

***Actualización de la disponibilidad media anual  
de agua en el acuífero Tequila (1437), Estado  
de Jalisco***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación  
20 de abril de 2015*

## Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

CDXCIII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO"							
CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES							
ESTADO DE JALISCO							
1437	TEQUILA	23.9	4.6	12.750309	3.4	6.549691	0.000000

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.



**Comisión Nacional del Agua**  
**Subdirección General Técnica**  
**Gerencia de Aguas Subterráneas**  
**Subgerencia de Evaluación y**  
**Ordenamiento de Acuíferos**

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN  
EL ACUÍFERO TEQUILA (1437), ESTADO JALISCO***

***México D.F., Junio de 2011***

## CONTENIDO

1.	GENERALIDADES .....	1
	Antecedentes .....	1
1.1.	Localización .....	1
1.2.	Situación administrativa del acuífero .....	3
2.	ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD .....	3
3.	FISIOGRAFÍA .....	4
3.1.	Provincia fisiográfica .....	4
3.2.	Clima .....	4
3.3.	Hidrografía .....	5
3.4.	Geomorfología .....	5
4.	GEOLOGÍA .....	7
4.1.	Estratigrafía .....	8
4.2.	Geología estructural .....	8
4.3.	Geología del subsuelo .....	9
5.	HIDROGEOLOGÍA .....	10
5.1.	Tipo de acuífero .....	10
5.2.	Parámetros hidráulicos .....	10
5.3.	Piezometría .....	10
5.4.	Comportamiento hidráulico .....	11
5.4.1.	Profundidad al nivel estático .....	11
5.4.2.	Elevación del nivel estático .....	12
5.4.3.	Evolución del nivel estático .....	12
5.5.	Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea .....	13
6.	CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA .....	13
7.	BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	14
7.1.	Entradas .....	14
7.1.1.	Recarga vertical (Rv) .....	14
7.1.2.	Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh) .....	15
7.1.3.	Recarga inducida (Ri) .....	16
7.2.	Salidas .....	16
7.2.1.	Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh) .....	16
7.2.2.	Evapotranspiración (ETR) .....	17
7.2.3.	Bombeo (B) .....	19
7.2.4.	Descarga de manantiales (Dm) .....	19
7.2.5.	Descarga por flujo base (Dfb) .....	19
7.3.	Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$ .....	20
8.	DISPONIBILIDAD .....	20
8.1.	Recarga total media anual (Rt) .....	21
8.2.	Descarga natural comprometida (DNCOM) .....	21
8.3.	Volumen concesionado de agua subterránea (VCAS) .....	21
8.4.	Disponibilidad media anual de agua subterránea (DAS) .....	21
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	22

## **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-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 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 concesionado vigente en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDa).

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 Tequila, definido con la clave 1437 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se ubica en la porción centro-este del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 50' y 21° 13' de latitud norte y los meridianos 103° 47' y 104° 14' de longitud oeste; abarca una superficie aproximada de 961 km<sup>2</sup> (figura 1).

Limita al noreste con el acuífero San Martín de Bolaños; al sureste con Amatitán; al sur con Ameca, pertenecientes al estado de Jalisco; al noroeste con el acuífero Valle Santiago-San Blas y al oeste con Valle de Ixtlán-Ahuacatlán, pertenecientes al estado de Nayarit.

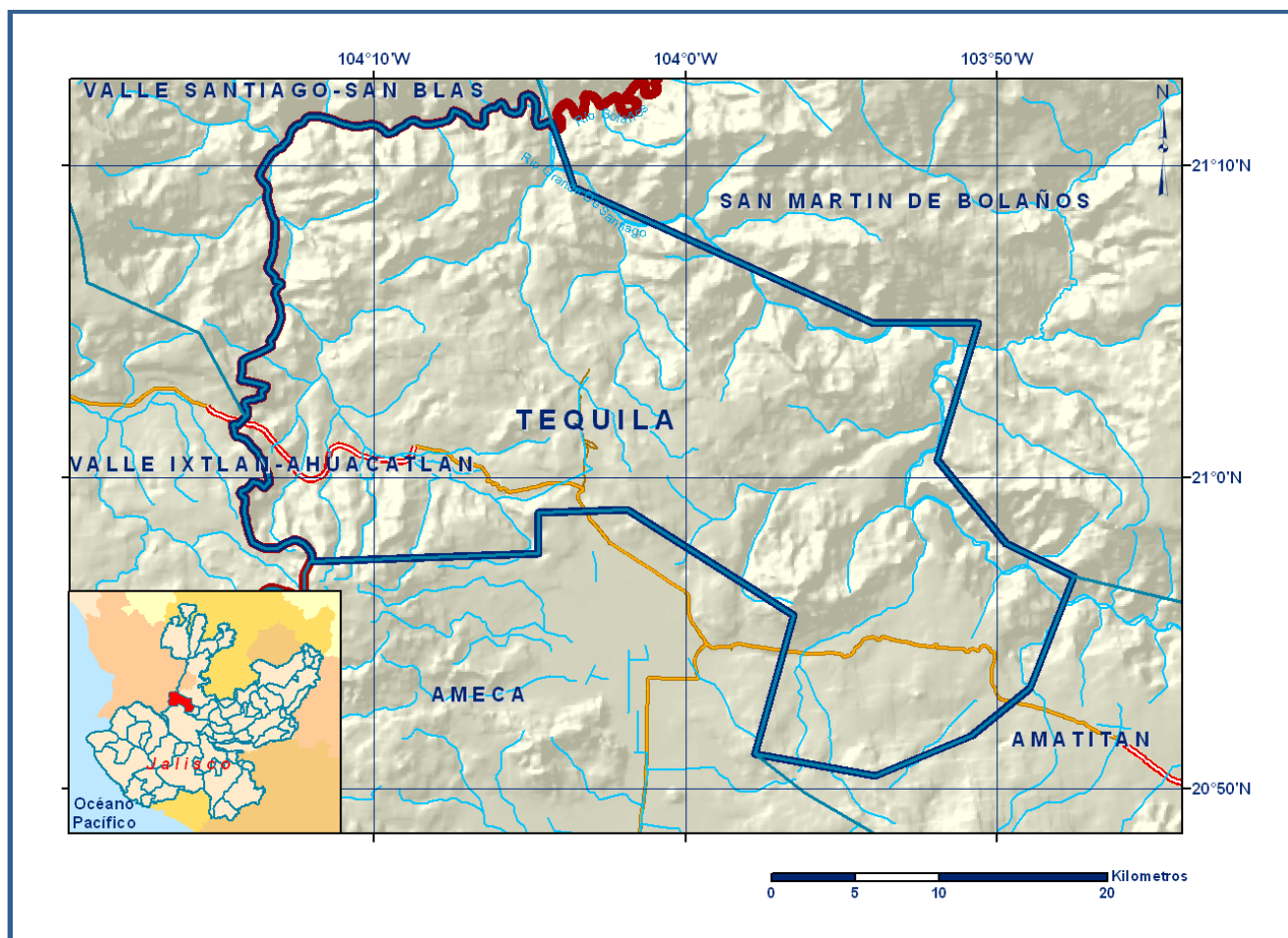


Figura 1. Localización del acuífero

Geopolíticamente se encuentra ubicado en la mayor parte del municipio Hostotipaquillo, algunas porciones del municipio Tequila y pequeñas porciones del municipio Magdalena.

