CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Apatzingán (1620), estado de Michoacán

Ciudad de México, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES 2
Antecedentes 2
1.1 Localización 2
1.2 Situación administrativa del acuífero 5
2. ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD 5
3. FISIOGRAFÍA 6
3.1 Provincia fisiográfica 6
3.2 Clima 6
3.3 Hidrografía 6
3.4 Geomorfología 7
4. GEOLOGÍA 7
4.1 Estratigrafía 8
4.2 Geología estructural 9
4.3 Geología del subsuelo 9
5. HIDROGEOLOGIA 11
5.1 Tipo de acuífero 11
5.2 Parámetros hidráulicos 11
5.3 Piezometría 12
5.4 Comportamiento hidráulico 14
5.4.1 Profundidad al nivel estático 14
5.4.2 Elevación del nivel estático 14
5.4.3 Evolución del nivel estático 14
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea 14
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS SUBTERRANEOS 14
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS 15
7.1 Entradas 15
7.1.1 Recarga natural 15
7.1.2 Recarga inducida 15
7.2 Salidas 16
7.2.1 Descargas naturales 16
7.2.2 Descarga por bombeo 16
7.2.3 Flujo Subterráneo, (Sfs) 16
7.3 Cambio de almacenamiento 16
8. DISPONIBILIDAD 17
8.1 Recarga total media anual (R) 18
8.2 Descarga natural comprometida (DNC) 18
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) 18
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA) 18

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 Apatzingán, definido con la clave 1620 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción suroeste del estado de Michoacán, cubriendo una superficie aproximada de 5,656 km^2. Limita al norte con el acuífero Cotija, al noreste con Uruapan, al este con Nueva Italia, al sureste con Lázaro Cárdenas y al suroeste con Ostula, pertenecientes al estado de Michoacán; al suroeste con Barreras y al noroeste con Colomos, pertenecientes al estado de Jalisco (figura 1).

