 82.13% se destina al sector agrícola, 7.24% para el sector industrial, y 9.82% es utilizado para el abastecimiento de la población. El cual tiene un balance hídrico negativo (- 255 millones de m³/año). En total se extrae cada año un volumen de de 654.9 millones de m³ de agua potable. El nivel estático desciende dos metros por año y se producen depresiones piezométricas importantes alrededor de las dos principales ciudades de la región: Salamanca e Irapuato.

Por ello, además de generar políticas de uso eficiente de agua, se requiere de una buena planeación en el consumo y aplicación de estrategias para mantener un sistema estable con la participación social y gubernamental.

En éste estudio se ha procesado el cambio del nivel estático en temporada de secas durante 10 años de uno de los pozos del acuífero. El aplicar la Transformada Rápida de Fourier a los datos nos aporta mayor riqueza de la información. De ella se puede ver que el nivel estático del pozo tiene picos de mayor disminución cada 2-3 años, siendo el pico más importante el año 7. Con la información de cada pozo, procesada con las herramientas de este estudio, es posible generar planes de contingencia en el sector agrícola, industrial y poblacional en los años de mayor consumo.

El seguimiento y aplicación de las acciones antes mencionadas permiten que el recurso agua sea utilizado en base a los valores y principios del desarrollo sustentable de recursos naturales no renovables.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión del Dr. Juan Antonio Ramírez Vázquez, a quien agradezco primeramente por la oportunidad brindada para llevar a cabo el verano de investigación, así como el tiempo proporcionado, enseñanzas y paciencia para hacer posible la realización de este trabajo. Al igual agradezco a la Universidad de Guanajuato por ser el medio para realizar este proyecto y al Programa Veranos de Investigación Científica de la UG por la

aceptación del proyecto y el financiamiento otorgado.

REFERENCIAS

- [1] Petkova, V. (Julio-Septiembre de 2004). Red de monitoreo de la calidad de agua subterránea en el municipio de León, Gto. Aqua Forum(37), 31-32.
- [2] Borja, R., & Rodríguez, R. (2004). Acuífer Vulnerability Changes due to Faults and Riverbeds in Salamanca México. Geofísica Internacional, 43(4), 623-628.
- [3] Lesser y Asociados. (2000). Seguimiento del estudio hidrogeológico y modelo matemático del Acuífero de Irapuato-Valle de Santiago-Huanímaro Gto. Comisión Estatal del Agua, México.
- [4] BRIGHAM, Oran E. The fast Fourier transform and its applications. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1988.
- [5] Júnez Ferreira, H. E. (Noviembre de 2004). Diseño de una red de monitoreo de la calidad del agua para el acuífero Irapuato-Valle, Guanajuato. Jiutepec, Morelos, México.