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

Tabla 1. Coordenadas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUÍFERO 1437 TEQUILA							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	104	12	0.9	20	57	18.4	DEL 1 AL 2 POR EL LIMITE ESTATAL
2	104	14	9.0	21	1	53.8	DEL 2 AL 3 POR EL LIMITE ESTATAL
3	104	4	16.0	21	11	15.4	
4	104	3	35.4	21	9	17.7	
5	103	53	58.6	21	4	56.2	
6	103	50	38.6	21	4	56.2	
7	103	51	55.5	21	0	34.7	
8	103	49	44.8	20	57	53.2	
9	103	47	34.0	20	56	49.4	
10	103	48	57.7	20	53	14.9	
11	103	50	51.5	20	51	43.3	
12	103	53	54.8	20	50	25.5	
13	103	57	47.6	20	51	8.4	
14	103	56	32.9	20	55	35.3	
15	104	1	53.2	20	58	58.2	
16	104	4	44.0	20	58	52.9	
17	104	4	44.0	20	57	32.8	
1	104	12	0.9	20	57	18.4	

## 1.2. Situación administrativa del acuífero

El acuífero Tequila, pertenece al Organismo de Cuenca “Lerma-Santiago-Pacífico”. Su territorio completo se encuentra sujeto a las disposiciones del *“Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en las zonas no vedadas en diversos municipios del estado de Jalisco y se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento, extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en todos los municipios del estado de Jalisco”*, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 7 de diciembre de 1987. Este decreto es de tipo III que permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua de 2011, los municipios Hostotipaquillo, Tequila y Magdalena se clasifican como zona de disponibilidad 8.

El uso principal del agua subterránea es el público-urbano. En el acuífero no existe Distrito o Unidad de Riego alguna, ni se ha constituido a la fecha el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

## 2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En la superficie que cubre el acuífero Tequila se ha realizado un solo estudio hidrogeológico, entre lo más importante se menciona lo siguiente:

**ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN GEOHIDROLÓGICA DE LOS ACUÍFEROS VALLE DE GUADALUPE, CUQUÍO, TEQUILA, JALOSTOTITLÁN Y COLOTLÁN EN EL ESTADO DE JALISCO.** Elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua para la Comisión Nacional del Agua en 2010. Este estudio tuvo como objetivo general, actualizar el conocimiento de las condiciones geohidrológicas de los acuíferos, mediante el diagnóstico y el análisis del comportamiento geohidrológico, para contar con la información necesaria que permita calcular su recarga y determinar la disponibilidad media anual de agua subterránea. Mediante la ejecución de actividades de campo que incluyeron: censo de aprovechamientos, piezometría, hidrometría de las extracciones, pruebas de bombeo, nivelación de brocales de pozos y reconocimientos geológicos, fue posible plantear el balance de aguas subterráneas para calcular la recarga total media anual.

Este estudio fue básico para la elaboración de este documento, por lo que sus resultados y conclusiones se presentan en los apartados subsecuentes.

### **3. FISIOGRAFÍA**

#### **3.1. Provincia fisiográfica**

De acuerdo con la clasificación de Provincias Fisiográficas de Raisz (1964), la superficie cubierta por el acuífero se ubica en el traslape integrado por la estribación meridional de la Sierra Madre Occidental (Subprovincias Mesetas y Cañones del Sur y Sierras y Valles Zacatecanos) y la cubierta del Eje Neovolcánico (Subprovincias Guadalajara y Sierras de Jalisco).

La Sierra Madre Occidental es una región disectada relativamente alta, compuesta por una compleja secuencia de rocas volcánicas del Cenozoico, cubiertas en algunos lugares por delgados depósitos de suelos residuales.

EL Eje Neovolcánico es un área de montañas altas compuesta por una secuencia compleja de rocas volcánicas del Cenozoico, con fosas profundas rellenas con material lacustre del Paleógeno-Neógeno y Cuaternario.

#### **3.2. Clima**

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García en 1964, para las condiciones de la República Mexicana, el clima que prevalece en el acuífero Tequila es el templado subhúmedo.

Para la determinación de las variables climatológicas se cuenta con información de 5 estaciones climatológicas que tienen influencia en el área del acuífero: Hostotipaquillo (14068), Magdalena



(14093), Paso de Analco (14105), Paso de la Yesca (14107) y Tequila (14187), que cuentan con un periodo de análisis de 66 años (1939-2005). Con estos datos y utilizando el método de los Polígonos de Thiessen, se determinaron valores de precipitación y temperatura media anual de **837.7 mm** y **18.3 °C** respectivamente. De igual manera, con respecto a la evaporación potencial, se obtuvo un valor de **1986.9 mm anuales**.

### **3.3. Hidrografía**

El área que cubre el acuífero Tequila pertenece a la Región Hidrológica 12, Lerma Santiago y forma parte de dos cuencas: Río Santiago-Guadalajara y Río Santiago-Aguamilpa. La Región hidrológica Lerma-Santiago es la región más importante del estado, no sólo por representar el 50% de la superficie estatal, sino por incluir un 70% de población y prácticamente la mayor parte de la industria. La principal corriente de esta región es conocida como Río Grande Santiago que se origina en el Lago de Chapala.

La cuenca hidrológica Río Santiago-Guadalajara, tiene una superficie de 10,334.7 km<sup>2</sup>, de los cuales solamente 602.8 km<sup>2</sup>, están dentro de los límites del polígono del acuífero. La principal corriente es el Río Santiago. Existen diversos aprovechamientos superficiales que interceptan las corrientes intermitentes y perennes. Los almacenamientos que destacan son: La presa La Labor y La Fundición, localizada en la porción centro del acuífero.

La cuenca Río Santiago-Aguamilpa, dentro del estado de Jalisco representa una importancia mínima ya que solo drena en Jalisco 835.95 km<sup>2</sup> su carga es pluvial.

### **3.4. Geomorfología**

De acuerdo con los rasgos geomorfológicos de la región, el acuífero se divide en las siguientes subprovincias:

Subprovincia Mesetas y Cañones del Sur, se encuentra en casi toda la extremidad norte de Jalisco hasta el límite sur del extenso cañón que ha formado el Río Grande de Santiago, quedando su frontera sur-oriental en el estado al norte de la ciudad de Tequila. Forma parte de la "espina dorsal" de la Sierra Madre Occidental. Su paisaje está constituido por altas mesetas, algunas de ellas enormes, que se interrumpen abruptamente por profundos cañones. Los sistemas de topoformas que se encuentran en esta subprovincia dentro del estado de Jalisco son: Superficie Disectada de Gran Meseta, que son agrupaciones de mesetas de tamaño pequeño; Pequeñas Mesetas; Asociadas a Cañadas; Lomeríos, que se encuentran como pequeños grupos aislados en los Pisos de Valle, generalmente amplios; Lomeríos y Cañadas, Piso de Valle con Terrazas; Piso Amplio de Valle con Lomeríos y por último Cañones.

La Subprovincia de las Sierras y Valles Zacatecanos, se localiza en pequeñas porciones al noreste de Jalisco, se caracteriza por sus sierras altas, alargadas en sentido norte-sur, frecuentemente rematadas por mesetas que alternan con valles, también alargadas en esa misma dirección. Los pisos de los valles son a veces de pendientes suaves, pero con mayor frecuencia presentan terrazas y lomeríos, que probablemente son producto de la erosión de antiguos pisos de valles más altos. El drenaje se dirige a través de los valles hacia el noreste y sólo en su porción austral se encuentran algunas corrientes que desembocan hacia el sur, en los ríos Verde y Grande de Santiago.

