



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO NUEVA ITALIA (1616), 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. GEOLOGIA.....	7
4.1 Estratigrafía.....	8
4.2 Geología estructural	10
4.3. Geología del subsuelo.....	10
5. HIDROGEOLOGIA.....	12
5.1 Tipo de acuífero.....	12
5.2 Parámetros hidráulicos	12
5.3 Piezometría.....	13
5.4 Comportamiento hidráulico.....	13
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	13
5.4.2 Elevación del nivel estático	13
5.4.3 Evolución del nivel estático	14
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea	15
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA	15
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS.....	15
7.1 Entradas.....	15
7.1.1 Recarga natural.....	15
7.1.2 Recarga inducida	16
7.2 Salidas	16
7.2.1 Descargas naturales (Sm).....	16
7.2.2 Bombeo (Sb)	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).....	19
9. BIBLIOGRAFÍA	20

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 Nueva Italia, definido con la clave 1616 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción centro del estado de Michoacán, dentro de la región de “Tierra Caliente”, cubriendo una superficie aproximada de 2,434 km². Limita al noreste con el acuífero Lagunillas Pátzcuaro, al este con Tacámbaro-Turicato, al sureste con La Huacana, al sur con Lázaro Cárdenas, al suroeste con Apatzingán y a oeste con Uruapan, todos pertenecientes al estado de Michoacán (figura 1).



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.

Este acuífero está conformado por los municipios de Apatzingán , Ario de Rosales 32%, Arteaga 5%, Gabriel Zamora 75%, La Huacana 25%, Francisco J. Mijica 85%, Nuevo Urecho 70%, Parácuaro 70%, Tancítaro 5%, Tumbiscatío 27% y Uruapan 10%, cuyos porcentajes representan la participación del municipio en el acuífero.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la zona acuífera de “Nueva Italia”, en el estado de Michoacán

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	102	1	47.8	19	14	43.8
2	102	1	35.1	19	18	20.0
3	102	0	11.8	19	22	14.5
4	101	59	32.3	19	32	16.0
5	101	52	32.0	19	33	4.0
6	101	49	42.9	19	32	37.7
7	101	48	41.0	19	29	52.7
8	101	43	50.0	19	27	10.0
9	101	32	43.1	19	27	32.9
10	101	28	48.4	19	25	37.4
11	101	32	49.3	19	20	59.5
12	101	38	30.1	19	21	28.9
13	101	35	33.3	19	9	24.6
14	101	44	30.6	19	9	24.0
15	101	46	7.2	19	6	27.0
16	102	0	56.1	19	2	3.2
17	102	3	44.8	18	52	48.1
18	102	3	26.3	18	48	46.6
19	102	4	46.5	18	48	55.1
20	102	6	42.2	18	49	23.8
21	102	8	4.2	18	50	45.0
22	102	9	3.5	19	7	48.3
23	102	7	12.8	19	11	57.1
24	102	5	53.0	19	11	30.7
25	102	5	14.8	19	10	56.0
26	102	4	59.8	19	10	2.8
27	102	3	58.5	19	10	24.8
1	102	1	47.8	19	14	43.8

Los principales centros de población localizados en el área del acuífero son:: Gabriel Zamora, Nueva Italia, Parácuaro y Tumbiscatío.

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, 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 encuentra los Módulos Nos. 1, 2 “J. Trinidad Pérez Navarro (Cuatro Caminos) y parte del Módulo 5 “Parácuaro”, que pertenecen al Distrito de Riego No. 097- “Gral. Lázaro Cárdenas”.

Los principales usuarios del agua subterránea en este acuífero, son los productores agrícolas del Valle de Nueva Italia que representan el 75.1% de la extracción del acuífero y en segundo término se encuentran los Organismos Operadores y Comités de Agua Potable, que representa el 24.9 de la extracción en el acuífero.

2. ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Del “Informe del Estudio Geohidrológico Cuantitativo de la Zona de Riego Tepalcatepec (Llanos de Antúnez), Estado de Michoacán”, realizado GEOEXPLORACIONES Y CONSTRUCCIONES, S.A., SEGUN CONTRATO No. GZA-82-72-EG, se resume lo siguiente: En la zona conocida como Llanos de Antúnez, 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 Tepalcatepec o Grande 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.

