

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL ACUÍFERO URUAPAN (1614), ESTADO DE MICHOACÁN

Contenido

1.	GENERALIDADES	2
	Antecedentes	2
1	.1 Localización	2
1	.2 Situación administrativa del acuífero	5
2.	ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	6
3.	FISIOGRAFIA	8
3	3.1 Provincia fisiográfica	8
3	3.2 Clima	9
3	3.3 Hidrografía	9
3	3.4 Geomorfología	9
4.	GEOLOGIA	10
4	4.1 Estratigrafía	11
2	4.2 Geología estructural	13
4	4.3 Geología del subsuelo	14
5.	HIDROGEOLOGIA	16
5	5.1 Tipo de acuífero	16
5	5.2. Parámetros hidráulicos	17
5	5.3. Piezometría	18
5	5.4 Comportamiento Hidráulico	18
	5.4.1 Elevación del Nivel Estático	18
	5.4.2 Evolución del Nivel Estático	19
5	5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea	19
6.	CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA	20
7 .	BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS	
7	7.1 Entradas	21
	7.1.1 Recarga natural	21
	7.1.2 Recarga inducida	21
7	7.2 Salidas	21
	7.2.1 Evapotranspiración	21
	7.2.2 Descargas naturales	21
	7.2.3 Bombeo	22
	7.2.4 Flujo Subterráneo	22
7	7.3 Cambio de almacenamiento	22
8.	DISPONIBILIDAD	23
8	3.1 Recarga total media anual (R)	24
8	3.2 Descarga natural comprometida (DNC)	24
8	3.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)	24
8	3.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)	24
9.	BIBLIOGRAFÍA	26

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 Uruapan, definido con la clave 1614 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción centro-oeste del estado de Michoacán, cubriendo una superficie aproximada de 1,530 km². Limita al norte con el acuífero Zamora, al noreste con Zacapu, al este con Lagunillas Pátzcuaro, al sureste con Nueva Italia, al suroeste con Apatzingán, y al oeste con Cotija (figura 1). Este acuífero está conformado por los municipios de Ario de Rosales, Charapan, Gabriel Zamora, Nahuatzen, Nuevo Parangaricutiro, Nuevo Urecho, Paracho, Salvador Escalante, Tancítaro, Taretan, Tingambato, Uruapan y Ziracuaretiro.

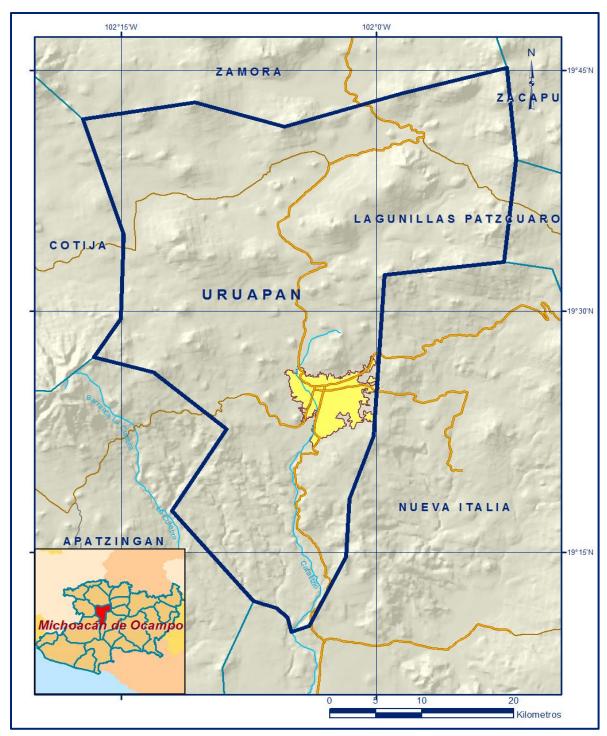


Figura 1. Localización del acuífero

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

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

VERTICE	L	ONGITUD OI	ESTE		LATITUD NO	RTE
VERTICE	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	101	52	32.0	19	33	4.0
2	101	59	32.3	19	32	16.0
3	102	0	11.8	19	22	14.5
4	102	1	35.1	19	18	20.0
5	102	1	47.8	19	14	43.8
6	102	3	58.5	19	10	24.8
7	102	4	59.8	19	10	2.8
8	102	5	14.8	19	10	56.0
9	102	5	53.0	19	11	30.7
10	102	7	12.8	19	11	57.1
11	102	12	1.3	19	17	35.4
12	102	8	47.8	19	22	40.4
13	102	13	4.6	19	26	11.7
14	102	16	34.7	19	27	9.5
15	102	14	59.8	19	29	33.1
16	102	14	50.7	19	34	47.8
17	102	17	14.0	19	41	58.0
18	102	10	40.0	19	43	1.0
19	102	5	24.0	19	41	30.0
20	101	58	36.9	19	43	33.0
21	101	52	22.6	19	45	11.2
22	101	51	49.2	19	39	26.0
1	101	52	32.0	19	33	4.0

La participación municipal en el acuífero Uruapan se muestra en la siguiente tabla:

CLAVE	MUNICIPIO NOMBRE	% PARTICIPACIÓN
009	Ario de Rosales	5
021	Charapan	30
033	Gabriel Zamora	5
056	Nahuatzen	40
058	Nuevo Parangaricutiro	90
059	Nuevo Urecho	10
065	Paracho	100
079	Salvador Escalante	35
083	Tancitaro	15
087	Taretan	100
090	Tingambato	65
102	Uruapan	80
111	Ziracuaretiro	100

Los principales centros de población localizados en el área del acuífero son: Charapan, Nahuatzen, Nuevo Parangaricutiro, Salvador Escalante, Paracho, Tancitaro, Taretan, Tingambato, Uruapan y Ziracuaretiro.

