



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO LA MISIÓN (0206), ESTADO DE BAJA
CALIFORNIA**

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020

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.....	6
3.1	Provincias fisiográficas.....	6
3.2	Clima.....	7
3.3	Hidrografía.....	7
3.4	Geomorfología.....	8
4	GEOLOGÍA.....	8
4.1	Estratigrafía.....	9
4.2	Geología estructural.....	10
4.3	Geología del subsuelo.....	10
5	HIDROGEOLOGÍA.....	11
5.1	Tipo de acuífero.....	11
5.2	Parámetros hidráulicos.....	11
5.3	Piezometría.....	12
5.3.1	Profundidad del nivel estático.....	12
5.3.2	Elevación del nivel estático.....	13
5.3.3	Evolución del nivel estático.....	14
6	CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....	15
7	BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	16
7.1	Entradas.....	16
7.1.1	Recarga natural (Rn).....	16
7.1.2	Recarga inducida (Ri).....	16
7.1.3	Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh).....	17
7.2	Salidas.....	17
7.2.1	7.2.1 Evapotranspiración (ETR).....	17
7.2.2	Descargas naturales (Dn).....	17
7.2.3	Extracción por bombeo (B).....	17
7.2.4	Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh).....	17
7.3	Cambio de almacenamiento (ΔVS).....	17
8	DISPONIBILIDAD.....	19
8.1	Recarga total media anual (R).....	19
8.2	Descarga natural comprometida (DNC).....	19
8.3	Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	20
8.4	Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	20
9	BIBLIOGRAFÍA.....	22

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 La Misión, definido con la clave 0206 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción noreste del estado de Baja California Norte y cubre una superficie 613 km², que representa cerca del 8.5% del territorio estatal (figura 1).

La zona está ubicada dentro cinco municipios que son: Ensenada, Mexicali, Tecate, Tijuana y Playas de Rosarito; sin embargo este valle políticamente pertenece a los municipios de Ensenada, Tijuana y Tecate.

La zona se encuentra en general bien comunicada; la vía más rápida es la Carretera Federal Libre No.1, que desde Tijuana corre hacia el Sureste pasando por Rosarito y Ensenada, la Carretera Federal Libre No. 3 que corre de Ensenada a Tecate pasando por los poblados de Francisco Zarco y Las Palmas, y la Autopista Tijuana-Ensenada. Además, existen terracerías y brechas que comunican internamente la zona.

Las poblaciones importantes son: Misión de San Martín, El Porvenir, Francisco Zarco, El Olvido y Las Palmas; la primera ubicada en la porción centro-occidental del área, las dos siguientes se localizan en la porción oriental, y las dos restantes al sur de la zona de estudio.

