

DEMANDA 1: ESTUDIO DE LA MIGRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA DE SALAMANCA, GTO.

Antecedentes

La planta de la empresa Tekchem, ubicada en la ciudad de Salamanca, en el Estado de Guanajuato, fabricó una amplia gama de pesticidas organoclorados y organofosforados. Desde el inicio de las operaciones en agosto de 1956, se fabricaron grandes volúmenes de DDT y otros productos organoclorados. Los procesos productivos en la planta involucraban también el uso intenso de mercurio. En 1997 Tekchem dejó de producir DDT y en el 2008 interrumpió todas las actividades industriales.

Debido a las operaciones en la planta, resultaron contaminados el suelo y el agua subterránea por los derrames e infiltración continua en las áreas de depósito de residuos tóxicos. En 1993 se detectaron aproximadamente 84,000 toneladas de sustancias tóxicas en tres zonas de la planta cuya superficie total es de 24 hectáreas, dichas sustancias consistían sobre todo en DDT, BHC, Toxafeno y mercurio. Además, había alrededor de 35,000 toneladas de azufre almacenadas a la intemperie y directamente sobre el suelo. Se han detectado otros residuos tales como lodos de los procesos y residuos de ciertas materias primas.

La contaminación en Tekchem consiste en una mezcla compleja de diversas sustancias químicas, soluciones y emulsiones. Estos contaminantes se encuentran en distintos estados de evolución según el tipo de sustancia, volumen y tiempo transcurrido desde su depósito. Además, la transformación, degradación, fijación (absorción y adsorción) y migración de las sustancias es función de la naturaleza no uniforme suelo/roca bajo el sitio (tipo y tamaño de las partículas del suelo, tipos de roca, características y localización del agua subterránea, entre otras.).

De acuerdo con los estudios relacionados con esta problemática existen tres tipos de acuíferos en el área de interés, estos son: acuíferos colgados, el acuífero regional Irapuato-Valle y el acuífero profundo (confinado). El acuífero Irapuato-Valle, abarca una amplia extensión, incluyendo las ciudades de Irapuato, Valle de Santiago y Salamanca. El acuífero profundo abastece a la mayor parte de la población de Salamanca.

Se menciona que algunas zonas de arcilla impermeable ubicadas bajo la empresa Tekchem han formado acuíferos colgados, lo que aparentemente impide el libre movimiento vertical de los contaminantes hacia los otros acuíferos. Sin embargo, no se conoce completamente la geometría detallada de los cuerpos arcillosos ni la dinámica de los contaminantes, y la ubicación de estos parece inestable. Con base en la descripción geológica, pareciera que las capas de arcilla forman lentes y no un horizonte impermeable continuo. Entre dichos lentes los contaminantes podrían moverse verticalmente de los acuíferos colgados al acuífero regional Irapuato-Valle, cuya superficie freática está aproximadamente a 60 metros por debajo del terreno. Con base en la información geológica, existe un acuífero confinado más abajo, a una profundidad que varía entre 300 a 700 metros por debajo del terreno. Este acuífero probablemente se localiza bajo una capa de arcilla lo que teóricamente lo protege de la contaminación procedente de los niveles superiores.

En el año de 2016, la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMECA) de la CONAGUA realizó un estudio que incluyó diversos pozos en el municipio de Salamanca, Guanajuato incluyendo pozos de Techkem.

La RENAMECA encontró hidrocarburos en algunos pozos de la refinería de PEMEX y de la empresa Tekchem, principalmente. En pozos de Tekchem, se encontraron plaguicidas como DDD, DDT, Hexaclorociclohexano (HBC) y Gamma HBC Lindano, por arriba de los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua (CE-CCA-001/89), para uso como Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (FAAP), complementados con criterios nacionales e internacionales, para uso público urbano.

