

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO MATEHUALA-HUIZACHE (2413),
ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes.....	2
1.1. Localización.....	2
1.2. Situación administrativa del acuífero.....	5
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	5
3. FISIOGRAFÍA.....	9
3.1. Provincia fisiográfica.....	9
3.2. Clima.....	10
3.3. Hidrografía.....	10
3.4. Geomorfología.....	11
4. GEOLOGÍA.....	12
4.1. Estratigrafía.....	13
4.2. Geología estructural	16
4.3. Geología del subsuelo.....	16
5. HIDROGEOLOGÍA.....	18
5.1. Tipo de acuífero	18
5.2. Parámetros hidráulicos.....	18
5.3. Piezometría	19
5.4. Comportamiento hidráulico.....	19
5.4.1. Profundidad al nivel estático.....	19
5.4.2. Elevación del nivel estático.....	21
5.4.3. Evolución del nivel estático	22
5.5. Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	23
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	23
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	24
7.1. Entradas	24
7.1.1. Recarga vertical (Rv).....	24
7.1.2. Recarga inducida (Ri)	26
7.1.3. Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh).....	26
7.2. Salidas.....	27
7.2.1. Evapotranspiración (ETR).....	27
7.2.2. Descarga natural (Dn)	27
7.2.3. Bombeo (B)	27
7.2.4. Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)	27
7.3. Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$	28
8. DISPONIBILIDAD	28
8.1. Recarga total media anual (R).....	28
8.2. Descarga natural comprometida (DNC).....	29
8.3. Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)	29
8.4. Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)	29
BIBLIOGRAFÍA.....	31

1. GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, en el caso de las aguas subterráneas esto debe ser por acuífero, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la “NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.

Esta norma ha sido preparada por un grupo de especialistas de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, gobiernos estatales y municipales y de la CONAGUA.

La NOM establece para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas la realización de un balance de las mismas donde se defina de manera precisa la recarga, de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

Los resultados técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información, se especifique claramente el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar.

La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, transparentar la administración del recurso, planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

1.1. Localización

El acuífero Matehuala-Huizache, definido con la clave 2413 por la Comisión Nacional del Agua, se encuentra ubicado en la parte centro norte del estado de San Luis Potosí (figura 1).

Geográficamente se localiza entre los paralelos 22° 35' y 23° 36' de latitud norte y entre los meridianos 100° 19' y 100° 55' de longitud oeste

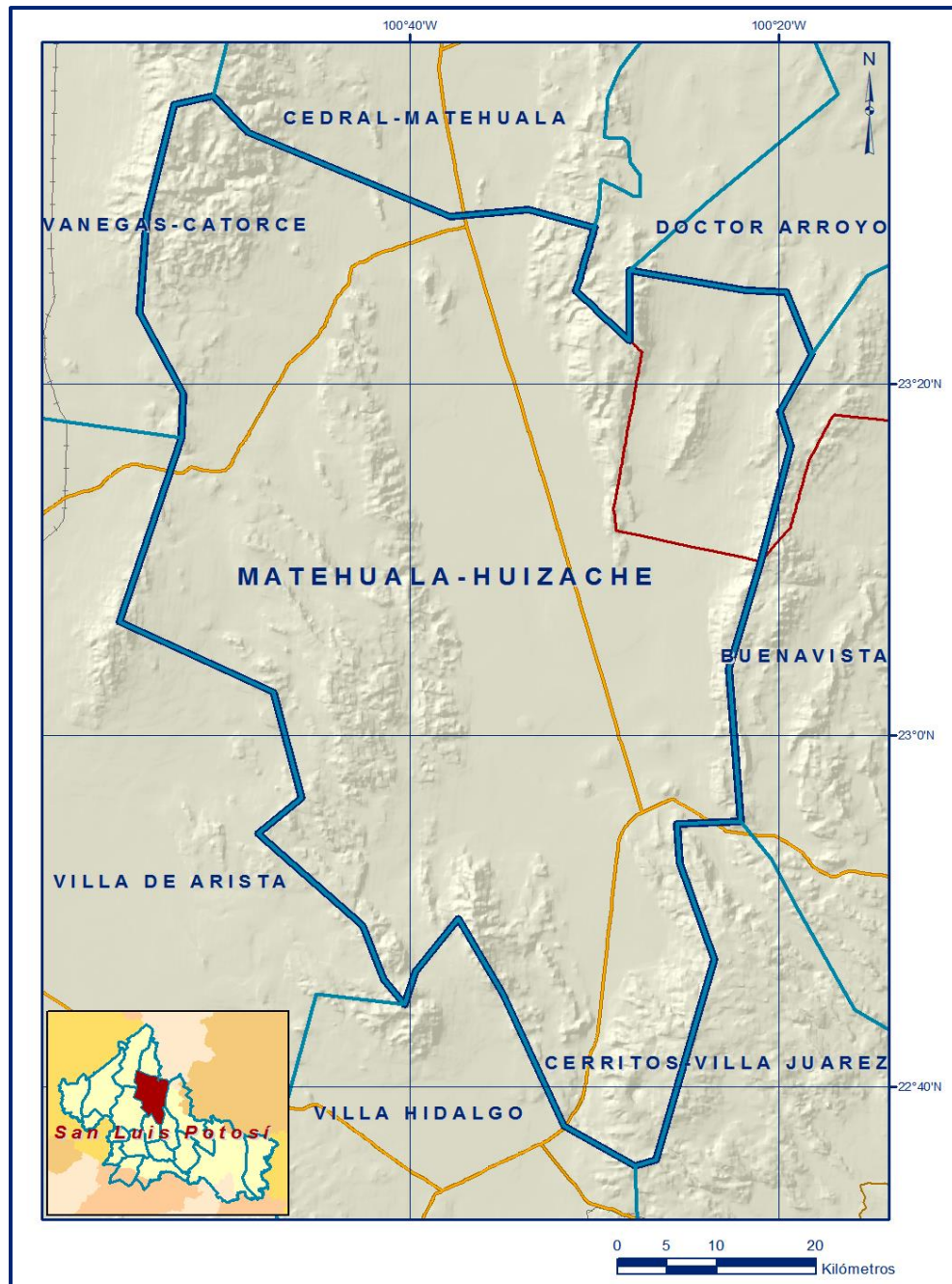


Figura 1. Localización del acuífero

Cubre una superficie aproximada de 4,184 km², conforme a la poligonal que lo delimita. Colinda al sur con los acuíferos Villa Hidalgo y Cerritos, al este con Buenavista, al oeste con Villa de Arista y Vanegas - Catorce y al norte con Cedral-Matehuala, Santa Rita-Cruz Elorza y Doctor Arroyo, todos ellos del estado de San Luis Potosí, exceptuando los dos últimos del estado de Nuevo León. La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas de la poligonal simplificada que delimita el acuífero

ACUIFERO 2413 MATEHUALA-HUIZACHE							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	100	28	5.1	23	22	28.6	
2	100	28	6.3	23	26	29.3	
3	100	21	49.3	23	25	22.1	
4	100	19	36.5	23	25	15.4	
5	100	18	11.5	23	21	42.5	
6	100	19	57.6	23	18	26.7	
7	100	19	21.9	23	16	28.8	
8	100	20	58.6	23	9	54.0	
9	100	22	43.2	23	3	48.9	
10	100	22	5.7	22	55	6.2	
11	100	25	32.6	22	54	56.7	
12	100	25	23.7	22	52	43.9	
13	100	23	29.9	22	47	13.0	
14	100	26	41.3	22	35	48.8	
15	100	27	49.6	22	35	27.5	
16	100	31	39.5	22	37	45.0	
17	100	34	59.8	22	45	14.6	
18	100	37	25.2	22	49	32.6	
19	100	39	43.4	22	46	32.3	
20	100	40	17.8	22	44	40.4	
21	100	41	26.0	22	46	6.2	
22	100	42	34.3	22	49	8.6	
23	100	48	15.0	22	54	25.5	
24	100	45	54.4	22	56	25.8	
25	100	47	26.2	23	2	28.3	
26	100	55	48.5	23	6	28.3	
27	100	52	25.3	23	16	56.2	
28	100	52	19.8	23	19	29.3	
29	100	54	41.2	23	24	3.5	
30	100	54	19.3	23	29	41.3	
31	100	52	48.5	23	35	56.0	
32	100	50	41.7	23	36	26.3	
33	100	48	48.0	23	34	20.3	
34	100	37	49.5	23	29	33.8	
35	100	33	33.9	23	29	58.0	
36	100	30	0.3	23	28	55.1	DEL 36 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	100	28	5.1	23	22	28.6	

De acuerdo con la división política de los estados de San Luis Potosí y de Nuevo León, el acuífero abarca en el estado de San Luis Potosí casi la totalidad del municipio de Villa de Guadalupe, y en forma parcial a los municipios de Matehuala, Villa Hidalgo y Guadalcázar, así como una pequeña parte de los municipios de Catorce y Charcas. En el estado de Nuevo León el acuífero cubre parcialmente los municipios Doctor Arroyo y Mier y Noriega..

