

“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”

ÁREA 2. SISTEMA HIDROLÓGICO NACIONAL AGUAS SUBTERRÁNEAS - ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS E HIDROGEOQUÍMICOS

Evaluación de la distribución espacial y el origen del arsénico en el Acuífero Principal, Comarca Lagunera, estados de Durango y Coahuila.

Antecedentes

En México, el agua subterránea representa la única fuente permanentemente disponible para muchas zonas áridas y semiáridas, dado que más de la mitad del territorio del país se encuentra dominado por condiciones climáticas secas. En tanto que en las regiones húmedas el recurso ayuda a compensar la variación temporal de la precipitación. Los acuíferos de México contienen una considerable reserva de agua: muchas cuencas hidrológicas incluyen acuíferos regionales cuyas áreas van de algunos cientos a miles de kilómetros cuadrados con un espesor de varios miles de metros.

A pesar de que la reserva de agua subterránea es enorme, es importante señalar que ésta constituye en gran parte un recurso no renovable y que su uso presenta diferentes tipos de limitantes; por lo tanto, no debe ser considerada como una fuente inagotable. Actualmente, se está extrayendo de los acuíferos de México un volumen total de 28,000 hm³/a para los usos siguientes: aproximadamente 71% para agricultura, 20% para abastecimiento público-urbano (satisfaciendo en este caso las necesidades de 55 millones de habitantes), 6% para uso industrial y 3% para uso doméstico y abrevadero. Como resultado de una excesiva extracción de agua subterránea aproximadamente 100 acuíferos se encuentran sobreexplotados.

La calidad del agua es otro asunto importante, pues está íntimamente relacionada con el tipo de ambiente hidrogeológico. Particularmente, la presencia de altos niveles de arsénico en las aguas subterráneas para uso potable tiene importantes consecuencias para la salud humana. México ha reducido sus límites máximos permisibles para agua potable de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud. La normatividad Mexicana establece una reducción de 5 µg L⁻¹ por año, comenzando desde un valor de 50 µg L⁻¹ hasta alcanzar un límite permisible de 25 µg L⁻¹ durante el periodo 2000-2005 (Secretaría de Salud, 2000).

La detección de la presencia de concentraciones de arsénico bastante mayores a 25 µg L⁻¹ en algunos acuíferos ha sido posible gracias a un importante número de estudios técnicos realizados principalmente por CONAGUA y algunas universidades. Estos estudios técnicos han ayudado a identificar tres ambientes hidrogeológicos donde se presentan altas concentraciones de arsénico en el agua subterránea: acuíferos aluviales del norte y centro de México, áreas mineras en distintas partes del país y aguas geotérmicas asociadas a rocas volcánicas relativamente jóvenes del centro de México (Smedley & Kinniburgh, 2002). Los acuíferos aluviales son de particular interés ya que la mayoría de la población de México vive en sus

“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”

porciones norte y centro-norte en donde un gran número de habitantes depende del agua subterránea como fuente de abastecimiento.

A diferencia de lo que ocurre en las áreas mineras, los problemas de arsénico en los acuíferos aluviales son difíciles de identificar o anticipar sin la realización de análisis de muestras de agua. Muchos de los acuíferos Cuaternarios de México se encuentran en cuencas cerradas continentales y muestran características hidrogeológicas similares a los acuíferos con alto contenido de arsénico de Argentina y del suroeste de EE.UU. (Robertson, 1989; Smedley & Kinniburgh, 2002; Smedley *et al.*, 2002).

El origen de la presencia del arsénico en aguas subterráneas no está bien comprendido, pero se ha sugerido a la disolución o desorción de los minerales que constituyen el acuífero (especialmente óxidos metálicos) bajo condiciones oxidantes como el principal mecanismo responsable, en combinación con las bajas velocidades del flujo subterráneo, aunado a la evaporación (Smedley & Kinniburgh, 2002). Se han detectado bajas concentraciones de arsénico en zonas de recarga en donde existe infiltración de las aguas del Río Nazas en las cercanías de la Ciudad de Torreón, Coahuila; en tanto que se han encontrado niveles más altos en áreas cercanas a las antiguas zonas de descarga (mismas que están desapareciendo debido a la sobreexplotación: Lara, 2003). Este acuífero muestra muchas características similares a las aguas subterráneas oxidantes y de pH elevados identificadas en las planicies de la Pampa y el Chaco en Argentina y en el sur-oeste de EE.UU. (Robertson, 1989; Smedley & Kinniburgh, 2002). Se requiere mayor investigación sobre la distribución de arsénico con la profundidad, condiciones redox y el análisis de los sedimentos que constituyen el acuífero a fin de determinar las fuentes minerales más probables, así como para definir las variaciones de las concentraciones de arsénico a lo largo de las líneas de flujo.