En pozos de Tekchem, se encontraron también otros parámetros, por arriba de los Criterios, estos son: Nitrógeno total, Nitrógeno amoniacal, Fósforo total, Arsénico, Cadmio, Níquel, SAAM, Sólidos disueltos totales, Toxicidad, 2-Clorofenol, 2 y 4-Nitrofenol, Aluminio, Bario, Benceno, Berilio, Boro, BTEX, Clorobenceno, Cloroformo, Cloruro de metileno, Cloruros, Compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles, Diclorobenceno, Dureza, Fenol, Fenoles, Fierro, Fluoruros, Manganeso, o-Diclorobenceno, p-Diclorobenceno, Radiactividad alfa, Radiactividad beta, Sodio, Sulfatos, Sulfuros, Talio, Trihalometanos, y Turbiedad, entre otros.

Una de las características de los pozos en los que se determinó la calidad del agua es que son poco profundos, y puede inferirse que reflejan la situación de contaminación del agua adyacente al nivel freático local.

La presencia de hidrocarburos puede aumentar la solubilidad de los plaguicidas y favorecer su migración, lo que depende de diversos factores, como son las propiedades propias de los contaminantes específicos, las características del acuífero y su ubicación, así como las concentraciones en las que se encuentran presentes, entre otras.

Con base en lo anterior, la CONAGUA requiere llevar a cabo este estudio para determinar la magnitud de la migración de contaminantes hacia el acuífero regional Irapuato-Valle y hacia el acuífero profundo, y en su caso, determinar el verdadero impacto de los contaminantes hacia dichos acuíferos, como base para determinar las acciones de remediación y tratamiento del suelo, así como del agua subterránea contaminada.

Este estudio contribuirá a la obtención de información sobre la presencia de plaguicidas, hidrocarburos, metales y otros contaminantes, en los cuerpos de agua nacionales, conforme a lo establecido en el Programa Nacional Hídrico 2014-2018.

Localización del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado en Carretera Panamericana km. 314.5 Colonia San Juan de la Presa, en el Municipio de Salamanca, Guanajuato; conocida como Ex Unidad Industrial Fertimex, hoy Tekchem S.A.B. de C.V., con una superficie de 24 hectáreas.

Localizada en las coordenadas UTM 14Q 273160 m Este y 2275510 m Norte.

Se ubica en la parte centro-norte del acuífero Irapuato-Valle, a una distancia aproximada de 400 m del Río Lerma.

Las áreas adyacentes al sitio de estudio puntual deberán ser propuestas por el Sujeto de Apoyo y deberá ser aprobada por la CONAGUA para la realización de los estudios.

El área de estudio es el área ocupada por la extinta empresa Tekchem, así como las áreas adyacentes cuya extensión será propuesta al personal de la CONAGUA para su aprobación.

Objetivo General

Desarrollar un modelo conceptual que permita conocer la magnitud y el impacto de la posible migración de plaguicidas, hidrocarburos y otros contaminantes de la planta de Tekchem al suelo, acuíferos colgados, acuífero regional Irapuato Valle y acuífero profundo, así como crear una estrategia de remediación.

Objetivos Específicos

- Desarrollar la metodología para determinar la posible migración de contaminantes de la planta de Tekchem hacia suelo, acuíferos adyacentes y profundos a la zona contaminada, incluyendo la posible afectación de los pozos de extracción para abastecimiento público.
- Actualizar el modelo del comportamiento geo hidrológico e hidrológico local y regional que integre la Información geoquímica de los acuíferos presentes;
- Medir los flujos subterráneos y los contaminantes en el suelo, acuíferos colgados, acuífero regional, acuífero profundo, río Lerma y pozos de extracción en las zonas habitacionales.
- Modelar los flujos subterráneos y el transporte de contaminantes en el suelo, acuíferos colgados, acuífero regional, acuífero profundo y pozos de extracción en las zonas habitacionales.
- Determinar hasta qué punto los contaminantes han alcanzado el suelo, acuíferos colgados, acuífero regional, acuífero profundo y pozos de extracción en las zonas habitacionales.
- Verificar y describir las capas de arcilla o barreras naturales a la contaminación procedente de niveles superiores que protejan el acuífero regional Irapuato-Valle y el acuífero profundo.
- Determinar si el suelo constituye una fuente de contaminación de los acuíferos y cuantificar su magnitud.
- Evaluar si el exceso de consumo del agua subterránea induce el movimiento de los contaminantes, por debajo de Tekchem hacia las zonas habitacionales.
- De acuerdo a la calidad del agua de las zonas contaminadas, los resultados del modelo de flujos subterráneos y del modelo de migración de contaminantes, elaborar el proceso de remediación y el sistema de tratamiento de agua subterránea.