1.2. Situación administrativa del acuífero

El acuífero pertenece al Organismo de Cuenca VII “Cuencas Centrales del Norte”, y es jurisdicción territorial de la Dirección Local San Luis Potosí. Una porción hacia el norte del acuífero, se encuentra sujeta al Decreto de veda tipo III, *“por el que se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona que comprende los Municipios de Vanegas, Cedral y Matehuala, S.L.P.”*, publicado en el Diario Oficial el 24 de octubre de 1964.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1.

El usuario principal es el agrícola. El acuífero forma parte del Consejo de Cuenca (14) Altiplano, instalado el 23 de noviembre de 1999. No existe Distrito o Unidad de Riego alguna, ni se ha constituido a la fecha el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Para conocer el comportamiento del acuífero se han realizado diversos estudios de carácter geohidrológico, en áreas donde tiene influencia, en este sentido a continuación se enlistan los estudios disponibles.

SERVICIOS DE PROSPECCIÓN Y LEVANTAMIENTOS GEOLÓGICOS Y GEOFÍSICOS EN LA ZONA DE CHARCO BLANCO-MATEHUALA, SAN LUIS POTOSÍ. Elaborado por Geohidrológica Mexicana, S.A. para la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Dirección General de Programas de Infraestructura Hidráulica, 1979. El estudio abarcó un área más extensa que el límite actual del acuífero Matehuala-Huizache y concluye que las rocas que afloran en el área son de tipo sedimentarias marinas y continentales, así rocas ígneas intrusivas y extrusivas. Las rocas marinas están constituidas por calizas, lutitas y areniscas cuya edad varía del Jurásico al Cretácico; estas unidades se encuentran plegadas formando anticlinales y sinclinales. Se indica que en el Terciario se depositaron en las partes bajas del área, espesores importantes de materiales granulares, aluviales y lacustres, presentándose en ese mismo período vulcanismo y emplazamiento de cuerpos intrusivos, observándose pequeños y esporádicos afloramientos de rocas basálticas y riolíticas. Los depósitos aluviales recientes son de poco espesor, el cual aumenta considerablemente en las zonas de deyección de los arroyos.

Se definió la existencia de dos medios donde circula el agua subterránea. El primero lo constituyen los rellenos aluviales compuestos principalmente por boleos, gravas, arenas, limos y arcillas y evaporitas que ocupan las partes bajas del valle, se menciona que su espesor es variable llegando a sobrepasar los 380 m. Las aguas subterráneas que se encuentran en el relleno están siendo explotadas a través de pozos y norias. El segundo medio está constituido por calizas, en su mayoría arrecifales.

La explotación del acuífero en rocas calcáreas se llevaba a cabo en una pequeña escala, siendo importante solamente en la zona de San Francisco, en la porción suroriental del área estudiada, donde los pozos se han perforado sobre formaciones calcáreas arrecifales de edad Cretácico Inferior.

El acuífero es alimentado por infiltración de agua de lluvia que se precipita en la zona y por flujo horizontal subterráneo, proveniente del norte. Los flujos tienen una dirección norte-sur y forman una depresión a la altura de los poblados San Francisco y San José del Refugio. Hacia el entronque de Huizachal existe un flujo proveniente del oeste rumbo al sur. Se determinó que las profundidades al nivel estático, oscilan entre 40 y 60 m y algunas mayores hacia la zona sur. Las aguas contenidas en los terrenos salitrosos que rellenen los valles, por lo general se encuentran contaminadas por las sales disueltas llegando en ocasiones a presentar mala calidad, no apropiada para usos domésticos, agrícolas o de abrevadero.

PROSPECCIÓN GEOHIDROLÓGICA EN LAS ZONAS MARGINADAS DE SAN LUIS POTOSÍ, realizado por Lesser y Asociados, S.A. para la Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración, Gerencia de Aguas Subterráneas, 1991. Se determina que en la zona existen dos tipos de rocas que pueden presentar condiciones acuíferas: aluviones y calizas. Los aluviones corresponden al extenso bolsón de El Huizache. Las calizas que forman las sierras corresponden en su mayoría a la Formación Tamasopo.

El bolsón “El Huizache” se extiende hacia el norte fuera del área, hasta el poblado de Matehuala; dicho bolsón está constituido por materiales granulares producto del intemperismo y erosión; interdigitados con estos materiales granulares se encuentran sedimentos lacustres de origen químico. En las elevaciones topográficas, las calizas pueden funcionar como zonas de recarga; hacia las partes bajas, donde se presenta fracturada y/o con conductos de disolución, puede llegar a formar acuíferos. Las perforaciones realizadas sobre estas rocas han proporcionado caudales bajos. En general varios pozos evidencian la permeabilidad media o baja de las calizas.

Del censo de aprovechamientos efectuado, se determinó que los pozos alcanzan profundidades totales de 200 m, con algunas excepciones, que llegan a ser de hasta 300 m, estos últimos localizados principalmente en la parte oeste de la zona. Asimismo, el censo manifiesta que una buena cantidad de pozos presentan profundidades totales alrededor de 100 m. Los gastos de los pozos son en general bajos, con algunas excepciones para este tipo de acuíferos en zonas áridas.

Las profundidades al nivel estático en el acuífero variaban en promedio de 40 a 60 m, excepto en la parte sur donde existen valores del orden de 100 m. De muestreos de agua realizados, se concluye que, en la mayor parte del área, el agua subterránea es de mala calidad, principalmente en la parte central-norte del bolsón El Huizache, en donde se llegan a detectar concentraciones de 1,000 y 5000 partes por millón (ppm) de sólidos totales disueltos, en el resto del área la calidad del agua presenta características de calidad ligeramente mejores.

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO CON FINES DE ABASTECIMIENTO A LA CIUDAD DE MATEHUALA, S.L.P. Realizado por IEPSA, para la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Subsecretaría de Bienes Inmuebles y Obras Urbanas, Dirección General de Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, 1981. El área de estudio se encuentra colindando con el límite norte del acuífero Matehuala-El Huizache y se consideró a este estudio como referencia en el ámbito regional. Entre los aspectos importantes se destaca que en el Valle de Matehuala-Cedral-Vanegas, prácticamente no se cuenta con disponibilidad de agua superficial, y que son las aguas subterráneas las que satisfacen las demandas para todo uso.

Asimismo, se indica que el acuífero está formado por rellenos aluviales de granulometría heterogénea predominando materiales finos, su espesor se estima en 300 a 350 m en el centro del valle. Se determinó que el acuífero es de tipo libre. Se menciona que las rocas sedimentarias y carbonatadas del Cretácico y Jurásico (con excepción de la Formación El Doctor), conjuntamente con las intrusivas del Terciario funcionan como barreras laterales y piso del acuífero granular, localmente a través de fracturas pueden llegar a proporcionar caudales de poca cuantía.

Se indica una salida por flujo horizontal subterráneo hacia la zona sur, donde se localiza el acuífero Matehuala- Huizache.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO EN ACUÍFEROS PRIORITARIOS DE LA REGIÓN CUENCAS CENTRALES DEL NORTE, IMTA, 2002.

