

Nueva tecnología

para la restauración de acuíferos contaminados por metales

Por: Jerjes Pantoja Irys y Mark Wagner

Jerjes Pantoja Irys: Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México. El ingeniero Pantoja ha participado durante más de 9 años en la planeación, coordinación y ejecución de trabajos ambientales en México, Centro América y Estados Unidos; enfocando sus esfuerzos principalmente a la caracterización, delimitación y restauración de sitios contaminados. Durante los últimos 7 años ha ocupado diferentes cargos en Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.; siendo actualmente el Gerente de la Zona Norte. jerjesp@cam-mx.com

Mark Wagner: Geólogo Profesional Certificado por la AIPG y diversos Estados de los Estados Unidos de Norteamérica. Durante los últimos 23 años, ha servido como gerente o director de proyectos ambientales con la empresa holandesa ARCADIS. Su experiencia en proyectos de remediación de suelo y agua subterránea se extiende a México, Estados Unidos, Europa y Canadá. Actualmente tiene la responsabilidad del manejo de un portafolio de obligaciones ambientales mundiales para un grupo de clientes multinacionales. Antes de su ocupación con ARCADIS, geólogo con Union Carbide Corporation y el Departamento Federal de Energía con investigaciones de sitios contaminado con compuestos transuránicos. mwagner@arcadis-us.com

Introducción

México es un país de antigua tradición minera, con grandes distritos localizados en estados como Guanajuato, Durango, Zacatecas Chihuahua y Sonora, entre otros. Por sus más de 500 años de tradición minera, México enfrenta el reto actual de resolver los problemas ambientales inherentes al largo desarrollo de dicha actividad.

Quizá uno de los problemas, menos discutido, estudiado y sobre todo corregido es el de la contaminación de los acuíferos que circundan los distritos mineros. Mucho énfasis se ha escuchado de parte de las autoridades mencionando la amplia contaminación de los acuíferos; sin embargo muy pocos estudios científicos serios se han realizado y mucho menos publicado, que permitan a la comunidad y a la industria enfocar esfuerzos para el estudio y restauración de los cuerpos de agua. La falta de promoción de la investigación y publicación de artículos científicos serios conlleva a la escasa transmisión del conocimiento y a la nula difusión de las experiencias adquiridas; lo cual termina aumentando el rezago técnico y científico que se puede apreciar en este rubro.

Una de las alternativas para solventar este rezago es el de "incorporar" tecnología y conocimiento que ha sido generado en otros países; aunque con la posibilidad de no adaptarse o adecuarse a diferentes factores como son las condiciones naturales propias de nuestro territorio, nuestra idiosincrasia y sobre todas, nuestra realidad social y económica. Si esta opción es utilizada manteniendo en mente las diferencias manifestadas, se tendrán altas posibilidades de éxito en la incorporación de la tecnología y el conocimiento, reduciendo tal vez una curva de aprendizaje que a otros países les ha tomado décadas alcanzar. Lo anterior no implica que no se estudie o investigue los proyectos ejecutados, si no por el contrario se deberá evaluar objetiva y científicamente el beneficio del uso de esta estrategia.

Pensando en la necesidad de resolver los problemas existentes de contaminación de acuíferos en zonas mineras e industriales, dos empresas, una holandesa y la otra mexicana, han unido esfuerzos para incorporar en México una nueva tecnología de restauración de acuíferos contaminados por metales disueltos como el cromo trivalente y hexavalente, cadmio, zinc, plomo, cobre, mercurio, selenio y transurano.

Descripción de la tecnología

La nueva tecnología es conocida como zonas reactivas anaeróbicas in situ bajo la modalidad de inyección de melaza; la cual tiene como ventajas su rápida respuesta y

facilidad de implementación, comparada con sistemas naturales o tradicionales (Figura 1). Es importante recalcar que la melaza es un líquido viscoso, oscuro, de sabor dulce, que queda como residuo de la fabricación de la azúcar; por lo que en México es abundante y de bajo costo.

El principio de la tecnología involucra la formación de zonas reactivas en el agua subterránea para: a) precipitar y filtrar los metales pesados disueltos en el agua en forma de sulfuros metálicos; b) reducción de cromo hexavalente, precipitación y filtración de cromo hexavalente.