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

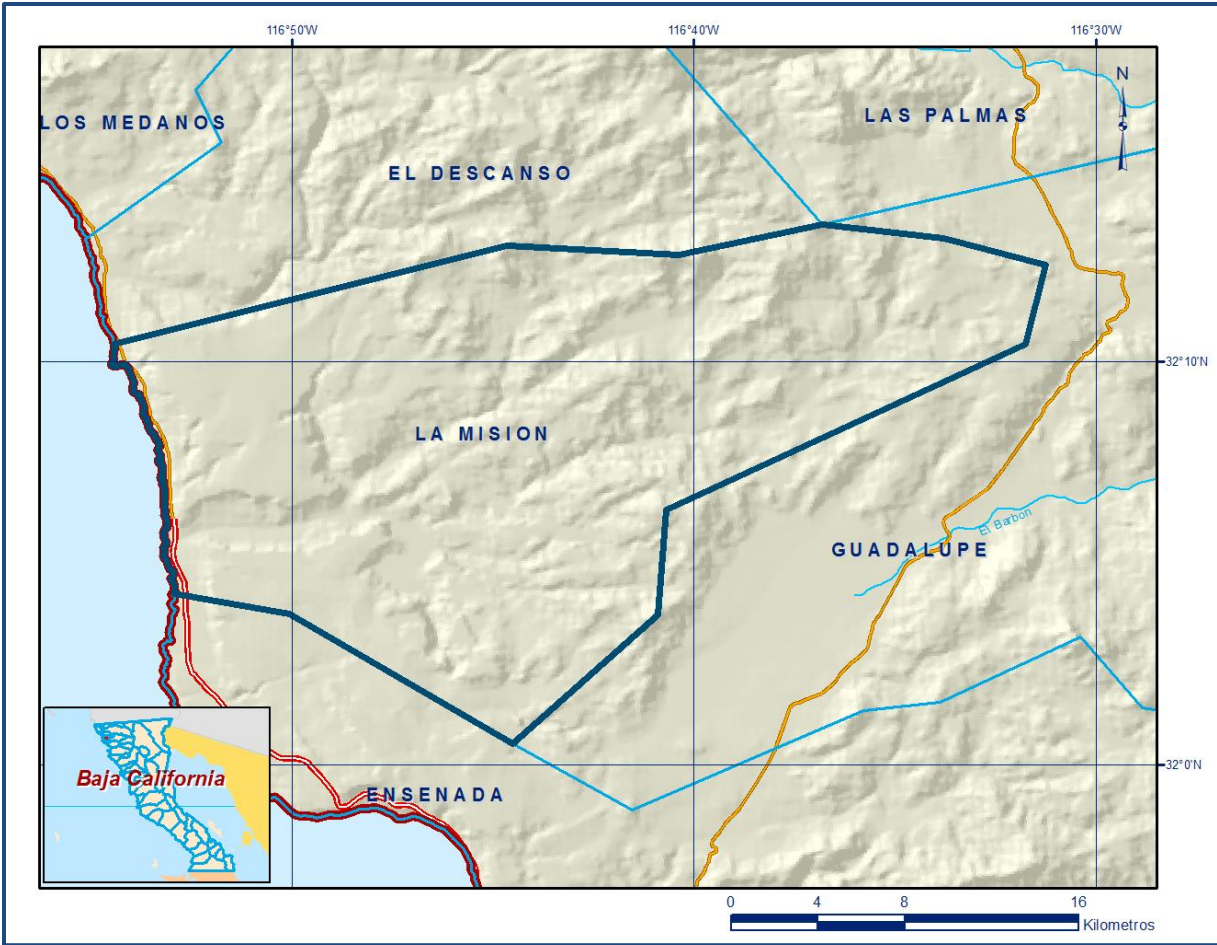


Figura 1. Localización del acuífero

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 0206 LA MISION							OBSERVACIONES
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	116	52	56.1	32	4	15.0	DEL 1 AL 2 POR LA LINEA DE BAJAMAR A LO LARGO DE LA COSTA
2	116	54	24.8	32	10	26.6	
3	116	44	39.1	32	12	52.2	
4	116	40	22.1	32	12	38.9	
5	116	36	48.2	32	13	24.3	
6	116	33	48.1	32	13	4.4	
7	116	31	15.0	32	12	24.0	
8	116	31	45.4	32	10	26.9	
9	116	40	42.1	32	6	19.9	
10	116	40	54.0	32	3	43.6	
11	116	44	30.6	32	0	31.5	
12	116	50	3.9	32	3	45.2	
1	116	52	56.1	32	4	15.0	

1.2 Situación administrativa del acuífero

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2015, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1.

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En 1966, la Compañía Servicios Geológicos, S.A., realizó el trabajo denominado “Estudio Geohidrológico de la Costa del Pacífico entre Tijuana y San Quintín, B.C.”, contratado para planear estudios de detalle, resultando de éste, la posibilidad de obtener de los acuíferos del Arroyo de La Misión, 300 lps, como una solución viable para el abastecimiento de la ciudad de Tijuana, para lo cual se utilizarían los 8 pozos existentes. El volumen extraído estuvo a punto de contaminar el acuífero, por la intrusión salina, razón por la cual, los pozos con profundidades de 20 a 40 m, que extraían hasta 200 lps cada uno, redujeron su explotación drásticamente, ya que en conjunto, todos ellos tuvieron una producción menor a 300 lps.

En 1971, la compañía INGESA realizó el “Estudio Geohidrológico de los Valles de San Quintín, Maneadero, Las Palmas y La Misión, B.C.”. Como resultados importantes se señala que, a finales de 1971, se contaba en el Valle de La Misión con 43 pozos, 35 de ellos operando con caudales entre 2 y 40 lps, extrayendo un volumen anual de 6.3 Mm³, de los cuales 6.1 hm³ se extraían por solo 4 pozos del CESPT; dicho volumen se destinaba a la Ciudad de Tijuana. Mencionan que el acuífero se encontraba en equilibrio, sin embargo recomendaron que se continuara con el estudio de éste, para confirmar esta observación y tener un mayor conocimiento de su funcionamiento, y con ello garantizar el abastecimiento de agua a la Ciudad de Tijuana.

En 1972, la Compañía Equipos y Cultivos Agrícolas de San Luis, S.A. de C.V., realizó el “Estudio para la Exploración de las Aguas Subterráneas y del Potencial de Energía Térmica en una parte del Valle de La Misión, Estado de Baja California”. Su propósito era, que mediante investigaciones termométricas, sismológicas e hidrológicas, en una superficie de 3.3 km² del Valle, se determinara la capacidad de producción de agua para investigar sus posibilidades como fuente de energía geotérmica.

De los resultados se obtuvo que las entradas subterráneas a la Cuenca de La Misión desde el Arroyo de la Zorra, promediaban aproximadamente 0.966 hm³/año, y las salidas subterráneas de La Misión al mar eran en promedio de 1.45 hm³/año. Por lo tanto, la cantidad estimada de agua subterránea en el almacenamiento era de

aproximadamente 14.1 hm³/año, y que la disponibilidad adicional era de 1.233 hm³/año, considerándose no que presentaba ningún perjuicio para el acuífero. Los resultados de las investigaciones termométricas efectuadas en el valle mostraron fuertes anomalías térmicas que se atribuyeron al ascenso de aguas termales a través de fallas y que la recarga principal a los acuíferos del valle proviene más bien del Arroyo de La Zorra que del Valle superior de Guadalupe, aguas arriba del pozo 7 del CESPT.

En lo que se refiere al potencial de energía geotérmica del Valle de La Misión, el estudio no es concluyente.

En 1975, se realizó el “Estudio Geohidrológico del Valle de La Misión en el Estado de Baja California”, elaborado por Técnicas Modernas de Ingeniería, S.A., siendo sus objetivos conocer el funcionamiento hidráulico del acuífero, determinar la recarga y su régimen de ocurrencia, definir las condiciones de explotación y finalmente calcular el volumen aprovechable de agua subterránea y su preservación sin inducir efectos perjudiciales al acuífero, proponiendo recomendaciones para su explotación futura.

En 1989 la CNA, a través de su Gerencia Estatal en Baja California, encomendó a la Subgerencia de Administración del Agua, la realización del Estudio de Actualización Piezométrica y Geoquímica del Valle de la Misión, Municipio de Ensenada, B.C., con el fin de conocer el comportamiento de las aguas subterráneas y poder conformar la Sinopsis Geohidrológica del Estado de Baja California, donde se contempló un balance de las aguas subterráneas para un óptimo aprovechamiento de los recursos.

3 FISIOGRAFÍA

3.1 Provincias fisiográficas

De acuerdo a la clasificación de las Provincias Fisiográficas de INEGI (1997), la zona de estudio se ubica dentro de la Provincia Península de Baja California y en la Subprovincia Sierras de Baja California Norte.

