

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO BRISEÑAS-YURÉCUARO (1609),
ESTADO DE MICHOACÁN**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes	2
1.1 Localización	2
1.2 Situación administrativa del acuífero	4
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.	5
3. FISIOGRÁFICA.....	6
3.1 Provincia fisiográfica	6
3.2 Clima	6
3.3 Hidrografía.....	7
3.4 Geomorfología.....	7
4. GEOLOGÍA.....	8
4.1 Estratigrafía.....	9
4.2 Geología estructural	10
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 de agua subterránea	14
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA	14
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS.....	16
7.1 Entradas.....	16
7.1.1. Recarga natural.....	16
7.1.2 Recarga inducida	16
7.2 Salidas	17
7.2.1 Descargas naturales.....	17
7.2.2 Salidas.....	17
7.3 Cambio de almacenamiento.....	17
8. DISPONIBILIDAD	18
8.1 Recarga total media anual (R).....	18
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	19
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	19
8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas (DMA)	19

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 Briseñas-Yurécuaro, definido con la clave 1609 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción noroeste del estado de Michoacán, en el límite con el estado de Jalisco, cubriendo una superficie aproximada de 554 km². Limita al noroeste con el acuífero La Barca y al noreste con Jesús María, pertenecientes al estado de Jalisco; al este con La Piedad, al sur con Zamora y al suroeste con Ciénega de Chapala, pertenecientes al estado de Michoacán (figura 1).