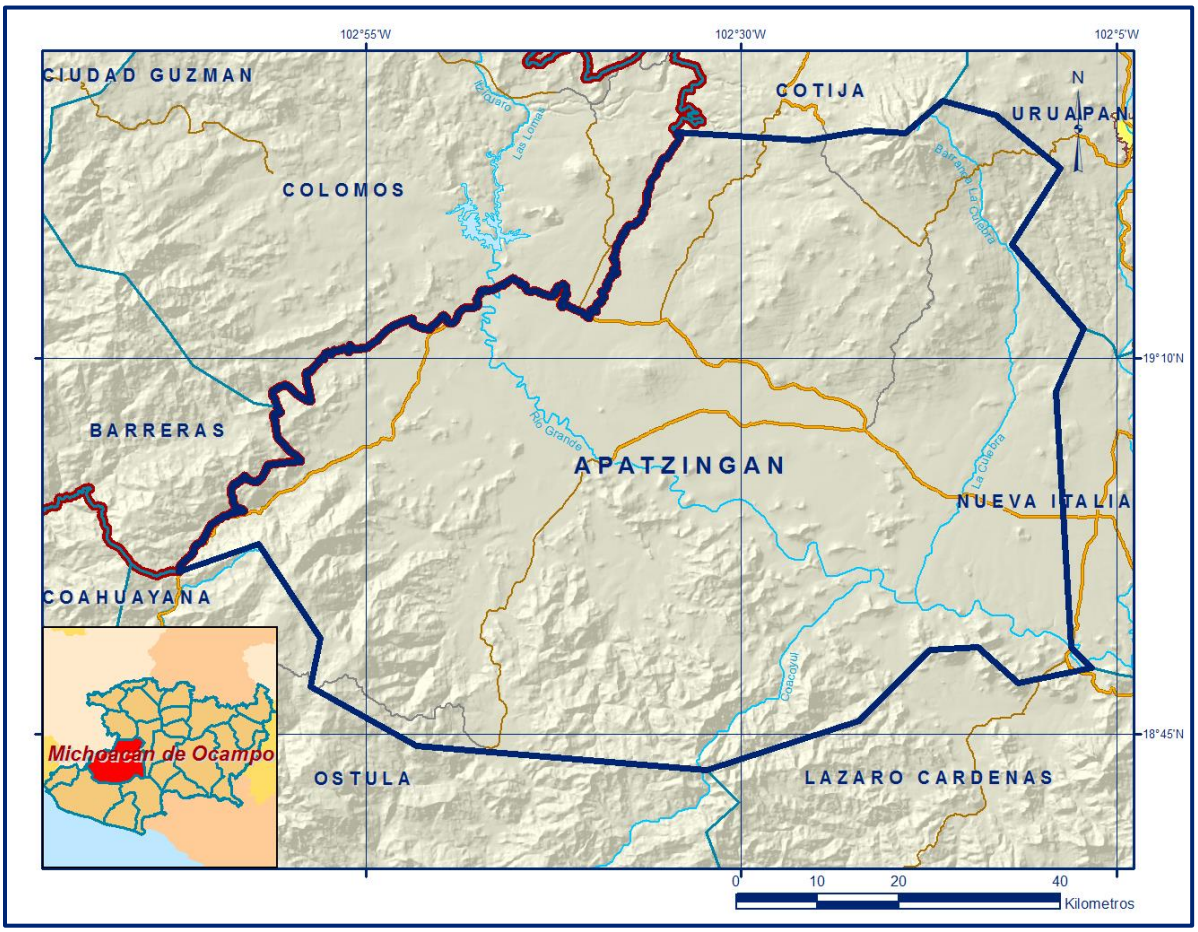

Figura 1. Localización del acuífero

La zona de estudio se localiza entre la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, en la parte suroeste del estado de Michoacán. La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1. El área de este acuífero está conformada por territorio perteneciente a los municipios de: Apatzingan, Aguililla, Buenavista, Coalcoman, Parácuaro, Periban, Tancitaro y Tepalcatepec (tabla 2).

Tabla 1. Coordenadas geográficas del acuífero Apatzingan, Michoacán

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	34	20.4	19	25	4.5	
2	102	25	33.7	19	24	29.8	
3	102	21	45.3	19	25	10.3	
4	102	19	7.4	19	25	1.3	
5	102	16	34.7	19	27	9.5	
6	102	13	4.6	19	26	11.7	
7	102	8	47.8	19	22	40.4	
8	102	12	1.3	19	17	35.4	
9	102	7	12.8	19	11	57.1	
10	102	9	3.5	19	7	48.3	
11	102	8	4.2	18	50	45.0	
12	102	6	42.2	18	49	23.8	
13	102	11	36.2	18	48	24.4	
14	102	14	14.9	18	50	47.8	
15	102	17	25.0	18	50	37.2	
16	102	22	8.0	18	45	54.4	
17	102	32	18.0	18	42	35.2	
18	102	51	37.7	18	44	13.3	
19	102	58	43.3	18	48	10.8	
20	102	58	4.5	18	51	23.8	
21	103	2	8.4	18	57	38.0	
22	103	7	27.4	18	55	47.5	DEL 22 AL 23 POR EL LIMITE ESTATAL
23	103	0	57.5	19	6	46.3	DEL 23 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	102	34	20.4	19	25	4.5	

Tabla 2. Participación municipal en el acuífero Apatzingan

CLAVE	MUNICIPIO	% DE PARTICIPACION
002	AGULILLA	60
006	APATZINGAN	80
012	BUENAVISTA	100
015	COALCOMAN	5
064	PARACUARO	15
068	PERIBAN	5
083	TANCITARO	60
089	TEPALCATEPEC	100

Los principales centros de población localizados en la zona son: Apatzingan,

Tepalcatepec, Parácuaro, Tancitaro y Periban. Apatzingán de la Constitución cuenta con 89,834 habitantes. Tepalcatepec cuenta con una población de 14, 962 habitantes. Paracuaro cuenta con una población de 3,582 habitantes. Tancitaro cuenta con una población de 4,439 habitantes. Periban de Ramos cuenta con una población de 10,935 habitantes.