3. FISIOGRAFÍA

3.1. Provincia fisiográfica

La zona de estudio se encuentra en la Provincia Fisiográfica denominada Eje Neovolcánico Transmexicano y la Sierra Madre del Sur, concretamente en la transición entre estas dos provincias fisiográficas, denominando a este valle como la Depresión del Balsas.

El relieve es complejo y variado, constituido básicamente por sierras y cumbres tendidas, disectadas por corrientes pluviales que en su trayectoria han labrado los valles ramificados que pueden apreciarse; se presenta un sistema de lomeríos y cañadas profundas, conformándose durante los procesos de evolución regional llanuras aluviales y lomeríos con cañadas alineadas que determinan zonas de recarga y filtración interna.

3.2 Clima

El clima que impera en la región según la clasificación de Koppen, es del tipo es seco, semiseco-semicálido, cálidos semihúmedos y cálidos subhúmedos. La temperatura media anual oscila entre 28 y 30° C, teniendo sus máximos en los meses de mayo y junio con extremas hasta de más de 40° C.

La precipitación media anual en el área de estudio es el orden de los 600 a 800 mm, la cual se registra de junio a octubre. La evaporación media anual que se observa dentro del área de estudio es del orden de 180 mm, presentándose los valores máximos durante los meses de marzo, abril y mayo.

3.3. Hidrografía

Se encuentra dentro de la Región Hidrológica Río Balsas, dentro de la cuenca Río Tepalcatepec-Infiernillo, y dentro de la subcuenca Ríos El Marquez Y La Pastoria. Dentro del área de estudio se encuentra corrientes como el río Cajones o río Márquez y el río Cancita, los cuales desembocan en el río Tepalcatepec; también dentro del área se encuentra la presa derivadora “Cajones”, la presa de almacenamiento Canhondo y la presa de Corondiro las cuales se encuentran en el cauce del río Cajones, río Márquez.

3.4 Geomorfología

El área de estudio se encuentra geomorfológicamente en una etapa de juventud, la actividad volcánica y cañones pronunciados así lo manifiestan, está integrado por un gran valle intermontano formado por volcanes de basaltos, así como el basamento del valle y cubierto por sedimentos aluviales, tales como boleos, arenas, arcilla y cenizas estratificadas, producto de antiguos cauces de ríos.

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.