El Valle de la Misión se encuentra limitado al norte por la Meseta del Baile, al este por los Cerros Fermín y Cuate, al sur por la Bahía de Todos Santos y al oeste por el Océano Pacífico.

3.2 Clima

Con base en los datos históricos de precipitación, temperatura y evaporación de las estaciones climatológicas que cubren la zona de estudio, se observa que ésta se caracteriza por un clima de tipo semi-seco, templado, y un porcentaje de lluvia invernal mayor al 45% de la precipitación total anual. El área presenta la particularidad de estar expuesta a la inversión de temperatura ocasionada por la corriente marina, además de estar sujeta a los vientos del oeste en el invierno.

La temperatura media anual es de 15° C; el periodo más caluroso del año se presenta de junio a septiembre y los meses más fríos de noviembre a abril.

La precipitación promedio para el período 1970-1986 es de 362.81 mm/año según se reporta en el estudio realizado en 1989; el período de lluvias se ubica dentro del periodo de noviembre a marzo, sin embargo a lo largo del año se presentan lluvias ocasionales producidas por la incidencia de tormentas tropicales.

La evaporación potencial media anual varía entre 1100 y 1580 mm; manifestándose los mayores índices de evaporación en los meses de mayo, junio, julio y agosto; en tanto que en los meses de diciembre y enero, se tienen los valores más bajos.

3.3 Hidrografía

El área se ubica dentro de la Cuenca Hidrográfica Río Guadalupe, que cuenta con una superficie de 2572.18 km², que se inicia en la vertiente Occidental de la Sierra de Juárez a una altitud de 1700 msnm.

El Valle de La Misión está formado por una depresión topográfica estrecha, constituyendo el arroyo del mismo nombre que se extiende en una dirección E-W, hasta desembocar perpendicularmente en el Océano Pacífico. Sus laderas son acantiladas y en general presentan una topografía abrupta; sus principales tributarios son los arroyos de La Zorra y Agua Escondida, los cuales se unen por la margen derecha.

De acuerdo a la clasificación de Regiones y Cuencas Hidrológicas realizadas por el INEGI, el área de estudio pertenece a la Región Hidrológica No. 1 "Baja California Noroeste".

Según la clasificación mencionada en el párrafo anterior, el área se encuentra dentro de la Cuenca Río Tijuana-Arroyo de Maneadero.

El área en estudio comprende dos subcuencas que corresponden a las de los Valles de Ojos Negros-Real del Castillo y Guadalupe, con altitudes de 720 y 320 msnm, respectivamente.

3.4 Geomorfología

Dentro de la caracterización geomorfológica del área de estudio, se definen dos unidades hidrogeomorfológicas, las cuales corresponden con los valles y sierras.

El valle, es considerado como la región más importante, debido a que constituye la zona en donde ocurre la recarga del acuífero por parte de las lluvias que caen sobre este, los materiales que lo rellenan son de buena permeabilidad y están representados por arenas de grano medio a fino, arcillas y cuerpos de conglomerados.

En la zona de las sierras la infiltración se realiza a través del patrón de fallas y fracturas de las rocas, la cual será mayor a medida que la densidad de estas estructuras aumente, a su vez, en los valles, ocurre a través de los materiales granulares que constituyen el relleno.

Debido a las prominentes elevaciones montañosas que se encuentran en el límite oriental del área estudiada, éstas se consideran de permeabilidad baja a media, dado que, funcionan como zonas de recarga, sin embargo, el agua derivada de las precipitaciones en las partes altas adquieren una gran velocidad debido a los elevados gradientes del terreno, lo cual impide en gran medida su infiltración al subsuelo antes de llegar al valle.

4 GEOLOGÍA

La región donde se localiza el acuífero La Misión, está dominada por un marco geológico que ha sido delineado por la sucesión de eventos tectónicos relacionados con la evolución del borde occidental de Norteamérica, así como con los fenómenos que contribuyeron a la separación de la Península de Baja California, por otra parte la margen occidental de la Península se comportó establemente ante los diferentes episodios de deformación, que se sucedieron a través de su historia geológica.

Dentro de este contexto puede considerarse que el panorama morfoestructural, que presenta hoy en día la región de Baja California, ha sido establecido por diversos eventos geológicos que datan desde la Era Paleozoica y culminan con la formación del Golfo de California, dominado por un ambiente de apertura con vulcanismo marino y fallamiento transformante.

4.1 Estratigrafía

En la cuenca tributaria del Valle de La Misión se encuentran aflorando rocas sedimentarias, ígneas intrusivas y extrusivas, que tienen un rango de edad que va del Cretácico Superior hasta el Plio-Pleistoceno (figura 2). La secuencia sedimentaria corresponde con la Formación Rosario, la cual se le asigna una edad Cretácico Superior (Maestrichtiano), y está constituida por una serie de intercalaciones de areniscas y lutitas dispuestas en estratos medios, que llegan a conformar espesores mayores a 400 m en zonas adyacentes al área de estudio.