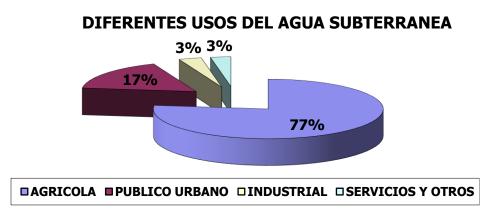
1.2 Situación administrativa del acuífero

El 27 de junio de 1975, por decreto se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en la zona del Bajo Balsas, estableciendo veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento de aguas del subsuelo en dicha zona.

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 en todos los municipios del resto del Estado de Michoacán. 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. Esta zona de estudio no se encuentra dentro de la jurisdicción de ningún Distrito de Riego.

Los principales usuarios del agua subterránea en este acuífero son los productores agrícolas (aguacate), en segundo término, se encuentran los organismos operadores y comités de agua potable, el tercer lugar lo ocupa el uso industrial (embotelladoras y Papelera Uruapan) y por último el uso de servicio y otros.



2. ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Del Estudio Geohidrológico en los Valles de Uruapan y Coahuayana, Mich., realizado por ARIEL CONSTRUCCIONES, S. A., 1980, se resume lo siguiente: Los escurrimientos del Río Cupatitzio analizados en las estaciones hidrométricas Cupatitzio y La Tzararacua, son básicamente producto de las aportaciones de una serie de manantiales que manifiestan variaciones en sus descargas durante el año. Los volúmenes medios anuales de escurrimiento en la primera de las estaciones fueron de 9.35 m³ y en la segunda de 13.33 m³, correspondiendo a una superficie drenada de la cuenca de 235.9 km² y 407.6 km², respectivamente (1980).

Del análisis de los hidrogramas de dichas estaciones, no es posible definir en forma clara y precisa las curvas de decaimiento, por lo que puede inferirse que la extensión de los acuíferos debe ser tal, que conforman una cuenca geohidrológica mucho mayor que la topográfica estudiada, lo que les confiere una capacidad de regulación que es capaz de amortiguar los efectos de la lluvia, traducidos a escurrimientos superficiales.

La zona de Uruapan está vedada por decreto, para el mejor control de las extracciones, uso y aprovechamiento de las aguas del subsuelo.

Se censaron 77 alumbramientos de agua subterránea, de los cuales 39 son pozos, 35 manantiales y 3 norias. Los caudales aportados por los manantiales son sin duda los más importantes, pues los aforos que se pueden realizar y que corresponden nada más a derivaciones aprovechadas, fueron del orden de 0.94 m³/s (29.5 x 106 m³/año), en tanto que los pozos y norias fue de unos 0.24 m³/s (7.72 x 106 m³/año).

Únicamente se trató de los manantiales que fue posible aforar, por lo que la cifra correspondiente a las aportaciones totales de los mismos fue bastante mayor, y que fue del orden del escurrimiento aforado en las estaciones hidrométricas Cupatitzio y La 106 m.

El 80% (6.35 x 106 m³/año) de los volúmenes extraídos por los pozos fue para la agricultura, específicamente al riego de huertas de aguacate; el 19% (1.31 x 106 m³/año) a la industria y el restaurante, 1% (0.07 x 106 m³/año) a usos domésticos. Del volumen derivado de los manantiales, el 85% (25.2 x 106 m³/año) se dedicó al abastecimiento de agua potable de las poblaciones, destacando las derivaciones a Uruapan con 1.47 x 106 m³/año.

Las unidades litológicas que por su permeabilidad funcionan como confinantes de fondo (basamento geohidrológico), son los granitos (Ktig) y las rolitas y brechas (Qtvrb) que las sobreyacen.

Entre Uruapan y Taretan forman un parteaguas geohidrológico subterráneo que divide en dos direcciones al flujo de agua subterránea, siguiendo un patrón de escurrimiento similar al superficial, definido por los ríos Cupatitzio y su tributario El Acúmbaro.

Los basaltos y brechas alteradas (Qtvba) más antiguos se caracterizan por los efectos del intemperismo que los han convertido en arcillas. Presentan bajas permeabilidades, siendo la productividad de los pozos perforados en esta unidad, entre los 100 y 150 m, de unos 5 a 10 lps en los casos más productivos, abatimientos piezométricos casi totales dentro de la cámara de bombeo.

Permeabilidades también bajas caracterizan a los depósitos de aluvión (Qal), formada por suelos arcillosos. Al sur de Uruapan y en valle del mismo nombre sobreyacen a los basaltos y brechas alteradas, funcionando como una sola unidad geohidrológica.

