



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO MEZTITLÁN (1314), ESTADO DE
HIDALGO**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes.....	2
1.1. Localización.....	3
1.2. Situación administrativa del acuífero.....	4
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.....	6
3. FISOGRAFÍA	7
3.1 Provincia fisiográfica.....	7
3.2 Clima	8
3.3 Hidrografía.....	9
3.4 Geomorfología	10
4. GEOLOGÍA.....	11
4.1 Estratigrafía	12
4.2 Geología estructural.....	15
4.3 Geología del subsuelo	17
5 HIDROGEOLOGÍA.	18
5.1 Tipo de Acuífero.....	18
5.2 Parámetros hidráulicos.....	19
5.3 Piezometría.....	20
5.4 Comportamiento hidráulico	20
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	20
5.4.2 Elevación del nivel estático	22
5.4.3 Evolución del nivel estático.....	23
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea	24
6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....	25
7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	25
7.1 Descarga	26
7.1.1 Bombeo.....	26
7.1.2 Evapotranspiración	26
7.2 Consideraciones Hidrometeorológicas.....	27
7.3 Recarga.....	30
8 DISPONIBILIDAD	31
8.1 Recarga total media anual (R).....	31
8.2 Descarga natural comprometida (DNC)	31
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	32
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	32
9 BIBLIOGRAFÍA.....	33

1. GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (LAN) contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, por acuífero en el caso de las aguas subterráneas, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 “Norma Oficial Mexicana que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.

Esta norma ha sido preparada por un grupo de especialistas provenientes de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, organismos de los gobiernos de los estados y municipios, y de la CONAGUA. El método que establece la NOM indica que para calcular la disponibilidad de aguas subterráneas deberá de realizarse un balance de las mismas, donde se defina de manera precisa la recarga de los acuíferos, y de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA).

El cálculo de la disponibilidad obtenida permitirá una mejor administración del recurso hídrico subterráneo ya que el otorgamiento de nuevas concesiones sólo podrá efectuarse en acuíferos con disponibilidad de agua subterránea. Los datos técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información necesaria, en donde quede claramente especificado el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar, considerando los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el REPDA.

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

1.1. Localización

El acuífero Mezquitlán definido con la clave 1314 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en el centro del país, ocupando una superficie aproximada de 20,905 km² enmarcado entre las coordenadas 19° 36´ y 21° 25´ de latitud norte y 97° 57´ y 99° 52´ de longitud oeste. Limita al norte con el estado de San Luis Potosí, al sur con los estados de Tlaxcala y México, al oriente con Veracruz y Puebla, y al poniente con Querétaro: Políticamente está dividido en 84 municipios (Figura 1)

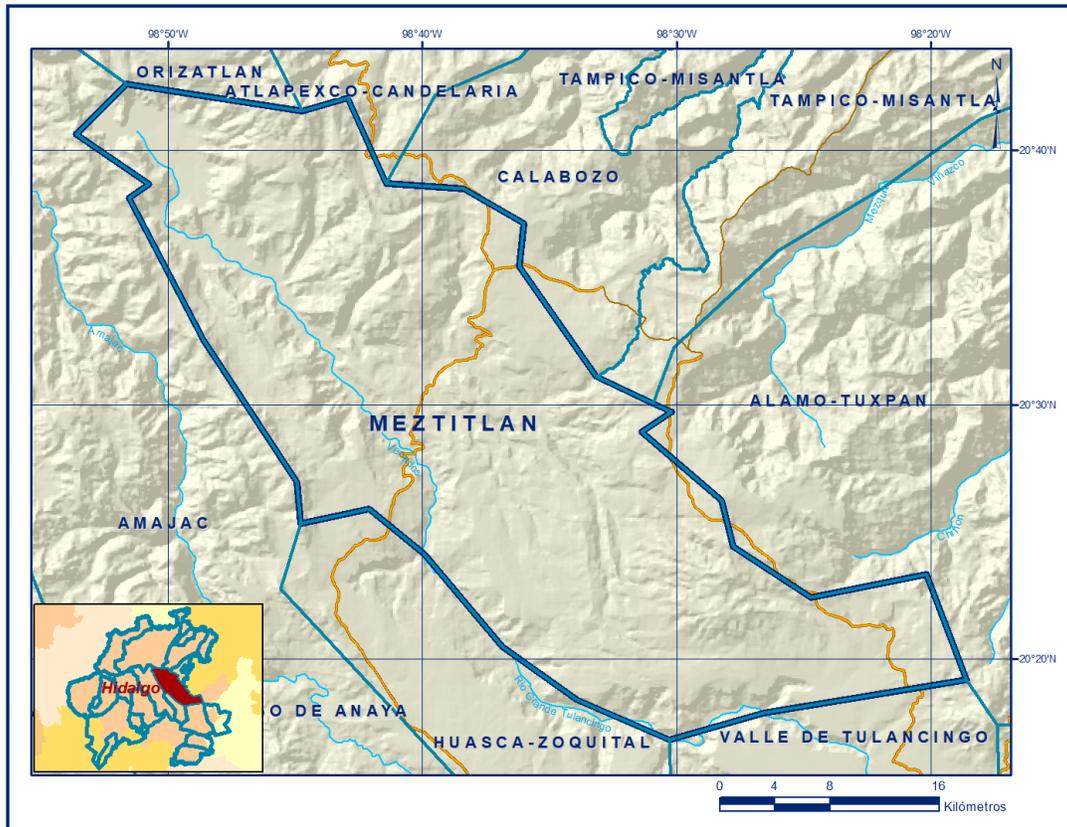


Figura 1. Localización del acuífero

El acuífero Mezquitlán, cubre parcialmente los municipios de Metzquitlán, Mezquititlán, Atotonilco El Grande, Huayacocotla, Agua Blanca, Metepec, Tulancingo de Bravo y Huasca de Ocampo. Se identifica con la clave Geohidrológica 1314 del SIGMAS (Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas de la Comisión Nacional del Agua). Se localiza al norte del acuífero Huasca-Zoquital, en la porción oriental del estado de Hidalgo, limitada al norte por los acuíferos Orizatlán, Atlapexco-Candelaria y Calabozo, al este por el acuífero Álamo-Tuxpan en el estado de Veracruz, al sur por el valle de Tulancingo y Huasca-Zoquital y al poniente por el acuífero Amajac.

El acuífero presenta una superficie aproximada de 1,100 km² y está delimitado por la poligonal simplificada cuyos vértices tienen las coordenadas geográficas que se presentan en la tabla 1

Tabla 1. Coordenadas de la Poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 1314 MEZTITLAN						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	98	30	11.9	20	29	44.2
2	98	31	22.6	20	28	57.0
3	98	28	13.5	20	26	15
4	98	27	46.0	20	24	25.4
5	98	24	42.8	20	22	25.8
6	98	20	10.6	20	23	20.5
7	98	18	35.2	20	19	12
8	98	26	33.6	20	17	54.0
9	98	30	16.8	20	16	50
10	98	33	54.4	20	18	24.8
11	98	36	50	20	20	29.9
12	98	39	54.1	20	24	7.2
13	98	42	3.9	20	25	54.3
14	98	44	46.1	20	25	21.3
15	98	44	55.6	20	26	58.3
16	98	48	34.5	20	32	33.3
17	98	51	30.6	20	38	8.8
18	98	50	43.9	20	38	40.7
19	98	53	36.9	20	40	40.2
20	98	51	36.3	20	42	37.9
21	98	44	42.3	20	41	33.3
22	98	42	56.3	20	42	4.1
23	98	41	24.2	20	38	43
24	98	38	20.9	20	38	31.2
25	98	36	0.1	20	37	8.2
26	98	36	9.9	20	35	26.8
27	98	33	9.8	20	31	6.8
28	98	30	54.6	20	30	4.0
1	98	30	11.9	20	29	44.2

1.2. Situación administrativa del acuífero

Cubriendo la parte sur del acuífero Mezquitlán, se encuentra en vigor el decreto de veda de control denominado “Valle de Tulancingo”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 26 de septiembre de 1965, la cual cubre una pequeña porción del extremo sur del territorio del acuífero.

La veda establece que *excepto cuando se trate de alumbramiento de aguas para usos domésticos, desde la vigencia de este Decreto, nadie podrá extraer aguas del subsuelo dentro de la zona vedada, modificar los aprovechamientos existentes sin previo permiso escrito otorgado por la Autoridad del Agua.* En el resto de la superficie del acuífero no existe restricción alguna para la extracción de aguas subterráneas.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3. Por otra parte, dentro del área que conforma el acuífero se localiza el Distrito de Riego No. 08, básicamente localizado hacia la porción norte del acuífero, cubriendo una superficie aproximada de 870 hectáreas, abarcando desde las inmediaciones de la Laguna de Mezquitlán hasta las proximidades de la ciudad del mismo nombre.