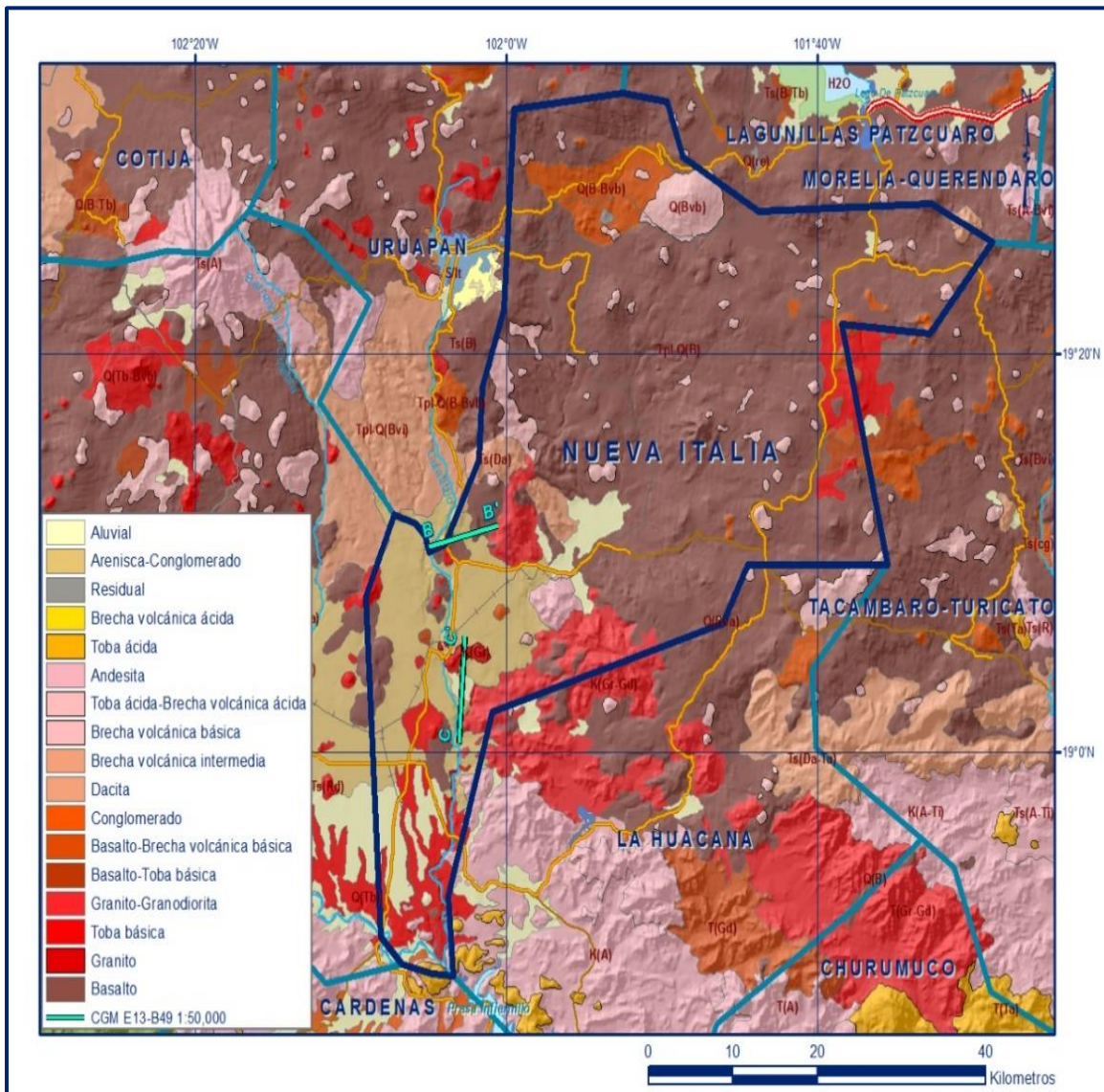


Figura 2. Geología general del acuífero

4.1 Estratigrafía

En el área afloran rocas de origen volcánico de tipo intrusivo y extrusivo, representadas por riolitas, andesitas, basaltos y algunos productos piroclásticos; aunque la unidad manifiesta un mayor volumen regional, se conforma por secuencia vulcano sedimentaria, compuesta por arenas, grava y cenizas volcánicas.

Debido al alto grado de fracturamiento y fragmentación de los materiales que originaron estas unidades y a la evolución en su deposición, modificada y regida por los eventos geológicos históricos, así como por el grado de saturación que suele manifestarse en la zona y en particular en la secuencia estratigráfica manifestada, es posible concluir que probablemente se manifiesten captaciones de buen nivel en cuanto a acuíferos subterráneos.

Las rocas que afloran en el área de estudio son el tipo intrusivo graníticos y granodioríticos, rocas volcánicas extrusivas y efusivas, conglomerados y sedimentos aluviales del Reciente.

Su edad va del Cretácico al Reciente. A continuación, se describen las características litológicas, estructurales y físicas de las unidades.

Rocas ígneas intrusivas

Afloran al este de Nueva Italia y Gabriel Zamora, que consistente en un batolito que aflora en diferentes partes, constituido por granitos, granodioritas, cuarzodioritas y cuarzomonzonitas; se ha considera que es un mismo intrusivo con diferenciaciones locales, así mismo este intrusivo está afectado por diques aplíticos de edad posterior.

Cuarzodendritas equigranulares

Es una roca masiva de grano grueso con textura uniforme, aunque a veces se presenta con grano mediano. Megascópicamente se determina como una roca de composición intermedia y color verde oscuro, presenta textura holocristalina, fenerítica e hipidiomórfica; se observan cristales subedrales de hornblenda y cuarzo intertical.