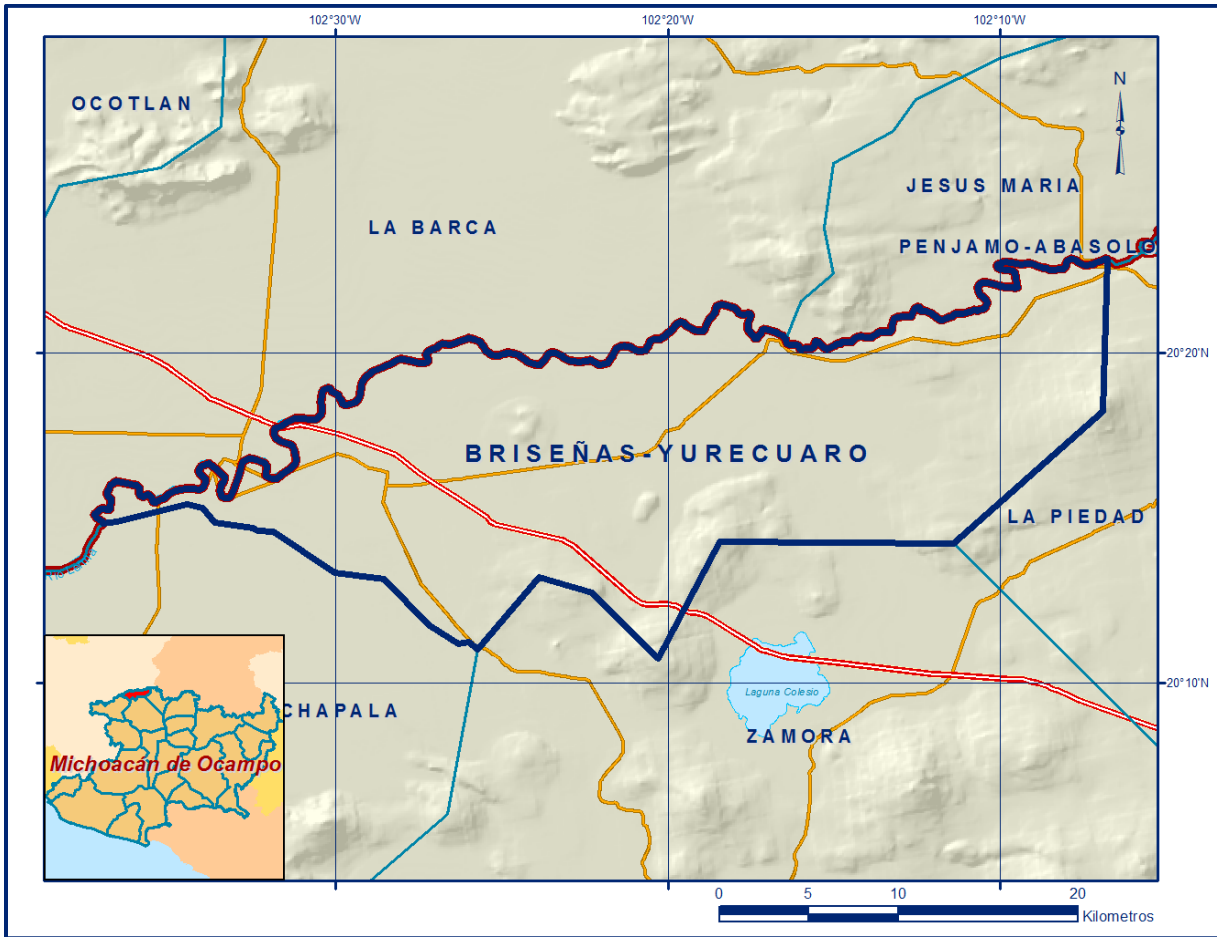


Figura 1. Localización del acuífero

El área se encuentra comunicada por la carretera federal No. 90 que une la población de La Piedad Cabadas con Guadalajara pasando por los poblados de Yurécuaro, Briseñas y la Barca; existen también varios caminos de terracería que solo son transitables en época de estiaje. La zona en cuestión es atravesada por la autopista México-Guadalajara y por la vía férrea de Zamora-Guadalajara misma que pasa por las localidades de Yurécuaro y Ocotlán.

La participación municipal en el acuífero es la siguiente: Briseñas 35%, Yurécuaro 97%, Tanhuato 90%, Vista Hermosa 90%, La Piedad 10% e Ixtlán 13%.

Los principales centros de población localizados en el acuífero con su respectivo porcentaje de participación son: Briseñas 35%, Ixtlán 13%, La Piedad 10%, Tanhuato 90%, Vista Hermosa 90% y Yurécuaro 97%.

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 zona acuífera

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	16	27.4	20	20	21.8	DEL 1 AL 2 POR EL LIMITE ESTATAL
2	102	6	47.9	20	22	49.1	
3	102	6	55.0	20	18	13.0	
4	102	11	25.0	20	14	14.0	
5	102	18	27.0	20	14	17.0	
6	102	20	18.0	20	10	45.0	
7	102	22	18.0	20	12	44.0	
8	102	23	53.0	20	13	12.0	
9	102	25	43.3	20	11	2.3	
10	102	26	0.4	20	11	15.2	
11	102	26	19.1	20	11	11.3	
12	102	27	12.6	20	11	46.1	
13	102	28	32.7	20	13	9.2	
14	102	30	2.7	20	13	19.8	
15	102	31	52.7	20	14	34.6	
16	102	32	20.1	20	14	37.3	
17	102	32	28.7	20	14	41.6	
18	102	33	38.3	20	14	51.1	
19	102	34	0.7	20	15	17.4	
20	102	34	28.2	20	15	24.3	
21	102	36	33.4	20	14	52.6	
22	102	37	0.0	20	14	50.2	DEL 22 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	102	16	27.4	20	20	21.8	

1.2 Situación administrativa del acuífero

El 11 de febrero de 1956, se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en los terrenos que ocupa la ranchería El Salitre, en el Estado de Michoacán.

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 domésticos, industriales, 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 1.

Dentro de la zona de estudio los usuarios del agua subterránea no están organizados bajo ninguna figura asociativa. Además, dentro de la zona de estudio se encuentran los Módulos Nos. III Yurécuaro y IV Vista Hermosa, que pertenecen al Distrito de Riego No. 087 Rosario-Mezquite. Los principales usuarios del agua subterránea en este acuífero son productores Agrícolas del Valle de Briseñas-Yurécuaro, 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 TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.

De la Actualización del Estudio Geohidrológico de algunas porciones de la Cuenca del Río Lerma, realizada por CIEPS CONSULTORES, S.A. DE C.V., 1992, se resume lo siguiente:

Se calculó una extracción de agua subterránea a través de pozos para 1992, resultando del orden de $89 \times 10^6 \text{ m}^3$. De los planos de elevación del nivel estático para marzo de 1979 y 1989, el Valle de Yurécuaro mostraba salidas horizontales por flujo subterráneo hacia el Valle de Pajacuarán; sin embargo, debido al incremento de la extracción en el Valle de Yurécuaro, los gradientes hidráulicos se han invertido; la elevación del nivel estático para marzo de 1992, se aprecia que el valle ya no tiene salidas mediante el flujo subterráneo.

Los balances de agua subterránea realizados para el período de marzo 1979 a marzo 1992, arrojó los siguientes resultados analizados:

$$\begin{aligned} \text{Entradas horizontales (Eh)} &= 10'816,897 \text{ m}^3 \\ \text{Salidas horizontales (Sh)} &= 1'024,920 \text{ m}^3 \\ \text{Salidas de bombeo (B)} &= 86'594,960 \text{ m}^3 \\ \text{Cambio de almacenamiento} &= 343'265,480 \text{ m}^3 \\ \text{Coeficiente de almacenamiento (S)} &= 0.01 \\ \text{Área de balance} &= 289'805,782 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Con lo que se obtuvo una recarga vertical de $75'769,432 \text{ m}^3/\text{año}$, en tanto que la recarga total fue de $86'586,329 \text{ m}^3/\text{año}$.