1.2 Situación administrativa del acuífero

El 27 de junio de 1975 se publicó en el Diario Oficial, el decreto que establece veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en la zona denominada Bajo Balsas, además, el 20 de octubre de 1987 por decreto se declara de interés público, la conservación de los mantos acuíferos y el aprovechamiento de las aguas del subsuelo para todos los municipios del estado de Michoacán que no fueron considerados en los decretos anteriormente publicados.

Ambos decretos establecen vedas que, de acuerdo a sus características, permiten extracciones limitadas para usos doméstico, industrial, de riego y otros, por lo cual se clasifican como vedas de control.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3. Dentro de la zona de estudio los usuarios del agua subterránea no están organizados bajo ninguna figura asociativa. Dentro de la zona de estudio se encuentran los cuatro módulos que conforman el distrito de riego 097 “General Lázaro Cárdenas “

Los principales usuarios del agua subterránea en este acuífero son los productores agrícolas del valle de Apatzingán, en segundo término, se encuentran los Organismos Operadores y Comités de Agua Potable, el tercer lugar lo ocupa el uso de servicios y otros.

2. ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Del Estudio Geohidrológico Cuantitativo de la Zona de Riego del Río Tepalcatepec, Mich., elaborado por la Empresa Geoexploraciones y Construcciones, S.A., según Contrato GZA-82-72-EG, en 1982 se concluye lo siguiente:

Existe una sobreexplotación en la parte sureste de Apatzingán, debido a la concentración de pozos existentes en esa área.
Existen zonas donde la explotación de agua subterránea es mínima.

Las riolitas, tobas riolíticas, andesíticas, andesitas y los intrusivos y graníticos funcionan como barrera impermeable al flujo subterráneo, pero superficialmente presentan fracturamientos que aportan cierta recarga al valle.

El río Grande o Tepalcatepec funciona como nivel base del acuífero en la región. Los niveles estáticos hacia el sur se presentan más profundos debido a la morfología de la zona. El valle tiene entradas por flujo subterráneo horizontal del orden de 55 hm^3/año.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

El área de estudio queda comprendida dentro de la provincia fisiográfica del eje Neovolcánico. Esta zona se caracteriza por ser netamente volcánica, ya que se elevan los cerros y lomeríos sobre los valles rellenos de cenizas y conglomerados, cuya altitud varia de 200 a 1500 msnm.

El tipo de drenaje es dendrítico y paralelo, con corrientes de tipo intermitente que fluyen de las partes altas hacia el valle para depositar sus aguas en los ríos importantes de corriente permanente como son: el Tepalcatepec o Grande, el Marqués, Cancita y el Tesorero.

3.2 Clima

El clima que impera en la región es del tipo seco, según la clasificación de Koppen corresponde a un Bs, (h) (w) (w) semiseco semicálido y por lo que corresponde a la ribera del río Tepalcatepec, presenta un clima seco muy cálido (Bso (h) (w) (w)), hacia el norte y sur, o sea, en la parte montañosa corresponden climas cálidos (Acc (w) (w)) semi-húmedo y (Aw (w)) cálidos sub-húmedos con lluvias en verano.

La temperatura media anual es del orden de 27° C, y sus extremas es mayor a 40° C, presentándose durante los meses de mayo y junio. La precipitación media anual registrada en la región es del orden de 800 mm, ocurriendo su mayor incidencia en los meses de junio, julio y agosto. La evaporación media anual es del orden de 180 mm, presentándose los valores máximos durante los meses de marzo, abril y mayo.

3.3 Hidrografía

El acuífero Apatzingán se encuentra dentro de la Región Hidrológica Balsas, dentro de la cuenca Río Tepalcatepec y dentr de la subcuenca Río Apatzingán, Río

Tepalcatepec y Arroyo Tepalcatepec.

En la zona de estudio se localizan las presas derivadoras Piedras Blancas, El Llano, Las Burras, y las presas de almacenamiento Chilatan y Los Olivos.

Existen dos ríos principales: el río Tepalcatepec o Grande y Márquez; el primero corre de oeste al este y el segundo de norte a sur; descargando ambos sus aguas en la presa Infiernillo.