Al microscopio se observa una textura equigranular de grano grueso con 45% de cristales subedrales de plagioclasas sódico-cálcica (oligoclasa-andesina), 40% de hornblenda y un 15% de cuarzo.

Pórfido de cuarzodiorita

Este tipo de rocas es probablemente la facie marginal del pórfido de cuarzo diorita. Megascópicamente se ha podido apreciar una textura holocristalina, fenerítica e hipidiomórfica con cristales subedrales de plagioclasa, también es posible observar cristales subedrales de hornblenda y cuarzo intersticial.

Microscópicamente se puede observar una textura equigranular de grano medio con 50% de plagioclasas sódico-cálcicas (oligoclasa-andesina), 30% de hornblenda, 10% de cuarzo intersticial y el 10% restante corresponde a la matriz, la cual está formada por un feldespato cuarcífero de grano fino.

Pórfido de cuarzo-feldespato

Megascópicamente se aprecia una textura holocristalina, fenerítica y porfídica, con cristales subedrales de plagioclasa, además se observan fenocristales redondeados de cuarzo. Al microscopio se observa la textura porfídica con 60% de cristales de plagioclasa sódica (albita-oligoclasa), 25 30% de fenocristales de cuarzo, el resto corresponde a la matriz, la cual es cristalina en los contactos de los diques, pero hacia el centro de dichos diques tiende a adquirir una textura equigranular con pasto de matriz cuarzo-feldespática finamente granulada.

Aplita

Megascópicamente presenta una textura holocristalina, fanerítica y alotriomórfica, con cristales anedrales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas. Microscópicamente se observa frecuentemente, textura mirmequítica, compuesta aproximadamente por 30% de cristales de cuarzo, 45% de feldespato potásico microclina) y 25% plagioclasa sódica (albita). Los depósitos del Reciente afloran en el valle, constituidos por suelos residuales como: aglomerados, gravas, arenas y arcillas, producto de la desintegración de las rocas preexistentes

TERCIARIO

Rocas extrusivas y efusivas

Estas rocas afloran en toda la región, aparecen en dos períodos, la primera de ellas de edad Preterciaria y están constituidas en su gran mayoría por andesitas, las cuales se encuentran intrusionadas por un cuerpo intrusivo de composición granodiorítica-cuarzodiorítica, posteriormente se depositaron rocas volcánicas del Terciario-Reciente, constituidos por riolitas, andesitas, basaltos, tobas basálticas, tobas riolíticas, tobas andesíticas y cenizas volcánicas.

CUATERNARIO

Además, existen conglomerados aflorando en diferentes partes del área, constituidos 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 granodiorítico que intrusiona a las rocas volcánicas que se depositaron, por lo que este intrusivo aflora al Este de Gabriel Zamora y Nueva Italia, estas intrusiones provocaron fallas y fracturas, las cuales fueron provocadas por esfuerzos tensionales, debido al enfriamiento del intrusivo.

Además, la zona fue afectada por la orogenia Larmide, originando fracturas en las rocas volcánicas aflorantes.

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

Se presentan varios conos cineríticos en todo el valle.

4.3. Geología del subsuelo

Pozo: Jicalán Coordenadas: 19° 22' 55" L.N. y 102° 04' 15" L.W. Altitud: 1,580 msnm		Pozo: Rancho Viejo Coordenadas: 19° 21' 05" L.N. y 102° 05' 35" L.W. Altitud: 1,66 msnm		Pozo: Ejido Nueva Italia Coordenadas: 19° 00' 10" L.N. y 102° 06' 40" L.W. Altitud: 380 msnm	
Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION	Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION	Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION
0-1.5	SUELO RESIDUAL.	0-1	SUELO RESIDUAL.	0 - 1.0	SUELO RESIDUAL.
1.5-16.5	PIROCLASTOS.	1-4.2	PIROCLASTOS ALTERADOS.	1.0 - 11	GRAVAS Y ARENAS.
16.5-61.5	ESCORIAS.	4.2.-79.2	TOBA ANDESITICA.	11 - 46	BOLEOS Y GRAVAS.
61.5-?	BASALTOS.	79.2-?	BASALTOS.	46 - ?	GRAVAS Y ARENAS.