Ahora considerando un área de balance de $290 \times 106 \text{ m}^2$ con un espesor de acuífero balanceado de 150 m. y un coeficiente de almacenamiento de 0.01, la capacidad de almacenamiento del acuífero es de $435 \times 106 \text{ m}^3$.

Finalmente, se estableció bajo el amparo anterior, una sobreexplotación de 32.7 lps a costa del almacenamiento.

3. FISIOGRÁFICA

3.1 Provincia fisiográfica

El área de estudio se ubica fisiográficamente en la porción centro oriental de la provincia denominada por Ordóñez como Meseta Central. Raisz la llama Meseta Neovolcánica y otros autores la nombran como eje Neovolcánico. Mooser la ha denominado como Faja Volcánica Transmexicana (FVT).

La Faja Volcánica Transmexicana se caracteriza por presentar grandes aparatos volcánicos de tipo basáltico y andesítico asociado con tobas y cenizas volcánicas; otra característica de esta provincia es la presencia de grandes lagos, que junto con los aparatos volcánicos tienen la orientación y distribución que están situados en fosas tectónicas.

En el área se observan mesetas de laderas escarpadas con desarrollo de cañadas y llanuras.

Las principales formas que se observan en este valle son de tipo constructivo y son resultado de la acción de los procesos endógenos que originan formas tectónicas de las que sobresalen las de origen magmático, representadas en el área por una serie de volcanes distribuidos en toda el área y algunos derrames con aspecto de mesetas.

En la zona se ha desarrollado una intensa actividad volcánica dando origen a una serie de volcanes y derrames lávicos, sobre los cuales se ha desarrollado un sistema de drenaje principalmente de tipo radial cuyas aguas y los sedimentos por ella transportados, son descargados a la Ciénega de Chapala. En general todas las corrientes son intermitentes.

3.2 Clima

La cuenca del Río Lerma comprende parte de cinco estados por lo que, debido a su gran extensión, durante el trayecto de este pasa por diferentes valles, para el presente trabajo nos ocupa el Valle de Yurécuaro. El clima que caracteriza la región de acuerdo

a la clasificación de Koppen y modificada por Enriqueta García, para adaptarla a las condiciones climáticas de la República Mexicana, es del tipo:

(A) C(Wo) (w). - Pertenece a un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, en donde la precipitación del mes más seco es menor de 60 mm y el porcentaje de lluvia invernal es menor a 5 mm.; es el subtipo menos húmedo de los semicálidos subhúmedos. Es el clima que se presenta en la mayor parte del valle.

La temperatura es el subtipo menos húmedo de los semicálidos subhúmedos y se presenta en las partes bajas del valle; La temperatura media anual es de 20.05° C, siendo enero el mes más frío con 16.20° C en promedio y mayo el más caluroso con 23.50° C en promedio (período considerado 1971-1988). La precipitación media anual presente en la zona de estudio durante el período 1981-1990, fue del orden de los 796.08 mm, siendo la precipitación del mes más seco menor a 60 mm y el porcentaje de lluvias invernales menor a 5 mm.

La evaporación media mensual observa dos períodos: el primero abarca los meses de febrero hasta julio, donde las evaporaciones son mayores de 150 mm; el mes con mayor evaporación fue mayo con 221.43 mm; el segundo período comprende de julio a enero con evaporaciones menores de 140 mm, presentándose los valores más bajos en el mes de enero con 104 mm (período 1981-1990)

3.3 Hidrografía

Pertenece a la Región Hidrológica R-12 Río Lerma a la cuenca Río Lerma-Chapala y a la subcuenca Río Briseñas. Dentro del área de estudio se encuentra la Presa Gonzalo.

3.4 Geomorfología

Geomorfológicamente el área muestra la acción de los agentes modeladores del relieve, estos son: procesos magmáticos tectónicos, erosivos y de relleno, están representados por las manifestaciones volcánicas existentes y que han sido vertidas desde el Oligoceno a través de las fracturas y fallas que sucedieron al levantamiento y plegamiento del terreno mexicano.

En la zona se considera que ha existido un continuo rejuvenecimiento geomorfológico que permite determinar áreas con diferentes grados de erosión. El área de estudio se encuentra limitada hacia el norte, este y oeste por estructuras volcánicas que forman mesetas y conos, los cuales alcanzan elevaciones alrededor de 2,000 msnm.

La red fluvial ha desarrollado en los cerros un sistema de corrientes de tipo radial dómico, controlado por esta estructura y de tipo radial reticular. El drenaje dendrítico paralelo se presenta en la parte norte de la zona de estudio y está representada por arroyos intermitentes.