Los basaltos y brechas recientes (Qvbs) forman la unidad que presenta mejores características de permeabilidad, constituyendo el mejor acuífero regional. Descansan sobre los basaltos y brechas alteradas de baja permeabilidad, siendo entre el contacto de estas dos unidades litológicas donde brotan los manantiales de la zona.

Los conos cineríticos también presentan alta permeabilidad y como sobreyacen a los basaltos y brechas recientes, funcionan en estos casos como una sola unidad geohidrológica.

La calidad del agua subterránea es excepcionalmente buena, cumpliendo con holgura las normas de calidad del agua potable, desde un punto de vista químico y con base en el muestreo realizado.

Tanto por métodos piezométricos como geoquímicos, en la porción suroriental de Uruapan, el sentido de escurrimiento del flujo subterráneo es en general de noreste a suroeste, de las estribaciones del Cerro de la Cruz, pasando por la planicie donde se localiza el aeropuerto hasta el cauce del Río Cupatitzio.

En el área, al poniente de Nuevo San Juan Parangaricutiro, el sentido general con que fluye el agua subterránea es de noroeste a sureste, apuntando también hacia el cauce del Río Cupatitzio.

Por medio de prospecciones geofísicas fue posible determinar espesores de los basaltos y brechas permeables (Qvbs); los contactos entre éstos y los basaltos y brechas alteradas (Qtvba), y a profundidad, dentro de esta última unidad, acuíferos en coladas fracturadas menos alteradas y por tanto más permeables, en contacto con los acuíferos superiores sobreyacientes de la unidad Qvbs.

La explotación de los acuíferos por medio de pozos, representa un serio problema regional; en primer lugar, porque el nivel de saturación de los acuíferos está regido por la topografía subterránea de la unidad Qtvba, en general accidentada, que origina concentraciones caprichosas del flujo subterráneo, representando su captación serias dificultades, no obstante, su alta potencialidad.

En segundo lugar, por el elevado costo de las perforaciones, motivado por la dureza de los materiales acuíferos Qvbs.

Por una serie de factores insuperables no fue posible efectuar, ni en cantidad ni en cuanto a su distribución, pruebas de bombeo.

Los resultados obtenidos indican transmisividades muy bajas del orden de 10-3 m²/s, correspondientes a la unidad denominada basaltos y brechas alteradas (Qtvba).

La zona oriental del área estudiada, que comprende de la cuenca del Río Acúmbaro, por lo que parece ser la que menos riesgo ofrece en la explotación de sus acuíferos, en lo que se refiere a las afectaciones sobre escurrimientos superficiales comprometidos (como los del Río Cupatitzio), o sobre manantiales con señalado interés turístico (como los de la Rodilla del Diablo en el Parque Nacional de Uruapan).

3. FISIOGRAFIA

3.1 Provincia fisiográfica

El área de estudio se halla enclavada en la porción sur del Eje Neovolcánico, presentando una topografía accidentada de formas altas y redondeadas, originadas por la gran cantidad de volcanes que se han formado, con alturas que varían entre 3,600 a 1.800 msnm, como El Tancítaro y Cerro Prieto entre los más relevantes.

En estas grandes estructuras, localizadas principalmente en la porción noroccidental del área, se desarrolló un sistema de drenaje de tipo radial. Hacia el suroeste del área se pueden apreciar una serie de mesetas con alturas que varían entre los 1,400 msnm, cortadas por cañadas labradas por tributarios del Río Cupatitzio, principal escurrimiento superficial de la zona reconocida.

3.2 Clima

En el área de estudio se identificaron dos tipos de clima, el predominante estuvo representado por la estación climatológica de Uruapan, definiendo un clima templado- húmedo- semifrío-isotermal (según Koppen). Hacia la porción sur del área estudiada, debido al notable descenso de la topografía principalmente, el clima para a ser cálido subhúmedo, a la altura de Taretan.

La temperatura media anual fue de 19° C, con temperaturas extremas de 30° C en los meses de mayo y junio. La precipitación media anual fue de 1,600 mm (Estación Uruapan), cuya incidencia mayor ocurre en los meses de junio, julio, agosto y septiembre. En cuanto a la evapotranspiración potencial, esta fue de alrededor de 1,200 mm/año.

3.3 Hidrografía

Se encuentra dentro de la Región Hidrológica Río Balsas, dentro de la cuenca Río Tepalcatepec, y subcuenca Rios Cupatitzio, La Parota y Paracho.

Dentro del área de estudio se encuentran la Presa Derivadora de Zumpimito, donde se aprovechan sus aguas para la generación de energía eléctrica, Presa Cupatitzio (para generación de electricidad), Presas Derivadoras de Charapendo y Jicalán, para riego agrícola en el Municipio de Gabriel Zamora.

3.4 Geomorfología

Los principales rasgos fisiográficos del área referida se hallan representados por topoformas de carácter volcánico monogenético, lomeríos ondulados y valles intramontanos de carácter aluvial, aparatos adyacentes típicos de la Meseta Purépecha. Los materiales aflorantes que conforman la zona montañosa más alta del estado, está representada principalmente por el Cerro Tancítaro, el cual es un estrato volcán, formado por emisiones alternantes de lava y cenizas volcánicas con grandes espesores; la mayor parte de los afloramientos en la zona son de origen Plio Cuaternario.