El estudio comprendió 90 pozos en acuíferos de los estados de Coahuila, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí, contenidos en ocho acuíferos principales, de los cuales se tenía información previa de presencia de contaminantes, especialmente arsénico. Se realizó un muestreo del 21 al 27 de octubre de 2002. Se midieron conductividad, temperatura, pH, sólidos disueltos totales, sulfatos, cloruros, dureza total, arsénico y fosfatos totales. Adicionalmente, algunos pozos fueron analizados en su contenido de fluoruros, mercurio, plomo y manganeso.

En San Luis Potosí se tomaron muestras de agua en 32 pozos de los acuíferos Matehuala-Huizache y Cedral-Matehuala. En el primero de ellos se analizaron 16 pozos, en los que, en el 50% de ellos se rebasa el límite permisible de sólidos disueltos, en 44% el de dureza, en 6% el de cloruros, en 50% el de sulfatos, en 25% el de fluoruros y en 25% el de arsénico.

Resalta en este acuífero la mala calidad de agua encontrada en los pozos Jicote y Vallejo que no cumplen los límites permisibles en cinco de los parámetros mencionados. Se detectó una aguda escasez de agua y mala calidad en la mitad de los pozos.

Se recomienda que se realicen análisis de los pozos en uso que no se incluyeron en este diagnóstico, especialmente en Zacatecas y San Luis Potosí, con el fin de que el conocimiento de la calidad del agua de la región sea completo, para que establecer programas de sustitución de fuentes de abastecimiento, pero sobre todo para aumentar el caudal que los habitantes tienen disponible.

REACTIVACIÓN DE LA RED DE MONITOREO PIEZOMÉTRICO EN EL ACUÍFERO MATEHUALA-HUIZACHE, S. L. P., Lesser y Asociados, S.A. de C.V., 2004.

Los objetivos fueron establecer una red de monitoreo simplificada y confiable para la obtención de información hidrogeológica-piezométrica del acuífero, conocer la evolución y la condición actual de los niveles del agua subterránea, así como su tendencia, derivado de causas naturales o antropogénicas y establecer un marco de referencia que permita identificar los cambios originados por futuros desarrollos sobre las fuentes de agua subterránea. Se visitaron 80 pozos, de los cuales 59 se seleccionaron para formar la red piezométrica, basándose en los pozos piloto de la Dirección Local.

Los valores de profundidad al nivel estático registraron variaciones de 10 a 80 m para la mayor parte del acuífero. Los valores de 10 m se registran puntualmente; predominando las profundidades de 10 a 60 en el Valle de Matehuala, entre esta ciudad y la zona donde se encuentran los poblados La Concepción, La Palma y La Bonita.

En la localidad Pastoriza, el nivel estático se encuentra entre 80 y 90 m, que son de las mayores profundidades en la zona. A partir de San José de los Guajes y El Carmen, las profundidades disminuyen hacia el norte como al sur, de 80 a 10 m, hacia Matehuala y de 80 a poco menos de 50 m, hacia Santa Clara, Rancho La Herradura y Vallejo. En el extremo sur de la zona, entre San Juan Sin Agua y El Coyote, el nivel se encuentra a profundidades de 80 m, incrementándose hasta los 122 m, rumbo a la localidad Pozas de Santa Ana.

Las mayores elevaciones con respecto al nivel del mar, se encuentran alrededor de la Ciudad de Matehuala con 1600 msnm, disminuyendo hacia el sur, a la altura de Pastoriza, con 1380 msnm. Se identificaron dos conos piezométricos, uno alrededor de Santa Cruz y otro entre Los Tres Reales y Norias del Refugio.

En el extremo donde se ubica el área de Pozas de Santa Ana se encuentra otro cono piezométrico marcado con la curva 1270 msnm. La dirección del flujo subterráneo, fluye de norte a sur, para ser captado en los tres conos piezométricos ubicados en la mitad sur de la zona.

Se observaron abatimientos de -1 a -4 m, para el período de 6 años, entre Pastoriza y Matehuala, así como en la porción central del valle, registrándose los mayores abatimientos hacia el centro de dicho valle.

3. FISIOGRAFÍA

3.1. Provincia fisiográfica

El acuífero se encuentra contenido parcialmente en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, dentro de la subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales, y otra parte se encuentra dentro de la provincia Mesa del Centro, según la Carta Fisiográfica de la Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Entre las sierras de importancia que se encuentran en la zona están la de Catorce, El Azul, El Orégano, Las Narices, La Trinidad, Los Librillos, El Pollo y Ruda.

3.2. Clima

Según los criterios de Wilhem Köppen modificados por Enriqueta García, para las condiciones de la República Mexicana, el clima es de tipo BS_0 seco, correspondiendo en gran parte a un subtipo $BS_0 hw(x')$ secos semicálidos y en menor proporción, hacia las partes altas, del subtipo $BS_0 kw(x')$ secos templados, ambos con lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal mayor de 10.2, el tipo de climas de esta región presenta condición de canícula.

La temperatura media anual hacia las partes bajas oscila entre 18 a 20° C y hacia las partes altas está comprendida entre 16 y 18° C. La temperatura media anual para el acuífero es de 18° C.

En la zona las partes bajas presentan una precipitación media anual del orden de 300 a 400 mm, mientras que hacia las partes altas ésta se encuentra comprendida entre 400 y 420 mm. La precipitación media anual para el acuífero es de 39 mm.

En el área del acuífero y sus inmediaciones existen algunas estaciones climatológicas (Matehuala, La Maroma, Palo Blanco, Guadalupe, Charcas) en las cuales se ha obtenido información de la evaporación potencial, teniendo mayor influencia la de Palo Blanco por estar contenida dentro de los límites del acuífero. Al respecto, la evaporación potencial media anual en esas estaciones varía de 1867 a 2168 mm/año, correspondiendo este último valor a la estación Palo Blanco.

3.3. Hidrografía

El acuífero pertenece a la Región Hidrológica No. RH 37 El Salado, Cuenca Matehuala y Cuenca San José - Los Pilares y Otras.

En el área no existen corrientes superficiales importantes debido principalmente a la escasa precipitación y gran evaporación.

La mayoría de los arroyos desaparecen al infiltrarse en sus propios abanicos aluviales que se forman al pie de la sierra y sólo unos pocos llegan al fondo del valle, donde forman encharcamientos y lagunas efímeras. Prácticamente no existen aprovechamientos superficiales y por consiguiente infraestructura hidráulica como presas y bordos de importancia y obras afines, existiendo solamente algunos aljibes y bordos para almacenar el agua de lluvia.

3.4. Geomorfología

La zona se encuentra constituida por varias unidades geomorfológicas destacando el Bolsón de Huizache, Sierras Calcáreas Mayores, Sierras y Valles Intermontanos, y en menor proporción Abanicos Aluviales y Lomeríos. En la región donde se localiza el acuífero existen geoformas tales como sierras abruptas, volcanes y mesetas basálticas, así como pequeños lomeríos, valles amplios y estrechos.

Dentro de los procesos endógenos y exógenos el de mayor importancia es el tectónico que originó grandes pliegues y fallas, estas últimas en su mayoría cortan a las rocas carbonatadas. Los procesos exógenos han actuado de manera destructiva (intemperismo y erosión) y constructiva (acumulación). Un ejemplo particular de una unidad geomorfológica es el denominado Bolsón El Huizache formado por procesos de erosión y acumulación, originando rellenos aluviales que cubren una parte topográficamente baja, limitada por elevaciones topográficas al este y oeste.

Este bolsón presenta una altitud del orden de 1300 msnm, tiene forma plana con reducida pendiente hacia la parte central. Que se incrementa ligeramente hacia los flancos donde al pasar por los abanicos aluviales la pendiente aumenta. Los arroyos que se llegan a generar en los flancos de las sierras arrastran materiales granulares, los cuales se depositan en el valle variando su clasificación de gruesa en la periferia a fina hacia el centro del bolsón.

En cuanto a las Sierras Calcáreas Mayores que se encuentran en la región, están constituidas por rocas sedimentarias marinas esencialmente del Cretácico Medio y Superior, las cuales se encuentran plegadas formando estructuras simétricas y recumbentes, afectados por fallas normales que constituyen los grabens y horts existentes en la región. Presentan formas abruptas y se llegan a elevar a altitudes del orden de 2300 msnm. Entre ellas se encuentra la sierra El Azul y Sierra de Catorce. En cuanto a las Sierras y Valles Intermontanos existentes en el área se observa que los valles son alargados, divididos por sierras que corresponden a las sierras mayores.