El acuífero pertenece a la región Hidrológico-Administrativa IX Golfo Norte y no cuenta con Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) (situación al mes de mayo de 2006). Hacia el norte y centro, dentro de los límites del acuífero se localiza una gran porción del área natural protegida con carácter de reserva de la biósfera la región conocida como Barranca de Mezquitlán, ubicada en los municipios de Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Mezquitlán, San Agustín Metzquitlán, Metepec y Zacualtipán de Ángeles, en el estado de Hidalgo; cuyo Decreto fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2000; Considerando:

Que la barranca de Mezquitlán es parte principal de la zona de los cañones excavados por los afluentes del Río Pánuco, siendo éste el hábitat de un conjunto de ecosistemas frágiles que contienen una gran riqueza de especies de flora y fauna silvestres de relevancia biológica, económica, científica y cultural y que su rica biodiversidad se manifiesta en las formas irregulares que conforman el paisaje terrestre de cañón con rasgos geofísicos de gran valor científico y estético representativo de los ambientes áridos y semiáridos de México.

La barranca de Mezquitlán es considerada como refugio pleistocénico de la biota desértica mexicana ya que presenta afinidades que muestran la intensa relación que existió en el pasado con los desiertos Chihuahuense y Sonorense, y que actualmente funciona como corredor biológico de las zonas áridas en el altiplano central del país, conformando un rico reservorio de especies endémicas a México y que por ser un área de topografía accidentada cuyas altitudes varían de los 1,300 msnm a los 2,100 msnm presenta una amplia representatividad de ecosistemas, entre los que destacan los matorrales desérticos y las selvas bajas deciduas que contienen el patrimonio genético de la humanidad;

Que la cuenca formada por el Río Mezquitlán proporciona bienes y servicios ambientales de gran valor como son la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua para riego y la gran diversidad de microclimas presentes que permiten el florecimiento de actividades productivas agrícolas que abastece una amplia región del estado y que la calidad de sus productos es reconocida tanto en el mercado nacional como en el internacional.

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.

No existen estudios geohidrológicos previos realizados en el área del acuífero. Los que se mencionan a continuación fueron llevados a cabo en el acuífero vecino de Tulancingo.

El primer trabajo formal con enfoque hidrogeológico que se identificó en la bibliografía fue el realizado en 1973 por la Secretaría de Recursos Hidráulicos a través de la compañía Servicios Geológicos S.A. (SGSA, 1973). En este trabajo se llevan a cabo diversas actividades de campo que incluyen la realización de levantamientos geológicos, censos de aprovechamientos, toma de muestras de agua subterránea, cuantificación de la extracción de agua subterránea para el periodo de análisis (julio-noviembre de 1973), un estudio hidrológico bastante detallado y una cuantificación de recursos hídricos a partir del planteamiento de una ecuación de balance volumétrico. Se integran también datos piezométricos generados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos para algunos años en el periodo de 1966 a 1973.

Entre 1977 y 1978 se elaboró el trabajo “Estudios geohidrológicos (Valle de Mezquitlán)”, Agrogeología, S.A., para la SARH. En realidad está enfocado al área de Tulancingo y sus alrededores, llegando hasta la Laguna de Zupitlán, o sea apenas el inicio de la zona que abarca el presente trabajo; sin embargo, habla de tres regiones en la cuenca: Valle de Tulancingo, Huasca-Atotonilco y Laguna de Mezquitlán.

En 1981 el valle de Tulancingo fue motivo de una actualización de los aspectos geohidrológicos a través de la “Actualización del estudio geohidrológico del valle de Tulancingo, Hgo.” realizado por Geohidrológica Mexicana S.A., para la Subdirección de Geohidrología y de Zonas Áridas, mediante contrato GZA-80-11-GD. SARH. 1981.

Dicho estudio abarcó sólo la cabecera de la cuenca, en su porción sur, cubriendo una porción muy pequeña del acuífero Huasca-Zoquitlan.

En 1985 la Jefatura del Programa Hidráulico, de la Residencia de Geohidrología y de Zonas Áridas de la SARH, realizó un censo de aprovechamientos de agua subterránea en el valle de Tulancingo que abarcó los municipios de Huasca de Ocampo y Atotonilco El Grande, como parte del proyecto denominado “Censo de aprovechamientos de agua subterránea en el estado de Hidalgo”.

En el año de 1991, se llevó a cabo el “Estudio de Actualización Geohidrológica en el Valle de Tulancingo, Estado de Hidalgo.” THORSA, Ingenieros Consultores y Constructores, S.A. de C.V., para la Gerencia Estatal en el estado de Hidalgo, mediante contrato SGIHUI-90-379D. CNA. 1991. Es un trabajo que aporta nuevos e interesantes conocimientos de dicha zona, tales como propiedades hidrodinámicas, geoquímica, prospecciones geofísicas, además de actualizar aspectos piezométricos y la verificación del marco geológico regional.

Posteriormente, en el año 2005, la empresa Ingeniería de Evaluación y Prospección, S.A. de C.V. realizó para la CNA el “Estudio de simulación Hidrodinámica del Acuífero Tulancingo, Hgo” en el que se integra toda la información previa para la construcción de un modelo numérico para simular los abatimientos de los niveles del agua subterránea.

Recientemente, en el 2006, la CONAGUA realizó el “Estudio de Actualización Hidrogeológica en los acuíferos Mezquitlán y Huasca-Zoquitlan, estado de Hidalgo”, que tuvo como objetivo principal la evaluación de los recursos hídricos subterráneos.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

El estado de Hidalgo se encuentra ubicado dentro de dos provincias fisiográficas: La Sierra Madre Oriental, que ocupa la región norte de su territorio, mientras que su porción meridional se encuentra cubierta por la provincia del Eje Neovolcánico. Estas provincias dividen el territorio hidalguense por su parte media.

Particularmente, en la Sierra Madre Oriental afloran las rocas Precámbricas consideradas como las más antiguas de México, así como de una serie de unidades estratigráficas que abarcan desde el Paleozoico Superior, Mesozoico y Cenozoico. Esta secuencia está constituida por rocas sedimentarias de origen marino y continental, constituyendo relieves característicos sobre las cordilleras y exhibiendo extensos derrames de rocas basálticas y tobas.

En esta provincia se definen sierras que alcanzan alturas del orden de los 2,700 msnm, y cañadas tan profundas que llegan a alcanzar diferencias topográficas de hasta 500 metros, ocupando la parte norte del territorio del estado de Hidalgo.

Por su parte, la provincia Eje Neovolcánico se caracteriza por su enorme extensión y gran espesor de rocas ígneas, producto de la actividad volcánica del Terciario. Caracterizada por la presencia de estructuras volcánicas en forma de domos y derrames riolíticos, conos cineríticos, mesetas de piroclásticos y derrames de basalto. Con base en esta delimitación se puede precisar que el acuífero Mezquitlán se encuentra dividida por las provincias antes señaladas: la Sierra Madre Oriental abarca la porción occidental, mientras que el Eje Neovolcánico se hace presente al oriente, a través de una franja orientada casi en dirección norte-sur.

3.2 Clima

En la zona se distinguen dos tipos de climas, de acuerdo con los criterios de Köppen modificados por Enriqueta García, y que genéricamente corresponden a los climas templados y secos-semisecos. El primero de ellos presenta dos variables, con diferencia en el contenido de humedad y concentración de lluvias. El primer subtipo corresponde al clima templado, subhúmedo y con lluvias en verano, con un porcentaje de precipitación invernal menor de 5, afectado por condición de canícula, también llamada sequía de medio verano, e identificado con las siglas C (w₁)(w). Se desarrolla en las elevaciones de las sierras.

Con respecto al segundo de los climas, se clasifica como semiseco, templado, con lluvias en verano e invierno, también afectado por una condición canicular e identificado con las siglas BS₁kw, el cual se presenta en una franja que comprende las partes bajas de la región, guardando cierto paralelismo con el cauce del río Grande de Tulancingo. Considerando la relación directa que existe entre las condiciones atmosféricas y la recarga a los acuíferos, la cual responde invariablemente a las condiciones de precipitación pluvial, y con el fin de conocer las características atmosféricas de la zona, se consultó la información hidrológica y datos de estaciones climatológicas existentes de la zona. La información recabada procede de la Gerencia del Servicio Meteorológico Nacional de la CNA, así como del programa ERIC II, desarrollado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en el cual se integra dentro de una base de datos los registros históricos de todas las estaciones climatológicas de la República Mexicana.

A este respecto, dentro de la zona se identificaron 5 estaciones climatológicas; Metztitlán, San Cristóbal y Venados en el acuífero Meztitlán, mientras que en la zona Huasca-Zoquital se identificaron las estaciones Atotonilco El Grande y Huasca. Adicionalmente se identificaron tres estaciones más en las inmediaciones de las zonas; El Bembo, Alcoholoya y Omitlán de Juárez. Todas ellas con un periodo de registro continuo de 15 años, que va de 1973 a 1988.

