



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO PONCITLÁN (1404), ESTADO DE
JALISCO**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes.....	2
1.1 Localización.....	3
1.2 Situación administrativa del acuífero.....	4
2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.	5
3 FISIOGRAFÍA.....	6
3.1 Provincia fisiográfica.....	6
3.2 Clima.....	6
3.3 Hidrografía.....	7
3.4 Geomorfología.....	8
4 GEOLOGÍA.....	8
4.1 Estratigrafía.....	9
4.2 Geología estructural.....	9
4.3 Geología del subsuelo.....	9
5. HIDROGEOLOGÍA.....	10
5.1 Tipo de acuífero.....	10
5.2 Parámetros hidráulicos.....	10
5.3 Piezometría.....	11
5.4 Comportamiento hidráulico.....	11
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	12
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 HIDROMETRÍA.....	15
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	15
7.1 Entradas.....	15
7.1.1 Entradas por flujo subterráneo.....	15
7.1.2 Recarga inducida.....	16
7.2 Salidas.....	16
7.2.1 Evapotranspiración.....	16
7.2.2 Bombeo.....	17
7.2.3 Salidas por flujo subterráneo.....	17
7.3 Cambio de almacenamiento.....	17
7.4 Ecuación de balance.....	17
8. DISPONIBILIDAD.....	19
8.1 Recarga total media anual (R).....	20
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	20
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	20
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	20
9. BIBLIOGRAFÍA.....	22

1. GENERALIDADES

Antecedentes

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

Esta norma ha sido preparada por un grupo de especialistas provenientes de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, organismos de los gobiernos de los estados y municipios, y de la CONAGUA.

El método que establece la NOM indica que para calcular la disponibilidad de aguas subterráneas deberá de realizarse un balance de las mismas, donde se defina de manera precisa la recarga de los acuíferos, y de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA)

El cálculo de la disponibilidad obtenida permitirá una mejor administración del recurso hídrico subterráneo ya que el otorgamiento de nuevas concesiones sólo podrá efectuarse en acuíferos con disponibilidad de agua subterránea.

Los datos técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información necesaria, en donde quede claramente especificado el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar, considerando los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el REPDA.

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

1.1 Localización

El acuífero Poncitlán, definido con la clave 1404 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción central del Estado de Jalisco, entre los paralelos 20°18'36" y 20°33'00" de latitud norte y los meridianos 103°04'48" y 102°45'00" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, Figura 1.

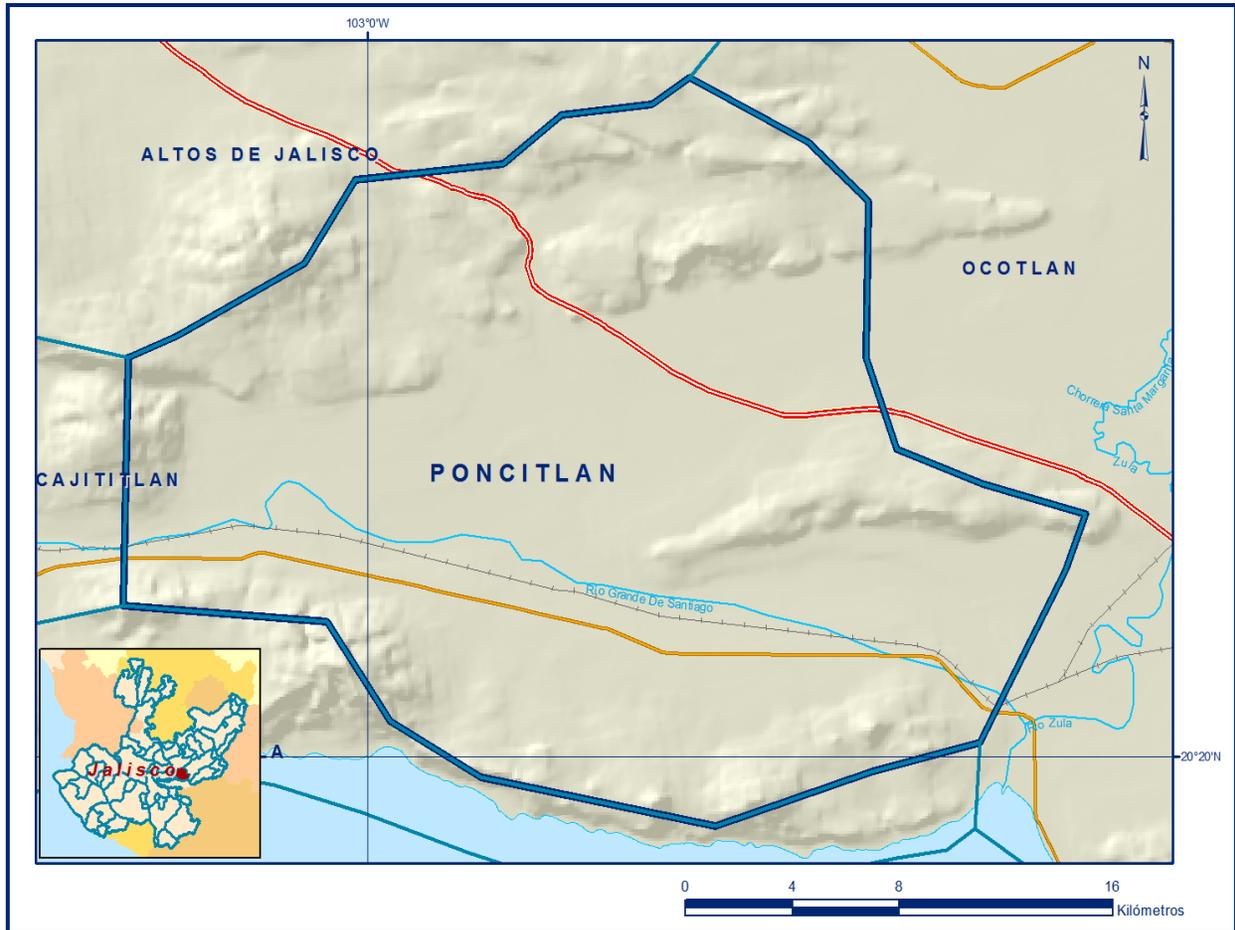


Figura 1. Localización del acuífero

Abarcando una superficie de 554.63 km² y se encuentra inscrito en la poligonal cuyos vértices se enumeran en la Tabla 1.