Los valles están constituidos con materiales granulares y tienden a ser planos con ligera pendiente. Las sierras están constituidas por calizas del Cretácico, presentan pendientes fuertes y elevaciones de hasta 2200 msnm. Presentan arroyos con drenaje detrítico. Los abanicos aluviales se observan al pie de las elevaciones topográficas y frente a los principales arroyos, son típicos de zonas áridas que forman un cordón en el límite entre las sierras mayores, los valles y los bolsones.

Respecto a los lomeríos, una serie de éstos se observan en la porción noroccidental, correspondientes a rocas ígneas extrusivas y a pequeños remanentes de rocas calizas; otra serie de lomeríos se encuentra en la porción oriental, los cuales corresponden a conglomerados calcáreos erosionados. Los lomeríos presentan formas suaves, redondeados, con alturas de hasta 50 m.

4. GEOLOGÍA

La zona de donde se localiza el acuífero está formada por sedimentos continentales, sedimentos marinos y rocas ígneas extrusivas, su distribución se muestra en la figura 2.

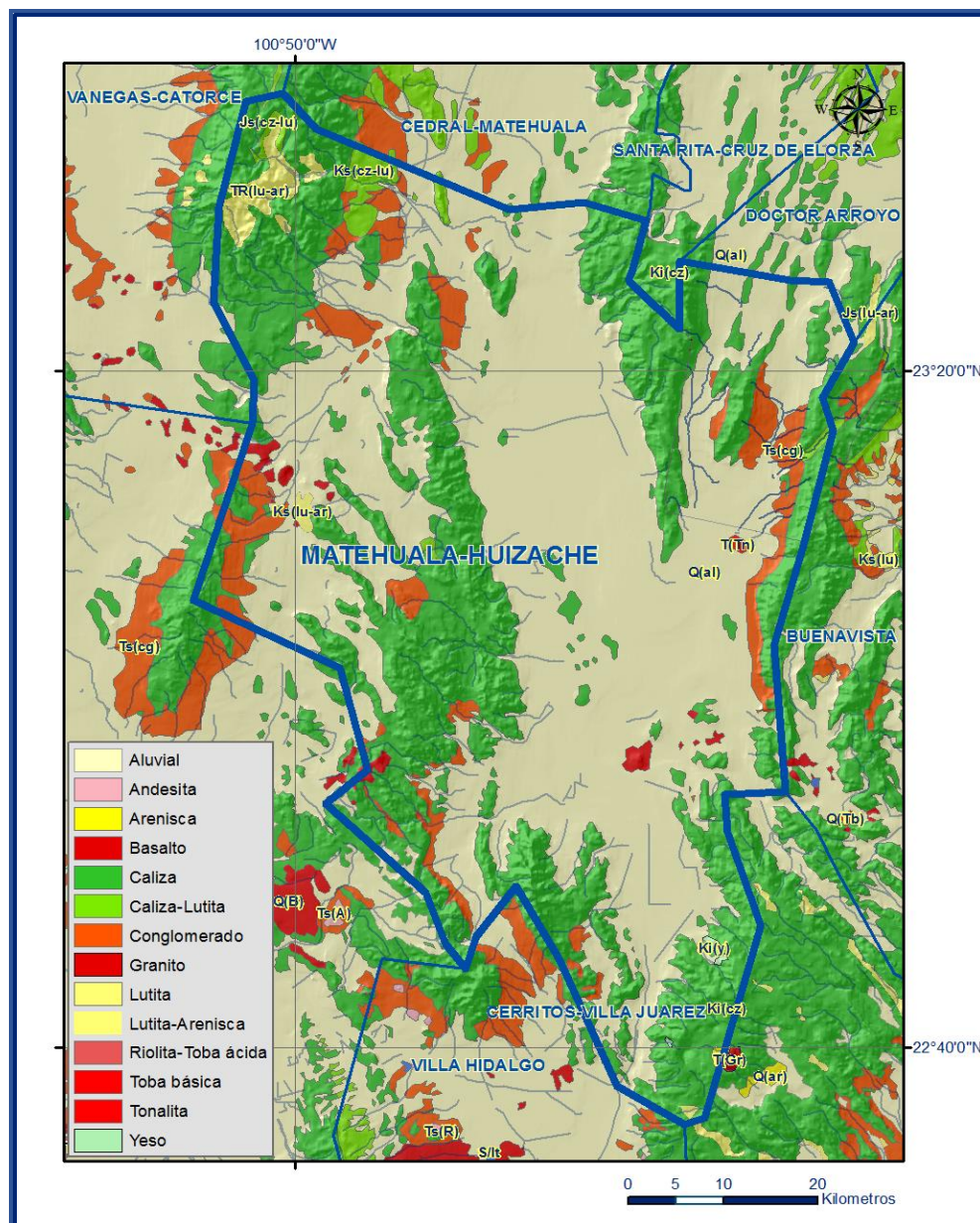


Figura 2. Geología general del acuífero.

4.1. Estratigrafía

A continuación, se describen las distintas unidades litológicas en orden cronológico, de la más antigua a la más reciente:

Formación El Abra

Definida originalmente por Garfias en el año de 1915. Posteriormente Kellum en 1930 la designó como Formación El Abra.

En el afloramiento que se localiza al sur del Rancho de Santa Rita de los Hernández, está constituida en su base por 212 m de una caliza de textura packstone-grainstone de miliólidos y pellets. Presenta estratificación gruesa en la base a masiva hacia la cima y en su superficie de erosión presenta restos de moluscos. Le sobreyacen 214 m de calizas mudstone a wackestone de miliólidos. Hacia la superficie pasa a 100 m de calizas con textura wackestone-packstone de interclastos, bioclastos y pellets.

También se puede observar un afloramiento de esta formación en una parte de la sierra mayor ubicada al poniente de la Ranchería Santa Rosa La Masita, el afloramiento de la Formación El Abra fue medido por Petróleos Mexicanos (1981), con un espesor de 835 m. Constituido hacia la base por 205 m de dolomías de grano fino a medio con calizas dolomitizadas en la base de la unidad.

Pasa hacia arriba a 100 m de caliza de textura mudstone a wackestone de bioclastos e interclastos. Continúan 185 m de calizas con textura wackestone-packstone de miliólidos. Continúan hacia la cima 130 m de calizas de wackestone-packstone de miliólidos. Le siguen hacia arriba 75 m de caliza wackestone-packstone de interclastos. Culmina la secuencia con 140 m de caliza mudstone a wackestone de miliólidos.

La base de la Formación El Abra no se encuentra aflorando en el área, subyace en forma aparentemente concordante a los depósitos también de plataforma del miembro inferior (Turoniano) de la Formación Tamasopo.

Formación Tamasopo

Definida originalmente por Emil Bosé en 1906, corresponde a una sección de calizas de plataforma que aflora en las proximidades de Tamasopo, a las que le asignó una edad que va del Turoniano al Cenomaniano Inferior.

En el área, se considera Formación Tamasopo al paquete de rocas carbonatadas de plataforma que afloran sobre el sector de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí y que presentan determinaciones de edad que van desde el Turoniano hasta el Santoniano, sobreyaciendo a capas del mismo ambiente que proporcionan determinaciones de edad Albiano-Cenomaniano (Formación El Abra).

Al noreste de San José del Refugio, la sierra está compuesta por la Formación Tamasopo, donde Petróleos Mexicanos midió un espesor del miembro inferior del orden de 600 m.

La base de la formación está constituida por aproximadamente 190 m de una caliza con textura que va de wackestone a packstone. Le siguen hacia arriba estratigráficamente 91 m de caliza mudstone arcillosa. Continúan del orden de 144 m de caliza wackestone-packstone de intraclastos y bioclastos. Culmina la secuencia con aproximadamente 178 m de caliza wackestone-packstone de pellets e interclastos.

El espesor del miembro superior de la Formación Tamasopo es del orden de 1200 m y consiste de caliza wackestone a grainstone de pellets o peletoides y fragmentos biogénicos, en algunas ocasiones con miliólidos; alternan con algunos horizontes arcillosos de espesor que varía de 30 cm a 1 m.