Las temperaturas máximas mensuales varían entre 29 y 38°C; presentando su máximo valor en el mes de mayo en la estación Venados, hacia el extremo suroeste de la zona de interés, y el mínimo de 29.5 °C durante los meses de enero y diciembre en la estación San Cristóbal.

En cuanto a la precipitación pluvial, la lluvia promedio anual es del orden de 428 a 450 mm; siendo los meses de junio a septiembre los de mayor precipitación, mismo que varía de 105 a 68 mm identificados en la estación Venados. La temporada de lluvias ocurre de junio a septiembre.

Al respecto se observa una constante evaporación en la zona en función directa con el incremento de la temperatura, mostrando sus valores más altos durante el segundo trimestre del año, con valores máximos de 188 mm en la estación Metztitlán.

3.3 Hidrografía

El estado de Hidalgo queda comprendido en su mayor parte (19,796 km²), dentro de la Región Hidrológica No. 26, Río Pánuco, subcuenca del río Moctezuma, y sólo una pequeña superficie de su porción oriental (1,100 km²) forma parte de la Región Hidrológica No. 27, Tuxpan-Nautla.

Con base en lo anterior, se puede precisar que la zona Meztitlán se encuentra dentro de la Región Hidrológica No. 26, cuenca del río Tulancingo o Meztitlán, la cual drena la parte nororiental del estado de Hidalgo. El río Meztitlán tiene su origen al norte del estado de Puebla, donde recibe el nombre de río Chico. Escurre con una dirección norte hasta llegar a La Mesa Chica, cambiando de dirección al NW hasta llegar al vaso de almacenamiento La Esperanza, lugar donde nace el Distrito de Riego No. 028 que cuenta con una superficie aproximada de 870 ha.

Posteriormente cruza por la ciudad de Tulancingo, donde recibe el nombre de Río Grande de Tulancingo. Aproximadamente 3.5 km aguas abajo de la Laguna de Zupitlán, se derivan por medio de dos canales paralelos volúmenes para el servicio del Distrito de Riego No. 8 de Mezquitlán, al cruzar la población de Alcholoaya adopta el nombre de dicho poblado, para dirigirse hacia lugares accidentados y recibiendo por su margen izquierda diversas corrientes provenientes de la ladera norte del cerro El Milagro.

En su trayecto, recibe aportaciones del arroyo Las Granadas por su margen derecha, a partir de este sitio adopta el nombre de río Metzquitlán. Posteriormente recibe al río Metzquitlán, y luego de divagar en la planicie llega por fin a la laguna Metzquitlán. Cabe señalar que el río Metzquitlán se denomina Arroyo Seco Potrerillos en la parte alta de su nacimiento, cerca de los límites con el estado de Veracruz.

Por otra parte, la cuenca del río Tulancingo-Mezquitlán, perteneciente a la región hidrológica No. 26, se localiza casi por completo en el estado de Hidalgo, al considerar que de la superficie total de 4,366 km² aproximadamente unos 4,119 km² pertenecen al estado, repartiéndose el área restante entre los estados de Veracruz y Puebla.

3.4 Geomorfología

El acuífero Mezquitlán, se caracteriza por la presencia de elevaciones topográficas del orden de los 1,800 msnm en las sierras que lo rodean, mientras que la zona del valle presenta una altitud promedio de 1,280, generando una diferencia de elevación entre ambas zonas de 520 metros. La región está modelada por la corriente del río Venados, el cual desemboca en la Laguna de Metzquitlán, condición que ha generado la formación de amplios valles de pendiente suave, limitados por escarpes verticales facilitados por las condiciones litológicas y estructurales de las formaciones rocosas que afloran en sus márgenes.

En cuanto a las características geomorfológicas, las unidades reflejan la evolución geológica ocurrida en el área, decretadas por las condiciones litológicas y estructurales de las rocas que afloran en ella, las cuales presentan diferentes grados de resistencia a la erosión, caracterizándose las formaciones que agrupan a rocas suaves por su morfología de hondonadas o valles, mientras que las que presentan alta resistencia conforman estructuras prominentes sobre las sierras.

De esta forma, las sierras están constituidas por rocas calcáreas de la Formación Tamaulipas Superior, en tanto que los valles y hondonadas están compuestas por lutitas, calizas, margas y arcillas de las formaciones Soyatal y Méndez, las tres del Cretácico Superior.

4. GEOLOGÍA

Las secuencias litológicas y aspectos estructurales presentes en las rocas que afloran en el estado de Hidalgo, evidencian distintos eventos de tipo orogénico, volcánico y sedimentario. Geológicamente, la Sierra Madre Oriental se desarrolló sobre estructuras plegadas y deformadas del Precámbrico y Paleozoico, correspondientes a la Formación Guacamaya misma que descansa en forma discordante sobre una secuencia de rocas metamórficas del Precámbrico (figura 2).

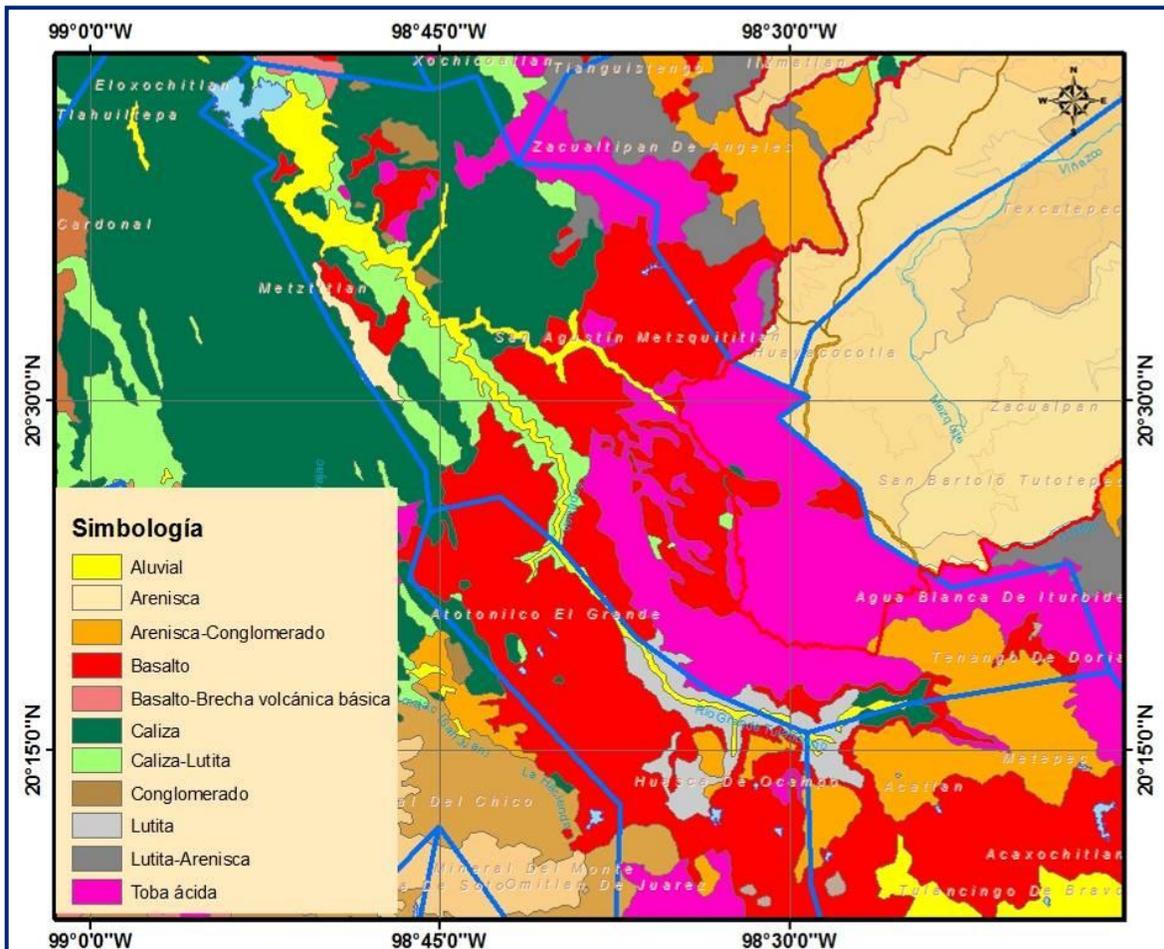


Figura 2. Geología general del acuífero

Su carácter estructural está acentuado por complejos pliegues recostados, así como por la presencia de grandes fallas, fenómeno asociado estrechamente con la aparición de cuerpos intrusivos emplazados sobre la secuencia de rocas mesozoicas.