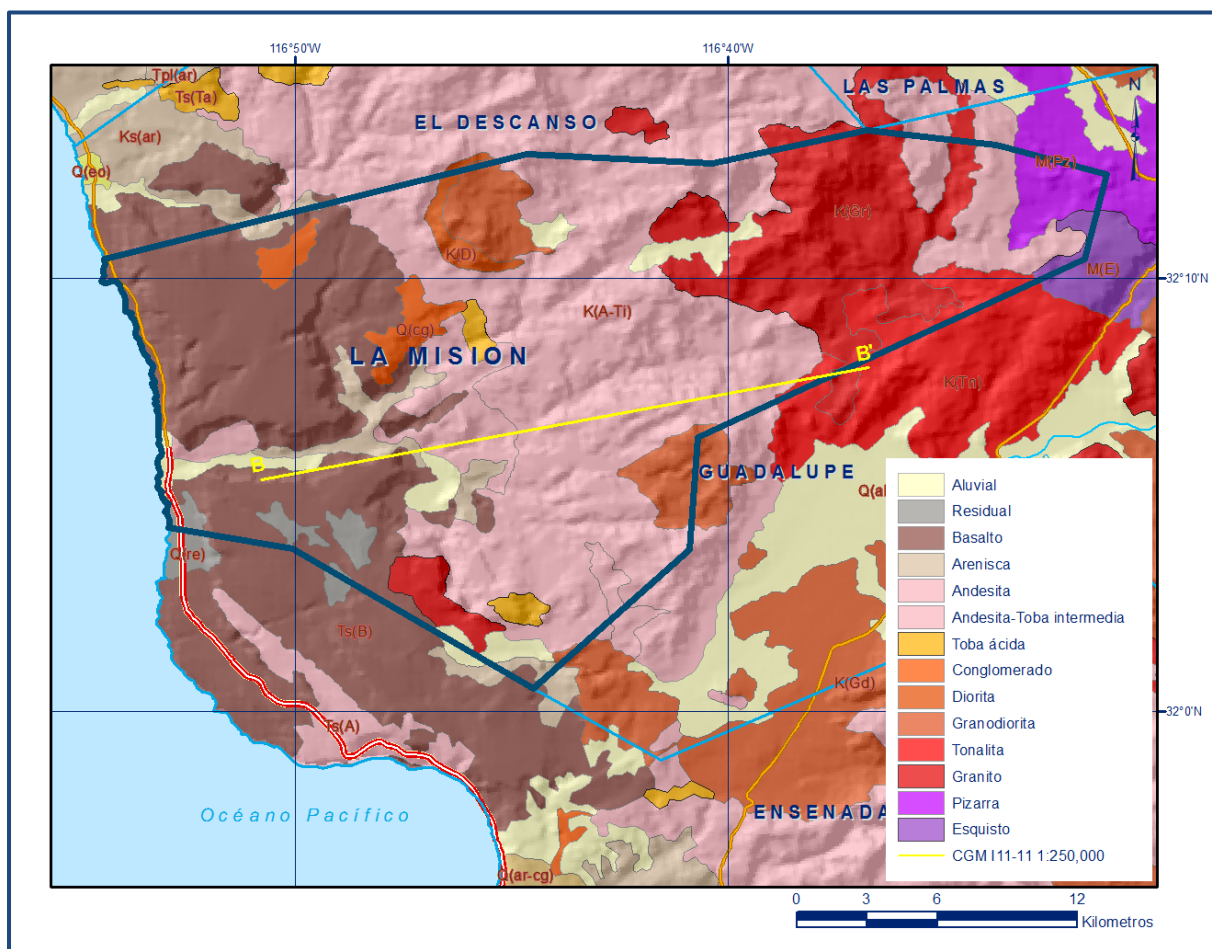


Figura 2. Geología general del acuífero

En una franja ubicada al poniente de los afloramientos de las rocas sedimentarias, se manifiestan una serie de exposiciones de granitos y granodioritas, las cuales se considera que forman parte de la Faja Batolítica Transpeninsular, cuya edad se considera Cretácico Superior.

Cubriendo indistintamente a las rocas batolíticas, o bien a las sedimentarias se encuentra un grupo de rocas basálticas y andesíticas que abarcan una gran parte de la superficie estudiada, estas rocas se manifiestan a manera de flujos de lava, presentan con estructura masiva y están medianamente fracturadas; se les considera de una edad Terciario Medio y Plio-Pleistoceno.

4.2 Geología estructural

Tomando en consideración que la zona de estudio, se localiza en la margen occidental de la Península de Baja California, y que ésta se comportó como un bloque estable a los diferentes periodos de deformación que afectaron a gran parte del país, las principales estructuras generadas corresponden con un patrón de fallas y fracturas asociadas con movimientos verticales, así como las generadas a partir de la actividad de la Falla Agua Blanca la cual propició la formación de una serie de fallas y fracturas con una tendencia NW-SE, ahora bien regionalmente ésta zona corresponde con la provincia estructural que Gastil (1975), denomina Península Septentrional Estable, la cual se caracteriza por presentar una familia de fallas y fracturas con rumbo predominante N60°W y N25°-40°W.

4.3 Geología del subsuelo

A partir de la información proporcionada directamente por cortes litológicos de pozos distribuidos a lo largo del arroyo, así como la obtenida a partir de métodos potenciales, específicamente de las exploraciones geoelectricas; fue posible establecer que el acuífero está conformado por una secuencia granular derivada de la actividad de los arroyos intermitentes y de los flujos de detritos provenientes de las elevaciones topográficas. Los materiales granulares se componen por cuerpos de gravas y arenas con algunas intercalaciones de arcillas los cuales cambian lateralmente de facies, y llegaron a configurar en espesor que varía de 30 a 80 m.

Ahora bien, los materiales granulares se encuentran sobreyaciendo discordantemente a las rocas de la Formación Rosario, la cual está constituida por areniscas y lutitas compactas, que se comportan como un cuerpo semipermeable.

5 HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

La cuenca tributaria del Valle de La Misión ocupa una superficie de 613 km². En la cual su cubierta de materiales granulares saturados se comportaron como un acuífero libre con altos índices de permeabilidad.

Las unidades de roca atendiendo su grado de permeabilidad se clasificaron en tres grupos, y se describen considerando las características hidrológicas de cada grupo y su funcionamiento en el sistema hidráulico.