4. GEOLOGÍA

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

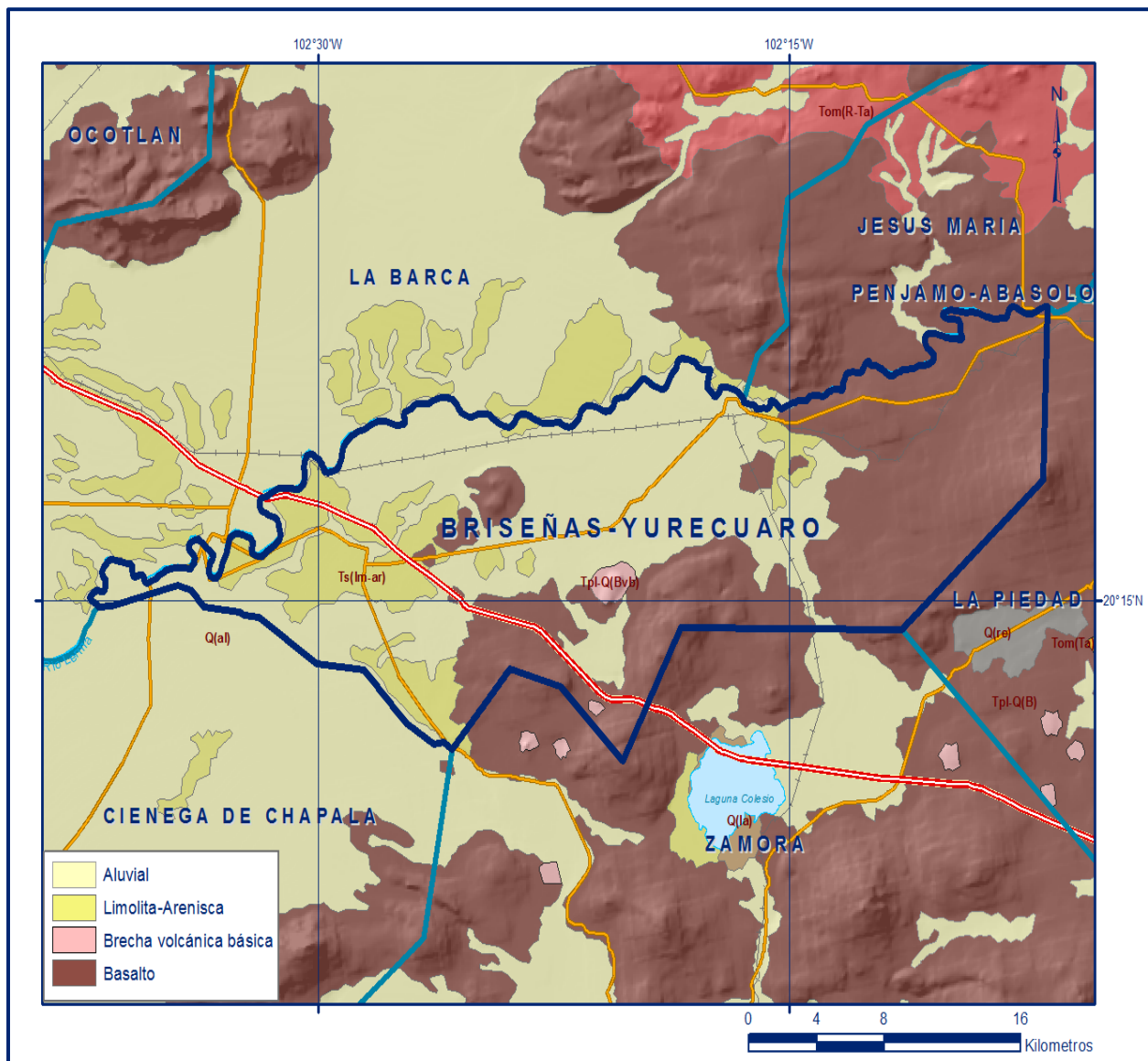


Figura 2. Geología general del acuífero

4.1 Estratigrafía

La estratigrafía de las unidades que afloran en la superficie cubierta por el acuífero comprende edades que varían del Mioceno a Reciente. A continuación, se describen las características litológicas, estructurales y físicas de las unidades, partiendo de las más antiguas a la más reciente.

Tobas ácidas Tom (Ta)

Secuencia constituida principalmente por ignimbrita riolítica, riolacita, toba lítica y riolítica. Presenta estructura esferulítica y fluidal, con fracturas que originan lajas. El color característico de estas rocas es rosado con tonalidades beige claro.

Esta unidad sobryace en discordancia a rocas sedimentarias intrusivas ácidas del Cretácico y subyace a rocas volcánicas básicas del Plioceno-Cuaternario, constituye el basamento del área. La morfología típica es de sierras altas, con laderas de pendiente abrupta. Por las características litológicas que presenta, su permeabilidad es nula.

