

SELECCIÓN DE POZOS PARA MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA MEDIANTE LA VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS EN (MÉXICO)

O. Lucas-Urbina, L.D. Oseguera-Toledo, G. Martínez-Herrera y S.T. Sánchez-Quispe

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

E-mail: Orlucas53@gmail.com, luidan27@gmail.com, gmartine@umich.mx, soniatsq@hotmail.com

Introducción

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) mantiene una red de 5000 sitios de monitoreo, permitiendo desde 2005 evaluar la calidad del agua (CONAGUA, 2015), para el año 2015 se ha reportado un 55% de sitios de calidad aceptable o mejor, por el contrario, un 45.2% son sitios de calidad por debajo de lo aceptable. Los sitios de la red de monitoreo a nivel nacional incluyen seis redes específicas, representando un 21.68% de sitios para la red de agua subterránea. Siendo que el 37% proviene de los acuíferos para los diferentes usos (CONAGUA, 2010), y es la fuente donde se encuentra la mayor cantidad de agua dulce, es importante su constante monitoreo.

La elección de sitios de monitoreo no se tiene clara, se observa que están distribuidas aleatoriamente, dejando de lado, si se ubican en depresiones topográficas o zonas altas, cercanos o dentro de zonas de riego, con mayor o menor población, de fácil acceso, entre otros aspectos. Para seleccionar los sitios que conformen una red de monitoreo para calidad del agua de un acuífero, es importante considerar los aspectos antes mencionados, evaluando sitios representativos, potencialmente vulnerables a la contaminación, de fácil acceso y aspectos físicos de las instalaciones. En el presente estudio se presenta una metodología que permitió seleccionar pozos con cierto grado de vulnerabilidad a ser contaminados y la toma de decisiones fue realizada mediante sistemas de información geográfica (SIG), con el fin de pertenecer a la red de calidad del agua y está misma se actualice. De igual forma con este estudio se pretende que se realice un muestreo con menor frecuencia o se retiren de la red aquellos pozos que no rebasan los límites de calidad permitidos y cuyos resultados siempre son buenos.

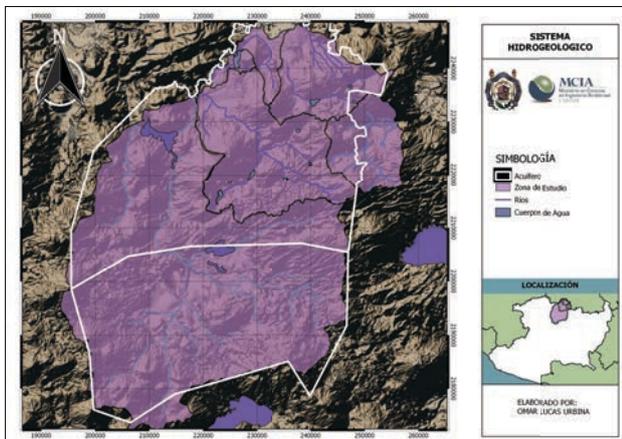


Figura 1.- Zona de estudio.

Zona de estudio

La zona de estudio comprende los acuíferos de Zacapu y Pastor Ortiz, ubicados al centro norte del estado de Michoacán Figura 1, ambos acuíferos constituyen una extensión de 3000 km², donde el 53% de la extensión es para uso agrícola, proliferando el uso de fertilizantes nitrogenados y pesticidas, generando una contaminación difusa. La red actual contempla 8 pozos de monitoreo para calidad del agua subterránea, 4 en cada acuífero, los cuales se encuentran concesionados a un laboratorio privado,

encargado de hacer las campañas de muestreo, realizándolas dos veces al año, en temporada de estiaje y lluvias, y localizados en zonas altas y en pequeñas comunidades.

Metodología

En esta investigación se hizo uso del método de DRASTIC, que clasifica y pondera parámetros de forma intrínseca como, D (profundidad del agua), R (recarga neta), A (Litología del acuífero), S (Tipo de suelo), T (topografía) I (naturaleza de la zona no saturada), C (conductividad hidráulica) (Aller et al 1987).