La actividad volcánica se manifiesta durante el Terciario, formando extensos y potentes derrames basálticos contemporáneos revelados por la presencia de numerosos conos cineríticos, mesetas de flujos piroclásticos y derrames ígneos.

Las rocas sedimentarias corresponden esencialmente a una secuencia de lutitas areniscas, conglomerados, areniscas, calizas-lutitas, calizas, limonitas, areniscas y depósitos aluviales que abarcan desde el Cretácico hasta el Cuaternario, cuyo ambiente sedimentario incluye desde un ambiente marino hasta continental, las cuales se aprecian principalmente en la zona de Mezquitlán.

Por otra parte, es clara la acción que ejerce el agua superficial al forma importantes extensiones de suelos residuales sobre los valles aluviales.

Por otra parte, se puede concluir que las rocas ígneas extrusivas; tobas, tobas ácidas y brechas volcánicas ácidas y basaltos, presentes en la porción meridional del acuífero de Mezquitlán y en toda la región correspondiente al acuífero Huasca-Zoquitán, corresponden a productos piroclásticos del Terciario Superior, asociadas a derrames de composición riolítica y basáltica mismos que sobreyacen en forma discordante a las rocas cretácicas.

4.1 Estratigrafía

A continuación, se describe la secuencia estratigráfica presente en el área, de la unidad más antigua a la más reciente.

Formación Tamaulipas Superior Ks (ts)

Aflora al norte y poniente de Santa Mónica y al sur de El Zoquitán, municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

Está constituida por rocas calcáreas con estratificación delgada que varían de 10 a 20 centímetros, con textura predominante mudstone. Contiene algunas bandas de pedernal negro que varían de 3 a 5 cm de espesor. Manifiesta fracturamiento casi perpendicular al rumbo de las capas, con espaciamiento promedio de 0.80 metros.

Formación Soyatal (Kss)

Esta unidad se identificó al norponiente de Santa Mónica en el puente Venados y al norte de Santa María Amajac, dentro del municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

Su contacto con la Formación Tamaulipas Superior es transicional y básicamente está constituida por calizas y lutitas fósiles con estratos de 10 a 20 cm de espesor. Por su composición litológica esta formación funciona como unidad semipermeable debido a los horizontes arcillosos que contiene, a menos que esté afectada por fracturas.

En las áreas donde está expuesta no capta volúmenes importantes del agua de lluvia y en el subsuelo podría formar acuíferos de muy bajo rendimiento. Es por ello que se considera que funciona como barrera al flujo del agua subterránea.

Formación Méndez Ksm

Aflora en la parte sureste del área, en las partes bajas de la barranca localizada en las inmediaciones del río Grande de Tulancingo, cerca de los poblados Los Reyes, El Ocote y San Bartolomé.

Dicha formación está constituida por una secuencia de lutitas calcáreas de color gris, que por efectos del intemperismo adquieren una coloración verde amarillenta y fracturamiento en bloques pequeños, de estratificación de tipo laminar con espesores de apenas unos cuantos centímetros que se agrupan en capas que varían de 10 a 20 cm. Esta unidad funciona como unidad semipermeable debido a su contenido arcilloso. Sus afloramientos no se consideran áreas de recarga y en el subsuelo puede contener acuíferos de bajo rendimiento.

Andesitas y brecha volcánica intermedia Ts (A-Bvi)

Los afloramientos se localizan en los alrededores de Omitlán de Juárez y San José Ocotillos, en la porción sur del área. La unidad está constituida por una secuencia de derrames andesíticos de forma compacta con bajo grado de fracturamiento.

Se presenta en pseudocapas y en alternancia con piroclastos constituidos por cenizas, lapilli y brechas que adquieren un color rojizo al intemperismo. Funciona como unidad permeable principalmente por las pseudocapas de piroclastos, permitiendo la recarga del acuífero en las zonas altas, en donde se encuentra expuesta; en el subsuelo, a mayores profundidades, puede llegar a constituir acuíferos.

Tobas y brechas volcánicas Ts (Ta-Bva)

Aflora en las porciones sur y sureste del área y por su posición estratigráfica se le asigna una edad del Pleistoceno Inferior. Esta unidad está compuesta por una secuencia de tobas y brechas volcánicas; estas últimas se localizan hacia la parte superior de la formación. Su composición varía de dacítica a andesítica. Descansa discordantemente sobre la unidad identificada como andesitas y brechas volcánicas Ts (A-Bvi).

Brechas Ts (Bvb)

Esta unidad se presenta superficialmente al sureste de la población de Huasca de Ocampo y está conformada por una secuencia de brechas volcánicas de composición dacítica. Descansa en forma discordante a la unidad anteriormente señalada por lo que se considera que pertenece al Pleistoceno Inferior.

Areniscas y conglomerados Ts (ar-cg)

Esta secuencia de rocas se presenta en los alrededores de Coyula, San Nicolás El Xathé y Santa María Amajac, fuera del área. Consiste en una secuencia de limos y arenas de grano fino dentro de una matriz arcillosa, en estratos con espesores que varían de 10 a 30 cm. En menor proporción se observan algunas capas de conglomerados que contienen fragmentos redondeados de caliza, basaltos y andesitas, con tamaños que varían de 3 a 15 cm, empacados en una matriz areno-arcillosa. Las capas se encuentran horizontales o con ligera inclinación hacia el poniente.

Conglomerados Ts (cg)

Litológicamente esta unidad se encuentra constituida por conglomerados muy compactos constituidos por fragmentos redondeados con dimensiones de 10 a 15 cm, de forma irregular, algunos de los cuales presentan aristas irregulares. Estos fragmentos corresponden a rocas calcáreas, basaltos y andesitas, empacados en una matriz de tipo areno-arcillosa. Por su constitución litológica, esta unidad funciona como unidad semipermeable debido a su grado de compactación.

Basaltos Ts (B)

Esta unidad litológica está constituida por basaltos masivos con estructura vesicular, que se presentan en forma de derrames densos con apariencia de bloques prismáticos, característicos de la zona.

El fracturamiento varía de moderado a intenso y entre los derrames se encuentran pequeñas oquedades. A nivel regional esta unidad se manifiesta con una amplia distribución superficial, a todo lo largo de la franja central del acuífero.

Los basaltos funcionan como área de recarga en las áreas donde se encuentran expuestos y en el subsuelo constituyen acuíferos de importancia. Entre los derrames de basalto existe la presencia de tobas arcillosas de baja permeabilidad.

Aluvión (Qal)

Son depósitos recientes que contienen fragmentos provenientes de una gran variedad de rocas. Los tamaños de los clásticos varían desde la arcilla al guijarro y se encuentran muy poco compactos. El espesor es reducido y su presencia se restringe a las márgenes de los ríos Amajac y Tulancingo.

4.2 Geología estructural

Considerando que las rocas más antiguas que afloran en las zonas corresponden al Cretácico Inferior, se describirá la evolución de las zonas a partir de este periodo. Durante el Cretácico inferior el estado de Hidalgo, se caracteriza por la presencia de mares y el desarrollo de cuencas marinas de diferentes profundidades dando origen a depósitos de cuenca y de aguas muy someras a veces de tipo lagunar.

Durante el Cretácico Superior en el área prevalece un ambiente de plataforma, mientras que hacia el poniente del área se presentan depósitos de calizas puras y masivas, mismas que constituyen lomeríos alargados con laderas de fuerte pendiente. Tales afloramientos pertenecen a la Formación El Doctor la cual se distribuye ampliamente en las porciones norte y nor-poniente del estado de Hidalgo, mientras que hacia el oriente se desarrollan facies de plataforma.

La subducción de la placa Pacífico, dio inicio a un evento volcánico que propició una elevación del fondo marino y/o retirada de los mares.

Bajo este esquema, los materiales finos fueron arrastrados a la cuenca de la región, donde precisamente se ubica el área, y se depositaron como arcillas; éstas se mezclaron con los carbonatos y sílice precipitados como resultado de los procesos químicos que se estaban dando, dando origen a las margas y lutitas.

Debido a la acción dinámica, la cuenca de depósito se hundía paulatinamente dando lugar al depósito de sedimentos de aguas profundas (Formación Soyatal) mientras que hacia el oriente de estos depósitos se presentaban aguas de menor profundidad en donde se originó la formación de secuencias arrecifales correlacionables con la Formación Tamaulipas Superior, constituida por calizas que se presentan en estratos delgados a medios, con intercalaciones de bandas de pedernal negro.

Hacia el oriente, los estratos de calizas son más gruesos y muestran un contenido de intraclastos provenientes del talud, como se observa en los afloramientos que se ubican entre los poblados de La Estancia y San José Zoquitán, al norte de Atotonilco El Grande. Hacia el norte los estratos son más delgados y abundantes las bandas de pedernal negro, evidenciando ambientes de depósito propios de cuenca, tal como se advierte en los afloramientos localizados al poniente y norponiente del poblado Cerro Colorado.