Del Cerro San marcos provienen coladas basálticas, formando arcillas de color gris mezclado con bloques de basalto de color rojizo y grisáceo. Debido a la gran cantidad de gases que se combinaron con las lavas, se originaron una serie de cavernas que por acción de las aguas sufrieron disolución, logrando una circulación subterránea de las aguas meteóricas, fenómeno que se observa a simple vista por la presencia de los resumideros que conservan una forma ovalada y que varía de diámetro.

4. GEOLOGIA

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

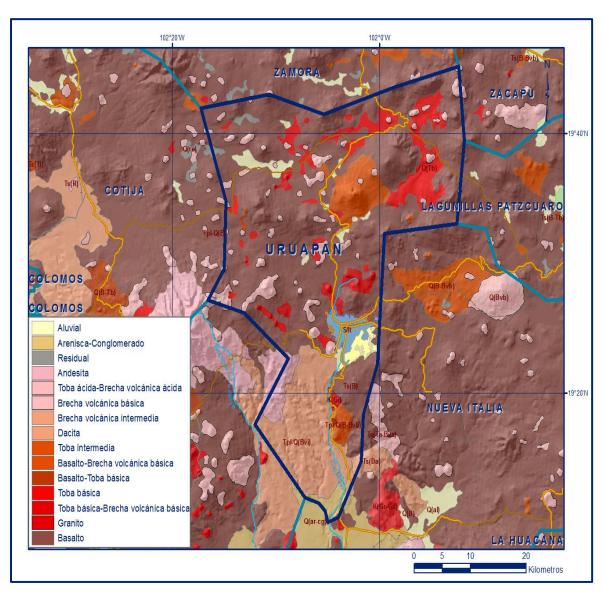


Figura 2. Geología general del acuífero

4.1 Estratigrafía

Las rocas que cubren toda esta zona son principalmente ígneas extrusivas basálticas, piroclásticos y brechas, y en menor extensión intrusivas grafíticas hacia el sur del área de estudio.

Riolitas y brechas (Qtvrb)

Estas rocas afloran en la porción suroriental del área, consistentes de riolitas de color café rosado que alternan con brechas. Su mejor exposición se puede ver en el Cerro El Guayabo.

Debido a su similitud litológica con otros derrames, además de estar cubiertas discordantemente por los derrames de basaltos y brechas alteradas, se les asigna tentativamente una edad correspondiente al Terciario. Por su estructura masiva y compacta, estas rocas presentan muy baja permeabilidad y funcionan como confinantes.

Basaltos y brechas alteradas (Qtvba)

Estos derrames y brechas alteradas se encuentran expuestas en la porción suroccidental del área, formando una serie de mesetas.

Una de las mejores exposiciones de dichos afloramientos se localiza en el entronque de la carretera Uruapan-Apatzingán y la Av. Lázaro Cárdenas, donde se observa una brecha volcánica color café amarillento, compuesta por fragmentos angulosos de basalto color gris verdoso a café rojizo, con cristales visibles de plagioclasa.

Esta brecha está contenida en una matriz de basalto alterado y convertido en arcilla, debido al efecto del intemperismo; además, se puede ver cubierta discordantemente por un derrame de basalto reciente de color café rojizo.

Sobre la carretera que comunica a Uruapan con Apatzingán, a la altura del km 87+500, se vuelve a observar estas brechas basálticas totalmente alteradas y convertidas en arcilla, de un color que varía del café rojizo al verde. Más adelante, a la altura del entronque que va de la Presa Cupatitzio, estos piroclásticos y basaltos alterados cubren discordantemente a un granito.

Este mismo tipo de brechas se pueden ver sobre el camino a Cusato, y en la porción

nororiental, antes de llegar a Zirimícuaro.

El espesor de esta unidad se observó sobre el cauce del Río Cupatitzio, a la altura del Rancho Quetzalcóatl, siendo del orden de los 100 m. Por el grado de alteración que presenta esta unidad y por estar cubriendo discordantemente a los granitos, se le asigna en forma tentativa una edad correspondiente al Terciario Superior-Cuaternario Inferior.

Basaltos y brechas recientes (Qvbs)

Esta unidad litológica se localiza principalmente en la porción norte del área estudiada, formada por una serie de derrames de basalto que alternan con brechas basálticas, como son los derrames de los estratos volcanes de los cerros de Tancítaro, Pancingo, Volcán Paricutín, Cerro Prieto; al norte de San Lázaro, por los cerros del Horno y del Santísimo; al norte y noreste de la población de Uruapan, por los cerros La Cruz, El Metate y Colorado, y al norte de Taretan, por el Cerro El Colorado.

Esta unidad litológica está compuesta por alternancias de derrames de basalto de color gris obscuro, con espesores que varían de 2 a 5 m y brechas basálticas compuestas por clásticos angulosos de basalto que tienen tamaños variables de peñascos a gravas.

Esta serie volcánica se puede observar claramente a unos 3 km al noreste de San Juan Parangaricutiro, lo mismo que en la porción oriental, al norte de Zirimícuaro y Taretan. Por la posición que guardan con respecto a los basaltos alterados que sobreyacen, se les asigna una edad correspondiente al Cuaternario Superior Reciente.