Basaltos Tpt-Q (B)

Unidad constituida principalmente por basalto, basalto andesítico y en ocasiones andesita basáltica, presenta estructura vesicular, amigdaloides y compacta, esta unidad muestra fallamiento de tipo normal escalonado. Se encuentra cubriendo a rocas sedimentarias e ígneas intrusivas del Cretácico y a rocas volcánicas ácidas del Oligoceno-Mioceno y subyace a depósitos clásticos del Cuaternario. De acuerdo de Demant (1978), se le asigna una edad del Plioceno-Cuaternario.

Esta unidad aflora al norte del área de estudio, se caracteriza por presentar formas de derrames lávicos, cascadas lávicas y conos volcánicos.

Presenta un mayor fracturamiento en sus estructuras con una dirección E-W y NW-SE, principalmente. Actúa como zona de escurrimiento y en algunas partes como zona de recarga. La permeabilidad por fracturamiento es alta, pudiendo constituir acuíferos de potencialidad alta a media.

Limos-arenas Ts (lm-ar)

Esta unidad se forma por diatomita, con intercalaciones de ceniza volcánica, toba vítrea ácida vulcaclástica, arenisca de grano fino y arcilla, corresponde a facies lacustres.

Presenta la siguiente secuencia: en la parte superior se forma por depósitos mal consolidados de areniscas con fragmentos de roca volcánica, subyaciendo se encuentra un paquete aproximado de 3 m. de espesor de diatomita con intercalaciones de cenizas volcánicas, toba ácida y arcilla; por último, un depósito de bentonita de color gris verdoso.

La unidad descansa sobre rocas volcánicas ácidas del Oligoceno-Mioceno y subyace a rocas volcánicas básicas del Pilo-Cuaternario y a depósitos clásticos del Cuaternario; forma parte de la evolución del Graben de Chapala.

El rango estratigráfico de esta unidad varía del Mioceno al Plioceno, quedando incluida dentro del Terciario Superior, forma lomeríos de laderas tendidas. Por las características litológicas presentes en la unidad, son de permeabilidad baja.

Aluvión Q (al)

Unidad dendrítica no consolidada, constituida por grava, arena, limo y arcillas, éstas presentan diversa composición y grado de redondez. En ocasiones los dendritos son de rocas de composición básica.

Morfológicamente se encuentra formando abanicos y planicies aluviales, relleno los valles, distribuido indistintamente en el área. Por la naturaleza de sus componentes, presenta buena permeabilidad, por lo que funciona como zona de recarga, en el subsuelo actúa como acuífero libre.

4.2 Geología estructural

Con respecto a la geología estructural, el área presenta tres direcciones estructurales principales (Garduño, et. Al.), los cuales se relacionan a continuación:

- 1.- Fallamiento tipo lateral izquierdo con una edad del Mioceno tardío el cual puede indicar el inicio del graben de Chapala, permitiendo el depósito de los sedimentos lacustres y la formación del primer fracturamiento en las rocas basálticas y andesíticas.
- 2.- Fallamiento transtensional izquierdo, el cual afecta a los sedimentos del reciente.
- 3.- Fallamiento tipo normal en el cual se constituye formalmente el graben.

5. HIDROGEOLOGIA

5.1 Tipo de acuífero

Atendiendo el marco físico definido por el modelo geológico, se puede establecer la presencia de un grueso paquete de materiales granulares cuyos espesores alcanzan los 100 m y descansan sobre materiales con diferente comportamiento hidrogeológico; así como de los materiales granulares finos a los que se les asigna una permeabilidad de baja a moderada.

La potencia que en espesor llega a presentar la unidad granular obedece a la serie de escalonamientos a que fue sujeta la región. Por lo anterior, a excepción de los sedimentos no consolidados, todas las demás unidades litológicas se muestran afectadas por el tectonismo, evento reflejado en forma de fallas y fracturas, esto les imprime a las unidades un aumento considerable en la permeabilidad de las rocas; el basamento de la secuencia descrita se constituye por tobas y derrames de composición riolíticos que funcionan como barrera horizontal a las unidades.

Desde el punto de vista hidrogeológico, las unidades con mayor potencial son los depósitos granulares y rocas fracturadas, las primeras por su porosidad y consecuente permeabilidad y las segundas debido a la intensidad y frecuencia del fracturamiento y estructuras regionales que las afectan; el resto de las unidades constituyen límites impermeables tanto en sentido vertical como horizontal. Los depósitos granulares por su génesis, regularmente exhiben marcada heterogeneidad lateral y vertical, encontrando horizontes arcillosos en la secuencia, originando con ello paquetes de permeabilidad variable, en diferentes espesores y continuidad lateral subterránea dando lugar a acuíferos principalmente de tipo semiconfinado. Los valles exhiben áreas extensas a las lluvias, sin embargo, el orden de magnitud de las precipitaciones son menores aunado a la presencia de horizontes impermeables (arcillas) dentro de la secuencia granular, dificultando con ello la recarga a los acuíferos de forma inmediata, como pudiera pensarse, pues buena parte del agua escurre y otra es evapotranspirada.

