

PROYECTOS DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Carlos Gutiérrez Ojeda(*)

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Gerardo Ortíz Flores

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

(*) Maestro en Ciencias (Hidrología Subterránea) por la Universidad de Arizona en Tucson, Subcoordinador de Hidrología Subterránea en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua desde febrero del 2000, Ha escrito 28 artículos nacionales e internacionales y más de 24 informes técnicos. Es miembro de distintas asociaciones nacionales e internacionales en hidrogeología e hidráulica y científico principal en proyectos de investigación coordinados del Organismo Internacional de Energía Atómica.

Dirección postal del autor principal (*): Paseo Cuauhnáhuac 8532, Jiutepec, Morelos, 62550 México

Teléfono: (+ 52 777) 3 29 36 27, Fax: (+ 52 777) 3 29 36 82 / 3 29 36 81, email: cgutierrez@tlaloc.imta.mx

RESUMEN

La explotación del agua subterránea en el acuífero principal de la Comarca Lagunera, ha provocado el descenso progresivo de los niveles piezométricos y esto a su vez, la migración de aguas subterráneas con concentraciones de arsénico superiores a la establecida por la Norma Oficial Mexicana vigente (NOM-127-SSA1-1994) para uso y consumo humano. Como una alternativa para el control de dicho avance se implementaron en 1991 y 2000, dos programas de recarga artificial mediante embalses de infiltración construidos sobre el río Nazas.

El agua utilizada para la recarga artificial provino de la presa Francisco Zarco, la cual se condujo a través del canal Sacramento y se derivó por los canales de desfogue (3+500 y 11+420), para descargar finalmente a los embalses de infiltración. En cada caso se seleccionó una red de pozos para la observación y el monitoreo del experimento.

El balance de masas del experimento de 1991 muestra que se derivaron 3.4 Mm³ del canal Sacramento, de los cuales se estima se infiltraron 3.2 Mm³, durante 18 días. El balance de masas del experimento del 2000 muestra que el volumen vertido al sistema de embalses ascendió a 5.1 Mm³, de los cuales se estima se infiltraron 3.7 Mm³ al embalse No. 1 y 1.4 Mm³ en el embalse No. 2. La duración del evento fue de 65 días. El balance se efectuó considerando la precipitación ocurrida durante el experimento y cuyos valores ascienden a 66.2 mm y la evaporación registrada fue de 160 mm.

Los resultados obtenidos en los estudios llevados a cabo por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua muestran que el experimento de recarga artificial vía embalses de infiltración es viable técnicamente y que los sitios son adecuados, ya que poseen características hidrogeológicas apropiadas, áreas libres, y cuenta con la infraestructura hidráulica necesaria para el manejo y conducción del agua a los embalses de infiltración.

Palabras clave: recarga, artificial, acuíferos, Comarca, Lagunera.

INTRODUCCIÓN

La explotación intensiva del acuífero principal de la Región Lagunera, Coahuila – Durango, ha provocado en las últimas décadas el avance de los frentes de arsénico, la reducción de los niveles de bombeo y la disminución de los caudales de extracción, en especial en la zona donde se abastece de agua a la población (Figura 1). Los estudios realizados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en 1991 y 2000 demostraron la factibilidad de incrementar el volumen de agua disponible mediante la recarga artificial del

acuífero de Villa Juárez, Durango. Sin embargo, la competencia por el recurso subterráneo en dicha zona por la termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), puede limitar la viabilidad del proyecto. Debido a lo anterior, fue necesario evaluar la factibilidad del sitio, comparar su impacto y limitaciones con respecto a otras zonas potenciales para la recarga, en especial el tramo del río Nazas comprendido entre la derivadora San Fernando y el estrechamiento Calabazas.