3.4 Geomorfología

El área en estudio se localiza dentro de los límites de las provincias fisiográficas denominadas Eje Neovolcánico Transmexicano y la Sierra Madre del Sur, prácticamente localizada entre la transición de estas dos provincias denominando a esta región como la depresión de las balsas formada por una distensión cortical terrestre que ocasionó un gran vacío dentro de las dos serranías, la edad aproximada de estos depósitos aluviales es del Reciente.

4. GEOLOGÍA

La geología general que aflora en la zona que comprende el acuífero está constituida por rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas y depósitos aluviales, cuya distribución geográfica se muestra en la figura 2.

Las rocas predominantes en la zona de estudio son los depósitos fluviales procedentes de la porción suroccidental de la Meseta Tarasca, por lo tanto estos cantos rodados tienen poco arredondamiento dado que la distancia de transporte es pequeña, encontrando fragmentos angulosos y subangulosos; su edad es realmente corta, datan del reciente teniendo como característica principal una porosidad y permeabilidad elevada y una baja compactación interna; estos depósitos descansan sobre un manto rocoso de origen volcánico.

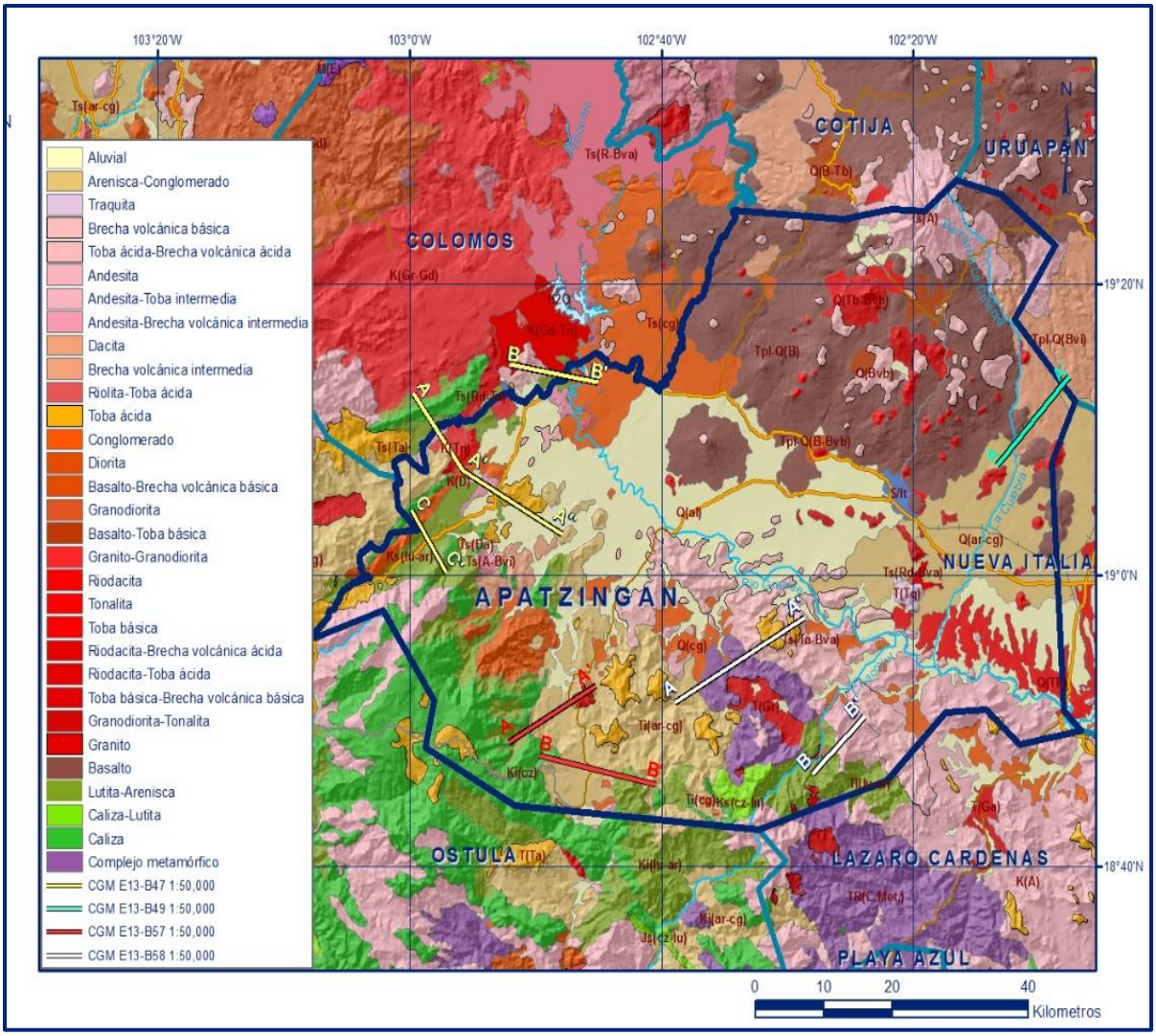

Figura 2. Geología general del acuífero

4.1 Estratigrafía

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

MEZOZOICO

Rocas Ígneas Intrusivas

Estas rocas afloran al este de Nueva Italia y Gabriel Zamora y consiste en un batolito que aflora en diferentes partes de Michoacán constituidos por: granitos, granodioritas, cuarzodioritas y cuarzo monzonitas.

TERCIARIO

Rocas Extrusivas y Efusivas

Estas rocas afloran en toda la región en estudio, aparecen en dos periodos, la primera de ellas de edad preterciaria y están constituidas en su gran mayoría por andesitas

CUATERNARIO

Conglomerados

Afloran en diferentes partes del área estudio, constituidas por fragmentos de rocas volcánicas, se encuentran aflorando en el valle, depósitos residuales y aluviones constituidos por: aglomerados, gravas, arenas y arcillas.

