

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Primera

El AVQ presenta condiciones favorables para llevar a cabo un proyecto de infiltración de agua para recargar el acuífero y mantener los niveles de agua subterránea, por las siguientes razones:

- a. La zona no saturada presenta un espesor superior a los 100 m.
- b. Por las condiciones socioeconómicas se demanda cada día mayores volúmenes de agua, por lo que hay que proponer alternativas para captar agua superficial y recuperar o mantener los niveles del agua subterránea.
- c. Se encuentra en una zona semidesértica donde el agua subterránea en estos momentos es la única fuente de abastecimiento sustentable; sin embargo, por predicciones realizadas a través de modelos de simulación de agua subterránea no es un recurso sustentable.
- d. La explotación intensiva está ocasionando la reactivación y generación de fallas que ponen en riesgo la infraestructura urbana y vidas humanas, así como la contaminación del agua subterránea. Al aminorar o contrarrestar dicha explotación a través de la infiltración, los efectos negativos se reducen.
- e. La columna estratigráfica de la zona no saturada está compuesta por, material aluvial, sedimentos volcanoclásticos y basaltos, los cuales presentan diferentes valores de permeabilidad. Sin embargo, se identifica que la información litológica de los pozos perforados no es congruente con la columna geológica del área. Es necesario homologar los términos y descripciones geológicas para tener un conocimiento más detallado. Lo anterior se sustenta porque en la representación de algunos elementos en las secciones geológicas no es consistente con la posición real en campo, por ejemplo las fallas presentan una posición diferente a la posición que tienen en realidad.
- f. Por la importancia que tiene el desarrollo socioeconómico del AVQ es necesario plantear y contar con los recursos económicos necesarios para llevar el seguimiento continuo de su evolución.
- g. Las propiedades hidrodinámicas de las rocas de la zona drenada no están evaluadas.. La zona drenada se caracteriza por dos medios, uno poroso y otro fracturado; ambos son favorables para llevar a cabo un proyecto de infiltración, presentan una transmisividad y conductividad media, valores obtenidos en condiciones hidrodinámicas de saturación; las condiciones actuales deben haber cambiado. Es necesario aplicar técnicas indirectas que permitan tener una idea del valor de infiltración.

Segunda

La propuesta del modelo de infiltración plantea un proceso en el que se proponen diversas actividades ordenadas, en las cuales se considera la disponibilidad del agua superficial y subterránea, la calidad, la normatividad, el diseño, construcción, mantenimiento y documentación del proyecto. Para cada una de las partes del proceso se plantean los objetivos que deben cubrirse. Se recomienda presentarla a la SEMARNAT a través de la CONAGUA para que valide el proceso.

Tercera

Existe una gran cantidad de información hidrológica, hidrogeológica, geológica, geofísica, geográfica y aunque no se encuentra actualizada, permite tener el contexto y hacer el planteamiento para llevar a cabo un proyecto de infiltración. Es necesario crear la cultura para documentar y guardar las actividades y acciones que se desarrollasen sobre este tema para que sean de apoyo para la toma oportuna de decisiones y como parte del conocimiento del AVQ.

Cuarta

Con el propósito de obtener información de la zona no saturada, a mayor área, se proponer la aplicación del método geoeléctrico a través de la obtención de imágenes eléctricas 4D, en las cuales se puede monitorear el avance de los fluidos en el espacio y tiempo. Se puede considerar como un indicador de la conductividad hidráulica.

Quinta

La recarga artificial es una opción factible para mantener o recuperar el nivel estático del acuífero del Valle de Querétaro. La región presenta una precipitación anual considerable lo que se traduce en buenos volúmenes de agua para infiltrar y las unidades a infiltrar, al tratarse de medios porosos o fracturados presentan una conductividad hidráulica y una transmisividad media, lo que promete buenos resultados a mediano y largo plazo.

Sexta

Es necesario que todas las instancias de gobierno a los tres niveles, población, agricultores e industrias conozcan la situación del AVQ y estén consientes de que el proceso de infiltración puede alargar la vida del acuífero y volverlo sustentable.