La sostenida aportación de elementos terrígenos, dio lugar a la predominancia de lutitas y areniscas de grano fino agrupadas en la Formación Méndez, que aflora ampliamente en las partes centro y sur del área, que representan las zonas más cercanas a la fuente de sedimentos.

Durante la Orogenia Laramide se deformaron las rocas depositadas durante el Mesozoico, conformando grandes elevaciones, generando deslizamientos hacia el oriente y originando pliegues recostados en esa misma dirección. El otro evento geológico de carácter tectónico, clasificado como distensivo generó sistemas de fallas normales y de fracturamiento con orientación NW-SE y NE-SW, ocasionando la dislocación de las estructuras plegadas. Contemporáneamente se inicia una actividad volcánica representada por la presencia de rocas intrusivas y derrames de lavas que cubren a las rocas sedimentarias mesozoicas.

Las primeras lavas en la zona, producto de la etapa de distensión de esfuerzos, dieron lugar a los productos volcánicos del Grupo Pachuca, cuya edad abarca hasta el Mioceno. Cabe mencionar que durante el Cenozoico Inferior las etapas de vulcanismo, se intercalaron con etapas erosivas, durante las cuales los sedimentos depositados durante el Mesozoico y Cenozoico Temprano, se convirtieron en fuentes de sedimentos que se redepusieron en cuencas continentales.

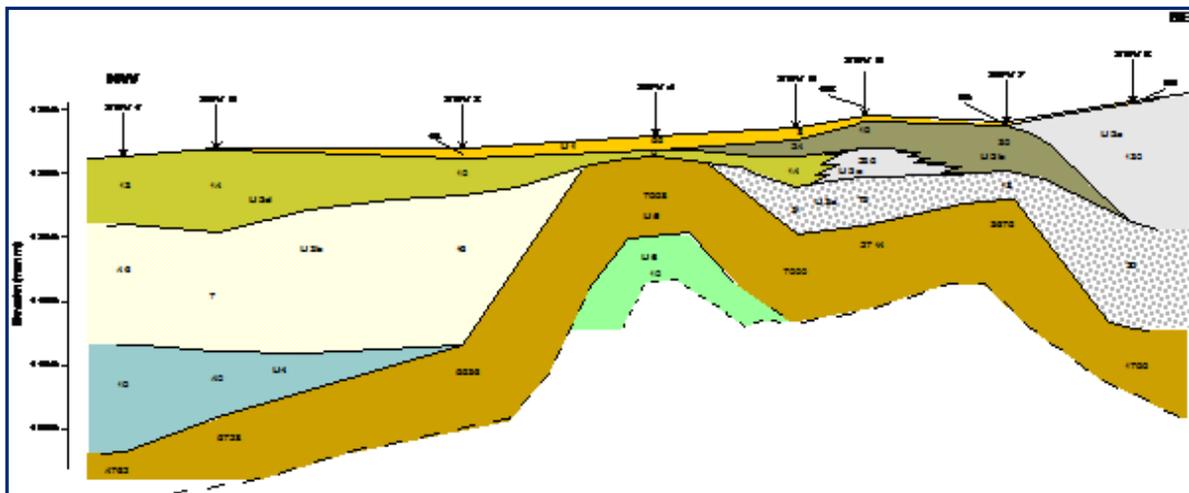
Las últimas etapas de vulcanismo están representadas por una serie de rocas vulcano-sedimentarias, que formaron una extensa mesa al rellenarse las barrancas y hondonadas labradas tanto en rocas del Mesozoico como del Cenozoico Medio y Superior, evidenciándose que este evento se produjo principalmente a través de fracturas.

A fines del Plioceno y principios del Pleistoceno (Cuaternario) se presentó la emisión de lavas máficas, que por una parte obstruyeron el drenaje existente, formando cuencas endorreicas. Hacia finales del Pleistoceno ocurre el depósito de gravas y arenas, así como la erosión y depósito de los sedimentos aluviales cuaternarios.

4.3 Geología del subsuelo

Con base en el método geoelectrico de resistividad, en la modalidad de sondeo eléctrico vertical (SEV), utilizando un dispositivo tetraelectrónico tipo "Schlumberger" (CONAGUA, 2006), se identificó la estratigrafía presente en el subsuelo, posición del nivel freático y algunas de las propiedades físicas de la secuencia rocosa, mediante el contraste de resistividades.

A partir de los procesos comentados, fue posible construir una sección geoelectrica en la que se lograron identificar diferentes secuencias sedimentarias, algunas con características litológicas similares, pero separados por estructuras geológicas como se muestra a continuación (figura 3).



De acuerdo con la información obtenida en campo se puede deducir que el acuífero de Mezquitlán, está limitado tanto horizontal como verticalmente por rocas sedimentarias marinas cretácicas, mismas que conforman el núcleo de las sierras limítrofes y cuya configuración estructural de plegamientos en el subsuelo determina fuertes cambios en el espesor del relleno granular del valle. En este sentido, con base en los resultados obtenidos mediante la exploración geofísica, se determina que en las inmediaciones del poblado El Salitre el espesor de los sedimentos granulares se encuentra con un máximo de apenas 30 metros, mientras que hacia la parte norte del valle se identificaron espesores superiores a los 200 metros.

No obstante que esta secuencia litológica es la que conforma en su mayor parte el acuífero de la región, de acuerdo con el comportamiento hidrológico de la zona es probable que la cima de la secuencia calcárea, constituya parte del acuífero regional, aun cuando está cubierta por materiales granulares sedimentarios, mismos que funcionan como un acuífero de tipo libre (figura 4).

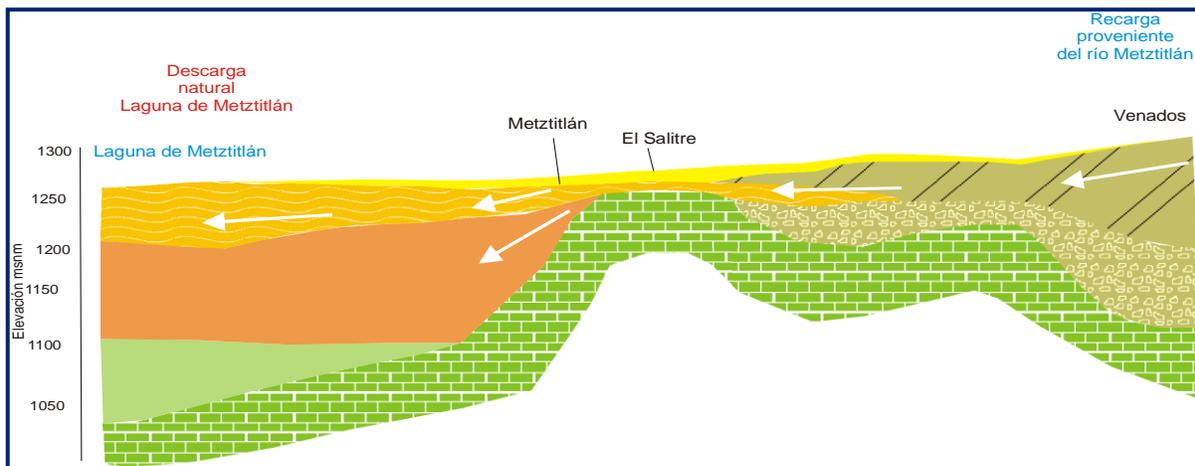


Figura 4. Modelo conceptual de funcionamiento.

5 HIDROGEOLOGÍA.

5.1 Tipo de Acuífero

El acuífero Mezquitlán cubre una superficie aproximada de 1,100 km², sin embargo, el área de explotación presenta una extensión superficial aproximada de 120 km²; la cual se extiende, principalmente en la porción septentrional del valle, básicamente a partir de la comunidad Venados, en el subsuelo de las porciones planas del valle de Mezquitlán así como en las partes bajas de las sierras que lo delimitan, las cuales se encuentran conformadas por rocas carbonatadas fracturadas.

Litológicamente el acuífero Mezquitlán se encuentra constituido por una secuencia de materiales de tipo granular de origen sedimentario –gravas, arenas de grano grueso a fino y limos-, cuyo espesor varía de 25 m a 250 metros con presencia de materiales de granulometría media a fina, mostrando su máximo espesor en las inmediaciones de la laguna de Mezquitlán. Por otra parte, hacia el límite oriental y occidental del valle se presentan conglomerados calcáreos y rocas calizas estratificadas y fracturadas, específicamente sobre las laderas de las sierras que lo delimitan.