La Formación Tamasopo descansa aparentemente de manera concordante sobre la Formación El Abra y subyace en la misma forma a la Formación Caracol.

De acuerdo a su posición estratigráfica y el contenido faunístico se le asigna una edad que va del Turoniano para el miembro inferior y hasta el Coniaciano-Santoniano en su miembro superior.

Formación Indidura

Esta formación fue nombrada por Kelly en el año de 1936, en el área de Delicias, Coahuila, para designar una secuencia de lutitas y calizas delgadas de edad Turoniano. Dentro de la zona consiste en un paquete de calizas de textura mudstone arcilloso, de estratificación delgada a lajeada y laminar, que sobreyace concordantemente a la Formación Cuesta del Cura (aflora en las cercanías de la porción oriental de la zona, donde se ha medido un espesor de 48 m de caliza de textura mudstone-wackestone) y subyace en la misma forma, a los depósitos de la Formación Caracol.

Se encuentra aflorando hacia la parte occidental de la zona (a la altura de la población de Santa Isabel) consiste en una caliza de textura mudstone a wackestone, arcillosa. Tiene un espesor del orden de 220 m y por su contenido faunístico se le ha asignado una edad que corresponde al Turoniano.

Lateralmente pasa al miembro inferior de la Formación Tamasopo. Estas rocas representan un periodo de sedimentación en mares abiertos, con aportes terrígenos finos provenientes de áreas positivas cercanas que estaban tectónicamente activas.

Formación Caracol

Esta formación fue definida inicialmente por Imlay en 1937; con ella designó a una serie de areniscas calcáreas que alternan con lutitas y limolitas calcáreas, que sobreyacen a la Formación Indidura y subyacen a la Formación Parras, en la sierra de Parras, Coahuila.

Esta formación aflora principalmente hacia la cercanía del límite noreste de la zona (por ejemplo a la altura del poblado de Taponá Morena), consiste de una alternancia de lutitas calcáreas, limolitas y areniscas calcáreas, que se encuentran sobreyaciendo, en contacto no observable con claridad, a la Formación Tamasopo. En el afloramiento ubicado al noreste del poblado de Santa Isabel, presenta un espesor de 208 m. Por su posición estratigráfica se considera de una edad Coniaciano-Santoniano.

Conglomerados Paleógeno-Neógenos

Se encuentran al pie de algunas sierras, principalmente de la porción nororiental, y son producto de la erosión, depósito y litificación de las partes topográficamente altas. Están constituidos por boleos y gravas calcáreas empacadas en una matriz arcillo-arenosa, cementados con carbonatos de calcio.

Aluvión Cuaternario

Las partes topográficamente bajas de la zona se encuentran rellenas de arenas, arcillas y grava, principalmente de origen calcáreo, cuya granulometría es gruesa y con mala clasificación hacia los flancos de los valles, y arcillosa y con horizontes de depósitos evaporítico, hacia el centro de los valles y bolsones.

Rocas Ígneas

Se encuentran en algunos sitios de la zona como al noreste del poblado El Milagro de Guadalupe, en los cerros denominados Siete Cerros.

Estas rocas también afloran en las cercanías del poblado Huizache, donde se puede apreciar una franja con orientación este-oeste donde llegan a aflorar este tipo de rocas volcánicas extrusivas. Se considera que la aparición de estos materiales fue facilitada por la denominada falla regional Huizache.

En otros sitios, sus afloramientos se encuentran cubiertos por una capa de suelo. En su mayoría son derrames lávicos de basaltos vesiculares de olivino, formando amplios derrames tabulares que cubren a rocas sedimentarias marinas del Cretácico. Se les asigna una edad del Mioceno.

4.2. Geología estructural

Las principales estructuras que se encuentran en la zona corresponden a plegamientos anticlinales y sinclinales en rocas calcáreas cretácicas, ocasionados por la Orogenia Laramide; así como fallas de tipo normal, inversa y de transcurrancia.

Los plegamientos que constituyen a las sierras de calizas tienen una orientación general norte-sur, en tanto que en la porción occidental del área presenta flexiones para tomar una dirección noroeste-sureste.

En la mitad occidental del área, los pliegues corresponden a anticlinales y sinclinales recumbentes y en ocasiones de tipo abanico. Hacia la porción oriental los pliegues de las sierras generalmente son simétricos y sólo en algunos casos recostados.

En la zona se encuentran diversos tipos de fallas, afectando las rocas sedimentarias marinas, la mayor parte de ellas de tipo normal con diferentes orientaciones. Existen fallas de cabalgadura frente a pliegues recumbentes en la porción occidental del área.

En la parte sur se encuentra una falla de transcurrancia con dirección este-oeste, la cual atraviesa la zona a la altura de El Huizache, esta falla es de tipo regional y afecta la continuidad de las estructuras ubicadas hacia el norte y sur de la misma. A lo largo de esta falla se encuentran manifestaciones volcánicas.

4.3. Geología del subsuelo

El subsuelo de la zona se definió con apoyo de la geología superficial y de la geología de campo. De acuerdo a lo anterior se cuenta con 19 secciones geológicas, localizadas al poniente y al oriente de la zona, cortando parte de sierras, pie de montes y de valle.

Una sección geológica que inicia al poniente del poblado de Santa Isabel con dirección NE, después de pasar por valles intermontanos y la sierra San Antonio continua en la misma dirección hasta la parte norte de las cercanías del poblado de Santa Rosa, donde cambia de dirección para continuar con sentido SE, posteriormente pasa por la Sierra El Azul a la altura del Cerro Los Leones, para después volver a cortar al valle y continuar hacia la sierra El Orégano, hasta pasar por el norte de San Antonio del Tubillo y terminar en la parte sur del poblado de San Ignacio.

Otra sección inicia al suroeste del poblado de Bustamante, atraviesa valles intermontanos y la sierra El Pollo con dirección W-E, ya en el valle la sección lo atraviesa pasando al sur del poblado Norias del Refugio con dirección NE, posteriormente corta la sierra Las Narices pasando después al sur de Santa Rita Rucio y hasta llegar a las cercanías de la Sierra La Cruz.

En las secciones antes enunciadas se observa que la Formación El Abra se encuentra en la parte estratigráficamente más baja, su techo presenta una altitud generalmente a nivel del mar y su espesor se desconoce.

Está constituida por calizas que pueden presentar permeabilidades a través de fracturas y conductos de disolución, sin embargo, por su ubicación a profundidad, dichas fracturas y conductos tienden a estar cerrados y por tanto su permeabilidad es reducida, por lo que esta formación puede considerarse como parte del basamento de la zona.

Asimismo, en las secciones geológicas se observa que sobreyaciendo a la Formación El Abra se encuentra la Formación Tamasopo, la cual se extiende en toda el área aflorando prácticamente en todas las partes topográficamente altas, constituyendo gran parte del terreno en esos sitios; por otra parte, hacia el valle subyace a los depósitos aluviales.

El espesor de la Formación Tamasopo llega a ser del orden de 1800 m; puede presentar permeabilidad a través de fracturamiento y conductos de disolución, por lo que se considera que constituye gran parte del acuífero en el medio fracturado.

Conviene señalar que las experiencias de perforación sobre estas rocas calizas han sido positivas, aunque con caudales reducidos.

Los depósitos de aluviones, que corresponden al Cuaternario, se encuentran hacia las partes de valles y sobreyaciendo a la Formación Tamasopo. Estos depósitos, están constituidos por material granular como arcillas, arenas y gravas, principalmente de origen calcáreo, forman una delgada capa, la cual en promedio se puede considerar que es del orden de 100 a 150 m de espesor, y en algunos casos un poco mayor.

Los depósitos de aluviones, particularmente los que conforman el bolsón de El Huizache, constituyen un acuífero de permeabilidad media, el cual es explotado por la mayoría de los aprovechamientos subterráneos existentes en la zona.