ACUÍFERO 1404 PONCITLAN						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	103	4	50.5	20	27	33.8
2	103	3	52.4	20	27	58.3
3	103	1	16.5	20	29	20.8
4	103	0	15.3	20	30	55.6
5	102	57	15.0	20	31	13.9
6	102	56	4.7	20	32	9.0
7	102	54	14.6	20	32	21.2
8	102	53	28.7	20	32	51.8
9	102	51	5.1	20	31	38.4
10	102	49	51.7	20	30	31.1
11	102	49	54.7	20	27	33.8
12	102	49	18.1	20	25	49.9
13	102	47	34.1	20	25	10.1
14	102	45	28.8	20	24	36.5
15	102	45	53.2	20	23	32.3
16	102	47	37.2	20	20	16.7
17	102	49	48.6	20	19	43.0
18	102	52	58.2	20	18	41.9
19	102	57	42.5	20	19	36.9
20	102	59	32.5	20	20	41.1
21	103	0	49.0	20	22	34.2
22	103	4	56.6	20	22	52.6
1	103	4	50.5	20	27	33.8

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

Incluye parcialmente los municipios de Ocotlán, Poncitlán, Zapotlán del Rey y Zapotlanejo.

Entre las poblaciones de mayor importancia están las cabeceras municipales antes citadas, así como los poblados de Santa Cruz, el Grande, Autlán, San Miguel, Zapotitán, Tecualtitlán y San Jacinto. Las poblaciones más importantes que se encuentran dentro de los límites del acuífero Poncitlán son Zapotlán del Rey y Poncitlán.

1.2 Situación administrativa del acuífero

Decretos de Veda.

Existen dos decretos de veda, el primero publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de febrero de 1951 para los valles de Tesistán, Atemajac y Toluquilla, el segundo publicado el 7 de abril de 1976 y como ampliación hacia las zonas circunvecinas a los mismos valles.

Ambos decretos son por tiempo indefinido y establecen veda de control para prevenir perjuicios al abastecimiento de agua potable y usos domésticos de la ciudad de Guadalajara, así como procurar la conservación de los acuíferos en condiciones de explotación racional y, controlar la construcción o ampliación de obras de alumbramiento, extracción y aprovechamiento de aguas del subsuelo; prohíbe sin previo permiso de la autoridad competente, el cambio de uso y destino, los incrementos de gasto y volúmenes de extracción, tampoco podrán cambiarse las características constructivas de las obras y solo se otorgarán en aquellos casos en que, de los estudios respectivos, resulte que dichas obras no causarán los perjuicios que se tratan de evitar con la veda.

Zonas de disponibilidad. - De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1.

Organización de Usuarios.- El 21 de abril de 1997, se integró la mesa de trabajo del Río Santiago, con el objeto de promover, integrar e instalar la Comisión de Cuenca, quedando formalmente instalada el 17 de septiembre del mismo año, con los siguientes objetivos: ordenamiento y regularización de los usos del agua para control, prevención de la cantidad y calidad del agua y su saneamiento; así como hacer una distribución equitativa, establecer el uso eficiente, manejo y conservación de cuencas, corrientes y acuíferos. La participación con los usuarios es importante que se realice en los comités estatales y en el censo del Consejo de la Cuenca, ya que se han marcado como perspectivas a corto plazo, establecer un nuevo orden para administrar y aprovechar el agua, mejorar la eficiencia en el uso y lograr una mayor participación de los usuarios de aguas subterráneas para establecer el COTAS del acuífero.

Usuarios mayores de agua subterránea. - Los usuarios potenciales de aguas subterráneas son los de uso agrícola, uso público urbano e industrial.

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.

En todos los estudios que a continuación se mencionan se abarcó parte del acuífero Poncitlán. Geohidrología de los valles de Atemajac, Tesistán, Ameba, Ahualulco y San Marcos, Jal.- Ariel Construcciones, S.A. 1973. Las actividades que comprendió el estudio fueron: Censo de captaciones, nivelación de brocales, hidrología y geoquímica, apreciación muy preliminar de los recursos hidráulicos subterráneos. Actualización del estudio geohidrológico de los valles de Tesistán-Atemajac-Ocotlán, Jal. Geocalli, S.A. 1981.

Las actividades realizadas fueron: Censo de captaciones, nivelación de 163 brocales, piezometría, 30 pruebas de bombeo, 127 muestras y análisis de agua subterránea, aforo de manantiales, cálculo de extracciones, determinación de parámetros hidráulicos, familias de agua y balance de agua subterránea.

Estudio geohidrológico de la zona Tesistán-Atemajac, estado de Jalisco-Ariel Consultores, S.A. 1989-1990.

Se realizaron las siguientes actividades: Prospección geofísica para investigación del acuífero a 500 m de profundidad, nivelación de 42 brocales, ampliación de la red piezométrica, muestreo de análisis de 60 aprovechamientos para la caracterización de la calidad del agua, 15 pruebas de bombeo para cubrir los claros de estudios anteriores para determinar la transmisividad, verificación de datos de los padrones de usuarios existentes y censos de aprovechamientos de la zona de Ocotlán, así como el balance y disponibilidad del agua subterránea para los dos acuíferos estudiados Tesistán-Atemajac, Toluquilla y Ocotlán.

3 FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

El acuífero se localiza en la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico y a grandes rasgos queda delimitada al sur, por los Cerros El Chiquihuitillo y el Alfiler, parteaguas entre esta unidad y la unidad cuenca propia del Lago, al Norte la limitan los Cerros El Suyate, El Cerrito y la Coronita entre otros. Al Este El Estrangulamiento de Atequiza que se forma con los Cerros El Molina y Agua Escondida.

Al Oeste queda delimitada por dos estrangulamientos entre Mesa de los Tanques y Meza de Ocotes y esta misma con el Cerro del Chiquihuitillo, ubicándose en la parte centro la población de Ocotlán, Jal.