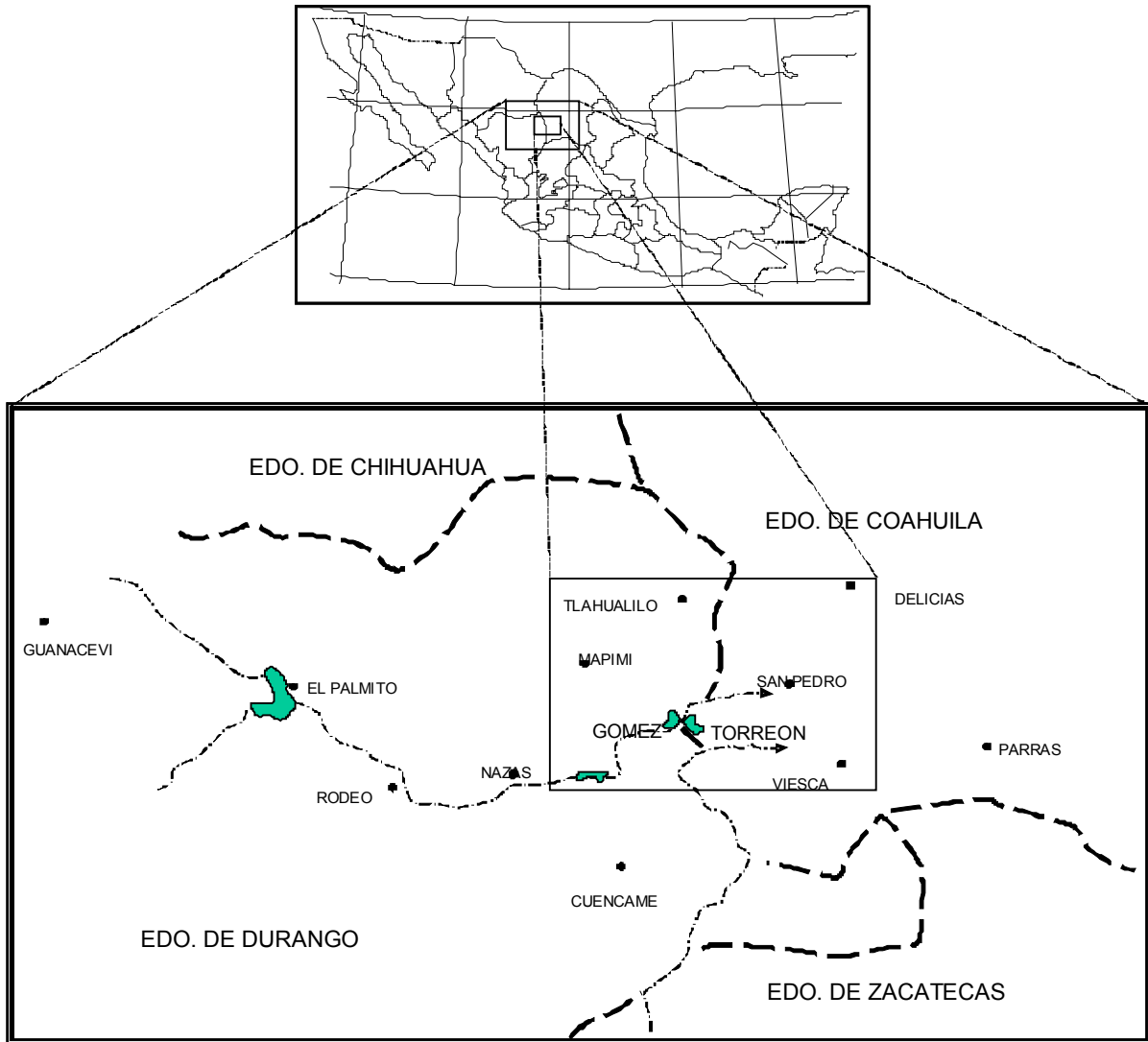


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

OBJETIVO

El objetivo fundamental del proyecto de recarga artificial en el acuífero principal de La Laguna, consistió en establecer la factibilidad de emplear esta metodología, ya sea por vía superficial o por inyección directa en pozos, con el propósito de recuperar los niveles del agua subterránea, preservando además la calidad de esta.

ANTECEDENTES

Con el propósito de verificar la factibilidad de la recarga artificial por la vía superficial, en 1991 y 1999 se realizaron algunas visitas a la Comarca Lagunera, para seleccionar un sitio apropiado donde llevar a cabo en forma experimental el proyecto.

Los recorridos efectuados a lo largo del cauce del río Nazas, desde la derivadora San Fernando hasta el poblado de San José de Viñedo, permitieron identificar los sitios, todos ellos ubicados dentro de la zona denominada como reserva exclusiva para agua potable.

Los sitios seleccionados se ubican sobre el cauce del río Nazas a la altura de la derivadora San Fernando, calabazas, área del desfogue 3+500 y 11+420.

SELECCIÓN DEL SITIO

La zona aledaña a la derivadora San Fernando y Calabazas posee características idóneas para propiciar la fácil infiltración del agua para recarga, sin embargo, existen otros factores que limitan la viabilidad del proyecto.

En 1991, el sitio ubicado en la vecindad del poblado Bella Unión, a pesar de tener características menos idóneas que los anteriores desde el punto de vista granulométrico, constituye una excelente opción debido a su ubicación respecto al canal principal Sacramento. En efecto, el desfogue del canal principal Sacramento del cadenamamiento 11+420, constituye la estructura ideal de suministro y control del agua para llevar a cabo la recarga.