En este sentido con base en los resultados obtenidos mediante la exploración geofísica, se deduce que en las inmediaciones del poblado El Salitre el espesor de los sedimentos granulares se encuentra con un máximo de apenas 25 metros, mientras que hacia la parte norte del valle se identificaron espesores superiores a los 200 metros.

No obstante que esta secuencia litológica es la que conforma en su mayor parte el acuífero de la región, de acuerdo con el comportamiento hidrológico de la zona es probable que la cima de la secuencia calcárea, constituya parte del acuífero regional, aun cuando está cubierta por materiales granulares sedimentarios, mismos que funcionan como un acuífero de tipo libre en esta parte del valle.

5.2 Parámetros hidráulicos.

Los valores de transmisividad (T), deducidos de las pruebas de bombeo de corta duración realizadas e interpretadas en el estudio de 2006, varían en el rango de 0.0003 a 0.00725 m²/s. Puede observarse que los valores de la transmisividad del acuífero decrecen hacia las zonas baja del valle, especialmente en la zona correspondiente a la tercera unidad de riego, mientras que en las inmediaciones de la comunidad de El Carrizal, se presentan los valores más altos.

No existe información referente al coeficiente de almacenamiento regional, por lo que su estimación se basó en las consideraciones relativas a la estratigrafía y a la litología. De esta manera dado que los pozos de explotación están alojados en los primeros 60 m de una secuencia de materiales granulares del cuaternario, se considera que los valores del coeficiente de almacenamiento (o rendimiento específico para el caso particular de los acuíferos libres) oscila entre 0.05 y 0.10.

Se recopiló información de los caudales específicos (Q_e) de los pozos y estos revelan un amplio rango de valores que oscila entre 5 y 60 lps/m. La relación entre T y Q_e depende de los sistemas de flujo “pozo-acuífero” de que se trate. En el caso del sistema Theis-Jacob (Custodio, 1976) la relación es:

$$T = 10^{-3} Q_e$$

Si T se expresa en m^2/s y Q_e en lps/m.

La identificación de los sistemas locales generados por el bombeo de los pozos es incierta; primero, porque se carece de información acerca de la estratigrafía local y de las características constructivas de los pozos utilizados; segundo, porque a una respuesta dada puede corresponder a dos o más sistemas, y tercero, porque la falta de pozos de observación impide la interpretación cabal de las pruebas.

Debido a que la profundidad de los pozos es bastante menor que el espesor del acuífero y a que la anisotropía de éste no permite que su transmisividad total se manifieste en pruebas de bombeo de corta duración, esta propiedad puede tener valores aún mayores que los aportados por su interpretación, los cuales son representativos del conjunto de estratos captados por el cedazo de los pozos.

No obstante lo anterior, para fines de evaluación y simulación regional del acuífero, los valores de la transmisividad y del caudal específico deducidos de las pruebas de bombeo, se considera representativo del espesor probado.

5.3 Piezometría

Existe información piezométrica para los años 2004 y 2006. Para la descripción del comportamiento de los niveles del agua subterránea, únicamente nos referiremos a las configuraciones del 2006.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

Los valores de profundidad a los niveles del agua subterránea varían en el acuífero de 2 a 10 m, influenciados por la topografía del terreno, los valores más bajos hacia el valle y los más altos hacia los piedemonte (figura 5).

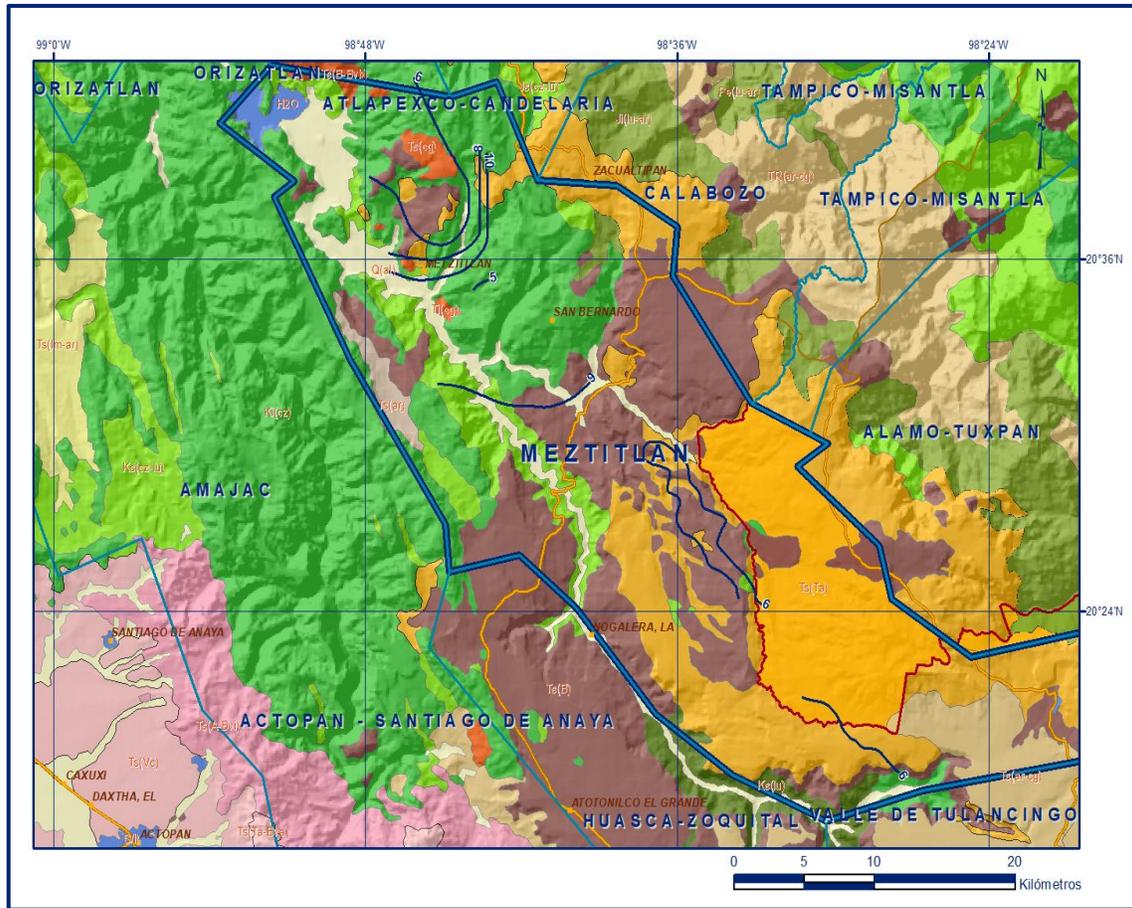


Figura 5. Profundidad al nivel estático en m (2006)

Hacia la tercera zona del distrito de riego, se aprecian profundidades mínimas de 5 metros, hacia la comunidad de Macuila y de 9 a 10 m en las inmediaciones de la comunidad de Atzolcintlán.

Hacia la comunidad de Tlamaxa se registran valores de alrededor de los 2 m que hacen evidente la existencia de un parteaguas, ya que los niveles descienden tanto al noroeste como al sureste; físicamente definido por la presencia del Cerro Partido, ubicado entre la tercera y segunda zonas del distrito de riego, el cual presenta altitudes máximas de 1,660 msnm comparados con los 1,260 msnm de altitud promedio del valle.

Por otra parte, en las inmediaciones de la cabecera municipal de Meztitlán se observan profundidades máximas de 10.5 m, descendiendo gradualmente hacia el suroeste hasta los 4 m

5.4.3 Evolución del nivel estático

Con los datos de piezometría proporcionados por la CONAGUA para el 2004 y los recabados durante el estudio realizado en el 2006, fue posible elaborar la configuración de evolución del nivel estático para el periodo 2004-2006.

Los resultados obtenidos muestran valores contrastantes de evolución en zonas separadas por distancias muy cortas; por un lado se observan abatimientos del orden de los 2 m y recuperaciones de hasta 6 m. Si consideramos que los usuarios señalan que los niveles no han variado significativamente a lo largo del tiempo, estas condiciones que no representan el funcionamiento regional del acuífero (figura 7

No obstante lo anterior, las variaciones locales de los niveles del agua subterránea pueden explicarse debido a que las lecturas corresponden a diferentes temporadas del año. En el 2004 se realizaron en el estiaje (diciembre) cuando los aprovechamientos se encuentran operando y pueden estar alteradas por los niveles dinámicos y las lecturas de 2006 se obtuvieron al final de la temporada de lluvias.