3.2 Clima

Temperatura Media Anual. Respecto a la temperatura media anual en la zona, reportada por la estación climatológica Poncitlán cuya ubicación se localiza en las coordenadas 20° 23' de latitud norte y los 102° 55' de longitud oeste y para un periodo de 41 años es de 20° C.

Precipitación media anual. Para efectos del balance se puede considerar una precipitación promedio de 788.5 mm/año, para la zona del acuífero Poncitlán esta cifra se basa en los promedios observados en la estación climatológica Poncitlán.

3.3 Hidrografía

La zona pertenece a la región Hidrogeológica 12 Cuenca de los Ríos Lerma-Santiago, Subcuenca Alta del Río Santiago, este es el colector principal de la zona de estudio se origina en el Lago de Chapala y sigue una dirección hacia el este a la población de Poncitlán; cabe hacer aquí una aclaración pertinente, la estación hidrométrica que define el límite de la cuenca propia de Chapala es la estación Poncitlán que esta situada prácticamente a la salida del valle de Ocotlán otra aclaración es la correspondiente al Río Zula que se une al Río Santiago cerca de la Rivera del Lago de Chapala, se considera parte de la Cuenca de Lerma- Chapala.

Después de la estación Poncitlán, el Río Santiago sigue su cauce en dirección a la estación hidrométrica Atequiza, en donde se presenta un estrechamiento notable que ha servido para definir el límite del acuífero en estudio.

En resumen, el área a pesar de ubicarse hidrográficamente en una sola cuenca, del Río Santiago, hidrológicamente le corresponde estar en dos cuencas, la de Lerma Chapala hasta la estación de Poncitlán y de aquí en adelante se ubica en la cuenca Bajo Santiago ambas dentro de la región Lerma Santiago.

Las aguas superficiales son utilizadas para las actividades agropecuarias al igual que las obras que se localizan en los arroyos La Cañada y Agua Fría, afluentes de la margen izquierda del Río Santiago, que son utilizadas para el abastecimiento a la zona metropolitana de Guadalajara. De acuerdo con los datos consignados en el estudio de 1981 de Geocalli S.A. en un tramo de casi 40 km el Río Santiago lleva un gasto base sin embargo la cuantificación del aporte del Acuífero al Río no se ha efectuado por que no se puede determinar cual es el aporte que el Río Zula hace al Río Santiago pues lleva también un flujo base estimado de 69.93 mm³.

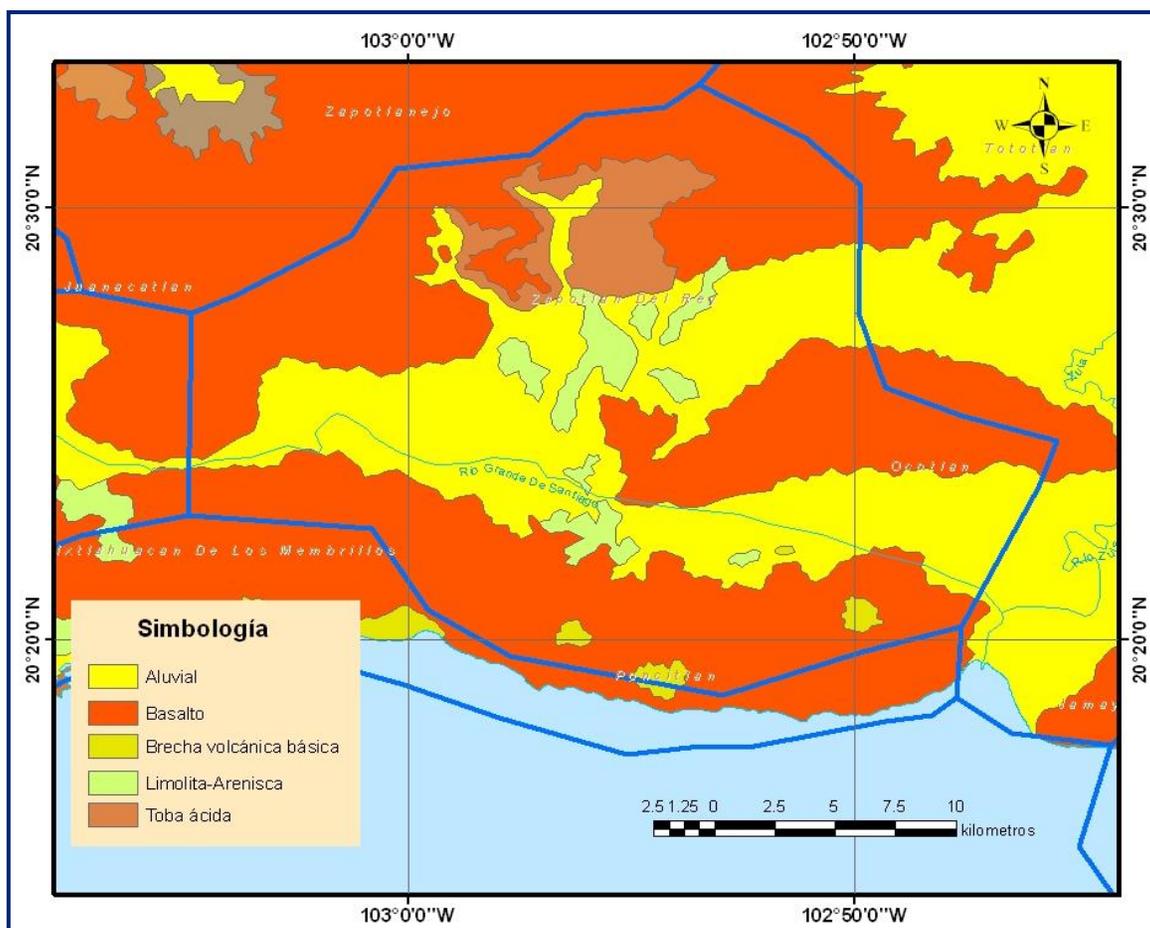
El escurrimiento medio de la estación Corona es la suma de las salidas del Lago de Chapala del aporte del Río Zula y de las aportaciones del acuífero a todo el valle. De acuerdo a los datos del boletín hidrométrico 51 de la SARH, en el periodo de 1960 a 1996 se ha medido un promedio anual de 699.35 mm³ volumen equivalente a un gasto de aproximadamente de 22 lps.