Objetivo General

Investigar la distribución con la profundidad del arsénico en la Comarca Lagunera, estados de Durango y Coahuila, relacionándola con las condiciones redox y los distintos sedimentos o rocas, a fin de identificar los horizontes saturados de agua de buena calidad.

Objetivos Específicos

- Estudiar y definir la distribución del arsénico con la profundidad en el Acuífero Principal, Comarca Lagunera, estados de Durango y Coahuila, a través de la colecta de agua subterránea, utilizando técnicas de muestreo horizontal especializadas en pozos equipados o no.
- Relacionar dicha distribución con la correspondiente que presentan parámetros clave tales como pH, Eh, temperatura, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, iones principales, Fe, Mn, y F.
- Identificar las fuentes de arsénico y sus reacciones de adsorción-desorción, a través del estudio de los sedimentos (*i.e.*: composición de los minerales arcillosos, contenidos de óxidos de Fe, Mn y Al, así como niveles de carbonatos y carbono orgánico).
- Simular matemáticamente las reacciones de adsorción-desorción del arsénico bajo las distintas condiciones de pH y óxido reducción, mediante un modelo hidrogeoquímico.

“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”

- Identificar los orígenes del arsénico y los mecanismos hidrogeoquímicos responsables de su presencia en las aguas subterráneas.
- Identificar los horizontes saturados de agua de buena calidad en cumplimiento con la modificación a la NOM-127-SSA1-1994.
- Formular recomendaciones para la extracción de agua de buena calidad en términos del rediseño de pozos nuevos o de los ya existentes.

Metas

1. Revisar la información geológica, hidrogeológica e hidrogeoquímica del Acuífero Principal de la Comarca Lagunera, estados de Coahuila y Durango, así como las características constructivas de los pozos de reciente perforación.
2. Desplegar los parámetros hidrogeoquímicos de interés en diagramas de correlación X-Y y en un Sistema de Información Geográfico de acuerdo a las especificaciones aquí señaladas.
3. Seleccionar dos pozos, en común acuerdo con el personal de CONAGUA, para la colecta a intervalos discretos de muestras de aguas subterráneas.
4. Colectar al menos 20 muestras de agua subterránea a intervalos discretos en el interior de los pozos seleccionados utilizando el sistema diseñado por Izbicki *et al.* (1988) del US Geological Survey o similar.
5. Obtener perfiles de producción en dos pozos y de distribución de concentraciones de parámetros de interés mediante la metodología de Izbicki *et al.* (1988) del US Geological Survey o una desarrollada que ofrezca los mismos resultados.
6. Analizar al menos 10 muestras de sedimentos (recortes de perforación) para los parámetros aquí señalados.
7. Estudiar a través de la modelación hidrogeoquímica (e.g.: PHREEQC del US Geological Survey) las reacciones adsorción-desorción del arsénico y el comportamiento de sus especies disueltas con las variaciones de pH, temperatura y Eh.
8. Identificar las fuentes geoquímicas más probables de arsénico en el agua subterránea.
9. Identificar los horizontes geológicos con bajas concentraciones de arsénico para recomendar el rediseño de aprovechamientos.

Productos Esperados

Productos intermedios

Durante el desarrollo del estudio se entregarán dos informes parciales que deberán contener el avance de cada actividad y tomar como base el modelo de contenido propuesto por personal de la CONAGUA. Sin embargo, de acuerdo al plan de pagos, el número de informes parciales puede incrementarse. Cabe aclarar que dichos informes se considerarán como requisito para el pago de la etapa correspondiente.

De cada informe parcial se entregará al Sector una impresión original y una copia, así como en medio magnético.

“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”

Los informes parciales serán revisados por personal técnico de la CONAGUA y se entregarán las observaciones correspondientes para su inclusión, y que tendrán que verse reflejadas en el informe final.