5.2 Parámetros hidráulicos

Se realizaron 5 pruebas de bombeo en el área de estudio 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 para las pruebas realizadas. Los valores de transmisividad obtenidos, para cada pozo en etapa de abatimiento y de recuperación se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Resultado de las pruebas de bombeo.

MUNICIPIO		
CLAVE	NOMBRE	ZONA DE DISPONIBILIDAD
011	BRISEÑAS	1
042	IXTLAN	1
069	LA PIEDAD	1
086	TANHUATO	1
105	VISTA HERMOSA	1
106	YURECUARO	1

Los valores de transmisividad que se obtuvieron, fueron el resultado de la evolución de los niveles registrados, estas transmisividades se calificaron como bajas a medias.

5.3 Piezometría

Con base a la ubicación de los pozos las menores transmisividades se presentan en las partes altas del valle (pozo No. 346 en el poblado Higueras), aumentando hacia la parte central, oriente y occidente del área de estudio (poblado La Barca); las transmisividades obtenidas en esta última se consideran representativas de los pozos que se explotan las formaciones lacustres.

Analizando los caudales de los pozos se observa que los mayores se presentan en la parte norte del valle y los menores en la parte central, esto debido a que en esta zona se presenta la mayor concentración de pozos, por lo que se produce una interferencia entre los diversos conos de abatimiento. Considerando que el acuífero se comporta de libre a semiconfinado en rocas ígneas fracturadas y en materiales granulares, respectivamente, por lo cual se asignó un valor teórico del coeficiente de almacenamiento del orden de 0.01.

Los resultados anteriores corresponden a datos reportados en la “Actualización del Estudio Geohidrológico de Algunas Porciones de la Cuenca del Río Lerma”, realizado por la Empresa CIEPS CONSULTORES, S.A. DE C.V., durante el mes de marzo del año de 1992 (época de estiaje).

Actualización de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Briseñas Yurécuaro, estado de Michoacán

Clave	Elevación de brocal (msnm)	Profundidad nivel estático (m)	Elevación nivel estático (msnm)
P-25	1532.386	22.50	1509.886
P-28	1554.959	*50.00	1504.959
P-31	1570.036	45.036	1525.0
P-34	1564.926	36.00	1528.926
P-41	1534.913	16.55	1518.363
P-43	1542.597	25.05	1517.547
P-47	1530.232	5.10	1525.132
P-162	1527.602	5.2	1522.402
P-171	1534.50	9.04	1525.46
P-172	1533.49	10.5	1522.99
P-173	1534.13	12.05	1522.08
P-174	1533.30	11.70	1521.60
P-175	1532.68	*26.3	*1506.38
P-176	1534.12	11.35	1522.77
P-179	1536.56	13.5	1523.06
P-180	1534.51	10.05	1524.46
P-182	1534.810	9.6	1525.21
P-183	1535.226	18.15	1517.076
P-184	1535.420	13.87	1521.55
P-185	1536.35	17.2	1519.15
P-186	1537.020	15.91	1521.110
P-192	1534.530	11.1	1523.43
N-197	1551.867	14.21	1537.657
P-199	1544.836	6.95	1537.886
P-204	1544.623	9.5	1535.123
P-228	1537.496	17.8	1519.696
P-232	1534.339	7.86	1526.479
P-238	1536.53	*20.8	*1515.73
P-239	1534.96	*30.4	*1504.56
P-259	1530.020	14.6	1515.42
P-262	1535.194	*21.36	*1513.834
P-258	1531.280	11.75	1519.53
P-278	1529.037	12.02	1517.017
P-280	1536.200	*19.45	*1516.75
P-287	1536.202	*19.30	*1516.902
P-293	1551.252	9.5	1541.752
P-298	1538.856	*14.1	*1524.756
P-299	1538.230	*17.25	*1520.98
P-320	1533.483	13.50	1519.983
P-321	1533.924	12.75	1521.174
P-325	1526.853	4.9	1521.953

*Nivel Dinámico

5.4 Comportamiento Hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

Del análisis de las profundidades al nivel estático en el acuífero, se observa que, en la porción central del valle, se tienen valores promedio a los 10 m, mientras que en las zonas de pie de monte y serranías se presentan valores superiores a los 20 m. Por otro lado, se ha detectado conos de abatimiento local, esto ocurre en las inmediaciones del Cerro Gonzalo y de la localidad de Vista Hermosa.

5.4.2 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 sigue marcadamente la trayectoria del Río Lerma, partiendo de Monteleón, cruzando Yurécuaro hacia Villa Nueva, el movimiento que se origina es de este-oeste.