En el 2000, el sitio ubicado en la vecindad del Desfogue 3+500, a pesar de tener características también menos idóneas que los sitios ubicados en San Fernando y Calabazas, desde el punto de vista granulométrico, ya que los materiales del estrato superficial no son tan gruesos, constituye una excelente opción debido a su ubicación respecto al canal principal Sacramento. De la misma manera que el experimento realizado en 1991, el desfogue del canal principal Sacramento del cadenamamiento 3+500, constituye la estructura ideal de suministro y control de agua.

Los sitios seleccionados corresponden a la zona del cauce del río Nazas en la vecindad del desfogue 3+500 y 11+420. Las depresiones pueden aprovecharse como embalses, requiriendo actividades de nivelación y construcción de un dique para prevenir un desbordamiento y provocar problemas viales por la presencia del periférico

CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL TERRENO

Una vez seleccionado el sitio para el experimento, se procedió a realizar pruebas de infiltración dentro del área. Esto se llevó a cabo mediante infiltrómetros de doble anillo.

Se eligieron tres sitios para llevar a cabo las pruebas, ubicados estratégicamente en el área para obtener valores representativos. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de pruebas de infiltración.

Sitio	Capacidad de Infiltración (mm/h)
Experimento 1991	
1	40.0
2	72.5
3	17.0
Experimento 2000	
1	240
2	410
3	730

DISEÑO DEL EXPERIMENTO

De acuerdo con el diseño del proyecto, el agua proveniente del sistema de presas y que conduce el canal sacramento debe ser desviada a través de los desfogues 11+420 (1991) y 3+500 (2000) para descargar directamente al embalse de sedimentación.

En el experimento de 1991, se utilizaron 44 hectáreas de la superficie del río Nazas, en donde de acuerdo con el levantamiento topográfico realizado en la zona de interés, fue posible diseñar un esquema de recarga, consistente de un embalse de sedimentación y infiltración. Para la construcción de estos embalses se proyectaron los diques A, B y C (Figura 2).



Figura 2. Diseño del experimento (1991).

En el experimento realizado en el 2000, los embalses corresponden a depresiones naturales en el lecho seco del río Nazas. De acuerdo con el levantamiento topográfico, la capacidad que puede almacenar el embalse No. 1 es de 197,386 m³ a la elevación 1122.5 m.s.n.m., mientras que su elevación inferior corresponde a los 1116.00 m.s.n.m. En este embalse se recomendó colocar escalas a las elevaciones 1121.00 y 1122.50 m.s.n.m. Adicionalmente fue necesario realizar algunos trabajos de nivelación del terreno y construcción de un bordo sobre el sifón que cruzan el río a 10 m aguas abajo del embalse (Figura 3).

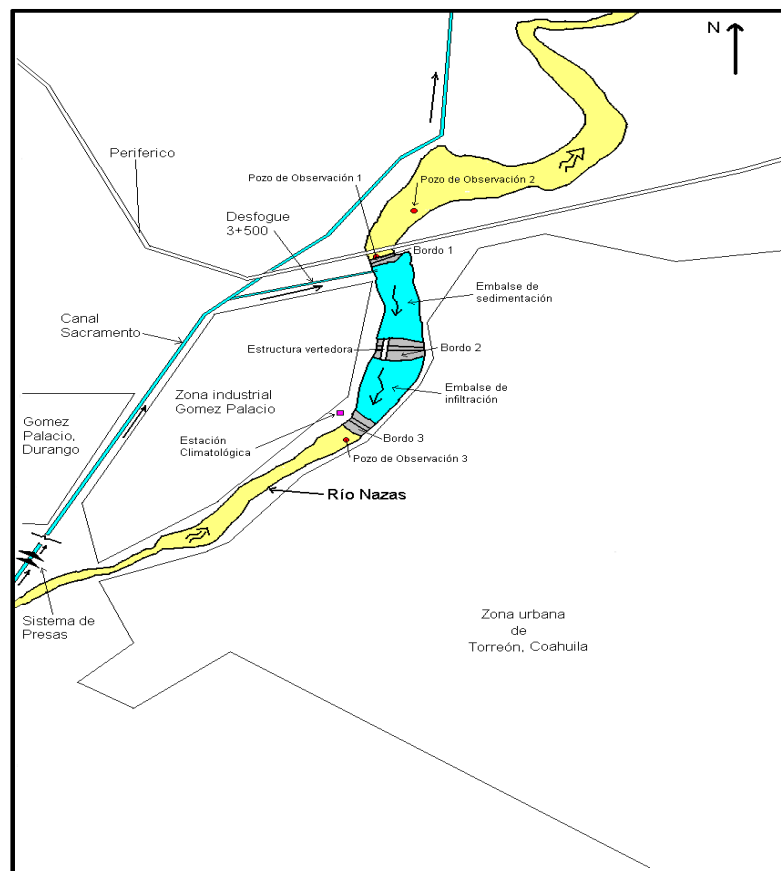


Figura 3. Diseño del experimento (2000).