4.2 Geología estructural

Se encuentra afectada la región por un gran intrusivo granodioritico que intrusión a las rocas volcánicas que se depositaron, estas intrusiones provocaron fallas y fracturas, las cuales fueron provocadas por esfuerzos tensionales debido al enfriamiento del intrusivo.

Los derrames lávicos formaron las cadenas montañosas en los valles que originalmente habían sido cuencas lacustres profundas se ha ido depositando material fluvial y lacustre derivado de las montañas y enormes cantidades de cenizas volcánicas de los volcanes más recientes.

4.3 Geología del subsuelo

Pozo: Ej. Emiliano Zapata Coordenadas: 19° 13´ 00" L.N. y 102° 35´ 30" L.W.		**Pozo: El Jabalí Coordenadas: 19° 08´ 55" L.N. y 102° 12´30" L.W.**		**Pozo: La Pandura Coordenadas: 19° 09´05" L.N. y 102° 13´40" L.W.**	
Prof. (m) DE - A	**DESCRIPCIÓN**	**Prof. (m) DE - A**	**DESCRIPCION**	**Prof. (m) DE – A**	**DESCRIPCION**
0-38	boleos grandes empacados con arcilla.	0-4	suelo residual de color negro con presencia de arenas y gravas.	0-2	suelos.
38-46	horizonte arcilloso con intercalaciones de	4-88	arenas y gravas de origen aluvial, ligeramente	2-40	conglomerados.

	boleos y limos.		compactas.		
46-78	bloques de roca basáltica y de cantos rodados.	88-94	gravas gruesas de origen aluvial.	40-60	grava y arena.
78-92	arcillas y limos.	94-128	arenas y gravas de origen aluvial.	60-70	conglomerado.
92-106	bloques de roca basalto-andesítica.	128-136	boleos de origen aluvial.	70-80	boleos.
106-204	horizontes clásticos, arenas y arcillas.	136-200	arenas y gravas fluviales con poca compactación.	80-90	arcillas con arenas.
204-220	boleos basalto-andesíticos, empacados en arcilla.			90-110	grava arena
				110-120	boleos.
				120-130	conglomerado.
				130-150	basalto rojo.

Pozo: chivas puco Coordenadas: 19° 12´ 50” L.N. y 102° 35´ 00” L.W.	
Prof. (m) de – a	descripción
0-10	arena fina con arcilla.
10-84	boleos de granulometría heterogénea con gravas y arenas.
84-134	. arenas y gravas poco consolidados y granulometría heterogénea.
134-165	arena aluvial fina.