3.4 Geomorfología

En esta unidad las principales zonas montañosas se localizan al norte siendo estas Cerro Grande y Mesa de Amula, constituyendo áreas de recarga común. Al sur se localizan una cordillera denominada por el Cerro El Chiquihuitillo y Sierra de las Vigas, es muy probable que también constituyan zonas de recarga para esta unidad o por lo menos una posibilidad de flujo subterráneo a partir de un sistema de flujo entre acuíferos; Ésta posibilidad será analizada a detalle en el capítulo de Hidrogeología.

4 GEOLOGÍA

Este acuífero es un reflejo del marco geológico general, mostrando un ambiente completamente volcánico, propio del Eje Neovolcánico (Faja Volcánica Transmexicana (FVT), aunque con particularidades en una franja paralela al colector Río Santiago, donde se tiene la presencia de depósitos lacustres continentales del Terciario.



4.1 Estratigrafía

Se encuentra representada por materiales sedimentarios aluviales, de llanura de inundación, piamonte lacustre, etc.

Afloran también unas areniscas que se le atribuyen un origen volcánico, todo este paquete presenta una edad correspondiente al Cuaternario, descansando sobre un basalto del Terciario Superior. Se considera que el comportamiento geohidrológico de ambas unidades es definido, en el primero lo constituye el sedimentario formada por material granular y arcilloso, lacustre y de llanura de inundación, así como los depósitos fluviales que son excelentes transmisores de agua al subsuelo y llegan a constituir acuíferos productores cuando los niveles piezométricos se hayan a poca profundidad con respecto al terreno.

Por lo que respecta a los basaltos en caso de presentarse fracturadas pueden formar un acuífero de importancia por su posición estratigráfica que le permite funcionar como tal.

4.2 Geología estructural

Se define por movimientos tectónicos que dieron como resultado la formación del Eje Volcánico, que presenta una orientación Este-Oeste perfectamente delimitada. Como consecuencia se formaron una serie de Horts-Grabens que por su distribución y posición dieron origen a los principales lagos en la zona, los cuales fueron rellenados por material sedimentario en forma total o parcial.

4.3 Geología del subsuelo

Se recopilaron unos 15 cortes litológicos de pozos perforados en la zona y en la mayor parte de ellos se cortaron basaltos de buena a regular permeabilidad, dependiendo del fracturamiento, con ayuda de estos cortes se elaboraron secciones de orientación norte-sur de cuya interpretación se desprende lo siguiente:

En estas secciones aparecen materiales basálticos en la parte inferior que, aunque tienen composición similar no tienen las mismas características de alteración o fracturamiento ya que no todos los pozos fueron productores cuando cortaron basaltos. La productividad se debe a su permeabilidad secundaria originada por los procesos volcánicos o tectónicos posteriores.

Un material que se presenta en la zona es de origen lacustre de color verde a gris claro textura fina que puede ser limo o arcilla con una plasticidad que se puede asociar más bien a las arcillas. En la región los perforistas le conocen como chaute y aunque en general está saturado con agua no tiene suficiente permeabilidad para ser considerado un material productor.

De hecho los pozos que cortan este material no producen de este estrato sino de otros materiales como arenas, limos que también se cortan en todos los pozos perforados. Este material fino de origen lacustre en algunos pozos se presenta intercalado con los basaltos, esto sucede en particular al norte de Ocotlán entre Puerta del Sabino y Mesa de los Ocotes. Estos materiales lacustres junto con los demás de relleno de estas fosas tectónicas, que algunos geólogos han descrito en sus cortes como tobas arcillosas forman buenos contenedores de agua subterránea, por sus diferentes propiedades de porosidad y permeabilidad.

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

El acuífero debe su origen como ya se menciona anteriormente a fallamientos normales que produjeron fosas rellenas posteriormente. Esta unidad es drenada longitudinalmente por el Río Santiago. El Norte y Sur de la unidad queda limitada por derrames de basalto impermeable, al Este se encuentra abierto al flujo a través de sedimentos lacustres estableciendo comunicación con la Ciénega de Chapala.

El acuífero Ocotlán, finalmente por el Noreste se define una salida de flujo subterráneo al acuífero Cajititlán, en la parte superior a través de sedimentos lacustres y arenas y hacia la parte inferior a través de basaltos alterados. Mientras por el Oeste se define un estrechamiento donde se ubica la Presa Corona.

5.2 Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos reportados en los estudios consultados son un promedio representativo al espesor acuífero, las pruebas fueron efectuadas en 1973 y 1989 y su interpretación fue efectuada con el método de Jacob.

En la zona comprendida entre Ocotlán y Poncitlán, los valores máximos de transmisividad oscilan entre 4.0 a 10 m²/s, correspondiendo a materiales aluviales, mientras que los valores mínimos son del orden 0.13 a 0.58 x 10⁻³ m²/s, correspondientes a las rocas ígneas que han sido alteradas y convertidas en arcillas.

De igual manera, el estudio de Ariel de 1993 reporta que valores semejantes de transmisividad se han obtenido en sedimentos aluviales entre 0.30 y $0.53 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

En cuanto a la determinación del coeficiente de almacenamiento, en los estudios consultados no se menciona alguna determinación mediante pruebas de bombeo, por lo cual este parámetro si se requiere en el cálculo del balance, será tomado exclusivamente como un promedio de los materiales sedimentarios que existen en la zona.

5.3 Piezometría

Para una mejor definición del sistema de flujo subterráneo se cuenta con una red de pozos piloto donde la Comisión mide los niveles desde 1990 y coincide con la actualización del estudio de Ariel de 1990.

Con el fin de obtener una red de flujo más representativa del movimiento de agua en el subsuelo, se efectuó un recorrido extraordinario de medición de niveles en noviembre de 2002, que junto con los datos anteriores se indican en la siguiente tabla:

Tabla. 2.- Niveles estáticos, acuífero Poncitlán, Jal. (Nov. 2002).