Los parámetros enumerados se caracterizan por variables que están clasificados numéricamente para evaluar la vulnerabilidad del agua subterránea. La ecuación que describe el método DRASTIC, es un factor de ponderación (r) de acuerdo con la contaminación difusa presente, multiplicado por el peso asignado (w) de cada parámetro, finalmente para obtener el índice de vulnerabilidad, es el resultado de sumar los productos de los diferentes parámetros (Pedraza, 2017).

Índice de vulnerabilidad

$$\text{DRASTIC} = DrDw + RrRw + ArAw + SrSw + TrTw + Irlw + CrCw \quad [1]$$

Toma de decisiones

Las decisiones que se consideraron para este estudio, fueron los pozos que se encontraban cerca de las vías carreteras y de acceso libre, que se encontraran dentro de las zonas con alta y moderada vulnerabilidad en base a los resultados obtenidos de DRASTIC, que la pendiente no fuera mayor al 5%, sitios de pozos y que estuvieran en depresiones, en servicio y que contarán con un encargado y su uso fuera para consumo humano.

Validación

El proceso de validación se realizó mediante la visita de campo para verificar que la información proporcionada correspondía con las condiciones físicas y se adecuaba a las decisiones establecidas, para seleccionar el pozo como apto y contemplarlo en la red de monitoreo, algunos tuvieron que ser descartados por estar fuera de servicio o por no contar con los criterios e infraestructura para tomar la muestra.

Posteriormente se realizó un monitoreo de calidad del agua a los sitios seleccionados, y sus resultados se clasificaron conforme a los criterios de calidad del agua (CONAGUA, 2016), indicando color y tipo de calidad, para cada parámetro, en la siguiente Figura 2 se muestran los criterios.

INDICADOR	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA				
	CUMPLIMIENTO		INCUMPLIMIENTO		
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES - SALINIZACIÓN	SDT ≤ 1000 Dulce	1000 < SDT ≤ 2000 Ligeramente salobres	2000 < SDT ≤ 10000 Salobres	SDT > 10000 Salinas	
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES - RIESGO AGRÍCOLA	SDT ≤ 500 Excelente para RA	500 < SDT ≤ 1000 Cultivos sensibles	1000 < SDT ≤ 2000 Cultivos con manejo especial	2000 < SDT ≤ 5000 Cultivos tolerantes	SDT > 5000 Indeseable para RA
CONDUCTIVIDAD	CE ≤ 250 Excelente para RA	250 < CE ≤ 750 Buena para RA	750 < CE ≤ 2000 Permissible para RA	2000 < CE ≤ 3000 Dudosa para RA	CE > 3000 Indeseable para RA
COIFORMES FECALES	CF ≤ 100 Excelente	100 < CF ≤ 200 Buena calidad	200 < CF ≤ 1000 Aceptable	1000 < CF ≤ 10000 Contaminada	CF > 10000 Fuertemente contaminada
DUREZA	DUR ≤ 60 Suave	60 < DUR ≤ 120 Moderadamente suave	120 < DUR ≤ 500 Dura		DUR > 500 Muy dura e indeseable usos industrial y doméstico
ALCALINIDAD	20 >= ALC < 75 Baja	75 >= ALC < 150 Media	150 < ALC < 400 Alta	ALC < 20 Indeseable	ALC > 400 Indeseable como FAAP
FLUORURO	0.7 <= FLU < 1.5 Óptima	0.4 <= FL < 0.7 Media	0 <= FL < 0.4 Baja		FL > 1.5 Alta