165-200	arenas y gravas de origen aluvial arena aluvial.

5. HIDROGEOLOGIA

5.1 Tipo de acuífero

El intrusivo granítico de la región se considera de una porosidad y permeabilidad nula que funciona como una barrera impermeable al flujo subterráneo aflorando al este y sur del área, se desconoce a la profundidad que se encuentra en el valle, superficialmente presenta recarga al valle por medio de los fracturamientos que muestra.

Las rocas volcánicas aflorantes en toda la región algunas se consideran de baja permeabilidad como son: tobas riolíticas y andesíticas, andesíticas, andesitas y riolitas, que presentan fracturamientos por donde se infiltra el agua, pudiendo aportar cierta recarga al valle pero en muy mínima proporción, no impidiendo el paso del flujo subterráneo, y funcionan como barrera impermeable las rocas volcánicas como son: basaltos, tobas, cenizas volcánicas y conglomerados, los cuales presentan porosidad y permeabilidad secundaria.

Debido a las precipitaciones que se presentan en el valle y al norte de la zona, el agua se infiltra y llega a fluir y brotar en esta región de interés por medio de algunos manantiales.

En la región se presentan depósitos de piedemonte, constituido por: aglomerados, gravas y arenas, por la permeabilidad de sus materiales y por su posición topográfica funcionan como zonas de recarga del acuífero del valle. Los abanicos fluviales y depósitos del valle constituidos por: aglomerados, gravas, arenas y arcillas, presentan porosidad y permeabilidad alta, funcionando como almacenamientos de un acuífero de tipo libre.

5.2 Parámetros hidráulicos

Para conocer la transmisividad del acuífero se efectuaron 13 pruebas de bombeo de corta duración en pozos particulares, con la finalidad de conocer la capacidad que tiene el acuífero para almacenar y transmitir el agua. Para determinar la transmisividad del acuífero se recurrió a la interpretación de pruebas de bombeo, valiéndose del método de Jacob.

N.° de Pozo	TRANSMISIVIDAD			Gasto LPS	Profundidad Total m	N.E. m	N.D. M	GASTO (Que)
	Abatimiento 10^{-3} m^2/día	Recuperación 10^{-3} m^2/día	Promedio 10^{-3} m^2/día					
11	7.34	5.46	**6.4**	95.4	120	29.48	46.32	5.67
27	3.09	3.51	**3.3**	77.7	120	29.50	45.30	4.9
33	2.77	2.2	**2.5**	60.6	82	14.96	39.51	2.47
37	5.20	5.13	**5.2**	67.35	75	17.81	33.47	4.32
47	8.92	S/D	**8.9**	107.3	150	34.6	45.12	10.2
49	8.14	7.37	**7.7**	55.6	70	22.95	30.39	9.4
58	S/D	2.48	**2.48**	57.8	60	17.59	38.55	2.76
59	8.72	22.0	**15.36**	48.1	70	45.03	51.07	7.96
74	2.78	6.22	**4.5**	40.8	90	16.47	25.37	4.6
94	7.32	5.56	**6.4**	82.0	100	41.56	50.92	8.76
110	17.61	16.72	**17.1**	91.4	70	18.85	27.19	10.96
117	7.59	6.0	**6.7**	101.6	80	18.86	32.05	7.7
138	3.72	4.89	**8.6**	29.9	54	37.68	44.21	4.58

Del análisis de los resultados obtenidos se puede concluir que la mayor parte del acuífero presenta transmisividades relativamente altas, indicando una gran permeabilidad.

Considerando que el acuífero se comporta de libre a semi-confinado en rocas ígneas fracturadas y en materiales granulares, respectivamente, por lo cual se le asigno un valor teórico del coeficiente de almacenamiento de 0.01.