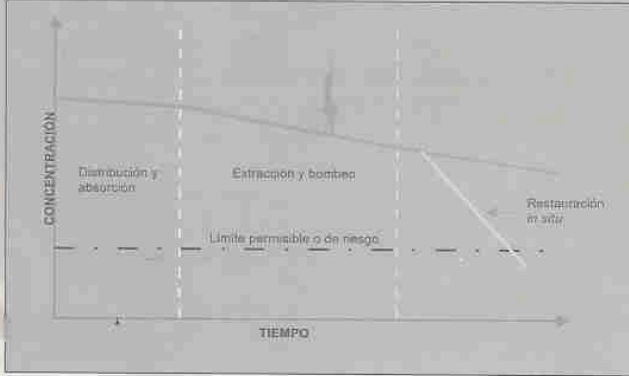


Fig. 1.- Representación de la eficiencia de sistemas de restauración

El sistema consiste en la instalación de pozos de inyección para introducir carbohidratos (melaza) y sulfatos en las zonas contaminadas del agua subterránea (Figura 2). Con esto los microorganismos nativos digieren los carbohidratos produciendo condiciones sulfato-reductoras y metanogénicas en el agua subterránea, creando así una zona reactiva caracterizada por niveles de oxígeno disuelto menores a 0.5 mg/l, potencial óxido de reducción de por lo menos -250 milivolts, y una relación de carbón orgánico disuelto y el contaminante mayor de 50:1. Estas condiciones biogeoquímicas llevan a: a) la formación de complejos y precipitación de metales pesados divalentes; y b) la reducción microbiológica del cromo hexavalente.

Los carbohidratos contenidos en la melaza sirven como el agente primario para manipular el ambiente biogeoquímico del agua subterránea, permitiendo ejercer un cambio y tratar directamente al contaminante en el agua subterránea.

Al momento en el que la melaza se inyecta al agua subterránea, las bacterias nativas empiezan a metabolizar la solución de carbohidratos, consumiendo el oxígeno disuelto en una tasa mayor a la que se puede enriquecer por medio del flujo subterráneo. Después de la reducción del oxígeno disuelto, los microorganismos del agua subterránea comienzan a utilizar receptores alternativos de electrones para la respiración. La secuencia general del uso de receptores alternativos de electrones y formación de subproductos de la respiración es la siguiente (del más favorable termodinámicamente al menor): mientras se man-

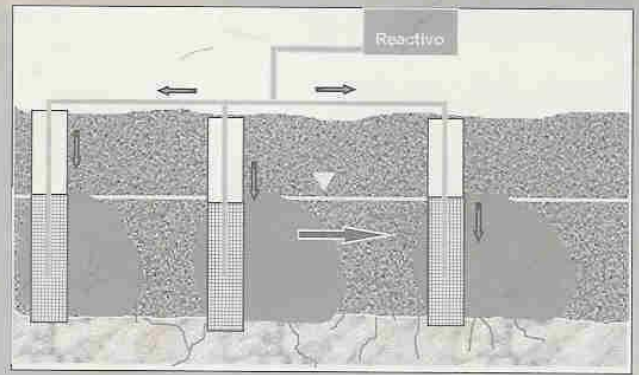


Fig. 2.- Generación de zonas reactivas en agua subterránea.

Nitrato (NO_3^-)	\Rightarrow	Nitrito (NO_2^-)
Hierro Férrico (Fe^{3+})	\Rightarrow	Hierro Ferroso (Fe^{2+})
Manganeso (Mn^{4+})	\Rightarrow	Manganeso (Mn^{2+})
Sulfato (SO_4^{2-})	\Rightarrow	Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)
Dióxido de Carbono (CO_2)	\Rightarrow	Metano (CH_4)

tiene el exceso de carbón orgánico en el medio del agua subterránea (melaza), la tecnología estimula la actividad microbiana, llevando las características del agua subterránea a condiciones anaeróbicas y fuertemente reductoras. La zona en donde este medio es establecido opera como una zona reactiva in situ para el tratamiento de los contaminantes. Esta zona puede establecerse en la fuente de contaminación o a lo largo del flujo del agua subterránea; por ello el agua subterránea que continúa fluyendo hacia estas zonas reactivas, cambiará sus características biogeoquímicas y reducirá eficientemente los metales específicos disueltos en ella.

Implementación en México

Actualmente se están realizando estudios de delimitación de plumas contaminantes de metales pesados y definiendo las condiciones geohidrológicas-biogeoquímicas prevalecientes en los acuíferos, para definir la posibilidad de implementar esta tecnología y poder evaluar su rendimiento y adaptación en el territorio nacional. Será muy importante que los resultados de la implementación de esta técnica sean correctamente evaluados y pueda transmitirse la experiencia ganada, para que de esta forma se abra paso al uso de nuevas y eficientes tecnologías. Esta nueva tecnología ha sido empleada principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, en más de 50 sitios contaminados

Referencias

- Engineered in situ anaerobic reactive zones, S.S. Suthersan, US Patent Number 6143177.
- In situ anaerobic reactive zone for insitu metals precipitation and to achieve microbial de-nitrification, S.S. Suthersan, US Patent Number 5554290.
- In situ reactive gate for groundwater remediation, S.S. Suthersan; G. Keyes; K.O'Brien, US Patent Number 6116816.