Criterio (mg/l)	Clasificación	Color	Criterio (mg/l)	Clasificación	Color
DBO ₅ ≤ 3	EXCELENTE No contaminada	Azul	DQO ≤ 10	EXCELENTE No contaminada	Azul
3 < DBO ₅ ≤ 6	BUENA CALIDAD AGUAS SUPERFICIALES CON BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA BIODEGRADABLE	Verde	10 < DQO ≤ 20	BUENA CALIDAD AGUAS SUPERFICIALES CON BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA BIODEGRADABLE Y NO BIODEGRADABLE	Verde
6 < DBO ₅ ≤ 30	ACEPTABLE Con riesgo de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autoperpuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo	20 < DQO ≤ 40	ACEPTABLE Con riesgo de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autoperpuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo
30 < DBO ₅ ≤ 120	CONTAMINADA AGUAS SUPERFICIALES CON DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES CRIDAS, PARTICIPALMENTE DE ÁGUA MUNICIPAL	Naranja	40 < DQO ≤ 200	CONTAMINADA AGUAS SUPERFICIALES CON DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES CRIDAS, PARTICIPALMENTE DE ÁGUA MUNICIPAL	Naranja
DBO ₅ > 120	FUERTEMENTE CONTAMINADA AGUAS SUPERFICIALES CON FUERTE IMPACTO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES CRIDAS MUNICIPALES Y NO MUNICIPALES	Rojo	DQO > 200	FUERTEMENTE CONTAMINADA AGUAS SUPERFICIALES CON FUERTE IMPACTO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES CRIDAS MUNICIPALES Y NO MUNICIPALES	Rojo
Criterio (DPO/100 ml)	Clasificación	Color	Criterio (CF/100)	Clasificación	Color
CF ≤ 100	EXCELENTE No contaminada	Azul	85T ≤ 25	EXCELENTE CUAL DE EXCELENTE, MUY BUENA CALIDAD	Azul
100 < CF ≤ 200	BUENA CALIDAD AGUAS SUPERFICIALES CON CALIDAD SATISFACITORIA PARA LA UDA ACUÍFICA Y PARA USO RECREATIVO CON CONTACTO FISIBIL	Verde	25 < 50T ≤ 75	BUENA CALIDAD AGUAS SUPERFICIALES CON BAJO CONTENIDO DE SOLIDOS SUSPENSOS, GENERALMENTE COMPOSICIONES NATURALES. FAVORABLE LA CONSERVACION DE SOBRESIEMBROS PROTEGIDOS Y EN BUENA MANEJO	Verde
200 < CF ≤ 1,000	ACEPTABLE AGUAS SUPERFICIALES CON CALIDAD SATISFACITORIA COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y PARA RIEGO AGRICOLA	Amarillo	75 < 85T ≤ 100	ACEPTABLE AGUAS SUPERFICIALES CON BUEN MANEJO DE FERTILIZANTES Y PESTICIDAS, EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS BIOLÓGICAMENTE. CONSERVACION REGULAR PARA RIEGO. RIESGO POTENCIAL BIOTRIBUTO	Amarillo
1,000 < CF ≤ 10,000	CONTAMINADA AGUAS SUPERFICIALES CON CONTAMINACION BACTERIOLÓGICA	Naranja	100 < 85T ≤ 400	CONTAMINADA AGUAS SUPERFICIALES DE MALA CALIDAD CON CONTAMINACION DE ALTO NIVEL, GENERALMENTE CON ALTO CONTENIDO DE MATERIAL SUSPENDIDO	Naranja
CF > 10,000	FUERTEMENTE CONTAMINADA AGUAS SUPERFICIALES CON FUERTE CONTAMINACION BACTERIOLÓGICA	Rojo	85T > 400	FUERTEMENTE CONTAMINADA AGUAS SUPERFICIALES CON FUERTE IMPACTO DE FERTILIZANTES Y PESTICIDAS, EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS BIOLÓGICAMENTE. RIESGO POTENCIAL BIOTRIBUTO. MALA CONSERVACION PARA RIEGO	Rojo

Figura 2.- Clasificación de parámetros de las aguas subterráneas y superficiales.

Resultados

Los resultados obtenidos mediante la metodología seleccionada DRASTIC, generaron zonas con vulnerabilidades baja, moderada y alta, ubicándose en la vulnerabilidad baja la parte del valle, la moderada en la agricultura y el alta en unas cuantas poblaciones, figura 4.

Los sitios seleccionados fueron 11, de los cuales 8 son pozos y los restantes cuerpos superficiales; se realizaron dos campañas de muestreo en marzo y noviembre de 2017, por lo que en este trabajo se presentarán los resultados del mes de marzo. Se registraron parámetros físicos en sitio, así como 3 muestras, la primera en garrafa de 2 litros, la segunda de un litro y la tercera bacteriológico, proceso realizado para cada pozo previamente validado, y conforme a la NOM-230-SSA1-2002. Los resultados de calidad, así como su criterio se muestran en la siguiente figura.