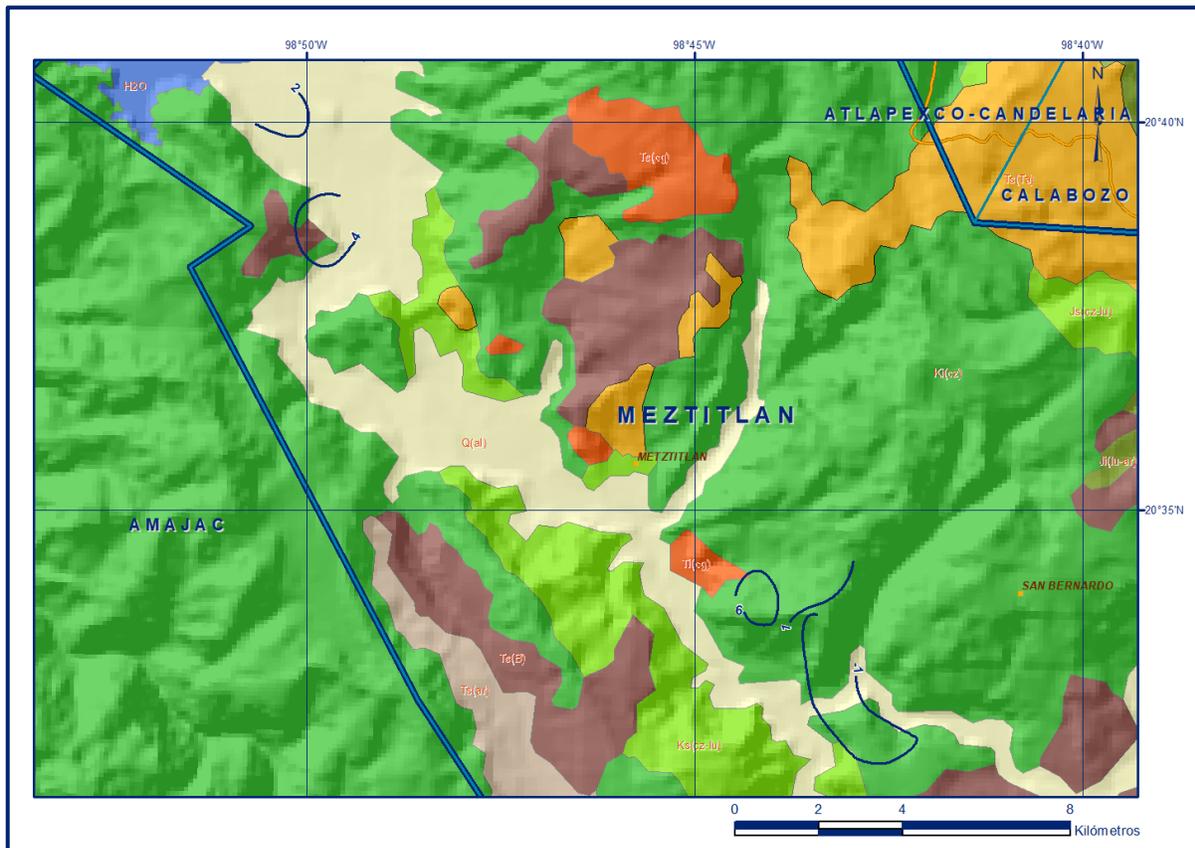


Figura 7. Evolución del nivel estático en m (2004-2006)

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

La salinidad del agua es un índice representativo de la calidad del agua y se suele expresar en términos de su contenido de sólidos totales disueltos (STD). En la zona de Mezquitlán, la concentración de STD en el agua subterránea varía entre 400 y 650 ppm para la mayor parte del acuífero, presentando un incremento de sureste a noroeste, en la preferencial dirección del flujo subterráneo, y de los piedemonte hacia el valle.

Hacia la porción norte, en las inmediaciones del Cerro Partido, se registra un valor de 896 ppm. Las concentraciones de bicarbonatos varían de 200 a 600 ppm. Los valores más bajos (200-215 ppm) se registran en el poblado Jilotla y los valores más altos (550-600 ppm) se presentan en la zona aledaña al Cerro Partido, entre las localidades de Tetontitla y Atzoncintla.

En las cercanías de Mezquitlán se identificaron concentraciones de bicarbonatos del orden de 190 a 290 ppm, mostrando un incremento de la porción noroeste hacia el oeste, en dirección al valle. A partir de este punto hasta la localidad de Venados las concentraciones muestran valores uniformes del orden de 220 ppm, hasta llegar a la comunidad de La Paila donde se registró un valor de 377 ppm.

Con respecto a la concentración del magnesio, los valores oscilan entre 10 y 60 ppm, registrándose los valores más bajos (10-25 ppm) se observan hacia las comunidades de Macuila, San Cristóbal y Pie de la Cuesta, en las cercanías del Cerro Partido.

Los valores más altos se registran en la localidad de Hualula. En la zona que va de Mezquitlán a Tres Cruces se registran valores de 10 a 27 ppm, manifestándose una disminución en dirección de la corriente del río Mezquitlán.

La concentración de calcio muestra valores mínimos que se registran en las inmediaciones de la Laguna de Mezquitlán, específicamente en la comunidad Hualula en el extremo norte del valle, mientras que los valores más altos se presentan en Tetontitla, al pie del Cerro Partido.

Hacia la parte central del valle, en la proximidad de la comunidad de Mezquitlán hasta el Salitre, se identificaron concentraciones del orden de 100 a 140 ppm, mostrando una disminución de este elemento del noroeste hacia el sureste.

De manera general se puede observar que la calidad del agua en la zona de Mezquitlán es buena mostrando una mejoría al acercarse a la laguna de Mezquitlán, donde de acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos, las concentraciones de los elementos son más bajas, probablemente debido al efecto de la recarga con agua superficial de los escurrimientos que en ella confluyen. Por otra parte, se puede observar que en las inmediaciones de Mezquitlán los valores muestran una disminución en sentido contrario a la dirección del río.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

De acuerdo con el censo de aprovechamientos realizado en el 2006, se identificaron un total de 36 captaciones de agua subterránea; de las cuales 30 son y las 6 restantes norias. De este total, sólo 2 se encuentran inactivas.

De acuerdo a la clasificación por uso de los aprovechamientos, 17 de ellos se destina a la agricultura en el distrito de riego No.8 Mezquitlán, 17 más para satisfacer las necesidades del uso público-urbano y los 2 restantes para uso doméstico-abrevadero.

Se estima que a través del total de obras se extraen del subsuelo del valle unos 6.8 hm³/año, con la siguiente distribución por usos: 61% (4.15 hm³), del volumen total es destinado a las zonas de riego, el 38% (2.55 hm³), pertenece al uso público-urbano y el 1% restante (0.1 hm³) corresponde al uso doméstico-abrevadero. Para la estimación de los volúmenes de extracción para uso agrícola, se tomó en cuenta la superficie de cultivo, lámina de riego, tiempo de operación, caudal, diámetro de la descarga, etc.

7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, publicada el 17 de abril de 2002, la recarga total que recibe un acuífero en un intervalo de tiempo se determinara por medio del balance de aguas subterráneas, que en su forma más simple está representado por la siguiente expresión:

$$\begin{array}{l} \text{Recarga Total} \\ \text{(Suma de Entradas)} \end{array} = \text{Cambio de almacenamiento} + \begin{array}{l} \text{Descarga total} \\ \text{(Suma de Salidas)} \end{array}$$

Con base en lo anterior y tomando en cuenta el principio de conservación de la masa, de acuerdo con la Ley de Darcy se establece lo siguiente:

Recarga total – Descarga total = Cambio de almacenamiento..... (7.1)

Considerando que no existe registro histórico anterior al 2004 que los abatimientos registrados en el periodo 2004-2006 son puntuales y corresponden a norias, y que los niveles del agua subterránea no han mostrado variaciones importantes en el resto del acuífero, se asume que el cambio de almacenamiento es nulo. De esta manera la ecuación de balance se reduce a:

$$\text{RECARGA} = \text{DESCARGA}..... (7.2)$$

7.1 Descarga

Tomando en cuenta los parámetros generales que conforman las descargas de un acuífero, se tienen las componentes siguientes:

- Bombeo de captaciones (B)
- Evapotranspiración (Evt)
- Manantiales (M)
- Descargas Naturales (Dn)

7.1.1 Bombeo

En el apartado de censo y piezometría se mencionó que el bombeo asciende a 6.8 hm³ anuales

7.1.2 Evapotranspiración

La evapotranspiración tiene dos componentes: la evaporación directa del agua subterránea y la transpiración de las plantas que toman agua del subsuelo. La primera tiene lugar donde aflora la superficie freática así como en las áreas adyacentes a ésta, donde se presentan niveles freáticos someros.

En el subsuelo, el agua puede ascender, a partir del nivel freático, hasta una altura (“la altura capilar”) cuyo valor depende del tamaño de los poros o fisuras; en los materiales granulares esa altura es inversamente proporcional al tamaño de los granos, variando entre unos cuantos decímetros en las gravas, y cerca de tres metros en los materiales limo-arcillosos. Este mecanismo de descarga se presenta en la zona donde los niveles freáticos están a profundidades no mayores a 10 m.