Los sistemas de topoformas que se encuentran dentro de Jalisco son: Las Sierras Altas con Mesetas, que se elevan de los 2,300 a los 2,850 msnm; sus laderas son abruptas cortadas por abundantes cañadas, su transición a los valles amplios es también abrupta y las crestas de las sierras en ocasiones están rematadas por pisos de mesetas, alargadas perpendicularmente al eje de la sierra y paralelas a las cañadas que bajan de ella. El Piso Amplio de Valle con Lomeríos que está formado por las partes bajas del valle, casi llena desde su contacto con las sierras que las rodean de materiales aluviales finos. Los Lomeríos Suaves producto de la erosión de antiguas bajadas de las sierras (conglomerados) o frecuentemente formados por las mismas rocas. El Cañón del río Verde-Santiago que es el único sistema en su tipo dentro de esta subprovincia y que se continua hacia el oeste, adentrándose en la parte sur de la subprovincia Mesetas y Cañones del Sur. En la zona del fondo del cañón, sobre todo al norte de Guadalajara afloran rocas sedimentarias ricas en carbonatos, que probablemente constituyen el basamento sobre el que descansa la Sierra Madre Occidental.

La Subprovincia Guadalajara se caracteriza por las notables manifestaciones de vulcanismo explosivo, que data de tiempos relativamente recientes y cuyas huellas se observan en la ciudad de Guadalajara y en la sierra de la Primavera. A pesar de ser una subprovincia pequeña es la menos uniforme, teniendo una gran complejidad en su panorama fisiográfico, en el que se encuentran sistemas tan distintos como sierras, mesetas, lomeríos y llanos; sin embargo, en general su litología está constituida por rocas ígneas extrusivas ácidas, vidrios volcánicos (obsidiana) basaltos y nubes ardientes.

La Subprovincia de las Sierras de Jalisco está constituida por dos tipos básicos de topoformas generales: montañas y mesetas. Entre sus extremos norte y sur, las cadenas montañosas se encuentran acomodadas de tal modo que describen la forma de una burda letra "S". Dentro del área rodeada por la curva superior de la letra quedarían alojados los sistemas de topoformas más occidentales de la vecina subprovincia de las Sierras de Jalisco. Varias cumbres de los núcleos montañosos de rocas ígneas que componen la sierra se levantan por encima de los 2,000 msnm, en tanto que las superficies más bajas se encuentran a una altitud de 800 msnm.

La subprovincia de las Sierras de Jalisco presenta los siguientes sistemas de topoformas: Gran Sierra Volcánica Compleja o Grandes Estrato-Volcanes, Sierra de Laderas Abruptas, Sierra de Laderas

Tendidas, Sierra de Laderas Tendidas con Llanos, Sierra Compleja, Escudo-Volcán Aislado, Meseta Lávica, Mesetas Lávicas asociadas con cañadas, Mesetas Escalonadas asociadas con lomeríos, Mesetas Pequeñas con lomeríos, Lomerío Suave asociado con cañadas, Valle de Laderas Escarpadas, Valle de Laderas Tendidas, Valle de Laderas Tendidas asociado con lomeríos, Cañón y Pequeño Llano Aislado.

#### 4. GEOLOGÍA

Los afloramientos rocosos de la entidad están constituidos por rocas ígneas; intrusivas y extrusivas y sedimentarias; con edades de formación del Cretácico al Cuaternario. Las principales estructuras geológicas son: aparatos volcánicos, derrames de lava, fracturas y fallas normales, que han dado origen a los amplios valles y fosas tectónicas. Las rocas sedimentarias de origen marino y las rocas ígneas extrusivas ácidas del Cretácico, fueron cubiertas por derrames volcánicos y productos piroclásticos del Paleógeno-Neógeno. De esta misma edad son algunos cuerpos de rocas ígneas intrusivas básicas, así como las rocas sedimentarias (areniscas y conglomerados) de origen continental (figura 2).

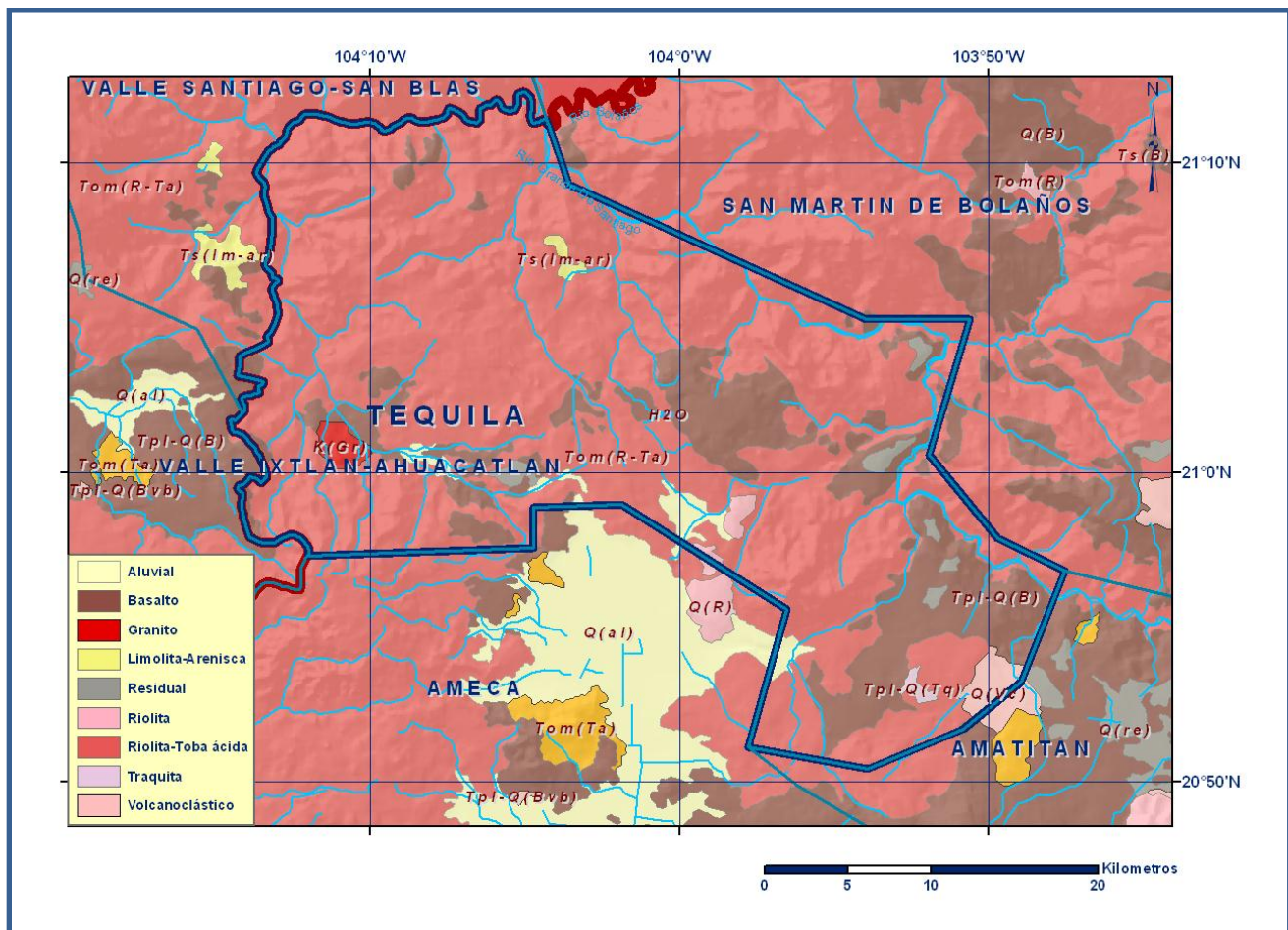


Figura 2. Geología general del acuífero

#### **4.1. Estratigrafía**

La Sierra Madre Occidental (SMO), está dividida en dos secuencias. La unidad más antigua es la andesita-toba andesítica; se encuentra alterada presentando clorita, epidota y sílice, por efecto de la cercanía de cuerpos intrusivos y soluciones hidrotermales. Cubriendo la secuencia andesítica se observan dacitas-riodacitas, que está cubierta a su vez por toba riolítica e ignimbrita. Sobreyaciendo concordantemente a las rocas anteriores se encuentra una unidad de toba riolítica con derrames andesíticos. Esta última unidad se encuentra cubierta por andesita-basalto que se caracteriza por la presencia de niveles de toba de lapilli. Un granito afecta a las rocas de la SMO.