Séptima

Del análisis de la información se identifica que se pueden desarrollar siete tipos de proyectos relacionados con la infiltración

- a. Caracterización de la zona drenada para: Definir el comportamiento eléctrico de la zona drenada y asociarlo a los eventos geológicos. Identificar zonas con permeabilidad e impermeabilidad. Conocer el espesor del horizonte donde se lleva a cabo el proceso de evapotranspiración. Para este caso se identifican cinco zonas con potencial para llevar a cabo estudios, siendo en la zona de Santa María Magdalena, en estos momentos la más apropiada para evaluarla.
- b. Aprovechamiento del agua de los bordos para: Caracterizar la zona no saturada de los sitios donde se ubican los bordos. Definir la posición del nivel del agua subterránea. Definir el volumen de agua que se infiltrará (sobre este punto la CEA

lleva un seguimiento permanente del comportamiento de los bordos). Definir el tipo de tratamiento que aplicará al agua superficial para darle la calidad para evitar contaminación en el subsuelo. Proponer obras de ingeniería para acelerar el proceso de infiltración (pozos de inyección o canales subterráneos) Se tienen identificados cuatro bordos que por la información que existe captan volúmenes importantes de agua y se pueden infiltrar.

- c. Captación de agua de lluvia de los techos de las obras civiles (casa habitación, centros comerciales, industrias) para: Captar e infiltrar el agua que cae en los techos de las obras civiles al subsuelo. Cuantificar el volumen de agua lluvia potencial que cae en los techos de las obras civiles. Sobre este tema es necesario generar una cultura de cambio en la población en la que se cree conciencia de la necesidad de aprovechar de manera óptima el agua, siendo un punto importante la captación de agua superficial.
- d. Estimación de la conductividad hidráulica en la zona no saturada. Conocer el comportamiento eléctrico tridimensional en el tiempo de un volumen de roca al aplicarle un trazador. Estimar la conductividad hidráulica. Para este caso es necesario aplicar un método indirecto, imagen eléctrica 4D.
- e. Resguardar las áreas naturales protegidas. Es una parte importante para el proceso de infiltración ya que en ellas por su posición topográfica es necesario reducir la velocidad del agua de escurrimiento y preservar las áreas boscosas y altas.
- f. Evolución de la salinidad del suelo agrícola. Sobre este punto en la medida que el suelo es más salado se reduce la infiltración del agua, es necesario llevar un monitoreo de su evolución para tomar las medidas correctivas adecuadas.
- g. Aprovechamiento del agua residual, Sobre este punto, si bien el AVQ presenta condiciones ideales, por el espesor de la zona no saturada, es necesario primero caracterizar bien las áreas donde se pueda infiltrar y cumplir con la normatividad.

Octava

El costo del proyecto no fue valorado en este trabajo, sin embargo se considera que el costo es proporcional a los beneficios que acarrearía este proyecto. El AVQ tiene una fuerte producción agrícola e industrial y con este proyecto se aseguraría la vida de la misma por más tiempo.

Novena

El riego con agua que proviene de mayores profundidades puede acarrear consigo mayor cantidad de minerales, aunado al proceso de infiltración y evapotranspiración, puede incrementar la salinidad del suelo agrícola lo que podría perjudicar su productividad.

Décima

Gracias a las condiciones hidrogeológicas en las que se encuentra el acuífero del Valle de Querétaro, se puede llevar a cabo un proyecto piloto para infiltrar el agua residual de la ciudad, después de pasarla por un proceso de tratamiento. Existe información de la presencia de un acuífero colgado cerca del río Querétaro, y a pesar de que el acuífero colgado capta agua contaminada, el acuífero inferior no se ve perjudicado por dicha situación.

6.2. Recomendaciones

Primera

Proponer el proyecto a la Comisión Nacional del Agua, a la Comisión Estatal del Agua, a Protección Civil, a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales o cualquier otra institución interesada con el fin de buscar el patrocinio para llevarlo a cabo.

Segunda

Hacer la evaluación económica del proyecto, determinar la relación costo beneficio.

Tercera

Realizar un modelo geoelectrico de 4 dimensiones del AVQ para tener una idea mas precisa del comportamiento del mismo antes, durante y después de la recarga.

Cuarta

La información acerca del AVQ se encuentra dispersa. Es necesario generar un banco de información donde se concentre la información de manera organizada.

Quinta

Validar los estudios hidrológicos que existan de la zona, así como realizar nuevos estudios hidrológicos.

Sexta

Realizar un monitoreo periódico de la salinidad del suelo agrícola y tomar las medidas necesarias para cuidar y mantener su productividad.