PARAMETROS	ALCALINIDAD	DUREZA	C.FECALES	ELECTRICA	SDT	SDT	SST	DQO	DBO
NO. UNIDADES	mg/L	mg/L	UFC/100 ml	uS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1 PASTOR Ortiz	220	193.2	100	NDT	424	424	3	4.5	1
2 LA CAJA	166	134.4	200	601	340	340	2	3.3	2.1
3 EL ZAPOTE	136	102.9	0	355	256	256	4	1	2
4 GUADALUPE NORTE	360	268.8	0	344	644	644	10	7	4.5
5 POMOCUARO	130	100.8	400	511	234	234	36	18.6	6
6 POMOCUARO	185	157.5	0	362	344	344	8	8	5.2
7 GUANDACUICA	142	113.4	300	418	286	286	2	2	1.3
8 ZACAPU_FRACC	157	130.2	15	NDT	282	282	2	16.6	3

Figura 3.- Resultados de cada parámetro y criterio.

Conforme a los criterios de calidad para aguas subterráneas, se encuentran con indicador en cumplimiento, siendo estas aceptables, buena y de excelente calidad, para el uso de riego agrícola. Considerando los parámetros para aguas superficiales de DBO₅ DQO y SST, el 79% son de excelente calidad no contaminada, con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.

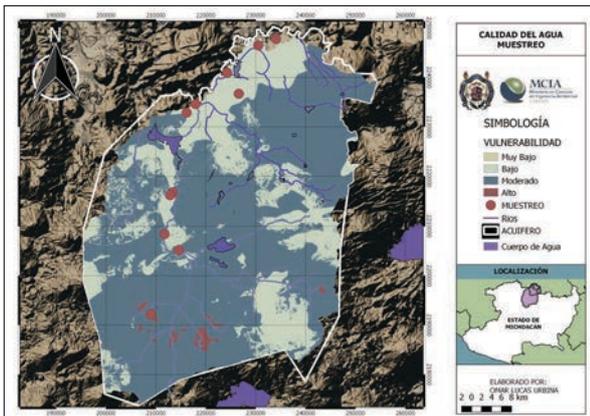


Figura 4.- Vulnerabilidad del acuífero y sitios seleccionados.

Conclusiones

La metodología implementada, además de ser usada para el estudio de vulnerabilidad del acuífero a la contaminación difusa por fertilizantes y pesticidas, resulta de gran ayuda para poder tomar acciones y disminuir las concentraciones de contaminación; tras la selección de sitios de monitoreo mediante toma de decisiones y visita de campo, permite una disminución de tiempo y costo en la elaboración de proyectos de calidad del agua del agua subterránea, así como la actualización de la red de monitoreo.

Los resultados mostrados se compararon con los que cuenta en registros la CONAGUA y se observa que a lo largo del año la calidad de estos no cambia, sin embargo, un segundo monitoreo permitió identificar un aumento en los resultados de la calidad de los pozos que en este estudio fueron seleccionados, debido al transporte del agua subterránea, infiltraciones y arrastre de contaminantes, facilitando estos procesos la temporada de lluvias. Cabe destacar que en acuíferos donde la producción agrícola es abundante, es conveniente actualizar la red de monitoreo, que sin duda permitirá tener un mejor control de la calidad.

Referencias

CONAGUA (2010) *Estadísticas del agua en México*, Capítulo 3. Usos del agua, Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA (2015) *Atlas del agua en México 2015*. Gobierno de la república, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua. Página 59-62.

CONAGUA (2016) “Monitoreo de calidad del agua” Subdirección general técnica y gerencia de calidad del agua.

Pedraza P.A.C, Ávila O.J.A. (2017) “Assessment of groundwater pollution vulnerability in the western area of Morelia, Mexico”

Secretaría de Salud (2002) NOM-230-SSA1-2002 Agua para uso y consumo Humano, límites permisibles.