Conos cineríticos (Qbc)

Con este nombre se designa a una serie de conos volcánicos que se hallan ubicados principalmente al norte de Uruapan y noreste de San Juan Parangaricutiro, constituidos por cenizas volcánicas y tezontle con algunos derrames basálticos. Su forma típica es de un cono. Por la posición que guardan con respecto a los basaltos recientes, a los que cubren, se les asigna una edad correspondiente al Cuaternario Reciente.

Aluvión (Qal)

Esta unidad se localiza al sur de Uruapan y sobre el valle del mismo nombre, formada por suelos y arcillas que varían de color café rojizo a gris obscuro. Por su posición con respecto a los basaltos cuaternarios, se les asigna una edad correspondiente al Reciente.

Granitos (Ktig)

El afloramiento principal de estas rocas se localiza sobre la carretera Uruapan-Apatzingán, a la altura del entronque con la brecha que va a la Presa Cupatitzio, donde se puede observar que es de color gris claro, grano medio compuesto de cuarzo, biotita y plagioclasas.

Manifiesta una estructura masiva, con fracturas verticales sumamente cerradas y con rumbo norte-sur. En el sitio indicado se puede ver que por su grado de alteración se convierte en arenas limosas color café anaranjado, y, además, como está cubierta discordantemente por los derrames y brechas de basalto alterado.

Por la similitud que tienen con respecto a otros granitos con los que se correlaciona, se le asigna una edad del Cretácico Inferior y Terciario Inferior.

4.2 Geología estructural

Con respecto a la geología estructural, el área forma parte de la Provincia Neovolcánica Purépecha, perteneciente al Eje Neovolcánico, presentando una topografía accidentada de formas altas y redondeadas, originadas por la gran cantidad de volcanes que se han formado, como lo comprueba la aparición del Volcán Paricutín.

Estas grandes estructuras se localizan principalmente en la porción noroccidental del área y hacia el suroeste se puede apreciar una serie de mesetas.

El subsuelo del área de estudio se clasifica en tres unidades:

- a). La primera, compuesta por alternancias de basaltos y brechas recientes con grado de alteración generalmente bajo y buena permeabilidad.
- b). La segunda, identificada como brechas basálticas alteradas del Terciario Superior, con una baja permeabilidad.
- c). La tercera unidad, se trata de una alternancia de derrames basálticos y brechas, en donde dominan los basaltos con un grado bastante alto de alteración y permeabilidad bastante baja. Corresponde a una colada basáltica bastante fracturada por causa de enfriamiento rápido, en donde las juntas parecen tener un poco de material fino, producto de alteración, que permite un cierto drenaje en comparación

con los diferentes derrames basálticos que rodean este horizonte.

4.3 Geología del subsuelo

Pozo: Sa	ntiago Tingambato	Pozo: Jicalán		Pozo: San Rafa	ael	
	adas: 19° 32' 39" L.N. y		19° 22' 55" L. N. Y			
101° 48' 3		102° 04' 15" L. W Altitud: 1580 msnm		101° 38' 05" L. W. Altitud: 2,400 msnm		
Prof.		Prof.		Prof.	DESCRIPCION	
(m)	DESCRIPCION	(m)	DESCRIPCION	(m)		
DE - A		DE - A		DE - A		
0 - 1	CENIZAS Y	0-2	SUELO RESIDUAL.	0-15	SUELO RESIDUAL.	
	MATERIALES					
	RESIDUALES SECOS.	2 - 17	PIROCLASTOS.			
1 - 2	CENIZAS CON			15-35	AGLOMERADO	
	ARCILLAS.	17-62	ESCORIA.S		VOLCANICO.	
2 - 10	FRAGMENTOS Y			35-	PIROCLASTOS.	
		62 -?	BASALTOS			
	ROCAS, ENPACADOS					
	EN CENIZAS CON					
	ARCILLAS CON					
	TRAZAS DE					
	SATURACION.					
10 - 30	ROCA FRACTURADAS					
	Y ALTERADA CON					
	BAJAS					
	POSIBILIDADES DE					
	SATURACION.					
30- 200	EMISIONES DE					
	ROCAS VOLCANICAS					
	EN ALTERNANCIA DE					
	CONDICIONES DE					
	COMPACTAS A					
	LIGERAMENTE					
	FRACTURADAS.					
200-	ROCA COMPACTA E					
	IMPERMEABLE.					
	1	1				