Unidad Permeable. Contempla los materiales granulares como gravas, arenas, limos y arcillas depositados por la corriente del Arroyo de La Misión. En esta unidad los materiales se presentan no consolidados, por lo que tienen capacidad para formar acuíferos por su capacidad de almacenar y permitir la circulación del flujo subterráneo; es aquí donde se ubican las obras de captación de aguas subterráneas.

Unidad Semipermeable. Está constituida por areniscas y lutitas compactas de la Formación Rosario, con una reducida superficie de afloramiento, por lo que no reviste importancia en cuanto al funcionamiento del sistema hidráulico.

Unidad Impermeable. En este grupo se incluyen todas las rocas, que de acuerdo con sus características físicas y genéricas se consideran de muy baja permeabilidad, como son las volcánicas no diferenciadas, lavas basálticas y andesíticas, granito y granodiorita. Su funcionamiento dentro del sistema hidráulico estudiado consiste en representar el área de captación del agua de lluvias; propiciando su escurrimiento hasta las zonas de materiales permeables donde se infiltra; además constituyen las fronteras impermeables del acuífero.

5.2 Parámetros hidráulicos

Se realizaron un total de 9 pruebas de bombeo, de las cuales 8 fueron de corta duración y una de larga duración. En 3 pruebas se contó con pozo de observación, las cuales no fueron interpretables.

Los valores de transmisividad fluctúan entre 0.3 y 83.7 m²/día, y las conductividades hidráulicas son en general del orden de 17.85 m/día.

Para el caso del coeficiente de almacenamiento, tomando en cuenta el tipo y características de los materiales que constituyen el subsuelo de la región, el valor resultó 0.10 y el acuífero se consideró como libre.

5.3 Piezometría

El análisis piezométrico del acuífero del Valle de la Misión se llevó a cabo a través de la evolución de los niveles estáticos, la configuración de los mismos referidos al nivel medio del mar y la profundidad de éstos en los pozos que se han observado desde 1963. En este mismo análisis se incluye el comportamiento de los niveles del acuífero en las zonas de anomalías termales, donde puede ser factible una recarga vertical inferior a través de las formaciones ígneas que subyacen en el valle.

5.3.1 Profundidad del nivel estático

Los datos de profundidad del nivel estático se tomaron del estudio realizado en 1989. La profundidad del nivel estático en el valle varía de 2 a 8 m; los valores mayores se encuentran sobre la porción oriental del puente La Misión, en el pozo No. 16 y en el pozo No. 71, localizados a 1.6 y 4.65 km aproximadamente de dicho puente, donde las profundidades varían de 7 a 8 m, en tanto que, las que oscilan de 2 a 6 m, se localizan en el resto del valle.