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1. Tipo de acuífero

Los rellenos aluviales compuestos principalmente de boleos, gravas, arenas, limos arcillas y evaporitas que ocupan las partes bajas del valle, así como depósitos de pie de monte y abanicos aluviales que presentan permeabilidad variable, particularmente los depósitos aluviales que se encuentran en las partes de valle y donde se localiza el bolsón de Huizache.

Es un medio explotado a través de pozos y norias. Otro medio donde el acuífero se aloja, corresponde a formaciones calizas, siendo la mayoría arrecifales. Entre estas formaciones El Abra y Tamasopo son las más importantes por estar más extendidas y formar en su mayor parte al acuífero.

El acuífero se considera de tipo libre en la parte correspondiente a los depósitos aluviales de donde se extrae la mayor parte del agua subterránea; respecto a las calizas, que se localizan a profundidad y que en parte constituyen las sierras donde se realiza parte de la recarga por lluvia, en algunos casos se comporta como semiconfinado, aunque esta unidad ha sido poco explorada y explotada.

5.2. Parámetros hidráulicos

Actualmente no se dispone de información de los parámetros hidráulicos del acuífero, relativos a la conductividad hidráulica, transmisividad y coeficientes de almacenamiento; sin embargo, en las cercanías de la Ciudad de Matehuala.

Se han realizado pruebas de bombeo, que se encuentra en un medio geohidrológico similar a la zona y que por analogía se pueden considerar como representativos. Los valores de transmisividad obtenidos en las pruebas de bombeo oscilaron básicamente y de manera representativa de 0.5×10^{-3} a $8.4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Existen algunos valores en forma aislada de hasta $24.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. El valor medio se estima en $3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. El rango de la transmisividad se asoció con materiales de baja a media permeabilidad.

El coeficiente de almacenamiento obtenido de la interpretación de las pruebas de bombeo, varió entre 0.04 y 2.3×10^{-3} .

5.3. Piezometría

La zona del acuífero dispone de información de niveles estáticos del año 1979, obtenidos en los aprovechamientos subterráneos censados en esa época, para integrarlos al estudio de Servicios de prospección y levantamientos geológicos y geofísicos en la zona de Charco Blanco-Matehuala.

Asimismo, se dispone de información del año 2001 y del 2004. Para el 2001 se contó con mayor apoyo piezométrico para la elaboración de las configuraciones del nivel estático; por ello y debido a que no se han registrado cambios significativos en la posición de los niveles del agua subterránea en los últimos años, las celdas de flujo para la estimación de entradas y salidas subterráneas se ubicaron en la configuración de elevación de este año.

5.4. Comportamiento hidráulico

5.4.1. Profundidad al nivel estático

En cuanto a la información recabada durante el monitoreo realizado en el 2004 (figura 3), en la zona conocida como Valle de Matehuala, entre la cabecera municipal y los poblados de La Concepción, La Palma y La Bonita, el nivel del agua subterránea se encuentra entre 10 y 60 m, los valores más someros se ubican al norte y alrededor de la cabecera municipal de Matehuala (10 y 20 m).

La profundidad se incrementa hacia el sur, debido a que la superficie del terreno presenta mayores elevaciones.

Existe una serie de lomeríos de rocas calizas que ocasionan que se forme una cuenca hidrográfica en la zona entre Matehuala y La bonita con elevaciones topográficas que dan origen a un parteaguas superficial alrededor de los poblados mencionados lo cual hace que el nivel estático se encuentra a una mayor profundidad.

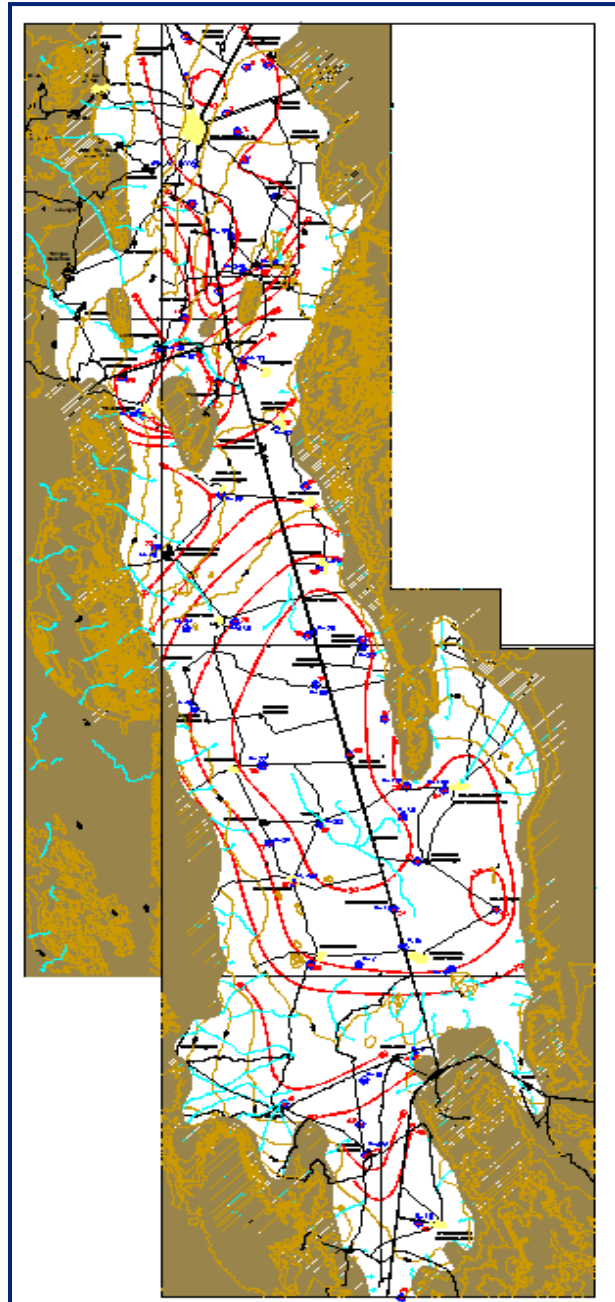


Figura 3. Profundidad al nivel estático en m (2004).

En la zona de la localidad Pastoriza, el nivel estático se encuentra entre 80 y 90 m, siendo éstas de las mayores profundidades en la zona. A partir de san José de los Guajes y El Carmen las profundidades disminuyen de 80 a 10 m hacia Matehuala y de 80 a poco menos de 50 m hacia el sur entre Pozo de Santa Clara, Rancho La Herradura y Vallejo Entre las localidades de San Juan Sin Agua y El Coyote, el nivel se encuentra a profundidades de 80 m y se incrementa hasta 122 m en dirección sur, rumbo a Pozas de Santa Ana. Hacia el extremo sur se registran valores de profundidad superiores a los 160 m

5.4.2. Elevación del nivel estático

La figura 4 muestra la configuración del nivel estático, correspondiente al monitoreo realizado en el 2004. En ella se observa que las mayores elevaciones se ubican alrededor de la Ciudad de Matehuala (cota 1600 msnm), disminuyendo hacia el sur, presentando 1380 msnm a la altura de Pastoriza.

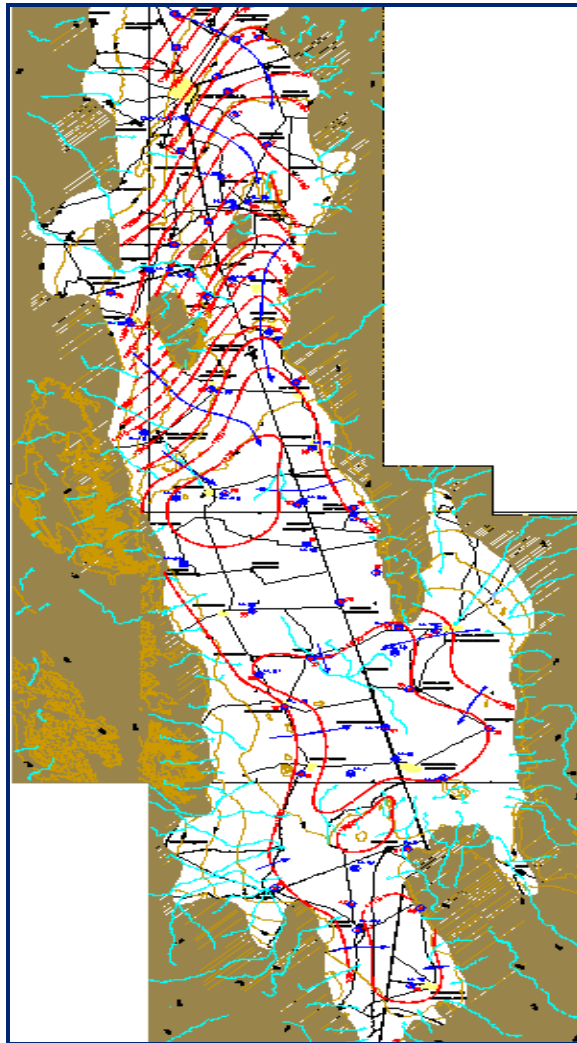


Figura 4. Elevación del nivel estático en msnm (2004).