Pozo: La Carrera		Pozo: Los Zi	túnes	Pozo: Ara	nzal	
		Coordenadas: 19° 20' 50" L. N. y		Coordenadas		
101° 40' 1		102° 14′ 55″ L. W.		Altitud:		
		Altitud: 2,800 msnm				
Prof.		Prof.		Prof.		
(m) DESCRIPCION		(m)	DESCRIPCION	(m)	DESCRIPCION	
DE - A		DE - A		DE - A		
0 - 1.2	CAPA ARABLE	0 - 1	SUELO RESIDUAL.	0-5	ARENAS BASALTICAS	
					FINAS DE COLOR	
					GRIS.	
1.2 - 4.4	ARCILLAS.	1 - 3	ARCILLA	5-8	GRAVAS MEZCLADAS	
			HUMEDAD.		CON ARENAS	
					BASALTICAS.	
4.4 - 20	ROCA IGNEA (BRECHA	3 - 18	BASALTO.	8-9	CAVERNA.	
20	VOLCANICA).	0 .0	2, 13, 12, 31		9, 1, 2, 1, 1, 1,	
		18 - 90	ТОВА.	9 – 14	ARENAS	
20 - 125	TOBAS.	125 TOBAS.	OBAS.			CEMENTADAS
					ESTRATIFICADAS.	
		72 -	BASLTO.	14 – 17	CAVERNA.	
125 - ?	ARENAS					
				17 - 28	BRECHAS	
					BASALTICAS	
					ALTERADAS.	
				28 - 31	ARENAS Y	
					FRAGMENTOS	
					BASALTICOS.	
				31 - 38	GRAVA GRUESA	
					EMPACANDO	
					FRAGMENTOS DE	
					BASALTO	
					ESCOREACEO	
					ROJIZO.	
				38 - 45	ARENA NEGRA	
					CEMENTADA CON	
					GRIETAS.	
				45 - 46	CAVERNA.	
				46 - 47	BRECHAS	
					VOLCANICAS CON	
					AGUA.	
				47 - 48	ARENAS NEGRAS	
					ESTRATIFICADAS.	
				48 - 57	BASALTO	
					ESCORECEO	

	lintercalado o	on l
	BRECHAS.	, , ,
57 - 58	CAVERNA.	
58 - 62	BASALTO	
	FRACTURADO.	
62 - 69	ARENAS	
	CEMENTADAS	
	ESTRATIFICADAS.	
69 - 70	BRECHAS	
	VOLCANICAS.	
70 - 77	ARENAS	
	ESTRATIFICADAS.	
77 - 80	BRECHAS	
	VOLCANICAS.	
80 - 83	BRECHAS	
	ESTRATIFICADAS.	
83 - 89	BASALTOS	
	FRACTURADOS.	
89 - 96	BRECHAS	
	BASALTICAS.	
96 - 102	BASALTOS	
	ESCOREACEOS.	
102-110	BRECHAS	
	FRACTURADAS.	
110-118	HORIZONTE	DE
	ARENAS	
	PIROCLASTICAS.	

5. HIDROGEOLOGIA

5.1 Tipo de acuífero

Las diferentes unidades geológicas que afloran en la zona de estudio presentan características hidrogeológicas de permeabilidad, porosidad y transmisividad.

Estas rocas están formadas por lavadas de composición ácida, intermedias y básica, las cuales forman un paquete de unidades hidrogeológicas denominadas acuifugos primarios.

En vista de que su origen o formación adquieren características de permeabilidad de baja a nula, sin embargo, las riolitas y andesitas, debido al tectonismo a que se ha visto sujeto, existen factores importantes para modificar sus condiciones originales, propiciándose en ellas cierto grado de permeabilidad secundaria por fracturamiento, dando origen a la formación de algunos manantiales, originados al circular el agua de precipitación fluvial sobre estas formaciones.

La descarga de estos manantiales se establece teniendo como regular el nivel de saturación en el sistema de fracturamiento de estas rocas efusivas; su descarga es regulada a su vez por la recarga que ocurre en el acuífero de medios granulares, en forma general el acuífero descarga a unidades hidrogeológicas adyacentes con niveles topográficos bastante más bajos localizadas al sur de la zona, por sus características geohidrológicas el acuífero es considerado como libre.

Cabe hacer mención que los acumulamientos de agua que existen aquí, son de acuíferos colgados y de buena producción, debido a que toda la infiltración y escurrimiento fluye hacia las zonas más bajas, encontrándose dentro del Valle del Cupatitzio.

5.2. Parámetros hidráulicos

Debido a que el estudio se realizó durante la temporada de lluvias, los pozos existentes no entran en operación sino hasta los primeros meses del año; por otro lado, como ya se mencionó, en muchos de ellos no se pudo recabar permiso para entrar ni siquiera a las fincas, debido a que los dueños no viven en el lugar; por último, en su mayoría en los pozos no hay espacio u orificio para introducir la sonda.

Toda esta serie de motivos limitó severamente la posibilidad de escoger aprovechamientos para efectuar pruebas de bombeo. Dicha opción quedó reducida prácticamente a los pozos dedicados a uso industrial, llevándose a cabo pruebas en sólo tres aprovechamientos.

Los datos obtenidos no permiten interpretaciones y los restantes deben ser tomados con reserva, pues corresponden a tiempos de bombeo muy cortos, debido a que las bombas funcionan automáticamente, de acuerdo con los niveles en los depósitos de agua.

No. POZO	PROF. (m)	N.E. (m)	N.D. (m)	Q (lps)	T m²/s	TIEMPO HRS.	C.E. lps/m
13	127.70	6.00	58.90	9	4.4 x 10 ⁻⁴	1.5	0.17
8	125.00	55.00	65.03	14	4.3 x 10 ⁻³	6.0	1.40
8	55.00	6.83	39.02	1.7		3.0	0.05

Tabla 2. Resultados de pruebas de bombeo. Transmisividades en m²/s

Los pozos en que se hicieron las pruebas de bombeo se localizan en la zona urbana de la ciudad de Uruapan, y están construidos sobre las unidades litológicas: suelos residuales (Qal), de unos cuantos metros de espesor, y derrames de basalto y brechas alterados (Qtvba), caracterizadas en la interpretación hidrogeológica del levantamiento como unidades con bajas permeabilidades, quedando confirmada esta apreciación cualitativa con los valores de la transmisividad obtenidas.