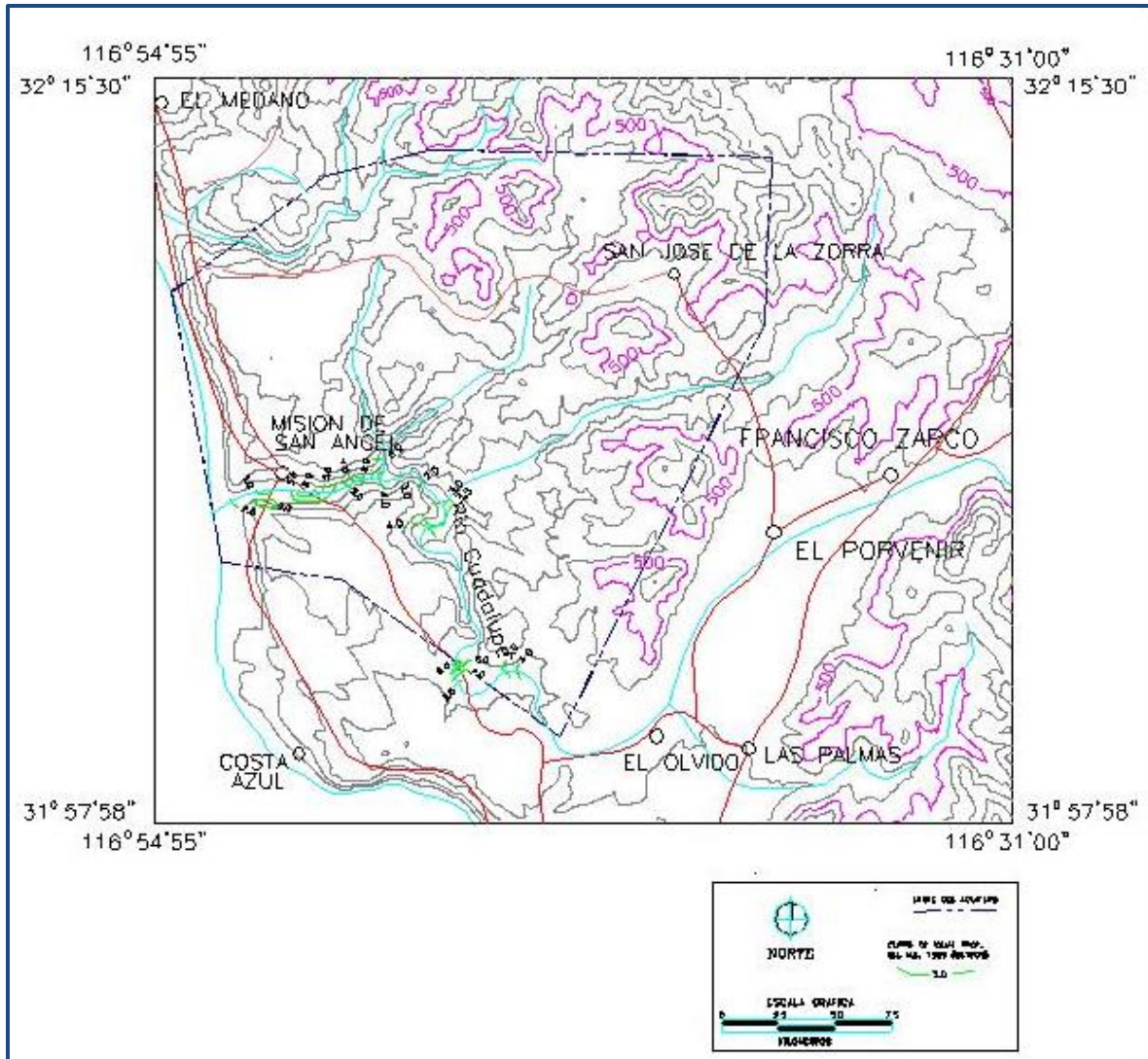


Figura 3. Profundidad del nivel estático 1989.

5.3.2 Elevación del nivel estático

Con el objeto de presentar la variación de los niveles estáticos con respecto al nivel medio del mar, se elaboró la configuración correspondiente al año 1989. Las elevaciones varían de 24 msnm al oriente del valle, a 1 msnm en las proximidades de la zona costera. Las mayores elevaciones se presentan en la salida del arroyo Guadalupe que es la zona de mayor recarga por flujo subterráneo, disminuyendo estas elevaciones conforme se adentra hacia la zona costera.

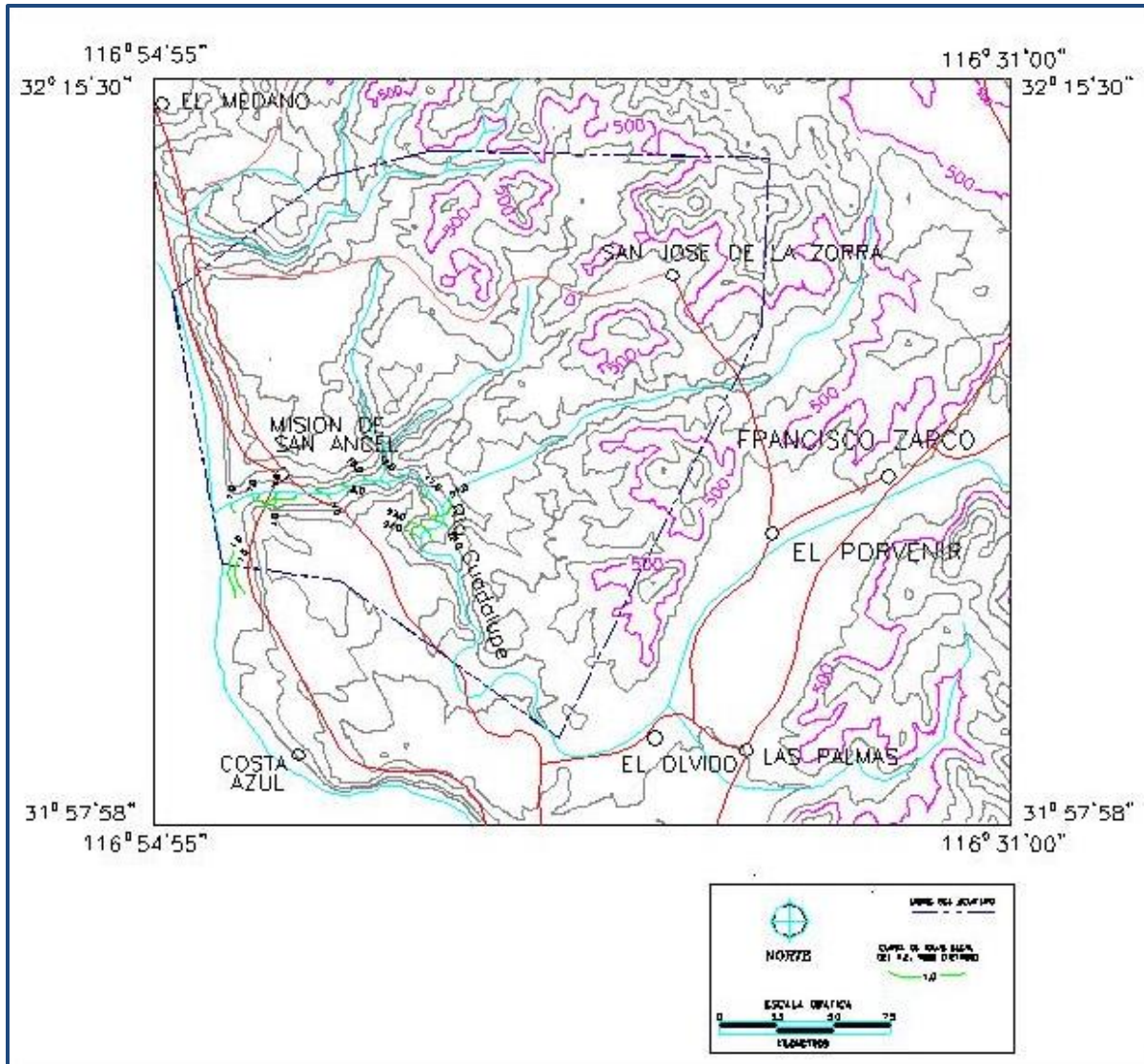


Figura 4. Elevación del nivel estático msnm 1989

5.3.3 Evolución del nivel estático

Según el reporte del trabajo realizado en 1989, los niveles estáticos en el Acuífero la Misión han descendido desde el año de 1984 hasta el año de 1989, periodo para el cual se realizó un plano con curvas de igual evolución del nivel estático, las cuales varía de +0.5 a -2.0 m. En el plano se demarcó el área acuífera que es del orden de 7.0 km², en la cual se calculó un descenso del nivel estático del orden de 1.145 m para el periodo 1984-1989, con un promedio de 0.229 m/año, utilizando un coeficiente de almacenamiento de 0.125.