1. ACTIVIDADES

2.1 Recopilación, análisis e interpretación de la información.

- Se deberá acopiar la información disponible del sitio y llevar a cabo una revisión detallada, integrando los resultados analíticos de las matrices suelo y agua, por profundidad (Piezometría) y describiendo la planimetría de la contaminación; inventario de pozos y de su instalación, tanto los de monitoreo como los de extracción de agua, estratigrafía, armado (tubería lisa y ranurada), profundidad útil y de muestreo;
 - a) Estudios preliminares
 - b) Geología (edafología, litología, geología estructural (fallas y fracturas)Determinar la estratificación vertical, tipos de suelo, humedad, capas de suelo, rocas, arena

c) Hidrogeología*

Descripción. Como parte del apartado, deberá determinar el gradiente hidráulico, dirección de flujo subterráneo, geometría (incluyendo espesor) y permeabilidad de las unidades hidrogeológicas del subsuelo en la zona de estudio y áreas adyacentes.

d) Antecedentes de contaminantes en el sitio (agua, salud, medio ambiente, residuos)

Descripción: Determinar las condiciones que hayan repercutido negativamente en la zona de estudio y áreas adyacentes relacionados con la presencia de contaminantes recopilando indicadores de afectaciones a la salud y medio ambiente.

e) Calidad del agua

Descripción: Definir características físico químicas y biológicas del agua de las unidades hidrogeológicas (acuíferos) existentes en la zona de estudio y áreas adyacentes.

f) Bases de datos de Consejo Técnico de Agua Subterránea y Comisión Estatal del Agua, para obtener información de ubicación de pozos de extracción de agua.

* Conocer la hidrogeología del lugar, determinar la estratificación vertical, tipos de suelo, humedad, capas de suelo, rocas, arena, gradiente hidráulico así como todas las magnitudes necesarias para desarrollar este estudio. (Edafología y litología) (Incluir siguiente párrafo: • Determinar la geometría de los cuerpos arcillosos impermeables ubicados bajo la planta de Tekchem, y que han formado acuíferos colgados.

2.2 Actividades a realizar

2.2.1 Especificaciones

- Los modelos matemáticos de flujo subterráneo y transporte de contaminantes a utilizar serán tridimensionales y presentados a la CONAGUA para su conformidad.
- La modelación del flujo subterráneo y el transporte de contaminantes en el suelo y en el agua subterránea del acuífero de Salamanca, considerará la advección, difusión y dispersión de contaminantes, así como las interacciones entre los contaminantes y el medio geológico, adsorción, precipitación, disolución, reacciones químicas, particularmente, entre los plaguicidas, metales e hidrocarburos, así como de otros encontrados por la RENAMECA.

2.2.2. Especificaciones de modelación

- Para la modelación se deberán seleccionar algunos de los contaminantes que por su características (coeficiente de partición agua-octanol, solubilidad, constante de la Ley de Henry, biodegradabilidad) permitan determinar su migración.
- En caso de proponer el uso de trazadores para la modelación matemática, la propuesta deberá ser revisada por la CONAGUA para su aprobación.