5.3. Piezometría

No.	ELEVACION	PROF.	PROF. N.D.	ELEVACION
POZO	BROCAL	N.E. (m)	(m)	N.E.
	(msnm)			(msnm)
P-11	1608.824			
P-12	1599.021	2.25	80.00	1596.50
P-14	1607.522	3.60	54.00	1603.52
P-15	1606.309	55.00	65.00	1551.31
P-16	1614.437	6.83		1607.18
P-23	2219.732	80.00	140.00	
P-24	2161.629	70.00		2091.50
P-25	2195.622	80.00	140.00	2115.36
P-26	2199.284	59.00	102.00	2140.04
P-27	2100.823	45.00	84.00	2055.82
P-28	1609.841	42.00	60.30	1567.51
P-34	1589.975	16.00		1573.98
P-35	1590.817	6.00		1584.82
N-41	1598.902	2.18		1595.92
N-42	1604.063	2.66		1601.40
N-43	1609.000	7.80		1601.20

Los resultados anteriores corresponden a datos reportados en el Estudio Geohidrológico Preliminar de la Zona Uruapan y Coahuayana, Mich., durante el mes de septiembre del año de 1980 (época de Iluvias).

5.4 Comportamiento Hidráulico

5.4.1 Elevación del Nivel Estático

Analizando la elevación del nivel estático registrado en los aprovechamientos de la zona, se puede deducir que el movimiento del agua tiene un comportamiento con dirección de noreste a suroeste, desde las estribaciones del Cerro La Cruz, pasando por la planicie donde se localiza el aeropuerto hasta el cauce del Río Cupatitzio.

Al poniente de Nuevo San Juan Parangaricutiro, el sentido del flujo de agua subterránea es en general de noroeste a sureste.

5.4.2 Evolución del Nivel Estático

Después del último recorrido piezométrico realizado durante el año de 1980, como parte de los trabajos ejecutados para el "Estudio Geohidrológico de los Valles de Uruapan y Coahuayana, Mich.", realizados por la empresa ARIEL CONSTRUCCIONES, S.A.; esta zona ha sido poco estudiada, por lo que la información es escasa y sólo se puede contar con pocos datos de campo, los resultan insuficientes para establecer de manera precisa la evolución piezométrica que ha ocurrido desde 1980.

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Con el objeto de obtener un conocimiento primario de la calidad del agua subterránea y de sus características químicas, se tomaron muestras de 40 alumbramientos en la zona de Uruapan (1980).

La configuración de las curvas de igual valor de los índices determinados, proporcionó de una manera cualitativa los sentidos que sigue el flujo subterráneo, ya que el agua al circular por las diferentes formaciones geológicas, disuelve y arrastra en el sentido de escurrimiento a las sales solubles de las mismas.

En la configuración de sólidos totales, se aprecia en las porciones central y occidental del área, un flujo general del agua subterránea proveniente del norte con dirección sur, que muestra la tendencia a converger hacia Uruapan y el cauce del Río Cupatitzio.

Curvas de igual concentración del calcio y del magnesio. - La presencia de calcio y magnesio en concentraciones mayores de 150 a 200 ppm, producen el efecto llamado dureza de las aguas. Las bajas concentraciones permiten calificar al agua subterránea de la región estudiada, como blanda, muy lejos de ser dura.

Aunque la convergencia del flujo subterráneo en las porciones central y occidental del área se marca hacia los manantiales principales de Uruapan, en el nacimiento del Cupatitzio y en general hacia su cauce, al sur; el flujo principal no proviene del norte, sino al parecer, más bien del noroeste y oeste. En la porción oriental del área, el flujo principal parece provenir del poniente y noroeste de Tejerías y del Cerro Colorado, respectivamente, para proseguir con rumbo sur hacia Taretan.

Curvas de igual concentración de los bicarbonatos. - En la configuración de los valores de este anión se confirma el esquema general del flujo subterráneo en ambas porciones del área, así como la presencia del parteaguas subterráneo coincidente con el meridiano 102° 00′, a la altura de Tejerías.

La calidad del agua subterránea en la zona de Uruapan se consideró excepcionalmente buena, inclusive cumpliendo holgadamente con las normas de calidad establecidas para el agua potable, al menos por lo que respecta a las muestras que fueron analizadas durante el año de 1980.

No se realizaron análisis lo suficientemente completos para clasificar el agua según su origen, pero seguramente se trató de agua meteórica de reciente infiltración, dado el mecanismo del funcionamiento del acuífero, cuyas altas permeabilidades permiten una rápida infiltración de agua de lluvia y no menos rápida circulación en el subsuelo.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA

Según el historial administrativo de la Subgerencia de Ingeniería, es estima que existen aproximadamente 220 aprovechamientos, distribuidos de la siguiente forma:

USO	No. DE APROV.	%	VOL. EXTRAIDO (hm³)
AGRICOLA	151	68.63	8.810
PUBLICO URBANO	10	4.55	0.583
SERVICIOS Y OTROS	17	7.73	0.992
INDUSTRIAL	42	19.09	2.450
TOTAL:	220	100.00	12.835

En el estudio realizado en 1980, no fue posible registrar la totalidad de los niveles piezométricos, situación generada principalmente por que los aprovechamientos se encontraban resguardados por instalaciones que impedían el fácil acceso, carecían de orificios para la introducción de la sonda eléctrica y la difícil localización de los propietarios.