	Pozo	Nivel estático (m)
1	Eliseo Becerra	08.77
2	Sidronio	39.64
3	Potrerosillos	89.19 (influenciado)
4	Rancho El Sabino	26.21
5	La Colonia 2	29.31
6	Jesús Martínez	30.28
7	La Soledad	37.04
8	El Derramadero	20.10
9	Gomeño 2	26.80
10	La Bueyera 2	20.50

5.4 Comportamiento hidráulico

La recarga se origina en los depósitos de pie de monte asociados a la serranía localizada en la parte norte del área, en La Mesa Laguneta y Mesa de Amula. Además, existe mayor recarga en el Cerro Grande. Solo se utilizaron los valores correspondientes a los pozos y esto se debe a que son muy variables los datos de los acuíferos más profundos como los basaltos fracturados y alterados.

Así tenemos que el nivel de los pozos es un promedio de los diferentes acuíferos por donde se mueve el agua subterránea, se considera que la principal zona acuífera correspondiente a una roca confinada, en la que el nivel tiende a subir por arriba de la capa que lo confina o semiconfinado y por esta razón estos niveles serán más representativos de las condiciones del acuífero en explotación.

5.4.1 Profundidad al nivel estático

La profundidad al nivel estático representa la distancia a la que se encuentran los niveles del agua subterránea, formando parte directa del acuífero y regularmente se encuentra condicionada por la topografía del terreno; para el caso del acuífero Poncitlán, con los datos piezométricos colectados para la realización del estudio geohidrológico en la zona de Tesistán-Atemajac, por la compañía Ariel Consultores, S.A. se elaboró la configuración de profundidad al nivel estático para el año 1990, misma que se presenta en la figura 3.

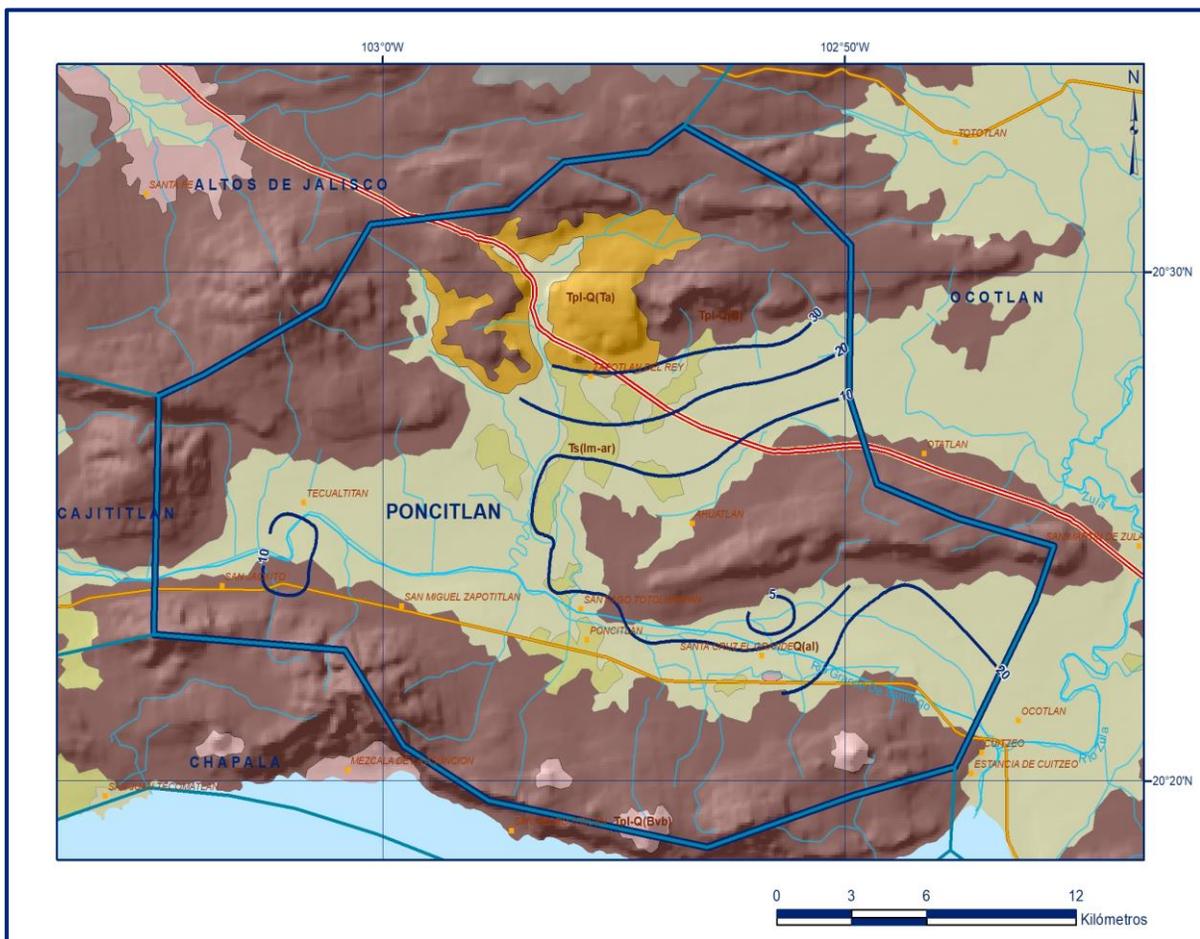


Figura 3. Profundidad al nivel estático en m (1990)

Los niveles más profundos se localizan hacia la porción norte y sur del acuífero, hacia las estribaciones de las sierras, con valores que oscilan entre los 20 y 30 metros. Hacia la parte central del acuífero los niveles son más someros con profundidades entre los 5 y 10 metros.

5.4.2 Elevación del nivel estático

Con el fin de determinar la posición del nivel del agua subterránea en función a un plano de referencia, en este caso con respecto al nivel medio del mar, se buscaron los aprovechamientos que permitieran tener una distribución espacial de los pozos con datos piezométricos adecuada para apoyar las configuraciones de elevación del nivel estático y con ello posteriormente determinar la red de flujo.

Con esta información se elaboró la configuración de 1990, mostrada en la figura 4. Las principales entradas al acuífero provienen de las partes altas al norte, mientras que hacia la porción sureste existe una pequeña salida hacia el acuífero de Ocotlán.