En la base de las rocas del Eje Neovolcánico se presentan lutitas y areniscas con algunos estratos de caliza arcillosa. Los sedimentos están cubiertos concordantemente por ignimbrita con abundante obsidiana y fragmentos de pómez; esta intercalada con niveles de toba cinerítica silícea. Cubriendo concordantemente la ignimbrita se observa andesita-basalto conformada, en la base, por escoria rojiza de composición andesítica y a la cima por un derrame de basalto y niveles de lava fragmentada. La andesita-basalto está cubierta concordantemente por toba riolítica y riolita. Cubriendo todas las rocas antes mencionadas se tiene basalto gris oscuro con textura afanítica, estructura vesicular, con intercalaciones de toba riolítica.

En el Holoceno se depositaron pumicitas y aluvión, las primeras corresponden a depósitos efusivos de caída libre y el segundo a depósitos clásticos continentales, guijarros, arenas gruesas a finas con limo y arcilla.

#### **4.2. Geología estructural**

En los periodos Eoceno-Mioceno se desarrolla la subducción de la placa Farallón que da origen al arco volcánico continental denominado Sierra Madre Occidental. Los magmas dominantes son félsicos y pudieron generarse por fusión parcial de la corteza o por cristalización fraccionada de magmas provenientes del manto y asimilación simultánea de material cortical. Conforme cesó la subducción, inició el magmatismo intra placa al este de la Sierra Madre Occidental y una combinación de vulcanismo alcalino y toleítico relacionado con la región del Golfo de California. Al final del Mioceno, durante el proceso distensivo se originan fallas lítricas, con asociación de fallas normales sintéticas y antisintéticas que originan estructuras regionales como el graben Tepic-Zacoalco.

El vulcanismo observado en la porción sur es parte del Eje Neovolcánico como resultado de la subducción de la placa Rivera-Cocos debajo de una placa continental deformada y fracturada durante el emplazamiento diferencial entre América del Norte y la placa Caribeña desde el Mioceno Tardío al Reciente.

Las características estructurales son del dominio frágil y se originaron por el reajuste isostático ocurrido al final de la orogenia Laramídica, que generó fosas y pilares. En el área se localiza el graben Tepic-Zacoalco y tres direcciones de fallamiento NW-SE, N-S y E-W.

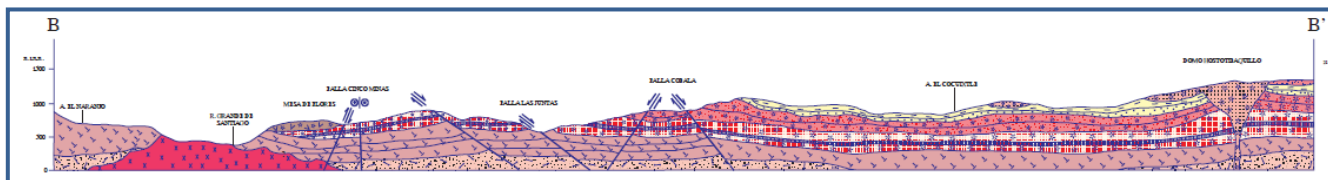
Las principales estructuras relacionadas con la conformación del graben Tepic-Zacoalco son: La falla normal Cinco Minas con rumbo N50°W y echado de 70° SW, delimita al norte a la fosa tectónica Tepic-Zacoalco. La porción sur de la fosa se limita por la falla Plan de Barrancas, que tiene un rumbo de N50°W con echado de 80° NE y longitud de 8 km, afecta principalmente a roca andesíticas y ácidas de la Sierra Madre Occidental y toba riolítica del Pliocuaternario. La falla Monte de El Favor, es normal con rumbo N45°W e inclinación de 72° al SW y longitud de 27 km. En la parte central presenta fallas conjugadas que originan un pequeño bloque hundido, este sistema distensivo está relacionado con los depósitos epitermales. Además de las fallas, se observan domos como el Ocotillo, de forma elipsoidal con un diámetro de 1.5 km, y forma parte de la secuencia de toba riolítica-riolita.

El Domo Hostotipaquillo, está constituido por una riolita que presenta un flujo vertical y hacia su periferia se observa una toba vítrea, es posible su relación con el origen del ópalos.

#### 4.3. Geología del subsuelo

De acuerdo con las evidencias de campo y la información cartográfica, es posible definir que el subsuelo en el área se encuentra conformado por tobas riolíticas, de edad Cretácico Superior–Paleógeno-Neógeno (Oligoceno-Mioceno), fracturadas, con permeabilidad secundaria, espesor aproximado 400 m; ignimbritas de composición riolítica, de edad Oligoceno–Mioceno, poco permeable, con espesor aproximado de 300 m; arenas pumíticas, gravas y conglomerados, de edad Oligoceno–Plioceno, permeable, con espesor aproximado de 50 m; lavas, brechas y escorias de composición basáltica andesítica, de edad Pleistoceno, permeables, con espesor aproximado de 100 m. El acuífero se encuentra alojado en gravas, arenas, limos y arcillas, suelos residuales, de edad Reciente, con espesor entre 10-30 m.

En la figura 3 se presenta una sección geológica esquemática que muestra la disposición de las unidades geológicas del subsuelo.



Fuente: SGM. 2006. Carta Geológico Minera Hostotipaquillo F13-D43, escala 1:50,000  
Figura 3. Sección geológica esquemática

## **5. HIDROGEOLOGÍA**

### **5.1. Tipo de acuífero**

Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas, permiten definir la presencia de un acuífero de **tipo libre**, heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido horizontal como vertical, constituido en su porción superior por arenas pumíticas, grava y conglomerados, de espesor reducido (50 m) y un acuífero fracturado, compuesto de lavas, brechas y escorias de composición basáltica andesítica; siendo este acuífero el de mayor explotación actualmente (200 m). El acuífero en algunas partes funciona como confinado y en otras como libre.

El acuífero somero se distingue por gravas, arenas, limos, arcillas y suelos residuales. La profundidad al nivel freático oscila entre los 10 a 20 m. Las norias son los principales aprovechamientos que explotan estos horizontes. Sin embargo este acuífero superficial es limitado ya que tiene un espesor reducido (10-20 m) que no permite sustentar su explotación. La porción inferior está alojada en las ignimbritas de composición riolítica, de poco interés para ser explotado de forma intensiva, que presenta permeabilidad secundaria por fracturamiento.

### **5.2. Parámetros hidráulicos**

Como parte de las actividades del estudio realizado en 2010, se ejecutaron 5 pruebas de bombeo de corta duración en etapa de abatimiento y recuperación. Para su análisis e interpretación se utilizaron los métodos de Theis y Jacob-Cooper.

De los resultados de su interpretación por métodos analíticos convencionales, se establece que los valores de transmisividad varían de  $9.21 \times 10^{-5}$  a  $7.89 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , con un valor promedio de  **$3.25 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$** , en tanto que los valores de conductividad hidráulica varían de  $2.3 \times 10^{-7}$  a  $1.97 \times 10^{-5} \text{ m/s}$  con un valor promedio de  **$8.13 \times 10^{-6} \text{ m/s}$** .