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS

7.1 Entradas

7.1.1 Recarga natural

La recarga natural del acuífero es producto principalmente de la infiltración provocada por las fuertes lluvias que se presentan en la región.

Debido a las buenas condiciones de permeabilidad de gran parte de los materiales que cubren la Meseta, la mayor proporción del agua precipitada en la zona se infiltra y se drena verticalmente hasta llegar a constituir acuíferos o bien hasta manifestarse en forma de manantiales en puntos topográficamente más bajos.

La recarga vertical se considera como incógnita por ser el parámetro más inconsistente; en este caso en particular se le suma el volumen que descargan los manantiales de la zona, ya que es la recarga vertical mínima que se presenta en el acuífero, por lo que: rv = Rv + 92.731

7.1.2 Recarga inducida

Debido a la carencia de información, no es posible conocer la magnitud de la recarga inducida debido a la infiltración por excedentes del riego.

7.2 Salidas

7.2.1 Evapotranspiración

En esta unidad hidrogeológica se consideró el despreciar las perdidas por evapotranspiración, ya que no existen zonas donde los niveles estáticos sean muy someros (0 - 3 m).

7.2.2 Descargas naturales

Las marcadas diferencias de permeabilidad ocasionan el afloramiento de importantes manantiales, como los que dan origen al río Cupatitzio en Uruapan.

Para el caso de este acuífero se consideraron como descargas del mismo, con una producción anual del orden de **29.5 hm³.**

Cabe señalar que se trata únicamente de los manantiales que es posible aforar, por lo que la cifra correspondiente a las aportaciones totales de los mismos es bastante mayor. Sm = 29.5 hm³/año.

7.2.3 Bombeo

Con fundamento en el historial administrativo de la Subgerencia de Ingeniería, se establece que la extracción total a través de 220 aprovechamientos es del orden de 12.835 hm³/año. Sb = **12.835 hm**³/año.

7.2.4 Flujo Subterráneo

En la porción sureste de Uruapan el movimiento del agua subterránea en forma general, es de noreste a suroeste, desde las estribaciones del Cerro La Cruz hasta el cauce del Río Cupatitzio y al poniente de San Juan Parangaricutiro el sentido del flujo subterráneo es de noroeste a sureste, descargando en forma general hacia otras unidades hidrogeológicas adyacentes con niveles topográficos bastante más bajos, localizadas hacia el sur de la zona de estudio, la descarga es del orden de **55.0 hm³/año.**

7.3 Cambio de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento es muy grande, es capaz de amortiguar los efectos de la lluvia traducido a escurrimientos superficiales por una infiltración significativa.

Los gastos promedio del escurrimiento del río Cupatitzio son de 9.35 m³/s, y 13.33 m³/s, en las estaciones Cupatitzio y Tzararacua respectivamente, correspondiendo una gran parte al drenado de los acuíferos.

De acuerdo con el levantamiento hidrogeológico, la capacidad de almacenamiento está en función de su enorme extensión, razón por la cual se estima no existen variación en el almacenamiento, ya que los niveles estáticos no han evolucionado, la problemática que se presenta es debido a que el flujo subterráneo se concentra caprichosamente según el relieve topográfico subterráneo.

Ecuación de balance

CAMBIO DE

RECARGA TOTAL
(SUMA DE ENTRADAS)

RECARGA TOTAL

LA UNIDAD

HIDROGEOLOGICA

CAMBIO DE

ALMACENAMIENTO DE

LA UNIDAD

HIDROGEOLOGICA

Entradas

rv = Rv + 29.5Rv = ?

Salidas

Sb = $12.835 \text{ hm}^3/\text{año}$

Sm = 29.5 hm³/año

Sfh = $55.0 \text{ hm}^3/\text{año}$

Por lo tanto, aplicando la ecuación de balance tenemos,

 $rv = \Delta v + (Sb + Sm + Sfh)$

Sustituyendo rv = Rv + 29.5

 $Rv + 29.5 = \Delta v + (Sb + Sm + Sfh)$

Despejando Rv y Sustituyendo valores:

Rv = 0 + (12.835 + 29.5 + 55.0) - 29.5

 $Rv = 67.835 \text{ hm}^3/\text{año}$

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 =	RECARGA	DESCARGA	-	EXTRACCIÓN DE
ANUAL DE AGUA DEL	TOTAL	NATURAL		AGUAS
SUBSUELO EN UN	MEDIA	COMPROMETIDA		SUBTERRÁNEAS
ACUÍFERO	ANUAL			

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 **97.3** 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 Uruapan la descarga natural comprometida es de 29.5 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 **32,337,528** 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 = 97.3 - 29.5 - 32.337528 DMA = 35.462472 hm³/año.

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **35,462,472 m³ anuales.**

9. BIBLIOGRAFÍA

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. - ESTUDIO GEOHIDROLOGICO EN LOS VALLES DE URUAPAN Y COAHUAYANA, MICH. - ARIEL CONSTRUCCIONES, S. A., 1980. - CONTRATO No. GZA-80-14 GD.