- Las modelaciones deberán estar basadas en los siguientes parámetros, físicos, químicos inorgánicos, químicos orgánicos, en el suelo, acuíferos colgados, acuífero regional, acuífero profundo, zonas de transición, y pozos de aprovechamiento, seleccionándolos a partir de los resultados obtenidos de los estudios realizados por la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMECA), en específico, los obtenidos para el área de estudio: hidrocarburos, plaguicidas, como DDD, DDT, Hexaclorociclohexano (HBC), y Gamma HBC Lindano, así como Nitrógeno total, Fósforo total, Arsénico, Cadmio, Níquel, SAAM, Sólidos disueltos totales, 2-Clorofenol, 2 y 4-Nitrofenol, Aluminio, Bario, Benceno, Berilio, Boro, BTEX, Clorobenceno, Cloroformo, Cloruro de metileno, Cloruros, Compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles, Diclorobenceno, Dureza, Fenol, Fenoles, Fierro, Fluoruros, Manganeso, Nitrógeno amoniacal, o-Diclorobenceno, p-Diclorobenceno, Sodio, Sulfatos, Sulfuros, Talio y Trihalometanos, así como las variables y parámetros requeridos por los modelos matemáticos, y los indicados en los requerimientos y mecanismos de transferencia.

2.2.3 Características de los acuíferos

- Describir la configuración de cada uno de los sistemas de acuífero determinados: los colgados, el acuífero principal (rocas volcánicas ácidas del Oligoceno y el basalto del Mioceno) y el acuífero profundo, incluyendo: identificación de los regímenes de flujo y balance hídrico, (durante la temporada de lluvia y de estiaje respectivamente).
- Generar un mapa de nivel estático, identificación las "zonas de conexión" entre el acuífero colgado, el regional, y el profundo, donde la contaminación puede presentarse. El Sujeto de Apoyo deberá considerar como mínimo mapas con curvas de nivel, elevación, pozos piezométricos, dirección de flujo de agua subterránea, configuraciones piezométricas y puntos de control de muestreo, coordenadas.
- Identificar, verificar y describir las trayectorias de flujo de las aguas subterráneas.
- Identificar, verificar y describir las fuentes y zonas de recarga de los acuíferos colgados.
- Analizar y determinar si los pozos de monitoreo nuevos y existentes inciden en la contaminación de los acuíferos y/o en su caso proponer metodología de clausura.
- Determinar las características de calidad de suelo y agua superficial y subterránea en el área de estudio y zona de influencia, mediante un muestreo de agua y suelo de acuerdo a los protocolos nacionales/internacionales y metodologías específicas; Se deberán analizar las muestras en laboratorios que cuenten acreditación vigente por la ema (Entidad Mexicana de Acreditaciones) y aprobados por la CONAGUA.
- Elaborar y presentar a CONAGUA para su aceptación, el protocolo para el monitoreo de agua subterránea durante las actividades medición del medio subterráneo.
- Determinación de dinámica de contaminantes (que incluya elementos traza).
- Análisis de incidencia de pozos y excavaciones realizadas en el sitio para la migración de contaminantes

- Se deberá proponer un Plan de Perforación que incluya la ubicación y justificación técnica de por lo menos:
 - 10 pozos de monitoreo en el acuífero colgado del sistema acuífero y;
 - 4 pozos de monitoreo para el segundo piso del sistema acuífero;
- Lo anterior para garantizar que junto con los pozos de la red de monitoreo existente y los pozos de extracción de agua subterránea (de los diferentes usos en la región) seleccionados por el Sujeto de Apoyo, se obtenga la información necesaria que permitan la delimitación con un grado de certidumbre aceptable de la configuración espacial del acuífero colgado; para los análisis posteriores de la estimación del probable movimiento de los contaminantes en el sistema delimitado.

3. Estrategias de remediación

- De acuerdo con los resultados, el Sujeto de Apoyo deberá elaborar una estimación del riesgo asociado a la presencia de la contaminación por pesticidas, hidrocarburos y otros contaminantes en Tekchem y en su área de influencia, así mismo deberá recomendar la tecnología y un enfoque definido para la prevención de la dispersión de contaminación en el medio superficial y subterráneo.
- Diseñar un plan de remediación que incluya el sistema de tratamiento de agua subterránea con base en los resultados del modelo de flujos subterráneos, del modelo de migración de contaminantes, de la concentración de contaminantes, de la estimación de riesgo y de la integración-análisis de la información existente y de la generada en este estudio. Cuyo objetivo sea reducir, eliminar y controlar los riesgos ambientales derivados de la presencia de contaminación en Tekchem.