5.4.3 Evolución del nivel estático

Después del último recorrido piezométrico realizado en el año de 1992, como parte de los trabajos ejecutados para la Actualización del Estudio Geohidrológico de Algunas Porciones de la Cuenca del Río Lerma; 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 1992.

5.5 Hidrogeoquímica y calidad de agua subterránea

Utilizando el método de Piper, se calculó el porcentaje en que se encuentra cada anión con respecto al total de ellos e igualmente para cada catión respecto al total de los cationes, obteniéndose que prácticamente toda el agua de la zona es de composición sódica-bicarbonatada, debido a la combinación de los siguientes factores:

- a). - En el agua de lluvia predominan los iones de sodio y bicarbonato.
- b). - Los materiales granulares que rellenan el valle, son producto de la erosión de rocas ígneas que contienen, feldespatos sódicos y cálcicos, los cuales son atacados por el agua.
- c). - las arcillas producen intercambio iónico, donde el calcio es capturado por la arcilla y el sodio liberado en el agua.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA

Dentro de la zona de estudio se tienen identificadas dos zonas, las cuales presentan

condiciones similares respecto al grado de explotación de los recursos hidráulicos subterráneos, correspondiendo a la porción del acuífero que padece el más grave estado de sobreexplotación, provocado por la alta densidad de aprovechamientos, los cuales generan la formación de conos de abatimiento. Su localización es señalada por las coordenadas geográficas que a continuación se relacionan:

VERTICE	REFERENCIA	LAT. N	LONG. W
AREA No.1.- ZONA DE MAYOR EXPLOTACION DE APROVECHAMIENTOS SUBTERRANEOS.			
1	PASO DE HIDALGO (RIO LERMA, A 2.5 km AL ESTE DE PASO DE HIDALGO)	26° 16´ 35"	102° 33´ 50"
SOBRE EL RIO LERMA Y EN SENTIDO CONTRARIO A LA CORRIENTE DESDE PASO DE HIDALGO HASTA LA ESTACION DE NEGRETE			
2	ESTACION DE NEGRETE (A 1.6 km AL NORTE DE LA ESTACION DE NEGRETE)	20° 19´ 22"	102° 28´ 59"
3	SAN CRISTOBAL (RIO DUERO)	20° 11´ 04"	102° 25´ 41"
SOBRE EL RIO DUERO Y EN SENTIDO DE LA CORRIENTE DESDE SAN CRISTOBAL HASTA EL CAPULIN			
4	EL CAPULIN (RIO DUERO)	20° 13´ 22"	102° 29´ 26"
AREA No. 2.- ZONA DE MAYOR EXPLOTACION DE APROVECHAMIENTOS SUBTERRANEOS.			
1	LOS PILARES (RIO DUERO)	20° 19´ 38"	102° 21´ 58"
SOBRE EL RIO LERMA Y EN SENTIDO CONTRARIO A LA CORRIENTE DESDE LOS PILARES HASTA EL SALTO			
2	EL SALTO (RIO LERMA)	20° 22´ 48"	102° 06´ 07"
3	CERRO GRANDE	20° 18´ 13"	102° 06´ 55"
4	LA JOYA (A 800 M. SOBRE TERRACERIA LA JOYA-LOS GUAJES).	20° 16´ 16"	102° 08´ 50"
5	LOMA LA MANGA (A 1.5 km AL SURESTE DE LOS GUAJES).	20° 15´ 10"	102° 09´ 10"
6	CERRO LOS PICACHOS	20° 14´ 14"	102° 11´ 25"
7	CERRO COLORADO (2 km AL ESTE DE CERRO COLORADO)	20° 14´ 55"	102° 12´ 52"
8	TEMPLO LAS CIENEGUITAS	20° 14´ 45"	102° 14´ 40"
9	CERRITO (A 2.5 km AL SURESTE DE LAS CIENEGUITAS).	20° 13´ 41"	102° 15´ 26"
10	CERRO AL NORESTE DE SAN J. DE VARGAS.	20° 12´ 29"	102° 15´ 32"
11	CERRO LA CENIZA	20° 14´ 18"	102° 16´ 55"
12	CERRO PRIETO	20° 14´ 17"	102° 18´ 27"
13	CERRO LA CALLE	20° 11´ 11"	102° 20´ 24"
14	C. LA TROMPETA	20° 12´ 44"	102° 22´ 18"
14	LOS CHARCOS	20° 16´ 18"	102° 25´ 09"
15	EL CAMPEÑO	20° 16´ 52"	102° 21´ 00"

Según el historial administrativo de la Subgerencia de Ingeniería se estima que existen

aproximadamente 575 aprovechamientos distribuidos de la siguiente forma:

USO	No. DE APROV.	%	VOL. EXTRAIDO (Mm ³)
AGRICOLA	485	84.35	102.848
PUBLICO URBANO	60	10.43	12.723
SERVICIOS Y OTROS	28	4.87	5.938
INDUSTRIAL	2	0.35	0.424
TOTAL:	575	100	121.933

Después de los estudios realizados en el año de 1992, la zona ha sido poco estudiada y el monitoreo piezométrico no se realizó de manera periódica razón por la cual se carece de registros piezométricos actuales.