Ninguna de las pruebas de bombeo contó con pozo de observación, por lo que no se pudieron obtener valores del coeficiente de almacenamiento.

### **5.3. Piezometría**

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea, únicamente se cuenta con la información recabada de las actividades del estudio realizado en 2010.

De las 58 obras subterráneas, reportados en el censo, 33 se reporta la profundidad al nivel piezométrico. La información indica un valor mínimo de 0.5 cm; en norias, y máximo de 173.8. La

variación en los rangos de la profundidad al nivel piezométrico (0.5 a 173.8 m) es indicativo que se trata de un acuífero multicapa. De forma general los niveles registrados en norias y pozos con profundidades que van de los 0.5 a 8.7 m, corresponde a un acuífero somero. Los valores de la profundidad que oscilan entre los 20 - 174 m, corresponden a un acuífero profundo que funciona en partes como libre y otras como confinado.

## 5.4. Comportamiento hidráulico

### 5.4.1. Profundidad al nivel estático

De acuerdo con la configuración de profundidad al nivel estático, mostrada en la figura 4, se presentan valores que varían de 10 a 100 m, lo que reflejan el comportamiento del acuífero profundo. Los valores someros se localizan hacia el centro del acuífero, en las cercanías de los poblados de El Tequesquite y San Simón y se van profundizando hacia el sureste del acuífero, en las cercanías de los poblados de Agua Caliente, Tequila y Huitzilapan.

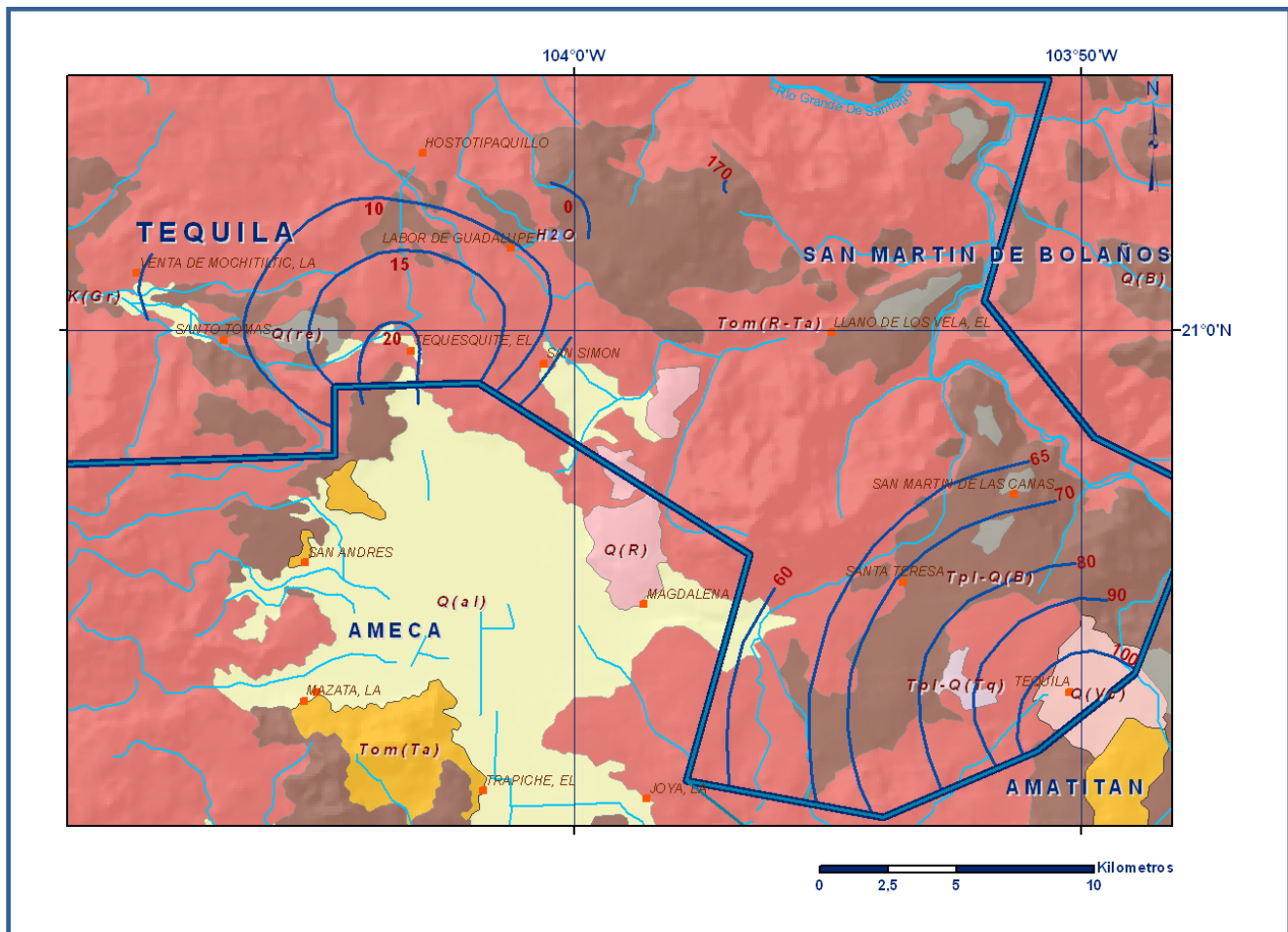


Figura 4. Profundidad al nivel estático en m (2010)



#### 5.4.2. Elevación del nivel estático

De acuerdo con la configuración de elevación del nivel estático, mostrada en la figura 5, se observa que los valores varían entre 1050 a 1400 msnm, mostrando así el reflejo de la topografía, al igual que en los valores de profundidad, también se observa que el flujo subterráneo presenta dos componentes, una de sur a noreste y otra de este a oeste. Los valores máximos se localizan al centro del acuífero, hacia el poblado de San Simón y disminuyen en forma gradual al este y oeste del acuífero, hasta llegar al margen del Río Grande de Santiago, hacia los poblados de El Saucillo y La Venta de Mochitiltic al oeste y Tequila al este.