La elevación continúa disminuyendo hacia el sur, evidenciando dos conos piezométricos delimitados por la curva 1270 msnm (alrededor de la localidad Santa Cruz y entre las localidades de Tres Reales y Norias del Refugio). En el extremo sur, en el área de Pozas de Santa Ana, se observa otro cono piezométrico, marcado con la curva 1270 msnm.

En relación con la dirección del flujo subterráneo a partir de la configuración mencionada, observándose que éste fluye de norte a sur para ser captado en los tres conos piezométricos ubicados en la mitad sur de la zona.

5.4.3. Evolución del nivel estático

De la información resultante del censo de aprovechamientos realizados durante los años 1979 y 1991 se observa que en aquellos pozos que cuentan con información simultánea para esas fechas, prácticamente no existe una variación significativa de los niveles estáticos tendiendo en promedio a ser del orden de -0.1 m/año.

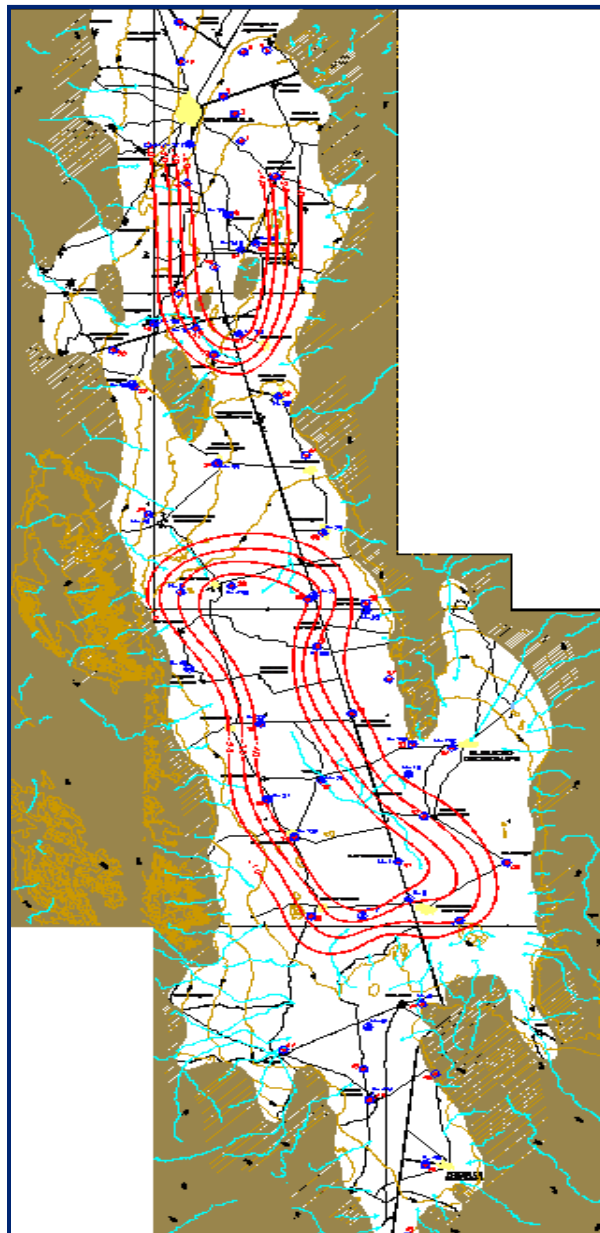


Figura 5. Evolución del nivel estático en m

En 1996 se estimó que el abatimiento promedio del nivel estático en el período 1988-1996 se encontraba dentro del rango 0.0 a 0.4 m. Asimismo para el período 1996-1998, se tenía un ritmo de abatimiento entre 0.0 y 1.25 m por año, con abatimientos más críticos en los alrededores de las localidades de Santa Cruz y Santa Rosa La Masita.

Considerando la piezometría del año 2001, se observa una tendencia de abatimiento semejante al período 1996-1998. De acuerdo a lo anterior el promedio anual de abatimiento es del orden de 0.6 m/año. En cuanto al monitoreo realizado en el 2004, se observan abatimientos de -1 a -4 m para el período de 6 años, entre las localidades de Pastoriza y Matehuala, al igual que para la porción central del valle, registrándose los mayores abatimientos hacia la porción central de dicho valle (figura 5).

5.5. Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Del muestreo de agua subterránea realizado en 1991, en aprovechamientos correspondientes a pozos y norias que extraen agua del acuífero, se observaron las siguientes condiciones: En la porción central del Bolsón El Huizache el agua presenta alto contenido salino, en contraste con el agua subterránea muestreada y analizada en la porción occidental donde la concentración salina es menor.

La zona en general, se distingue por presentar agua de mala calidad. Se pueden marcar varias áreas, la más notable se ubica en la porción central del norte del bolsón de Huizache, donde se concentra la mayor salinidad en agua y suelo, hacia los flancos y sur del bolsón, la salinidad disminuye. Hacia los extremos oriente y poniente, se siguen presentando agua subterránea con alta salinidad, aunque en menor proporción que hacia El Huizache. De los resultados de los análisis químicos se observó que los sólidos totales disueltos en el agua presentan valores entre 500 y 5 000 ppm. De acuerdo a lo anterior, se puede decir que el agua subterránea de la zona en su mayor parte es de mala calidad para suministro de agua potable, excepto algunas zonas bien definidas.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

Del censo de aprovechamientos realizado en el estudio de 1991, reportó que dentro del área correspondiente al acuífero Matehuala-Huizache, el número de pozos fue del orden de 91, de los cuales aproximadamente 27 no tenían equipo por estar azolvados, extraían agua de mala calidad o estaban sin uso, así mismo se tenían del orden de 14 norias, de las cuales 4 no tenían equipo. El mayor volumen de agua se empleaba para el uso agrícola.

Actualmente se ha estimado que la extracción de agua subterránea es del orden de **48.0 hm³/año**, con base en la información disponible (REPDA al 31 de diciembre de 2008).

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga), y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado anualmente por el almacenamiento del acuífero.

El balance se realizó en forma anualizada, considerando para las extracciones las consignadas en el REPDA, y para el cálculo de entradas y salidas por flujo horizontal subterráneo se utilizó la información del año de 2001, la cual puede ser representativa del comportamiento actual.

Lo anterior en virtud que los abatimientos en todo el acuífero son en promedio de 0.6 m/año, y por tanto la configuración de curvas de igual elevación del nivel estático actual debe ser prácticamente la misma.

La ecuación general de balance de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

$$\text{Entradas (E) – Salidas (S) = Cambio de almacenamiento}$$

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa, por el cambio de almacenamiento de un acuífero, queda representada como sigue:

$$\text{Recarga total – Descarga total = Cambio de almacenamiento}$$

7.1. Entradas

Las entradas al acuífero están integradas básicamente por recargas naturales y recargas inducidas.

7.1.1. Recarga vertical (Rv)

La recarga natural por lluvia, que se presenta en el área de las partes bajas, es del orden **13.3 hm³/año**, obtenida en un área de aproximadamente 1,550 km², donde la lámina promedio de lluvia es de 380 mm y al considerar un valor de 0.0225 de coeficiente de infiltración.