Pozo: Ej. Llanos de Antúnez Coordenadas: 19° 01' 30" L.N. y 102° 12' 25" L.W. Altitud : 360 msnm		Pozo: Loma Las Casitas (Pozo 4) Coordenadas: 18° 57' 25" L.N. y 102° 05' 40" L.W. Altitud: 300 msnm		Pozo: Gámbara Coordenadas:	
Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION	Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION	Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION
0-0.5	SUELO RESIDUAL.	0 - 1	SUELO RESIDUAL.	0 - 10	ARENAS DENDRITICAS.
0.5-26	BOLEOS, GRAVAS Y ARENAS.	1 - 30	ARENA Y GRAVAS.	10 - 18	GRAVAS ANGULOSAS DSE ORIGEN IGNEO INTSUSIVO.
26-?	ARENAS Y GRAVAS.	30 - ?	ARENAS.	18 - 96	AREANAS QUE INCLUYEN: GRAVAS Y GUIJARROS DE ORIGEN IGNEO INTRUSIVO.
				96-100	GUIJARROS ANGULOSOS INCLUIDOS EN UNA MATRIZ ARENO-LIMOSA.
				100-104	ARENAS QUE INCLUYEN GRAVAS SUBANGULOSAS DE ORIGEN IGNEO INTRUSIVO.
				104-108	ARENAS COMPACTADAS EN UNA MATRIZ LIMO-ARCILLOSA.
				108-118	ARENAS QUE INCLUYEN GRAVILLAS ANGULOSAS.
				118-120	GRAVAS Y GUIJARROS DE ORIGEN IGNEO INTRUSIVO, COMPACTADAS CON ARENAS DEL MISMO ORIGEN.

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; 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, se consideran de baja permeabilidad, presentando fracturamiento por donde se infiltra el agua, pudiendo aportar cierta recarga al valle en una proporción mínima, sin impedir el paso al flujo subterráneo.

Debido a las precipitaciones que se presentan en el valle, el agua se infiltra y llega a fluir y brotar por medio de manantiales, los cuales se ubican al Este de Gabriel Zamora y Este de Nueva Italia. E

En la región se presentan depósitos de piedemonte, constituidos por aglomerados, conglomerados, gravas y arenas, los cuales, debido a la permeabilidad de sus materiales y posición topográfica, funcionan como recarga al acuífero.

Los abanicos fluviales y depósitos constituidos por aglomerados, gravas, arenas y arcillas, presentan porosidad y permeabilidad alta, funcionando como almacenamiento de acuífero **“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 Ips	Prof. Total M	N.E. m	N.D. M	GASTO (Qe)
	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

5.3 Piezometría

Los resultados de la piezometría se muestran en la tabla 2.

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 tienen valores de 5 metros en porción central del valle a 45 metros en la zona 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.

Tabla 2. Resultados de la piezometría.

CLAVE	PROF. NIVEL ESTÁTICO (m)	PROF. NIV. DIN (m)
N-2	5.14	
N-3	3.93	
N-4	0.60	
N-5	2.75	
N-6	4.55	
P-8	3.20	
P-9	6.10	80.00
P-10	35.00	
P-11	32.54	46.30
P-12	15.00	19.00
P-13	14.00	27.00
P-14	21.00	31.00
P-15	21.00	34.00
P-16	14.00	40.00
P-17	23.00	44.00
P-18	21.00	67.00
P-19	26.30	36.00
P-20	23.30	
P-21	22.30	
P-22	6.00	
P-23	30.10	
P-24	20.70	
P-27	29.50	47.64

5.4.3 Evolución del nivel estático

Después del último recorrido piezométrico realizado en el año de 1982, como parte de los trabajos ejecutados para el “Informe del Estudio Geohidrológico Cuantitativo de la Zona de Riego del Río Tepalcatepec (Llanos de Antúnez), Mich., esta zona ha sido poco estudiada, por lo que la información es escasa y sólo se puede contar con pocos datos de campo, los cuales resultan insuficientes para establecer de manera precisa la evolución piezométrica que ha ocurrido desde 1982.

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.