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS

7.1 Entradas

7.1.1. Recarga natural

Estas entradas están representadas en parte por la recarga vertical (Rv) y el flujo horizontal (Rfhz)

Debido a la dificultad técnica que implica calcular la recarga vertical, obtenida de sumar algebraicamente la recarga por los excedentes de riego y la recarga por infiltración proveniente de la lluvia, menos las descargas por evapotranspiración, se optó por dejar esta variable como incógnita en la ecuación de balance.

La magnitud de las entradas por flujo horizontal según el último cálculo realizado para el período de marzo de 1989 a marzo de 1992 fue del orden de 34,753,064 m³/día, anualizando tenemos que las entradas horizontales resultan del orden de 11,584,455 m³/año.

7.1.2 Recarga inducida

Dentro de estas entradas se consideran las aportaciones que se tienen por los excedentes del agua de riego (Rrr), las cuales se determinaron considerando un porcentaje de retorno de acuerdo al tipo de material en las zonas de riego del orden del 4%.

En la actualidad existe una superficie de regadío del orden de 8,128.8 Has y se utiliza un volumen de alrededor de 45,017 Mm³, provenientes de fuentes superficiales y subterráneas, los cuales generan una recarga por retornos de riego del orden de

1'800,680 m³/año

7.2 Salidas

7.2.1 Descargas naturales

Consideradas como salidas del acuífero se consideraron las descargas por manantiales, sumadas tienen una producción de 5.5 lps. Originando una descarga anual del orden de .102 hm³.

7.2.2 Salidas

De este acuífero están dadas principalmente por el bombeo. ya que las salidas horizontales, según el análisis de la historia piezométrica, hidrógrafos y planos de elevación para diferentes épocas del periodo 1979-1992, establecen que el efecto de salidas horizontales dejó de ocurrir hasta marzo de 1991.

El volumen total extraído de marzo de 1979 a marzo de 1989 era del orden de 64,397,915. m³/año y de marzo de 1989 a marzo de 1992 de 86,594,690 m³/año. se estima que en la actualidad se tiene una extracción a través de 575 del orden de 121,933 hm³/año.

7.3 Cambio de almacenamiento

Este factor se determinó a partir de la evolución de los niveles estáticos del agua subterránea, correspondiente a un intervalo de tiempo de 13 años y por ser un acuífero con comportamiento de libre a semiconfinado se le asignó un coeficiente de almacenamiento de 0.01, se determinó un volumen drenado del orden de:

$$V_d = 2.92 \text{ hm}^3/\text{año.}$$

EVOLUCIÓN	ÁREA km ²	ABATIMIENTO PROM. (m)	VOLUMEN ANUAL Mm ³
6-10	474.15	8	3793.2

$$3793.2/13 = 291.78 * 0.01 = 2.92 \text{ hm}^3.$$

ECUACIÓN DE BALANCE

$$\begin{array}{l} \text{Cambio de Almacenamiento} \\ \text{de la Unidad Hidrogeológica} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Recarga Total} \\ \text{(suma de entradas)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Descarga Total} \\ \text{(suma de salidas)} \end{array}$$

Entradas

$$(R_{fhz}) = 11.584 \text{ hm}^3/\text{año}$$

$$RV = \text{Incógnita}$$

$$R_{rr} = 1.800 \text{ m}^3/\text{año}$$

Salidas

$$S_b = 121.933 \text{ hm}^3/\text{año}$$

$$S_m = 0.102 \text{ hm}^3/\text{año.}$$

Por lo tanto, aplicando la ecuación de balance tenemos:

$$-2.92 = 13.384 + R_v - 122.035$$

$$R_v = 105.731 \text{ hm}^3/\text{año}$$

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:

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

Donde:

DMA = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero

R = Recarga total media anual

DNC = Descarga natural comprometida

VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero Briseñas-Yurécuaro es de **114.0 hm³/ año.**

8.2 Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero Briseñas-Yurécuaro la descarga natural comprometida es **2.0 hm³/año**.

8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **129,708,853 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022**.

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas (DMA)

La disponibilidad de aguas subterráneas, conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar el volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas:

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 114.0 - 2.0 - 129.708853 \\ \text{DMA} &= -17.708853 \text{ hm}^3/\text{año}. \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **17,708,853 m³ anuales**.