Productos finales

Se elaborará un informe final y un resumen ejecutivo. El contenido del informe final y del resumen ejecutivo será definido por personal de la CONAGUA. En términos generales, para el informe final, se deberán desarrollar los siguientes capítulos:

- Introducción
- Situación actual del área de estudio
- Metodología
- Análisis y evaluación de la información
- Hidrogeoquímica e hidrogeología: Sistema de Información Geográfico
- Características de los aprovechamientos y selección de pozos a muestrear.
- Muestreo discreto de las aguas subterráneas.
- Análisis de muestras de aguas subterráneas.
- Análisis de sedimentos.
- Modelación hidrogeoquímica.
- Mecanismos que controlan la presencia del arsénico en las aguas subterráneas.
- Perfiles de calidad del agua: identificación de horizontes geológicos con agua de buena calidad
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias
- Anexos

Se entregará a la CONAGUA para revisión del informe final una impresión original, una copia impresa y una copia en medio magnético. El contenido de cada capítulo será definido por personal de la CONAGUA. Una vez revisado, se realizará una presentación del mismo en el sitio que designe la CONAGUA. Se deberá incluir en los anexos del informe final el manual del usuario del modelo matemático utilizado y se instalará el mismo en un equipo de cómputo que designe el personal de la CONAGUA. Asimismo, se entregará un disco de instalación de dicho modelo y se dará una capacitación a personal que designe la CONAGUA para la utilización del mismo. En cuanto al resumen ejecutivo, el contenido será definido por personal de la CONAGUA.

Una vez revisado y aprobado el informe final se entregarán 10 originales a color, así como 10 respaldos en discos compactos. Para la edición del informe se utilizará Microsoft Office 2007. Se integraran al informe final los anexos fotográfico y cartográfico.

Criterios de evaluación.

Los investigadores interesados deben tener las especialidades de hidrogeología, ingeniería ambiental e hidrogeoquímica.

“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”

Para las metodologías propuestas, debe demostrarse experiencia en: diseño o manejo de medidores de flujo en el interior de pozos, colecta de agua a distintas profundidades, así como en modelación hidrogeoquímica.

Para el caso de las metodologías analíticas debe de demostrarse su confiabilidad a través de la literatura especializada o mediante criterios de garantía y control de calidad.

Debe fomentarse el intercambio y apoyo científico entre diferentes instituciones de investigación, amén de formar académicamente a nuevos cuadros.

Entregables.

Informe final que contenga los resultados de la distribución con la profundidad del arsénico en el Acuífero Principal, Comarca Lagunera, estados de Durango y Coahuila, las condiciones óxido-reducción imperantes, las reacciones de adsorción-desorción con los correspondientes sedimentos o rocas, las fuentes del origen de la presencia de arsénico en las aguas subterráneas y la recomendación sobre los horizontes hidrogeológicos a aprovechar.

Transferencia tecnológica.

Se dará un curso breve a los técnicos de la CONAGUA sobre el uso del muestreador a intervalos discretos diseñado por Izbicki *et al.* (1988) del US Geological Survey o similar, de la interpretación de la información, así como de las técnicas analíticas y modelado hidrogeoquímico.

Informes Parciales y Final

Elaborar los informes parciales y final de acuerdo al formato establecido por el personal de CONAGUA. En el caso del informe final se elaborará un resumen ejecutivo.

Supervisión y Propiedad de los Trabajos.

La CONAGUA, a través del personal que ésta designe, llevará a cabo la supervisión del desarrollo de las actividades del estudio. La CONAGUA podrá revisar actividades específicas, tales como muestreos, aforos o análisis de laboratorio, entre otros, y podrá pedir que sean realizados nuevamente en caso de que no se realicen de acuerdo a lo estipulado en estos términos de referencia.

Toda la información recopilada y generada, así como los resultados obtenidos y productos adquiridos en y para el presente trabajo son propiedad exclusiva de la CONAGUA y serán entregados a ella.

Ni el contratante, ni el personal involucrado directa o indirectamente con la información recopilada y generada, así como los resultados obtenidos y productos generados de los trabajos contratados, podrán usar, divulgar, comercializar o editar parcial o totalmente dicha información, sin previa autorización expresa por escrito de la CONAGUA.

“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”

Insumos que proporcionará la CONAGUA

La CONAGUA proporcionará los siguientes insumos:

- Información de la calidad del agua subterránea.
- Información hidrogeológica.
- Censo de aprovechamientos de reciente construcción.

Duración y Fechas de Inicio y Terminación de los Trabajos.

La fecha de inicio de los trabajos se considerará como la fecha de firma del convenio de asignación de recursos.

El proyecto no deberá exceder de 12 (doce) meses; 2 etapas de 6 meses cada una.

Solicitantes y Usuarios de la Información

Subdirección General Técnica
Gerencia de Aguas Subterráneas
M. en C. Pedro R. Soto Navarro
Subgerencia de Exploración y Monitoreo Geohidrológico
pedro.soto@conagua.gob.mx
(0155) 5174 4000 exts. 1660 y 1661