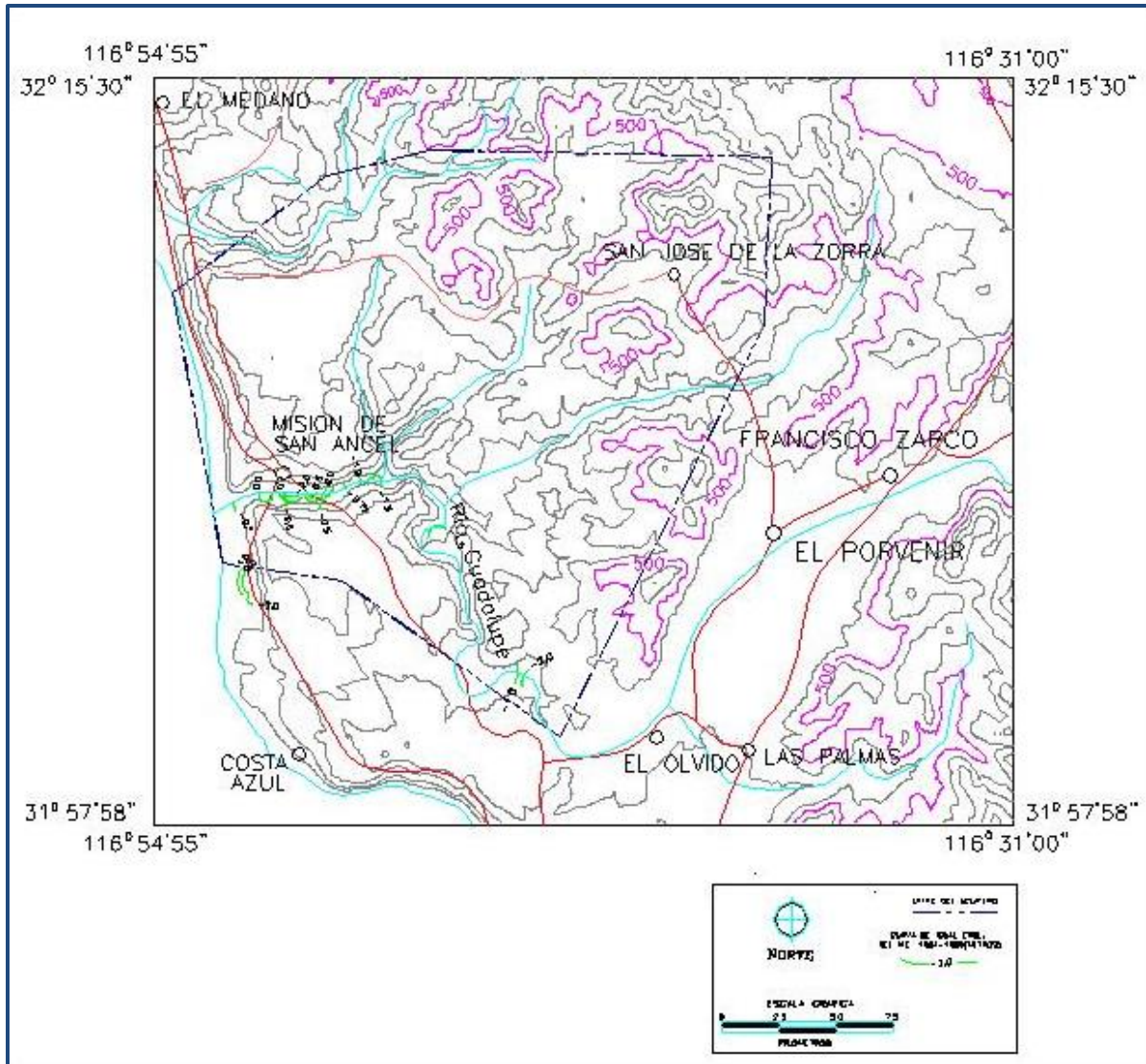


Figura 5. Evolución del nivel estático 1984-1989.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

El censo de aprovechamientos hidráulicos subterráneos, reportado en el año de 1975, reveló la existencia de 86 aprovechamientos, de los cuales 26 son inactivos. De los aprovechamientos activos 15 son utilizados para fines agrícolas, 6 para ganadería, 10 municipales, 26 domésticos y 1 industrial; con los cuales, se explotaba un volumen del orden de 5.92 hm³/año. Para 1999 el volumen extraído es de 6.1 hm³/año, ya que el número de aprovechamientos es de 131.

7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El área considerada para la realización del balance es de 7 km² y cubre prácticamente todo el Arroyo de La Misión. A partir de la configuración de elevación del nivel estático del periodo de 1963 a 1974, se trazó la red de flujo y área de balance.

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

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de almacenamiento} \quad (1)$$

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, al cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, representada como sigue:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento} \quad (2)$$

Más específicamente la ecuación queda como sigue:

$$[Eh + 11 (\text{Volumen lluvia}) + 12 (\text{Uso público urbano}) + 13 (\text{Usos agrícola + otros})] - [Sh + Q_{\text{base}} + \text{Manantiales} + \text{Evapotranspiración} + \text{Extracción}] =$$

$$Vd S = \Delta V(s) \quad (3)$$

7.1 Entradas

La recarga total está constituida por la recarga natural y la recarga incidental o inducida por la aplicación de agua en las actividades humanas, tanto de origen superficial como subterránea.