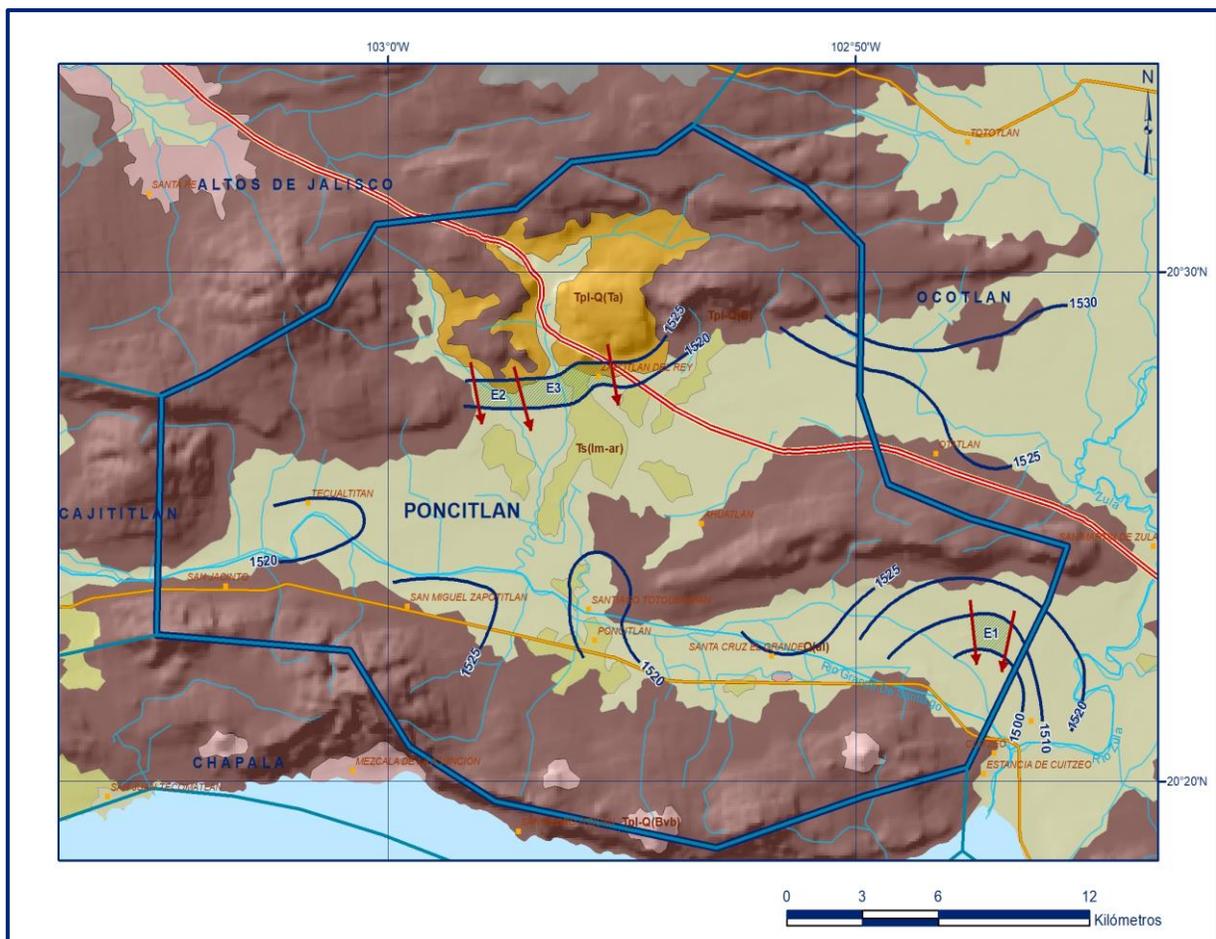


Figura 4. Elevación del nivel estático en msnm (1990)

5.4.3 Evolución del nivel estático

Para la determinación de esta configuración se utilizaron los datos de piezometría tomados para el estudio geohidrológico en la zona de Tesistán-Atemajac, realizado por la Compañía Ariel Consultores, S.A. en 1990, el período entonces es de 8 años y los valores resultantes se muestran en la figura 5.