El orden de magnitud del coeficiente de infiltración por lluvia se obtuvo través de un balance de agua hidrometeorológico superficial, para el cual se aplicó la siguiente expresión:

$$\text{Infiltración} = \text{Precipitación} - \text{Evapotranspiración} - \text{Esgurrimiento}$$

Para determinar la evapotranspiración real (ETR), se hizo uso de la fórmula de Turc, que indica:

Donde:

P = precipitación en mm

L = $300 + 25T + 0.05T^3$

T: Temperatura en °C

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.90 + (P/L)^2}}$$

La precipitación promedio anual, de toda el área, es de 399 mm/año (promedio calculado al considerar una lámina de precipitación media anual de 380 mm en área de valle y de 410 mm el resto del área), la temperatura promedio anual es de 18° C, valores que una vez sustituidos en la ecuación anterior, dan un valor de 390.0 mm, que multiplicado por el área de 4184 km² da un volumen total evapotranspirado de 1,631.8 hm³/año.

El volumen de escurrimiento anual en esta región es muy escaso por lo que se consideró igual a cero. Sustituyendo valores en la ecuación que se planteó anteriormente para obtener el volumen infiltrado se tiene:

$$\text{Infiltración} = 1,669.4 - 1,631.8 - 0.0 = \mathbf{37.6 \text{ hm}^3/\text{año}}$$

Al dividir el volumen anual promedio infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que en nuestro caso es de 1669.4 hm³/año, se obtiene el coeficiente de infiltración, el cual resulta del orden de 0.0225.

Conviene señalar que no toda el agua infiltrada en las zonas altas llega al acuífero, sino que una parte seguramente se infiltra por las grietas de las formaciones calizas hasta profundidades que pueden llegar a cientos de metros y por tanto pueden llegar a formar flujos regionales.

7.1.2. Recarga inducida (Ri)

La recarga inducida está constituida principalmente por la infiltración vertical debida a los volúmenes de agua utilizados en el riego, el cual es del orden de **5.2 hm³/año** al considerar un volumen de riego de 34.4 hm³/año y un coeficiente de 0.150

Es de resaltar que prácticamente no existe recarga por la infiltración de agua proveniente de fugas de los sistemas del servicio público-urbano, por la escasez de este servicio.

7.1.3. Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

En la zona se presenta un flujo bien definido proveniente del norte del acuífero vecino denominado Cedral-Matehuala, el cual llega a recargar el acuífero de Matehuala-Huizache. Parte de las precipitaciones que se presentan en las zonas altas del área y que se logran infiltrar en ellas, llegan a recargar al acuífero manifestándose en las partes bajas del área a través de flujos subterráneos.

En general, se puede apreciar que los volúmenes que llegan a infiltrarse por agua de lluvia en las zonas altas deben ser pequeños y probablemente alimenten a los acuíferos en forma muy profunda, ya que no se visualiza claramente la entrada de agua en forma horizontal proveniente por el pie de monte de las sierras. Si acaso en la zona de la Sierras Las Narices, El Azul y Librillos se llegan a apreciar alguna aportación pero que se toma en cuenta en la recarga natural.

La figura 4 muestra la configuración de curvas de igual elevación del nivel estático correspondiente al año 2001, en la cual se puede observar cómo se manifiestan los flujos subterráneos horizontales, provenientes del acuífero Cedral-Matehuala.

Con base en esta configuración se seleccionaron canales de flujo, donde se aplicó la ley de Darcy para calcular el caudal “Q” que recarga al acuífero.

La recarga total por flujo horizontal es la suma de los caudales de cada uno de los canales establecidos.

En la tabla 2 se indican los valores obtenidos en cada celda y el volumen total de **13.0 hm³/año** que recarga al acuífero.

$$Q = T \cdot B \cdot i$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

T = Transmisividad (m²/s)

B = Longitud de la celda (m)

i = Gradiente Hidráulico (adimensional)

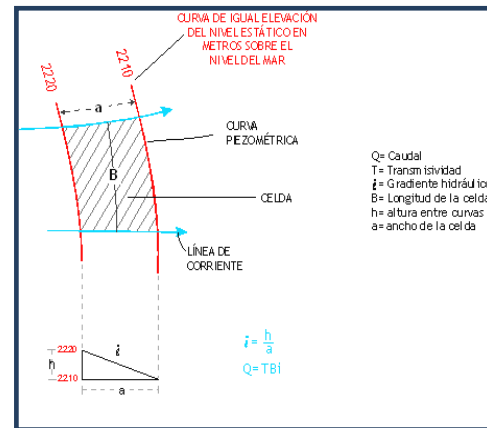


Tabla 2. Cálculo de entradas de agua subterránea por flujo horizontal.

CELDA	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	h_2-h_1 (m)	Gradiente i	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN (hm ³ /año)
E1	6650	850	10	0.01176	0.0030	0.2347	7.4
E2	5573	950	10	0.01053	0.0030	0.1760	5.6
TOTAL							13.0

7.2. Salidas

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo y en una pequeña parte por flujo horizontal subterráneo.

7.2.1. Evapotranspiración (ETR)

En el área no se presenta evapotranspiración debido a que los niveles estáticos del acuífero son mayores a 10 m, profundidad promedio hasta la que se considera tiene influencia la evapotranspiración.

7.2.2. Descarga natural (Dn)

Para el caso del acuífero, no se tienen manantiales importantes, ni salidas por flujo base, existiendo únicamente salidas por flujo horizontal subterráneo.

7.2.3. Bombeo (B)

Se ha estimado que el volumen de extracción es del orden de **48 hm³/año**.

7.2.4. Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

De acuerdo con la configuración de curvas de igual elevación del nivel estático 2001, mostrada en la figura 4, el acuífero Matehuala-Huizache presenta una descarga por flujo horizontal subterráneo hacia el sur de la zona y localizada entre las sierras de La Trinidad y de Librillos.

Dicha descarga se calculó en **1.1 hm³/año**, y se obtuvo con apoyo a la ley de Darcy, de la misma manera en que se estimaron las entradas por flujo subterráneo horizontal. La tabla 3 presenta los valores utilizados y el volumen de descarga.

Tabla 3. Cálculo de salidas de agua subterránea por flujo horizontal al acuífero.

CELDA	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	h_2-h_1 (m)	Gradiente i	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN (hm ³ /año)
S1	7500	6450	10	0.00155	0.0030	0.035	1.1
TOTAL							1.1

7.3. Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$

El balance de aguas subterráneas señala que el acuífero tiene una recarga total de 31.5 hm³/año, y una descarga total de 49.1 hm³/año, por lo que el cambio de almacenamiento en el acuífero Matehuala-Huizache es del orden de **-17.6 hm³/año**.

8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales; en su fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{DISPONIBILIDAD MEDIA} & = & \text{RECARGA} & - & \text{DESCARGA} & - & \text{EXTRACCIÓN DE} \\ \text{ANUAL DE AGUA DEL} & & \text{TOTAL MEDIA} & & \text{NATURAL} & & \text{AGUAS} \\ \text{SUBSUELO EN UN} & & \text{ANUAL} & & \text{COMPROMETIDA} & & \text{SUBTERRÁNEAS} \\ \text{ACUÍFERO} & & & & & & \end{array}$$

Donde:

DMA = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero

R = Recarga total media anual

DNC = Descarga natural comprometida

VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1. Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso, su valor es de **31.5 hm³/año**, de los cuales 26.3 hm³/año corresponden a la recarga natural y 5.2 hm³/año de recarga inducida.

8.2. Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero. Para este caso, aunque existen salidas subterráneas, éstas se evaluaron en una zona muy distante del límite con los acuíferos Villa Hidalgo y Cerritos-Villa Juárez; no existe infraestructura hidráulica para su aprovechamiento y el agua es de mala calidad, por lo que no se considera comprometida.

Por lo tanto, no existe descarga natural comprometida. **DNC = 0.0 hm³ anuales.**

8.3. Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica.

En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos, aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **73,888,319 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022**.

8.4. Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

La disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$\begin{aligned}\text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 31.5 - 0.0 - 73.888319 \\ \text{DMA} &= -42.388319 \text{ hm}^3/\text{año}.\end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **42,388,319 m³ anuales**.

BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración, Gerencia de Aguas Subterráneas. 1991. Prospección Geohidrológica en las zonas marginadas de San Luis Potosí. Realizado por la Compañía Lesser y Asociados, S.A.