Portada | Lóg. José Luis Hernández A.

Juan Carlos Romero Hicks
Gobernador del Estado de Guanajuato

Arturo Núñez Serrano
Secretario de Desarrollo Social y Humano

Ricardo Sandoval Mínero
Secretario Ejecutivo

Jorge Montoya Suárez
Director General de Gestión Social

Raúl Silva Ávila
Director General de Desarrollo Hidráulico

Jesús Nájera Santana
Director General de Administración

Montserrat Serra Martínez
Directora General de Planeación

Elizabeth Jiménez Gutiérrez
Directora de Comunicación y Cultura del Agua

José Luis Hernández Aguilar
Diseño

Mario A. de Alba de la Tejera
Fotografía

Comité Editorial:
Jorge Montoya Suárez
Cesar Augusto Rodríguez
Cesar Mauricio Calvo Lugo
Montserrat Serra Martínez
Raúl Silva Ávila
Martha Gabriela Rodríguez Cardenas
Jorge Rodríguez Romo
Candelario Andrade Gutiérrez
Mario A. de Alba de la Tejera
Alicia Cordero Cabrera

A nuestros lectores

Hacemos una cordial invitación a todos nuestros lectores para que participen en Aqua forum, a través de ensayos, reportajes, memorias, investigaciones, experiencias y/o trabajos que consideren puedan ser de utilidad en materia del agua.

Acerca del autor

La colaboración deberá ser de primera fuente del propio autor, citando las fuentes de referencia. Deberá incluir: nombre del autor, curriculum vitae, domicilio, teléfono y fax.

Acerca del artículo

El título deberá ser breve (7 a 10 palabras máximo) extensión de 2 a 4 cuartillas. Si se elabora en computadora, favor de enviar en disquete con una impresión en papel (no olvide anotar el nombre del archivo y programa) de preferencia en Word.

Señale con comillas e indique en el cuerpo del texto con un número la referencia bibliográfica, para ser citada al final del artículo. Anote el título de la obra, apellido paterno y nombre, lugar de la edición editorial, año de publicación.

Anexo de preferencia material fotográfico vinculado con el tema (en papel o digital a alta resolución).

Gestión del agua 3

Nuevas tecnologías en el tratamiento de aguas residuales, planta de tratamiento de Santa Cruz de Juventino Rosas.

Agua y derechos humanos 6

Tema central Facturación en sitio 10

Nuevas tecnologías de capacitación para el desarrollo institucional en el sector agua. 13

Recuperación de caudales por limpieza de la tubería del acueducto Chapala-Guadalajara. 16

Nueva tecnología para la restauración de acuíferos contaminados por metales. 22

Entrevista
Ing. Álvaro Aldama Rodríguez
Director General del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 24

Foro del agua
Consortio PCJ un ejemplo Brasileño de unio de municipios y empresas para la gestión de cuencas. 28

Aqua Notas
Día Mundial del Agua 2003. 37

1er. Taller Internacional sobre la la Vulnerabilidad de los Acuíferos. 38

Presentan acciones del plan de manejo del acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes. 38

Continúan los trabajos de la Presa de Ortega. 38

Visita grupo LEAD Guanajuato. 39

Convocatoria Espacio Acuoso. 40

Enviar trabajos:

Revista Aqua forum
Comisión Estatal del Agua de Guanajuato.
Autopista Guanajuato-Silao Km. 1 Guanajuato, Gto. 36251
Tels.: 01(473) 7330301, 7330361, 7330241 Fax: 01(473) 7332539
e-mail: ojimengu@guanajuato.gob.mx

Nota: El Comité Editorial se reserva el derecho de publicar las colaboraciones recibidas y de hacer cambios editoriales (no de contenido), que considere conveniente.

Publicación trimestral especializada en agua, editada y distribuida por la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato, con domicilio en autopista Guanajuato-Silao Km. 1 C.P. 36251, certificado de licitud de título número 7159, expedidos por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas. Derechos de autor número 2314/97. Impresa en Codice Reproducciones Gráficas S.A de C.V., Avenida México No. 507, Col. Los Paraísos, tiraje 1500 ejemplares.

aqua

forum



nuevas tecnologías
nuevas tecnologías

Publicación trimestral de abril-junio del 2008 año 7 n.º 32
2008 año interdisciplinario del agua dulce



Comisión
Estatad
del Agua



número 32