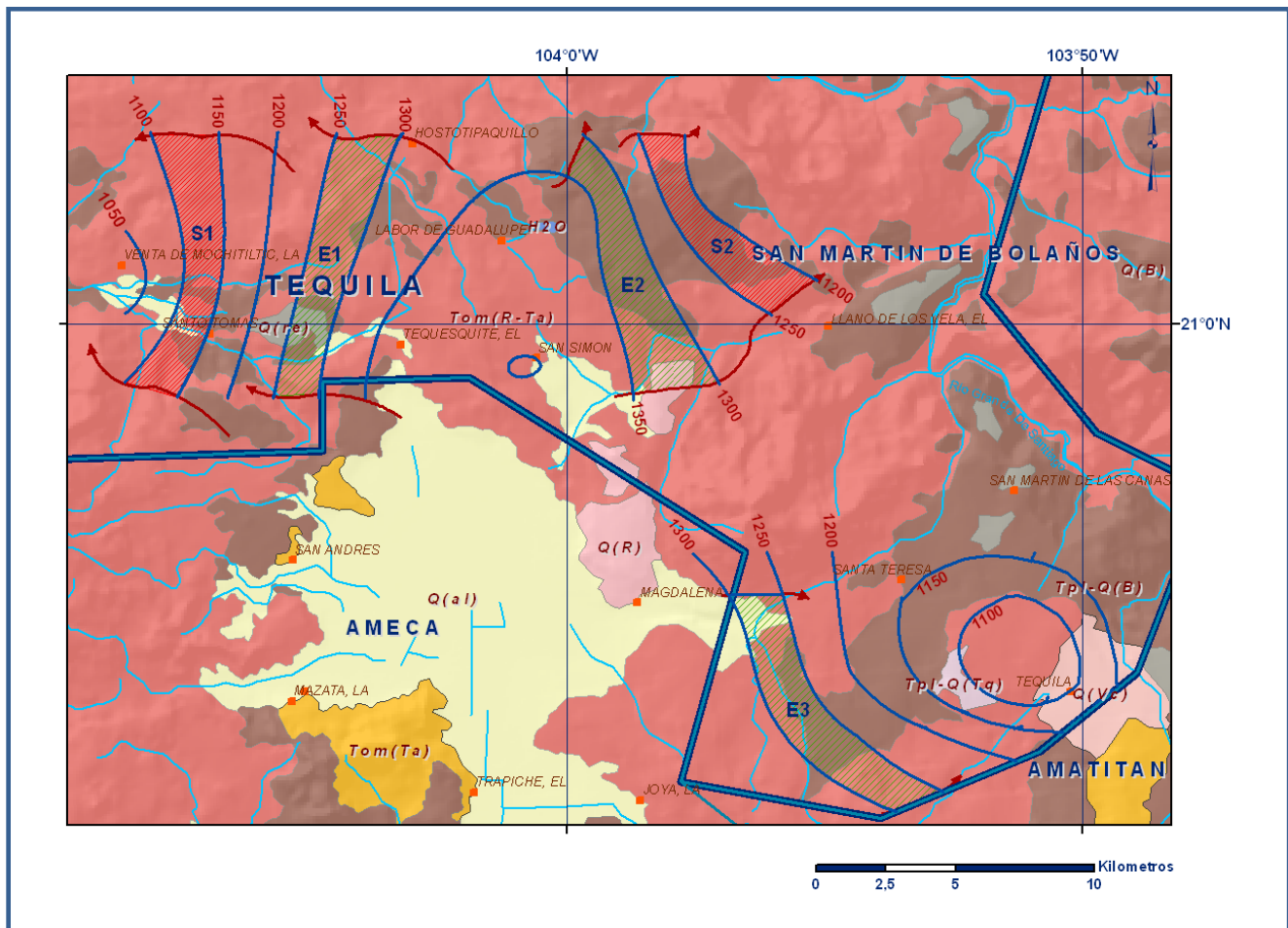


Figura 5. Elevación del nivel estático en msnm (2010)

#### 5.4.3. Evolución del nivel estático

Con respecto a la evolución del nivel estático, no se cuenta con información piezométrica histórica que permita la configuración. Las escasas mediciones piezométricas recabadas en los recorridos de campo se encuentran dispersas en tiempo y espacio y no cubren en su totalidad la extensión superficial del acuífero. Aunado a esto, la configuración de la elevación del nivel estático no



demuestra alteraciones del flujo natural del agua subterránea que indiquen la presencia de conos de abatimiento causados por la concentración de pozos.

Por estas razones, se puede afirmar que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo. Las mediciones realizadas en 2010 serán el punto de partida para el establecimiento del monitoreo de los niveles del agua subterránea.

### **5.5. Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea**

Como parte de los trabajos de campo del estudio realizado en 2010, se tomaron 4 muestras de agua subterránea en aprovechamientos distribuidos en la zona de explotación, para su análisis fisicoquímico correspondiente. Las determinaciones incluyeron parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, temperatura, conductividad eléctrica, pH, Eh, Nitratos, dureza total, sólidos totales disueltos, Fe, Mn, etc., para identificar los procesos geoquímicos o de contaminación y comprender el modelo de funcionamiento hidrodinámico del acuífero.

De manera general, las concentraciones de los diferentes iones y elementos no sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la Norma Oficial Mexicana, para los diferentes usos. La concentración de sólidos totales disueltos (STD) presenta valores que varían de 200 a 368 ppm, que no sobrepasan el límite máximo permisible de 1000 ppm establecido la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 de STD para el agua destinada al consumo humano.

En la porción centro sur del acuífero, la recarga está caracterizada por agua bicarbonatada-sódica y evoluciona a medida que se profundiza a bicarbonatada-cálcica hacia las zonas de descarga o salidas del flujo subterráneo, localizadas al NW y NE del acuífero.

En términos de salinidad, las aguas subterráneas presentan valores de baja a media, y pueden utilizarse para la mayor parte de los cultivos en los diferentes tipos de suelo, con muy poco riesgo de que desarrollen salinidad, con excepción de suelos de muy baja permeabilidad. El agua es baja en contenido de sodio y puede utilizarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de elevar las concentraciones de sodio intercambiable

## **6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA**

De acuerdo con la información del censo de aprovechamiento realizado como parte del estudio llevado a cabo en el 2010, se registró la existencia de 58 aprovechamientos, de los cuales 37 son pozos, 8 norias y 13 manantiales; de ellos 44 están activos (27 pozos, 5 norias y 12 manantiales) y 14 inactivos (10 pozos, 3 norias y 1 manantial).

El volumen de extracción se ha estimado en **3.4 hm<sup>3</sup> anuales**, de los cuales 2.3 hm<sup>3</sup> (67.6%) se destinan para abastecimiento de agua potable a las comunidades de la región, 0.9 hm<sup>3</sup> (26.5%) para la actividad industrial, 0.02 hm<sup>3</sup> (0.6%) para la actividad agrícola y los 0.2 hm<sup>3</sup> restantes (5.9%) para satisfacer las necesidades del uso doméstico y servicios.

Adicionalmente, de los manantiales censados, se descarga un caudal de 0.5 hm<sup>3</sup>.

## **7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

El balance de aguas subterráneas se planteó para 2010. La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga), y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero, en el periodo de tiempo establecido. La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de masa}$$

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa por el cambio de almacenamiento de un acuífero:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento}$$

### **7.1. Entradas**

De acuerdo con el modelo conceptual del funcionamiento hidrodinámico del acuífero, la recarga total que recibe (Rt) ocurre por dos procesos naturales principales: por infiltración de agua de lluvia en el valle, por infiltración de los escurrimientos a lo largo de los arroyos principales, que en conjunto se consideran como recarga vertical (Rv), y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo subterráneo (Eh).

De manera inducida, la infiltración de los excedentes del agua destinada al uso agrícola (Rr), que representa la ineficiencia en la aplicación del riego en la parcela; y del agua residual de las descargas urbanas, constituyen otra fuente de recarga al acuífero. Estos volúmenes se integran en la componente de recarga inducida (Ri).

#### **7.1.1. Recarga vertical (Rv)**

Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que se tiene información para calcular el cambio de almacenamiento ( $\Delta V$ ), así como las entradas y salidas por flujo subterráneo, su valor será despejado de la ecuación de balance:

$$Eh + Rv + Ri - B - Sh - ETR - Dm - Dfb = \pm \Delta V(S) \quad (1)$$

Donde:

Eh= Entrada por flujo subterráneo horizontal;

Rv= Recarga vertical;

Ri= Recarga inducida;

B= Bombeo;

Sh= Salidas por flujo subterráneo horizontal;

ETR= Evapotranspiración;

Dm= Descarga a través de manantiales;

Dfb= Descargas por flujo base;

$\Delta V(S)$ = Cambio de almacenamiento;

De esta manera, despejando la recarga vertical:

$$Rv = Sh + B + ETR + Dm + Dfb - Eh - Ri \pm \Delta V(S) \quad (2)$$

### 7.1.2. Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

Una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas topográficamente más altas del área de estudio se infiltra por las fracturas de las rocas que forman parte de ellas y a través del pie de monte, para posteriormente recargar al acuífero en forma de flujos subterráneos que alimentan la zona de explotación. La recarga al acuífero tienen su origen en la precipitación pluvial sobre el valle y en la infiltración de los escurrimientos superficiales.