4. Productos entregables

Con base a las actividades y procesos anteriormente descritos, el Sujeto de Apoyo elaborará como producto final, los siguientes entregables, cuyos avances deberán ser presentados de forma parcial, de acuerdo al cronograma de la propuesta técnico-económica desarrollada:

1. Modelo del flujo subterráneo
2. Modelo de transporte de contaminantes en el suelo y en el agua subterránea
3. Proceso y plan de remediación
4. Trenes de tratamiento del agua contaminada
5. Informes parciales y final del estudio
6. Base de datos de parámetros de campo
7. Base de datos de los análisis de laboratorio
8. Exposición del estudio ante diferentes dependencias que definirá la CONAGUA
9. Capacitación en manejo de sistema de información y modelos matemáticos utilizados.
10. Plan de remediación
11. Planos
12. Metodología

13. Cálculos
14. Resultados de análisis de laboratorio
15. Resultados de modelación
16. Informe final

En términos generales, para los informes se deberán desarrollar los siguientes capítulos:

- Informe ejecutivo, no más de 10 cuartillas, con énfasis en los resultados finales y el cumplimiento de objetivos del estudio.
- Descripción física y ubicación geográfica de la zona de estudio.
- Geología e hidrogeología de la zona de estudio.
- Integración, análisis y síntesis de los resultados de campo y de laboratorio, generados en la zona de estudio con base en la normativa nacional e internacional aplicada, para suelo y agua subterránea.
- Descripción de los modelos matemáticos de flujo subterráneo y migración de contaminantes, utilizados en este estudio.
- Informes de resultados de campo y de laboratorio.
- Calibración de los modelos matemáticos, verificación y simulación de escenarios.
- Evaluación, análisis y síntesis de los resultados de la modelación de escenarios de flujos subterráneos y migración de contaminantes.
- Estimación de riesgo aplicable al diseño del plan de remediación del sitio.
- Diseño del proceso de remediación.
- Diseño del sistema de tratamiento de agua subterránea.
- Protocolo para el monitoreo de agua subterránea durante las actividades de remediación del medio subterráneo.
- Modelo conceptual.
- Resultados
- Conclusiones y recomendaciones de los resultados del estudio.
- Bibliografía específica consultada
- Anexos
 - Archivos en formato xlsx, de las bases de datos de resultados de los muestreos realizados.
 - Proyectos ArcMap.
 - Anexo fotográfico
 - Manuales de usuario de los modelos matemáticos utilizados en el estudio.
 - Todos los archivos electrónicos, generados en este estudio, mapas, textos, tablas, shapefiles, imágenes, presentaciones, etc.

Durante el desarrollo del estudio se entregarán dos informes parciales, uno por etapa, que deberán contener el avance de cada actividad por etapa. Dichos informes deberán integrar un Informe Ejecutivo.

De cada informe parcial se entregarán dos impresiones originales, así como una copia en medio magnético (en Word no PDF).

Los informes parciales serán revisados por el Sector y las observaciones correspondientes se entregarán para su inclusión, la cuales tendrán que verse reflejadas en el informe final. Con la entrega del segundo informe parcial se hará una presentación de los avances.

Se entregará además, cinco ejemplares del informe final impreso, ocho USB, con toda la información generada en este estudio, ordenada en subdirectorios, en archivos Word y Excel, etc., no en PDF.

Duración: 12 meses.

Usuarios de la Información

Gerencia de Calidad del Agua

Ing. Enrique Mejía Maravilla

Gerente de Calidad del Agua

Correo electrónico: enrique.mejia@conagua.gob.mx

Teléfono: 01 51 74 40 00

Dr. Eric D. Gutiérrez López

Subgerente de Estudios de Calidad del Agua e Impacto Ambiental

Correo electrónico: eric.gutierrez@conagua.gob.mx

Teléfono: 01 55 53 77 02 09