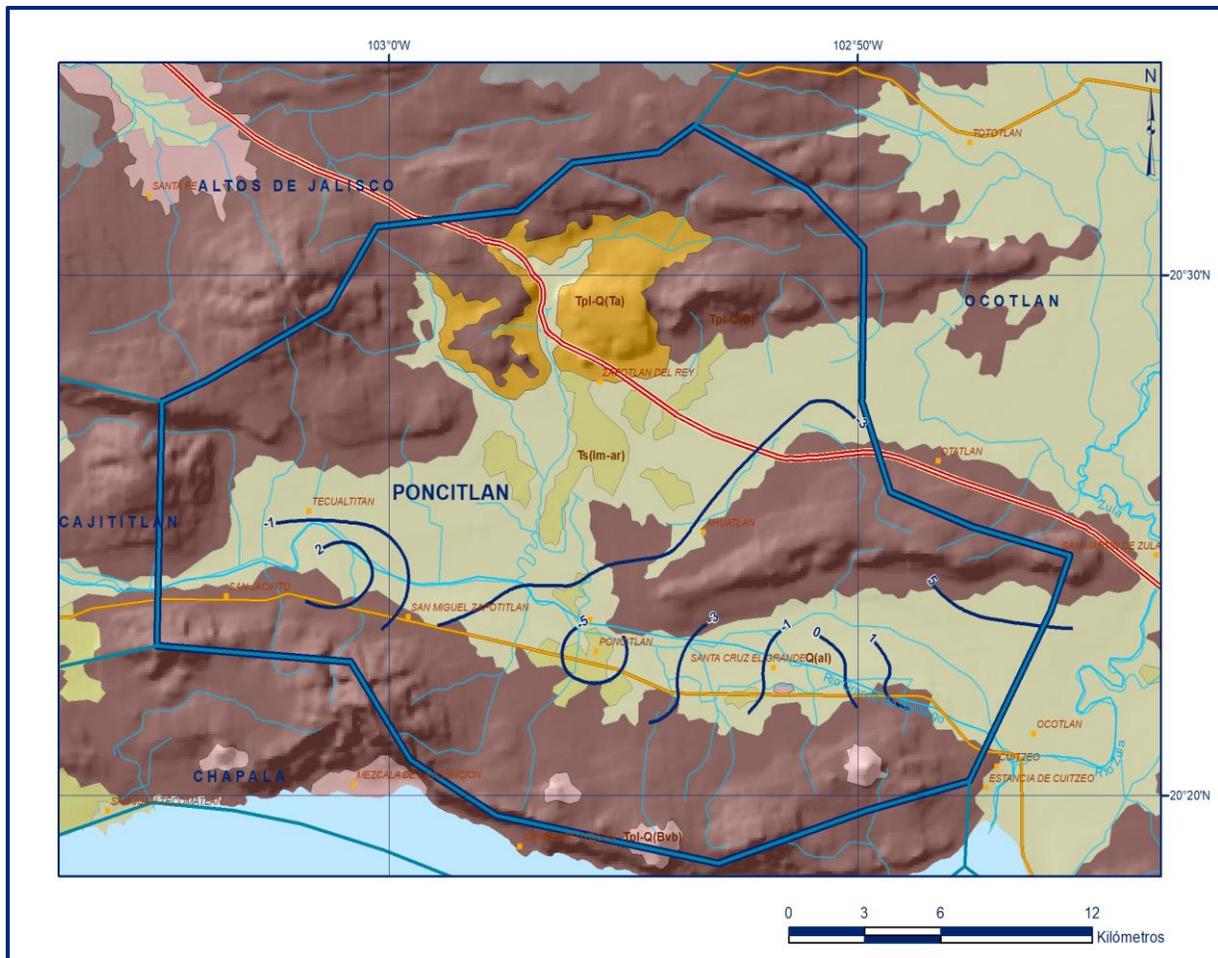


Figura 5. Evolución del nivel estático en m (1982-1990)

En las porciones oeste y sureste del acuífero se presentan pequeños ascensos en el nivel estático, mientras que hacia el centro del acuífero se observan descensos máximos para este período de 5 metros en los alrededores del poblado de Poncitlán.

Con estos datos concluimos que no existe un cambio de almacenamiento significativo en el acuífero.

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.

En la zona existen varios tipos de agua, dependiendo del lugar donde se ubiquen los pozos utilizados para la clasificación hidrogeoquímica. En la zona de Zapotlán y Poncitlán predomina el tipo bicarbonatado sódico, con una concentración en STD que va de los 300 a 1200 mg/l. Las aguas son ligeramente duras debido a su contenido de CaCO_3 .

En la zona de Zapotlán del Rey se presentan cambio Hidrogeoquímico en función con la dirección del flujo subterráneo. Así el agua subterránea va de $\text{HCO}_3\text{-Mg}$ a HCO_3MgCa con una concentración total de 252 a 650 mg/l siendo el valor máximo derivado por un incremento en nitratos y carbonatos.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

La información generada por el REPDA, para diciembre de 2004 dio como resultado un volumen anual concesionado de **25.9 $\text{hm}^3/\text{año}$** (Millones de metros cúbicos anuales).

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

7.1 Entradas

7.1.1 Entradas por flujo subterráneo

Estas entradas están representadas en 3 frentes y se calcularon por medio del análisis generado a partir del plano de elevaciones del nivel estático de a la figura 5 y con los valores de transmisividad del estudio de Ariel 1990.

Canal	Ancho	Gradiente	Transmisividad m^2/s	Caudal m^3/s
1	5700	0.005	0.004	0.115
2	2800	0.0083	0.004	0.0938
3	18,500	0.01	0.01	0.034
				0.2717

Por lo que las entradas horizontales son **7.7 $\text{hm}^3/\text{año}$** .

7.1.2 Recarga inducida

Se tienen aportaciones por fugas de los sistemas de agua potable y alcantarillado de las poblaciones de Poncitlán y Zapotlán del Rey principalmente considerando que el espesor no saturado está constituido por limos, arenas y arcillas regularmente permeables por lo tanto se considera el factor de recarga es del 10%.

Volumen para uso público urbano = $3.1 \text{ Hm}^3/\text{a}$

Recarga por fugas de los sistemas de agua potable $3.1 * 0.1 = \mathbf{0.3 \text{ hm}^3/\text{a}}$

Los retornos de riego se consideran como recarga a partir del volumen utilizado para uso agrícola, considerando un factor de recarga del 20%. Este coeficiente se aplica al volumen de agua para uso agrícola y resulta: $22.4 * 0.2 = \mathbf{4.5 \text{ hm}^3/\text{año}}$.

Por lo tanto, la recarga inducida es igual a $0.3 + 4.5 = \mathbf{4.8 \text{ hm}^3/\text{año}}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

7.2 Salidas

7.2.1 Evapotranspiración

Este parámetro es la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas, por lo tanto, es considerada una forma de pérdida de humedad del sistema.

Existen dos formas de Evapotranspiración: la que considera el contenido de humedad en el suelo y la que considera la etapa de desarrollo de las plantas (Evapotranspiración Potencial y la Evapotranspiración Real), el escurrimiento y el volumen de evapotranspiración real (ETR). Este parámetro es utilizado para la recarga potencial de infiltración

El efecto de estas componentes del ciclo hidrológico sobre los niveles del agua subterránea, se da en las áreas en que estos se encuentran someros, a menos de 10 metros de la superficie, siendo muy difíciles de estimar en forma separada, por lo que regularmente se manejan en forma conjunta como evapotranspiración, siendo la fórmula empírica de Turc la que más se aplica en este tipo de estudios.

Utilizando el método de Turc, resultó un valor de 683.3 mm, que multiplicado por el área donde aflora el material aluvial, y donde se presentan los niveles más someros, resulta: $0.683 * 20.3 \text{ km}^2 = 13.86 \text{ hm}^3$.

Y tomando un valor promedio de 5 metros de profundidad al nivel estático $13.86 \times 0.5 = 6.9 \text{ hm}^3/\text{anuales}$. (Millones de metros cúbicos anuales).