5.3 Piezometría

N° DE	ELEVACION DE	PROFUNDIDAD AL	ELEVACIÓN DEL

POZO	BROCAL (msnm)	NIVEL ESTÁTICO (m)	NIVEL ESTÁTICO (msnm)
115	233.53	23.88	209.65
89	241.35	20.0	221.35
101	263.47	41.23	222.24
134	277.23	5.34	271.89
54	264.53	18.18	246.35
40	237.08	13.70	223.38
77	230.24	31.34	198.9
82	231.47	22.15	209.32
72	221.68	17.39	204.29
63	319.68	8.67	311.01
57	314.06	15.91	298.15
34	298.03	20.65	277.38
13	285.92	14.0	271.92
11	340.97	40.0	300.9
27	312.77	40.0	272.77
24	271.40	20.76	250.64
21	330.11	22.34	307.77
111	224.87	1.93	222.94
60	317.76	10.78	306.98
131	232.78	29.10 *	203.68
47	241.72	34.30	207.42
28	264.41	33.91	230.5
18	292.43	21.3	271.13
14	272.03	21.0	251.03
8	350.11	33.85	316.26
33	295.98	14.78	281.2
59	385.94	44.91	341.03
74	223.06	16.5	206.56
66	229.50	22.74	206.76
138	269.34	35.82	233.52
37	221.35	20.40	200.95
141	307.93	14.98	292.95
100	252.85	25.01	227.84
103	261.86	38.04	223.82
120	241.27	25.20 *	216.07
117	230.31	32.85 *	197.46

***Nivel dinámico.**

Los registros anteriormente relacionados corresponden a datos reportados en el informe del estudio cuantitativo de la zona de riego del río Tepalcatepec, Mich, elaborado por GEOEXPLORACIONES Y CONSTRUCCIONES S.A., registros que fueron tomados durante el mes de diciembre de 1982 (época de estiaje).

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

Del análisis de las profundidades al nivel estático que presentan los aprovechamientos subterráneos se observa que se tiene valores de 5 metros en porción central del valle a 45 metros en las zonas de mayor altitud.

5.4.2 Elevación del nivel estático

Analizando la elevación del nivel estático registrado por los aprovechamientos de la zona se puede deducir que el movimiento del agua subterránea ocurre de norte a sur, de las estribaciones de la sierra que forma la Meseta Tarasca hacia el río Tepalcatepec o Grande, que funciona como nivel base.

5.4.3 Evolución del nivel estático

Después del último recorrido piezométrico realizado durante el año de 1982, como parte de los trabajos desarrollados por el estudio cuantitativo de la zona de riego del río Tepalcatepec, Mich, realizado por Geoexploraciones y Construcciones, S. A., esta zona no ha sido estudiada, por lo que la información es escasa y solo se puede contar con algunos datos de campo, mismos que resultan insuficientes para establecer de manera precisa la evolución piezométrica.

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

En base a los diagramas triangulares para la interpretación de análisis químicos de agua (según A. M. Piper 1953), se pudo observar que en general el tipo de aguas resultaron mixtas bicarbonatadas, con algunas excepciones locales que resultaron sódico-bicarbonatadas.

De los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos del área en estudio y de las normas adoptadas en una gran mayoría de países, se deduce que el agua subterránea es en general de calidad aceptable, tanto para uso doméstico como industrial y ganadero.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS SUBTERRANEOS

Según el historial administrativo de la subgerencia de Ingeniería, se estima que existen aproximadamente 899 aprovechamientos subterráneos distribuidos de la siguiente forma:

USO	N° DE APROV.	%	VOL.EXTRAIDO (Mm^3)
AGRICOLA Y PECUARIO	756	94.5	217.115
PUBLICO URBANO	85	3.1	7.122
SERVICIOS Y OTROS	19	1.9	4.365
INDUSTRIAL	39	.5	1.149
TOTAL	899	100	229.751

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS

7.1 Entradas

7.1.1 Recarga natural

Estas entradas están representadas en parte por el Flujo Subterráneo Horizontal (Rfhz) proveniente de la infiltración de los volúmenes de agua que descienden de las zonas montañosas de la Meseta Tarasca que rodea los valles, la aportación media al río Tepalcatepec entre la estación piedras blancas y la de los Panches, producto del drenaje del acuífero se estimó que su magnitud promedio es del orden de 170 hm^3/año (6.5 m^3/s).