Para su cálculo se utilizó la configuración de elevación del nivel estático correspondiente al año 2010, mostrada en la figura 5. Con base en esta configuración se seleccionaron canales de flujo y se aplicó la ley de Darcy para calcular el caudal "Q" en cada uno de ellos, mediante la siguiente expresión:

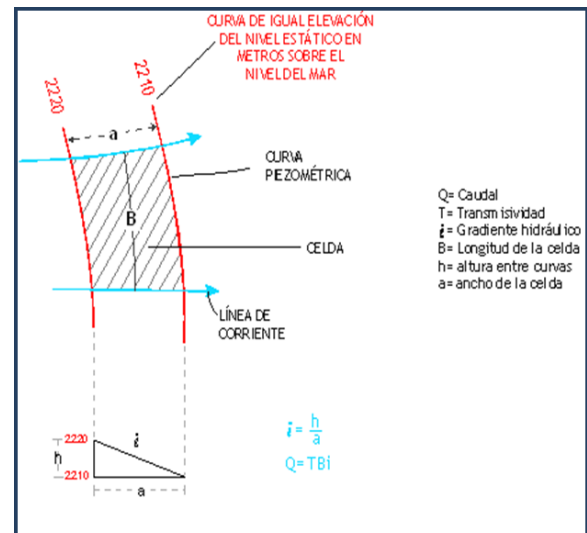
$$Q = B * i * T$$

Donde:

B= Largo del canal de flujo;

i= Gradiente hidráulico;

T= Transmisividad



Los valores de transmisividad utilizados para el cálculo de las entradas y salidas subterráneas son los promedios obtenidos de la interpretación de pruebas de bombeo, adaptadas al espesor saturado en cada zona.

La recarga total por flujo horizontal es la suma de los caudales de cada uno de los canales establecidos. En la tabla 2 se pueden observar los valores obtenidos en cada celda y que el volumen total de entradas por flujo subterráneo es de **2.3 hm<sup>3</sup>/año**.

Tabla 2. Cálculo de entradas subterráneas por flujo horizontal

CANAL	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	$h_2-h_1$ (m)	Gradiente i (m)	T (m <sup>2</sup> /s)	CAUDAL Q (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> /año)
E1	9618	1713	50	0.029200	0.0000921	0.0259	0.8
E2	8946	2104	50	0.023800	0.0000921	0.0196	0.6
E3	9650	1697	50	0.029500	0.0000921	0.0262	0.8
Total entradas							2.3

### 7.1.3. Recarga inducida (Ri)

En las zonas agrícolas, establecidas en el acuífero Tequila, se considera un que un porcentaje del volumen de agua aplicada en el riego no es usado como uso consuntivo, se infiltra y eventualmente alcanza la superficie freática. Esta contribución al acuífero se le conoce como retorno de riego. Para este caso, se aplican a la agricultura de riego aproximadamente 0.02 hm<sup>3</sup>/año y considerando que un 30% de este volumen retorna al acuífero en forma de recarga inducida, los que representa 0.006 hm<sup>3</sup>/año de recarga por retornos de riego.

En el censo, se reporta que los municipios de Tequila y Hostotipaquillo utilizan pozos para abastecer de agua a la población (uso público urbano), por lo que solamente se considera la contribución por perdidas de conducción. El volumen destinado para el uso público-urbano es de 2.3 hm<sup>3</sup>/año, considerando que un 30% del volumen total utilizado retorna al acuífero por fugas en las redes de abastecimiento. El total de la recarga inducida es de **0.7 hm<sup>3</sup>/año**.

## 7.2. Salidas

Las descargas en el acuífero ocurren principalmente por evapotranspiración (ETR), bombeo (B), salidas por flujo subterráneo (Sh) y mediante la descarga a través de manantiales (Dm).

### 7.2.1. Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

Las salidas subterráneas fueron calculadas de la misma manera como se evaluaron las entradas subterráneas, a partir de la configuración del elevación del nivel estático en 2010 (figura 5). Las

celdas de salida se localizaron en la parte más baja del área de explotación. El valor estimado para este año de análisis se muestra en la tabla 3. El volumen total de las salidas subterráneas horizontales asciende a **1.7 hm<sup>3</sup>/año**.

Tabla 3. Cálculo de salidas subterráneas por flujo horizontal

CANAL	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	h <sub>2</sub> -h <sub>1</sub> (m)	Gradiente i (m)	T (m <sup>2</sup> /s)	CAUDAL Q (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> /año)
S1	9432	1332	50	0.037600	0.0000921	0.0327	1.0
S2	7626	1591	50	0.031400	0.0000921	0.0221	0.7
<b>Total entradas</b>							<b>1.7</b>

### 7.2.2. Evapotranspiración (ETR)

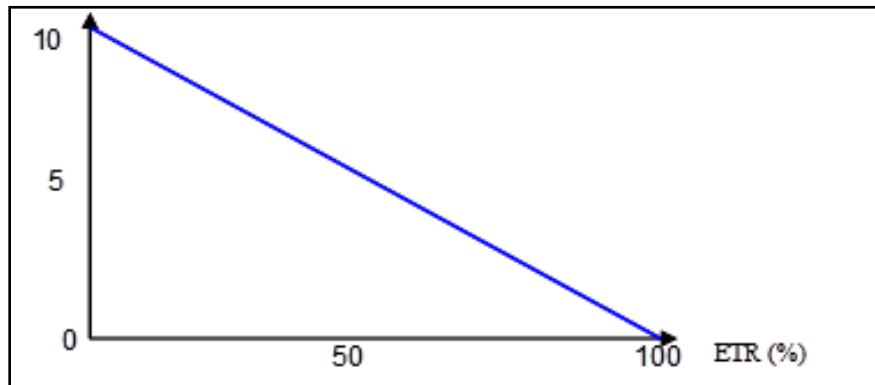
La evapotranspiración es la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas, por lo tanto es considerada una forma de pérdida de humedad del sistema. Existen dos formas de evapotranspiración: la que considera el contenido de humedad en el suelo y la que considera la etapa de desarrollo de las plantas (evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real), el escurrimiento y el volumen de evapotranspiración real (ETR) es un parámetro utilizado para la recarga potencial de infiltración. Para la obtención de este parámetro se utilizó la ecuación empírica de Turc, que se muestra a continuación, considerando los valores medios anuales de temperatura = 18.25° C y precipitación = 837.68 mm. La lámina de ETR que se obtiene es de 678.5 mm.

$$ETR(mm) = \frac{P(mm)}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P^2(mm)}{L^2}\right)}} \quad L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

T (°C) =	18.25		
P(mm) =	837.68	P <sup>2</sup> =	701707.782
L =	1060.169531	L <sup>2</sup> =	1123959.43
ETR (mm)	678.5		

El cálculo de la evapotranspiración corresponde con aquella pérdida de agua freática somera y que se aplica al balance de aguas subterráneas, considerando que el concepto tiene influencia hasta una profundidad máxima de 10 m, bajo el siguiente proceso: En zonas donde el nivel estático se encuentra a una profundidad menor a 10 m, se calcula el valor de ETR exclusivamente para estas zonas de niveles someros y se pondera el valor del volumen obtenido, partiendo de una relación lineal inversa entre la profundidad al nivel estático (PNE) y el % de ETR. Suponiendo una profundidad

límite de extinción de 10 m para el fenómeno de ETR, a menor profundidad mayor será el % de ETR, de tal manera que a 10 m el valor de ETR es nulo y a 0 m el valor es del 100 %, a 5 m el 50%, a 2 m el 80% etc.