Para determinar la calidad del agua en la zona, se recolectaron muestras de agua de algunos pozos, manantiales y sobre los ríos Tepalcatepec y El Márquez.

Los resultados de los análisis que se realizaron permitieron definir que la calidad del agua es aceptable, tanto para uso doméstico, agropecuario e industrial, variando su contenido de sólidos totales disueltos de 156 a 988 ppm en los pozos y 199 a 515 ppm en los ríos.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA

Según el historial administrativo de la Subgerencia de Ingeniería, se estima que existen aproximadamente 210 aprovechamientos, distribuidos de la siguiente forma:

USO	No. DE APROV.	%	VOL. EXTRAIDO (Mm ³)
AGRÍCOLA	140	66.67	29.494
PUBLICO URBANO	70	33.33	14.747
TOTAL:	210	100.00	44.241

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 desciende de las zonas montañosas de la Meseta Tarasca localizada al norte de la zona de estudio, se estima que son alrededor de 55.0 hm³ anuales lo que recibe el acuífero como producto del flujo subterráneo.

En cuanto a la recarga vertical que recibe el acuífero (R_v), 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 dos manantiales conocidos, que son originados por la infiltración que ocurre al norte de la zona, específicamente en la Meseta Tarasca. Por lo tanto: ($r_v = R_v + 0.283$), siendo 0.283 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. Sin embargo, no existe la información suficiente que permita calcular la magnitud de estas aportaciones, solo se puede estimar que son de una magnitud considerable.

7.2 Salidas

7.2.1 Descargas naturales (S_m)

Como salidas del acuífero se consideraron las descargas por manantiales, que en conjunto producen un gasto de 9 l/s , lo cual representa un volumen anual producido del orden de 0.283 hm^3 .

7.2.2 Bombeo (S_b)

Con fundamento en el historial administrativo de la Subgerencia de Ingeniería, se establece que la extracción total que ha sido solicitada durante los últimos años para 210 aprovechamientos subterráneos es del orden de $44.241 \text{ hm}^3/\text{año}$.

7.2.3 Flujo Subterráneo (S_{fs})

La situación piezométrica actual nos indica que el flujo subterráneo en exceso es drenado por el río Tepalcatepec, siendo la magnitud de esta descarga del orden de $55 \text{ hm}^3/\text{año}$.

7.3 Cambio de almacenamiento

Después de analizar los resultados obtenidos en los estudios geohidrológicos se llegó a la conclusión de que el área de estudio no manifiesta descensos 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

$$\text{RECARGA TOTAL (SUMA DE ENTRADAS)} = \text{CAMBIO ALMACENAMIENTO DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA} + \text{DESCARGA TOTAL (SUMA DE SALIDAS)}$$

Entradas

$$r_v = R_v + 0.283$$

$$R_{rr} = 0$$

$$R_{fhz} = 55.0 \text{ hm}^3/\text{año}$$

Salidas

$$S_b = 44.241 \text{ hm}^3/\text{año}$$

$$S_m = 0.283$$

$$S_{fs} = 55.0 \text{ hm}^3/\text{año}$$

Por lo tanto, aplicando la ecuación de balance, tenemos:

Despejando R_v y sustituyendo valores:

$$R_v + 55 = 0 + (44.24 + 55 + 0.283)$$

$$R_v = 99.524 - 55$$

$$R_v = 44.523 \text{ hm}^3/\text{año}$$

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:

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

Donde:

- DMA** = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero
R = Recarga total media anual
DNC = Descarga natural comprometida
VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso, su valor es de **99.2 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 Nueva Italia la descarga natural comprometida es de **0.3 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 **24,888,439 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022**.

8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

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

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

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 99.2 - 0.3 - 24.888439 \\ \text{DMA} &= 74.011561 \text{ hm}^3/\text{año}. \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **74,011,561 m³ anuales**.

9. BIBLIOGRAFÍA

INFORME DEL ESTUDIO GEOHIDROLOGICO CUANTITATIVO DE LA ZONA DE RIEGO DEL RIO TEPALCATEPEC, MICH., GEOEXPLORACIONES Y CONSTRUCCIONES, S. A., 1982, CONTRATO No. GZA-82-72-EG.