En cuanto a la recarga vertical que recibe el acuífero (Rv), en este estudio se considera como incógnita por ser el parámetro más inconsistente en su determinación, siendo necesario considerar para su determinación, la producción anual que tienen los manantiales originados por la infiltración que ocurre al norte de la zona, específicamente en la Meseta Tarasca. Por lo tanto: (Rv = rv+94.608), siendo 94.608 hm^3. El volumen que representa la recarga mínima que reciben las formaciones basálticas que circundan el valle.

7.1.2 Recarga inducida

Los acuíferos reciben una importante alimentación inducida por el desarrollo agrícola, originada por las pérdidas en los canales de riego no revestidos y por la infiltración de excedentes de riego, para lo cual se consideró que un porcentaje de retorno de acuerdo al tipo de material en las zonas de riego es del 4%, el volumen anual utilizado para riego es 200.0 hm^3, proveniente de fuentes subterráneas, superficiales así como de los manantiales que existen en la zona, la superficie aproximada es de 48,000 has., por lo que el volumen de retorno por excedentes de riego se estima tiene una magnitud de: Rrr = 200 x 0.04 = 8.0 hm^3

7.2 Salidas

7.2.1 Descargas naturales

Como salidas del acuífero se consideraron las descargas por manantiales, que en conjunto producen un gasto de 3 m^3/s, lo cual representa un volumen anual producido del orden de 94.7 hm^3. La situación piezométrica actual nos indica que el flujo subterráneo en exceso es drenado por el río Tepalcatepec que constituye el nivel base del embalse subterráneo, la magnitud promedio de esta descarga es del orden de 170 hm^3.

7.2.2 Descarga por bombeo

Con fundamento en el historial administrativo de la Subgerencia de Ingeniería, se establece que la extracción total que ha sido solicitada durante los últimos 10 años para 899 aprovechamientos subterráneos es del orden de 229.749 hm^3/año.

7.2.3 Flujo Subterráneo, (Sfs)

La situación piezométrica actual nos indica que el flujo subterráneo en exceso es drenado por el río Tepalcatepec que constituye el nivel base del embalse subterráneo, la magnitud de esta descarga es del orden de 170 hm^3.

7.3 Cambio de almacenamiento

Después de analizar, integrar, interpretar y correlacionar los resultados obtenidos en los estudios geofísicos y geohidrológicos se llegó a la conclusión de que existe una sobre explotación en la parte sureste de la ciudad de Apatzingán, debida a la concentración de pozos existentes en esa área, de tal forma que se puede clasificar como una sobrexplotación localizada.

El resto del área no manifiesta descenso en los niveles piezométricos, reafirmando lo anteriormente señalado con relación a que el río Tepalcatepec constituye el nivel base del embalse subterráneo, el cual continúa drenando el exceso del flujo subterráneo del acuífero.

Ecuación de balance

RECARGA TOTAL (SUMA DE ENTRADAS)	**=**	**CAMBIO DE ALMACENAMIENTO DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA**	**+**	**DESCARGA TOTAL (SUMA DE SALIDAS)**

ENTRADAS:
rv = Rv+94.608
Rr r = 8.0 hm^3/año
Rfhz = 170.0 hm^3/año

SALIDAS:
Sm = 94.608 hm^3/año.
Sb = 229.749 hm^3/año.
Sfs = 170 hm^3/año.

Rv + 94.608 + 8.0 + 170.0 = 0 + (94.608 + 229.749 +170.0)
Rv +94.608 + 8.0 + 170.0 = 494.357

DESPEJANDO Rv Y HACIENDO OPERACIONES TENEMOS QUE:
Rv = 221.749 hm^3/año.

8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015,

Conservación del recurso agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales; en su fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA DEL SUBSUELO EN UN ACUÍFERO	=	RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL	-	DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA	-	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 **494.4 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 el acuífero Apatzingán la descarga natural comprometida es de **94.7 hm³/año.**

8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

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

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

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **319,657,102 m³ anuales,** que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022.**

8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

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

natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

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

DMA = R – DNC – VEAS
DMA = 494.4 – 94.7 – 319.657102
DMA = 80.042898 hm^3/año.

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **80,042,898 m^3 anuales.**