Para realizar una estimación más real del valor de la evapotranspiración, se tomará en cuenta únicamente la evapotranspiración del agua freática que se produce durante los meses de estiaje que es cuando el agua se transfiere del subsuelo a la atmósfera por el proceso de evapotranspiración, y durante el periodo de lluvias, el agua susceptible de evapotranspirarse es la que queda almacenada en la superficie, sobre todo en depresiones del terreno, antes de infiltrarse al subsuelo. Configurando las profundidades del nivel estático, se identifican dos áreas con un valor de 0 a 5 m de profundidad. Sin embargo es preciso indicar que en 2010, se registraron lluvias intensas lo que ocasionó que a nivel local se registrarán niveles someros.

En la tabla 4, se muestran los porcentajes respecto al volumen evapotranspirado, para las diferentes profundidades.

Tabla 4. Volumen evapotranspirado respecto al porcentaje estimado

Intervalo curvas (m)	Profundidad considerada (m)	Area (km <sup>2</sup> )	ETR (m)	%	Vol ETR (hm <sup>3</sup> /año)
0 - 1	0.50	0.13	0.68	0.95	0.08
1 - 2	1.50	0.15	0.68	0.85	0.09
2 - 3	2.50	0.34	0.68	0.75	0.17
3 - 4	3.50	1.29	0.68	0.65	0.57
4 - 5	4.50	2.06	0.68	0.55	0.77
5	5.00	2.68	0.68	0.50	0.91
TOTAL					2.6

Intervalo curvas (m)	Profundidad considerada (m)	Area (km <sup>2</sup> )	ETR (m)	%	Vol ETR (hm <sup>3</sup> /año)
0 - 1	0.50	0.16	0.6785	0.95	0.10
1 - 2	1.50	0.09	0.6785	0.85	0.05
2 - 3	2.50	2.09	0.6785	0.75	1.06
3 - 4	3.50	3.51	0.6785	0.65	1.55
4 - 5	4.50	5.00	0.6785	0.55	1.87
5	5.00	5.10	0.6785	0.50	1.73
TOTAL					6.4

De acuerdo a lo anterior, se estima que el valor de la evapotranspiración para el 2010 asciende a **9.0 hm<sup>3</sup>/anuales**.

### 7.2.3. Bombeo (B)

Como se menciona en el apartado de censo e hidrometría, el valor de la extracción por bombeo asciende a **3.4 hm<sup>3</sup> anuales**.

### 7.2.4. Descarga de manantiales (Dm)

De acuerdo con los aforos, el volumen promedio de descarga de los manantiales asciende a **0.5 hm<sup>3</sup> anuales**.

### 7.2.5. Descarga por flujo base (Dfb)

El flujo base es una descarga de agua subterránea convertida en agua superficial como escurrimiento directo. El gasto base se calcula de acuerdo a la expresión siguiente:

$$Q_B = Q_0 K^t$$

Donde:

$Q_0$  = Gasto inicial;

k = Conductividad hidráulica;

t = tiempo de estiaje;

Corriente	Longitud (km)
Rio Grande de Santiago	75.4
Santo Tomás	34.4
San José	17.3
Total	127.2

La ecuación de gasto base requiere conocer además de un gasto inicial, un valor de conductividad y un tiempo de estiaje, la longitud de las corrientes perennes durante el periodo de estiaje. Son cuatro las corrientes superficiales con gasto base. En la tabla se muestra el desarrollo de cada una. Se estiman **9.3 hm<sup>3</sup>/año** de flujo base para 127.2 km de corrientes perennes.

### 7.3. Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$

Como se menciona en el apartado de evolución del nivel estático, no se dispone de información piezométrica para elaborar la configuración de la evolución del nivel estático para un periodo de tiempo. Los registros existentes recabados en recorridos de campo se encuentran dispersos en tiempo y espacio y no cubren en su totalidad la extensión superficial del acuífero. Por otra parte, debido a que el volumen de extracción es menor a la recarga que recibe el acuífero, todavía no se registran alteraciones en la dirección natural del flujo subterráneo.

Bajo estas consideraciones, se considera que la posición del nivel del agua subterránea no ha sufrido alteraciones importantes y el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo. Por esta razón, para fines del balance de aguas subterráneas, no existe cambio de almacenamiento en el acuífero. Por lo tanto para fines del balance  $\Delta V(S) = 0$ .

#### Solución de la ecuación de balance

Una vez calculadas las componentes de la ecuación de balance, procedemos a evaluar la recarga vertical por lluvia e infiltraciones, mediante la expresión (2), que fue establecida con anterioridad:

$$R_v = S_h + B + ETR + D_m + D_{fb} - E_h - R_i \pm \Delta V(S) \quad (2)$$

$$R_v = 1.7 + 3.4 + 9.0 + 0.5 + 9.3 - 2.3 - 0.7 + 0.0$$

$$R_v = 20.9 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Por lo tanto el valor de la recarga total ( $R_t$ ) es igual a la suma de todas las entradas:

$$R_t = R_v + E_h + R_i$$

$$R_t = 20.9 + 2.3 + 0.7$$

$$R_t = 23.9 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

## 8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, que establece la metodología para calcular 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 siguiente expresión:

$$DAS = R_t - DNCOM - VCAS \quad (3)$$



Donde:

DAS = Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica;

Rt = Recarga total media anual;

DNCOM = Descarga natural comprometida;

VCAS = Volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA;

### **8.1. Recarga total media anual (Rt)**

La recarga total media anual que recibe el acuífero (Rt), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, tanto en forma de recarga natural como inducida. Para este caso, el valor estimado de la recarga total media anual que recibe el acuífero es de **23.9 hm<sup>3</sup>/año**.

### **8.2. Descarga natural comprometida (DNCOM)**

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que están comprometidos 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 caso del acuífero Tequila se considera que el valor de la descarga natural comprometida es de **4.6 hm<sup>3</sup> anuales**, de los cuales 0.5 hm<sup>3</sup> corresponden al 30% de las salidas por flujo subterráneo hacia las márgenes del Río Grande Santiago y acuíferos adyacentes, 2.7 hm<sup>3</sup> al 30% de la evapotranspiración que debe comprometerse para preservar el ecosistema, 0.5 hm<sup>3</sup> a la salida a través de manantiales y 0.9 hm<sup>3</sup> de 10% de las salidas por caudal base.

### **8.3. Volumen concesionado de agua subterránea (VCAS)**

De acuerdo con la información existente en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), el volumen concesionado de aguas subterráneas para este acuífero, a la fecha de corte de **31 de marzo de 2011 es de 9'829,908 m<sup>3</sup> anuales**.

### **8.4. Disponibilidad media anual de agua subterránea (DAS)**

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, de acuerdo con la expresión 3, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA.

$$\text{DAS} = R_t - \text{DNCOM} - \text{VCAS} \quad (3)$$

$$\text{DAS} = 23.9 - 4.6 - 9.829908$$

$$\text{DAS} = 9.470092 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

El resultado indica que existe actualmente un volumen de **9'470,092 m<sup>3</sup> anuales** para otorgar nuevas concesiones.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

Comisión Nacional del Agua. 2010. Estudio de Actualización Geohidrológica de los acuíferos Valle de Guadalupe, Cuquio, Tequila, Jalostotitlán y Colotlán, en el estado de Jalisco. Realizado por el Instituto Mexicano de tecnología del Agua.

Servicio Geológico Mexicano. 2006. Carta Geológica-Minera F13-D43 "Hostotipaquillo", estados Jalisco y Nayarit, escala 1:50,000.