De acuerdo con el censo de pozos (1991 y 2000), se identificaron los aprovechamientos cercanos al área de experimentación y se seleccionó una red de pozos para la observación y monitoreo de los experimentos. Posterior al inicio del experimento en el año 2000, se perforaron y equiparon tres pozos de observación, los cuales se ubicaron gradiente arriba y abajo del experimento.

DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Para el experimento realizado en 1991, este inicio el 22 de julio a las 14:00 horas, descargando un gasto de 2 m³/seg, a través del desfogue 11+420 del canal Sacramento. Este caudal se mantuvo constante hasta el día 11 de agosto de 1991, fecha en que se dio fin al experimento, debido a las descargas efectuadas en la presa El Palmito, producto de las fuertes precipitaciones ocurridas en la cuenca alta del Nazas.

La fase experimental del proyecto se inicio el día 28 de mayo del 2000, a las 7:30 horas, descargando gastos variables que fluctuaron entre 0.3 y 21.0 m³/seg, hacia el lecho seco del río Nazas, a través del desfogue 3+500 del canal Sacramento.

Esta descarga fue suspendida aproximadamente a las 18:40 horas del 1º de junio. El nivel del agua en el embalse No. 1 alcanza la cota 1122.00 msnm. De acuerdo con el programa de operación del embalse, una vez que el desfogue fue suspendido se registró la evolución de los niveles en el embalse hasta alcanzar la cota mínima de 1121.00 msnm, reiniciando los desfogues hasta alcanzar una cota máxima establecida de 1122.50 msnm, continuando así de manera sucesiva hasta completar los volúmenes autorizados para la realización del experimento.

El 17 de junio, se inició el vertido de agua almacenada en el embalse No. 1 hacia la depresión denominada embalse No. 2, esta acción fue realizada mediante la excavación de un canal de desvío de aproximadamente 5 m de ancho por 50 m de largo. Cabe señalar, que la sección transversal de este canal de tierra, no es uniforme, por lo cual la cuantificación de los caudales trasvasados fue estimada utilizando el método de sección – velocidad. El gasto estimado asciende a los 2 m³/seg.

RESULTADOS

En 1991, la fase experimental del proyecto duró en total 18 días. Durante este periodo se extrajeron del canal Sacramento 3.4 Mm³, de los cuales, de acuerdo con el balance se habían infiltrado 3.2 Mm³. Los pozos ubicados en la vecindad del experimento reportaron un ascenso de nivel. En el 2000, el experimento de recarga duró 65 días y se terminó el 7 de agosto del mismo año. Durante este periodo se extrajeron del canal sacramento 5.2 Mm³, de los cuales se estima que se infiltraron 3.7 Mm³ en el embalse 1 y 1.4 Mm³ en el embalse 2. En los balances efectuados se consideraron los volúmenes de lluvia ocurridas durante el experimento, así como las evaporaciones registradas en las cercanías del experimento. La capacidad de infiltración calculada fluctúa entre los 0.11 y 3.5 m/día. Los pozos que componen la red de observación, experimentaron ascensos en los niveles piezométricos, debido a los llenados y vaciados de los embalses. Los análisis físico – químicos efectuados no mostraron ningún cambio en la calidad del agua.

CONCLUSIONES

De los experimentos llevados a cabo en 1991 y 2000, se concluye que es posible infiltrar volúmenes mayores que los 5 Mm³ en la zona de reserva exclusiva. El cauce del río Nazas ubicado en el tramo comprendido entre San Fernando y el estrechamiento Calabazas, ofrece las características físicas más adecuadas para llevar a cabo la recarga artificial vía superficial. El volumen factible de infiltrar anualmente puede llegar a los 50 Mm³, siempre y cuando se proporcione un tratamiento previo al agua proveniente del canal Sacramento, para remover un alto porcentaje de sólidos en suspensión.

Agradecimientos. A la Gerencia de Aguas Subterráneas de la Comisión Nacional del Agua por el apoyo otorgado y dirección para la realización de los proyectos contratados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asano, Takashi, 1985, *Artificial Recharge of Groundwater*, Butterworth Publishers, Boston.
- Custodio, E., Llamas, M.R., 1976, *Hidrología Subterránea*, Ediciones Omega, Barcelona, España.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979, *Groundwater*, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1991, *Geohidrología de la Laguna – Parte I*, México - CNA.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1992, *Geohidrología de la Laguna – Parte II*, México - CNA.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1999, *Sistema de recarga artificial en el acuífero de la Comarca Lagunera*, México - CNA.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2000, *Sistema de recarga artificial en el acuífero de la Comarca Lagunera*, México - CNA.

Johnson, A.I., Finlayson, D.J., 1989, *Artificial Recharge of Groundwater*, American Society of Civil Engineers, New York.