A este respecto y de acuerdo con la Norma Oficial NOM-011-CNA-2000, la descarga de agua subterránea por evapotranspiración, dada la dificultad de su cálculo, no se estimará por separado y su valor quedará implícito en el resultado del balance. Con base en lo anterior se consideró el valor de evapotranspiración como cero, lo que se traducirá en una estimación conservadora de la recarga.

No obstante, durante el desarrollo del cálculo hidrometeorológico se estimó un volumen de evaporación potencial directa de 21.7 hm³ anuales en un área aproximada de 12.0 km² de cuerpos de agua superficial.

7.2 Consideraciones Hidrometeorológicas

Debido a que existe poco apoyo piezométrico para trazar la configuración de elevación del nivel estático, la evaluación de entradas y salidas subterráneas en zonas muy aisladas no representan el total.

Por otra parte, al no existir cambio de almacenamiento las entradas son iguales a las salidas; es por ello que se optó por estimar las salidas como valor mínimo de la recarga que recibe el acuífero.

Se procedió a evaluar el valor de las descargas del flujo base en estiaje mediante las siguientes consideraciones. Partiendo de la igualdad de la ecuación (7.2) y considerando que del agua que se precipita como resultado de una o varias tormentas, parte de ella se infiltra hasta alcanzar la superficie freática del acuífero subyacente y otra fracción aflora en una corriente superficial como gasto base.

De aquí se puede estimar que, en términos generales, este gasto es aportado por el acuífero durante la época de estiaje al escurrimiento superficial que alimenta dicha corriente. Técnicamente la determinación de su magnitud puede servir de fundamento para la definición del potencial del acuífero, conocida la variación de los gastos con respecto a un periodo de tiempo en un río.

Esto es, si se dispone de varias estaciones hidrométricas, el método mencionado se aplicará a los tramos comprendidos entre ellas, para conocer la distribución de esta descarga a lo largo del cauce. A pesar de la imprecisión propia de este tipo de balances, el resultado anterior muestra el valor mínimo probable de la recarga al acuífero.

A este respecto, en la zona de Mezquitlán se tienen las estaciones hidrométricas Venados y Almolón. La primera de ellas se encuentra situada a la altura del kilómetro 63+250 de la carretera interestatal Pachuca-Huejutla, aforándose en el puente de Venados sobre el río Mezquitlán, a 38 kilómetros al norte de Pachuca, en el municipio de Mezquitlán. El área de influencia de esta estación es de 1,951 km².

La estación Almolón, se localiza sobre el río del mismo nombre a 6.5 kilómetros aguas abajo del campamento "El Tajo" que depende de la antigua SRH, en la parte norte de la laguna de Mezquitlán, a 4 kilómetros aguas arriba de la confluencia del río Almolón con el río Amajac y a 70 kilómetros al noreste de Pachuca, Hidalgo en el municipio de Eloxochitlán. Se estima que el área de influencia de esta estación es de 2,876 km².

Con el objetivo de conocer el comportamiento de estas dos corrientes, se realizaron los hidrogramas de las dos estaciones, tomando los valores de los caudales mínimos registrados durante el año.

En el caso de la estación Venados se analizaron los periodos 1950-2002, mientras que para la estación Almolón solo existen valores hasta el año 1985; información que se analizó con base en el Sistema de Información de Aguas Superficiales desarrollado por el IMTA, como Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS).

Para la estación Venados se consideraron los valores de gastos medios promedio correspondientes a los meses de estiaje (Abril, Mayo y Junio), como valores mínimos probables de aporte del acuífero hacia las corrientes superficiales; éstos son los meses con los valores más bajos, como se puede observar en la figura 8.

El valor promedio obtenido de estos tres meses, fue proyectado a un periodo de un año. Dicho valor se considera como el volumen mínimo probable que aporta el acuífero a las corrientes superficiales, en forma de caudal base.

Con base en lo anterior, se establece que en la estación hidrométrica Venados periodo 1950-2002, se tiene un ingreso hacia la zona de la Vega del Río Mezquitlán un volumen total de 36.7 millones de m³/anuales.

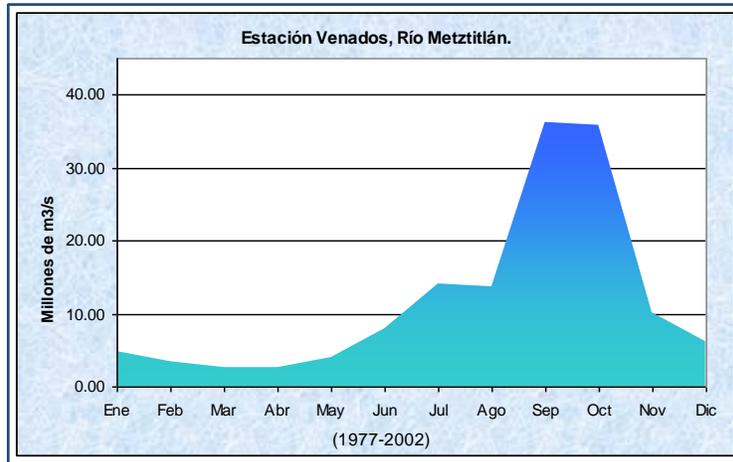


Figura 8. Hidrógrafo de la estación Venados.

Por otra parte, siguiendo la trayectoria del río, se observa que el acuífero Mezquitlán presenta una salida natural a través de la Laguna de Mezquitlán, la cual fue cuantificada en la estación Hidrométrica Almolón, de acuerdo con la figura 9.

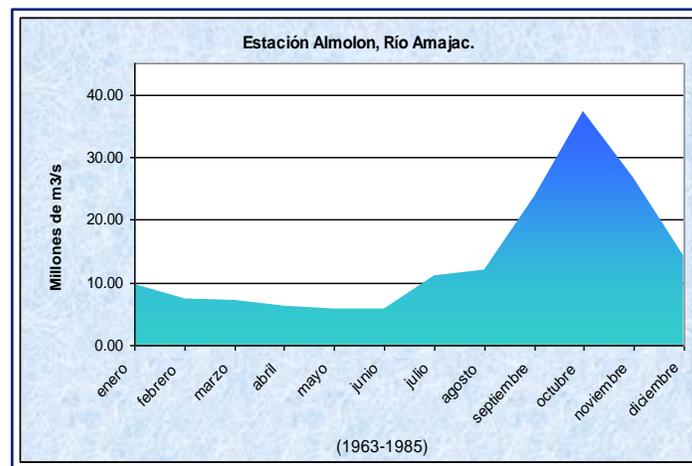


Figura 9. Hidrógrafo de la estación Almolón

Para la estación Almolón se procedió de acuerdo con la misma metodología que en la estación Venados; es decir, se consideraron los valores de gastos medios promedio correspondientes a los meses de estiaje (Abril, Mayo y Junio) como valores mínimos probables de aporte del acuífero hacia las corrientes superficiales, figura 9. De esta relación se obtuvo un volumen de salida estimado del orden 70.7 millones m^3/s .

Considerando los datos obtenidos en las estaciones hidrométricas se tiene que en la estación Venados se aporta un caudal de 36.7 millones de $m^3/$ anuales.

Por otra parte, escapan del acuífero a través de la Laguna de Mezquitlán 70.7 millones m^3 /anuales; adicionalmente se tiene una salida a través de la evaporación directa sobre la superficie de la Laguna de Mezquitlán estimada en 21.7 Mm^3 /año, la suma de estas dos salidas genera un volumen total de 92.4 Mm^3 /año. La diferencia de estos valores es de 55.7 Mm^3 /año. Figura 10.



Figura 10. Localización de estaciones hidrométricas

7.3 Recarga

Sustituyendo los valores en la ecuación de balance, la recarga de agua subterránea resulta:

$$R = D + B$$

Donde:

R = Recarga total.

D = Descargas naturales.

B = Bombeo en intervalo de tiempo.

Sustituyendo:

$$R = (\text{Descarga Natural} + \text{Evaporación directa}) + \text{Bombeo}$$

$$R = (34.0 + 21.7) + 6.8$$

$$R = 62.5 \text{ hm}^3$$

Que corresponde a la recarga media anual que recibe el acuífero.

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:

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

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 **62.5 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.

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 y sostener el gasto ecológico.

Para el caso de Mezquitlán, el valor calculado es de **39.3 hm³/año**, que corresponde al volumen concesionado como agua superficial para abastecimiento de agua a las comunidades.

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 **13,743,991 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 **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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= \text{R} - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 62.5 - 39.3 - 13.743991 \\ \text{DMA} &= 9.456009 \text{ hm}^3/\text{año}. \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **9,456,009 m³ anuales**.

9 BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua, 1994. Manual para Evaluar Recursos Hidráulicos Subterráneos