7.1.1 Recarga natural (Rn)

La recarga natural del acuífero corresponde básicamente a los volúmenes infiltrados por agua de lluvia y a la recarga horizontal proveniente de las zonas de recarga. La recarga por lluvia es de 5.8 hm³/año, según lo reportado en el estudio de 1975.

Respecto a la recarga por infiltración de agua de escurrimientos superficiales naturales los más importantes provienen del Arroyo de La Misión y esto provoca, entre otros factores, que haya una variación en la recarga de un año a otro.

7.1.2 Recarga inducida (Ri)

En el caso de que la extracción fuese mayor que la capacidad máxima de recarga, se podría inducir posteriormente una recarga adicional procedente del flujo de avenidas;

de esto resulta la posibilidad de incrementar las extracciones. De ser así se recomienda que este incremento no exceda de 100 litros por segundo, debiéndose de realizar las observaciones pertinentes para conocer la respuesta del acuífero con ese nuevo régimen de explotación.

Considerando un coeficiente de infiltración de 0.1, y asumiendo que se utilizan 2 hm³/año para el riego de los terrenos de cultivo, se tiene un volumen de retorno al acuífero de **0.2 hm³/año**.

7.1.3 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

El volumen de entrada por flujo subterráneo horizontal reportado en el estudio de 1975 es de **0.5 hm³/año**.

7.2 Salidas

7.2.1 Evapotranspiración (ETR)

La evapotranspiración en el área de estudio se consideró, para efectos del balance, como nula.

7.2.2 Descargas naturales (Dn)

La principal fuente de descarga natural proviene del Río Guadalupe que se encuentra ubicada dentro del área de estudio, el cual no tiene caudal base y solo conduce agua en su cauce durante las épocas de lluvia.

7.2.3 Extracción por bombeo (B)

El volumen extraído total del acuífero a través del bombeo, para todos los usos resultó de 5.77 hm³/año, según lo reportado en el estudio de 1975. para 1999 el volumen extraído se estimó de **5.2 hm³/año**.

7.2.4 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

En este acuífero, de acuerdo a la piezometría, y particularmente al plano de curvas de igual elevación del nivel estático, se concluye los volúmenes que salen del sistema por flujo horizontal, totalizan un volumen anual de **0.5 hm³**.

7.3 Cambio de almacenamiento (ΔV_S)

Para el cálculo de este término se consideró la evolución piezométrica del acuífero en el intervalo de tiempo de 1984 a 1989, con base en la configuración de curvas de igual

evolución del nivel estático. Determinando que la variación de los niveles es en promedio de -0.229 m/año, para el periodo considerado, valor aplicado al área de valle (7 km²), resulta un volumen drenado (Vd) de -1.603 hm³/año, lo que aplicado al coeficiente de almacenamiento de 0.125, resulta un cambio de almacenamiento de -**0.2 hm³/año**.

En forma resumida el balance se presenta en la tabla 2, de acuerdo con la expresión (3).

Tabla 2 Balance de aguas subterráneas

Área total del acuífero			km ²	613
RECARGA TOTAL				
Área del valle			km ²	7
Coeficiente				0.15
Precipitación			mm/año	362.81
Recarga natural por lluvia			hm ³ /año	5.8
Entradas naturales			hm ³ /año	0.5
Total de recarga natural			hm ³ /año	6.3
Público Urbano				
Recarga inducida P.U.				
Agrícola más otros				
Recarga inducida Agrícola + otros			hm ³ /año	0.2
RECARGA TOTAL			hm ³ /año	6.5
DESCARGA TOTAL				
Salidas horizontales			hm ³ /año	0.5
Caudal base			hm ³ /año	0
Evapotranspiración			hm ³ /año	0
Extracción total			hm ³ /año	5.2
Manantiales comprometidos				1.0
Agrícola			hm ³ /año	2
Público Urbano			hm ³ /año	3.2
Doméstico			hm ³ /año	0
Industrial			hm ³ /año	0
Otros				-
DESCARGA TOTAL			hm ³ /año	6.68
Cambio de almacenamiento			hm ³ /año	-0.20
Coefficiente de almacenamiento				0.125

Volumen drenado (0.229 m/año)			hm ³ /año	
AGUA SUPERFICIAL				
Agrícola				
Público Urbano				
Industrial				

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:

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

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 **6.5 hm³/año**, todos ellos son de recarga natural.

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, el volumen comprometido en la actualidad es de 1.0 hm³ anuales y corresponde al mínimo volumen que permita contener el ingreso del agua marina al espacio ocupado por el acuífero, sin que está avance tierra adentro. **DNC = 1.0 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 (REPGA), 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 **7,621,050 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **20 de febrero del 2020**.

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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 6.5 - 1.0 - 7.621050 \\ \text{DMA} &= -2.121050 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **2,121,050 m³ anuales** que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.

9 BIBLIOGRAFÍA

C.N.A. Gerencia estatal en B. C., Subgerencia de Administración del Agua. “Estudio de Actualización Piezométrica y Geoquímica del Valle de La Misión, Municipio de Ensenada Baja California”. Mexicali, B.C., mayo, 1989.

Secretaria de Recursos Hidráulicos. Técnicas Modernas de Ingeniería, S.A., Consultores. “Estudios Geohidrológico del Valle de La Misión en el Estado de Baja California”. diciembre, 1975.

Definición de Nuevas Fuentes de Abastecimiento para las zonas Urbanas del Norte del Estado de Baja California. Proyectos, Estudios y Consultoría, S.A. de C.V., “Integración y Revisión de Información, Estudios y Proyectos Existentes, Referentes al Abastecimiento de Agua de la Región”.

C.N.A. Subdirección General Técnica. “Relación de Acuíferos cuyo Documento de Respaldo de la Disponibilidad será preparado por el convenio con el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)”, octubre, 2000.