7.2.2 Bombeo

La información generada por el REPDA, para diciembre de 2004 dio como resultado un volumen anual concesionado de **25.9** $\text{hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

7.2.3 Salidas por flujo subterráneo

La dirección de flujo subterráneo nos muestra una pequeña salida considera como salida por flujo subterráneo al acuífero Ocotlán a partir de la configuración de las curvas de igual valor de la elevación de niveles estáticos se calculó el flujo subterráneo de salida como sigue; tomando en cuenta un valor de transmisividad de $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, en un caudal de ancho cercano a 2.3 km y de diferencia entre equipotenciales de 10 m, con una longitud de 1.4 km, aproximadamente se ha calculado un gasto de casi $0.0033 \text{ Hm}^3/\text{s}$, equivalente a un volumen anual de **1.0 $\text{hm}^3/\text{año}$** (Millones de metros cúbicos anuales).

7.3 Cambio de almacenamiento

Este factor se determina de acuerdo a los resultados del plano de evoluciones de niveles estáticos de 1982 a 1990, resultando un intervalo de 8 años, elaborado con la información de los estudios de Ariel 1990.

El coeficiente de almacenamiento $S = 0.09$ se tomó del mismo estudio.

Con estos valores se tiene que el volumen de agua tomada del almacenamiento (volumen drenado), es igual al producto del área por el abatimiento y por el coeficiente de almacenamiento. El resultado no es significativo para la totalidad del área del acuífero, por lo que se considera un cambio de almacenamiento con un valor de cero.

7.4 Ecuación de balance

$$\begin{array}{l} \text{CAMBIO DE} \\ \text{ALMACENAMIENTO EN EL} \\ \text{ACUÍFERO} \end{array} = \begin{array}{l} \text{RECARGA TOTAL} \\ \text{(SUMA DE} \\ \text{ENTRADAS)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{DESCARGA TOTAL (SUMA DE} \\ \text{SALIDAS)} \end{array}$$

ENTRADAS

Recarga horizontal = 8.6 hm³/año

Recarga por fugas en la red = 0.3 hm³/año

Recarga por retornos de riego = 4.5 hm³/año

Recarga vertical = incógnita

SALIDAS

Evapotranspiración = 6.9 hm³/año.

Bombeo = 25.9 hm³/año.

Salida horizontal = 1.0 hm³/año.

POR LO TANTO

$R_v + R_h + R_{fr} + R_{rr} - \text{Evaptr.} - \text{Bombeo} - S_h = +\Delta V(s)$

$R_v + 8.6 + 0.3 + 4.5 - 6.9 - 25.9 - 1.0 = 0.0$

$R_v + 13.4 - 33.8 = 0.0$

$R_v = 20.4 \text{ hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

Por lo tanto, la recarga total resulta de la suma de la recarga vertical + entradas horizontales+ recarga inducida= 20.4 + 8.6 + 4.8 = **33.8 hm³/año** (Millones de metros cúbicos anuales).

En la tabla 3, se presenta un resumen del balance de aguas subterráneas.

Tabla 3. Balance de aguas subterráneas

Área total del acuífero			km ²	560.85
RECARGA TOTAL				
Área del valle			km ²	
Coeficiente				
Precipitación			mm/año	788.50
Recarga natural por lluvia			h ³ /año	20.4
Entradas horizontales			hm ³ /año	8.6
Total de recarga natural			hm ³ /año	29.0
Público Urbano			hm ³ /año	
Recarga inducida P. U.			hm ³ /año	0.3
Agrícola más otros			hm ³ /año	
Recarga inducida Agrícola + otros			hm ³ /año	4.5
RECARGA TOTAL			hm ³ /año	33.8

DESCARGA TOTAL				
Salidas horizontales			hm ³ /año	1.0
Caudal base			hm ³ /año	
Evapotranspiración			hm ³ /año	6.9
Extracción total			hm ³ /año	25.9
Manantiales comprometidos			hm ³ /año	
Agrícola			hm ³ /año	
Público			hm ³ /año	
Urbano			hm ³ /año	
Industrial			hm ³ /año	
Otros			hm ³ /año	
DESCARGA TOTAL			hm ³ /año	33.8
Cambio de almacenamiento			hm ³ /año	
Coefficiente de almacenamiento				
Volumen drenado				
AGUA SUPERFICIAL				
Agrícola				
Público Urbano				
Industrial				

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 **33.8 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 este caso, su valor es de: **DNC = 4.4 hm³ anuales.**

8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica. En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **32,920,681 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022.**

8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

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

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

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= \text{R} - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 33.8 - 4.4 - 32.920681 \\ \text{DMA} &= -3.520681 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **3,520,681 m³ anuales.**

9. BIBLIOGRAFÍA

Ariel Construcciones, S.A. de C. V., 1973. Geohidrología de los Valles de Atemajac, Tesistán, Ameca, Aqualulco y San Marcos, Jalisco. 59 pp.

Ariel Construcciones S.A. de C. V. 1989. Estudio Geohidrológico de la zona de Tesistán-Atemajac, Estado de Jalisco. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas, Contrato SGA-89-47, reporte interno (inédito).

Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Agricultura y Recursos Naturales, 1992. Ley de Aguas Nacionales.

Comisión Nacional del Agua, 1994. Condiciones geohidrológicas de Jalisco.

Comisión Nacional del Agua, 1994. Recursos Hidráulicos Subterráneos del Estado de Jalisco.

Comisión Nacional del Agua, 2000. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Ameca, Estado de Jalisco. Gerencia de Aguas Subterráneas. 25pp.

Comisión Nacional del Agua, 2000. Base de datos REPDA, cuencas hidrológicas de Atemajac, Toluquilla, Estado de Jalisco. Archivos internos (inéditos).

Geocalli, S.A. de C. V., 1981. Actualización del Estudio Geohidrológico Tesistán-Atemajac-Ocotlán, Estado de Jalisco. Estudio realizado para la Comisión Nacional del Agua, reporte interno (inédito).

Geoex, S.A. de C. V. 1996. Actualización del Estudio Geohidrológico de la Zona Conurbada de Guadalajara, Jalisco. Estudio realizado para el Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), reporte interno (inédito).