CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL ACUÍFERO MIXTLÁN (1458), ESTADO DE JALISCO

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES 2
Antecedentes 2
1.1 Localización 2
1.2 Situación administrativa del acuífero 5
2. FISIOGRAFÍA 5
2.1 Provincia fisiográfica 5
2.2 Clima 5
2.3 Hidrografía 6
2.4 Geomorfología 7
3. GEOLOGÍA. 7
3.1 Estratigrafía 8
3.2 Geología estructural 9
3.3 Geología del subsuelo 10
4. HIDROGEOLOGÍA 11
4.1 Tipo de acuífero 11
5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 11
5.1 Entradas 12
5.1.1 Recarga vertical (Rv) 12
5.2 Salidas 18
5.2.1 Descarga por manantiales (Dm) 18
5.2.2 Bombeo (B) 18
6. DISPONIBILIDAD 18
6.1 Recarga total media anual (R) 19
6.2 Descarga natural comprometida (DNC) 19
6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) 19
6.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA) 20
7. BIBLIOGRAFÍA 21

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 Mixtlán, definido con la clave 1458 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en el Estado de Jalisco, entre las coordenadas geográficas 21° 4 y 20° 4' de latitud norte, y 105° 0' y 104° 08' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 3183.1 km^2.

Limita al norte con el acuífero Valle de Banderas y Valle Ixtlán-Ahuacatlán, al noreste con el acuífero Valle Amatlán de Cañas; al noroeste con el acuífero Puerto Vallarta, al este con el acuífero Ameca; al sur con el acuífero Unión de Tula y Tomatlán y al suroeste con los acuíferos Mascota y Maravilla, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco (Figura 1).

Figura 1. Localización del acuífero

Geopolíticamente se localiza principal y parcialmente en los municipios de Mixtlán, Guachinango, San Sebastián del Oeste, Atenguillo y Cuautla, y con una superficie menor en los municipios de Ameca, Atengo, Ayutla, Mascota y Tecolotlán; todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco.

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

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal del acuífero

ACUIFERO 1458 MIXTLAN							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	104	10	47.1	20	27	1.6	
2	104	15	46.3	20	27	46.6	
3	104	17	12.6	20	25	0.7	
4	104	22	51.1	20	23	47.7	
5	104	23	37.6	20	15	3.2	
6	104	28	43.0	20	14	16.7	
7	104	31	15.7	20	8	51.5	
8	104	32	55.2	20	8	24.9	
9	104	37	0.9	20	5	12.4	
10	104	40	26.6	20	9	37.9	
11	104	39	53.5	20	15	9.9	
12	104	36	22.4	20	20	2.4	
13	104	36	27.7	20	21	54.8	
14	104	33	1.9	20	25	40.5	
15	104	34	48.1	20	31	45.6	
16	104	34	54.7	20	34	38.2	
17	104	33	28.4	20	37	37.5	
18	104	36	21.0	20	41	16.5	
19	104	40	59.8	20	39	43.6	
20	104	47	51.4	20	39	56.9	
21	104	49	44.3	20	41	16.5	
22	104	49	24.4	20	45	8.9	
23	104	54	29.7	20	47	34.9	
24	104	56	22.6	20	50	7.6	
25	104	58	35.4	20	53	33.4	
26	104	58	47.7	20	54	44.2	DEL 26 AL 27 POR EL LIMITE ESTATAL
27	104	44	48.4	21	0	28.8	DEL 27 AL 28 POR EL LIMITE ESTATAL
28	104	34	52.6	20	56	2.1	DEL 28 AL 29 POR EL LIMITE ESTATAL
29	104	15	13.1	20	37	3.9	
30	104	15	8.0	20	36	55.8	
31	104	14	52.7	20	36	17.0	
32	104	15	3.3	20	35	23.4	
33	104	16	2.0	20	35	18.1	
34	104	15	3.3	20	30	8.5	
1	104	10	47.1	20	27	1.6	

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Mixtlán pertenece al Organismo de Cuenca VIII "Lerma-Santiago-Pacífico". Su territorio se encuentra totalmente vedado y sujeto a la disposición del "*Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en 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 el 07 de diciembre de 1987; esta veda se clasifica como tipo III, en la que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros, la segunda, se clasifica como tipo II, en la que la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite extracciones para usos domésticos.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3. El uso principal del agua subterránea es el agrícola. El acuífero pertenece al Consejo de Cuenca Costa Pacífico Centro (aprobado el 25 de octubre de 2007).

2. FISIOGRAFÍA

2.1 Provincia fisiográfica

De acuerdo a la clasificación de las provincias fisiográficas realizada de INEGI, la superficie cubierta por el acuífero se localiza en la provincia de la Sierra Madre del Sur, subprovincia fisiográfica Sierras de la Costa de Jalisco y Colima y en la provincia del Eje Neovolcánico, subprovincia Sierras de Jalisco.

2.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por E. García, para las condiciones de la República Mexicana, en el área cubierta por el acuífero predomina el clima templado subhúmedo.

Para la determinación de las condiciones climatológicas, se utilizaron los datos de 7 estaciones que tienen influencia en el área del acuífero, con un periodo de registro que va de 1989 a 2011; mediante el método de polígonos de Thiessen, se determinó que los valores promedio anuales de temperatura y precipitación son **20.1°C** y **899.5 mm**, respectivamente.

2.3 Hidrografía

El acuífero se ubica en la Región Hidrológica - Administrativa VIII Lerma Santiago Pacífico y Región Hidrológica 14, Río Ameca, en ella se encuentran las cuencas Atenguillo, Ameca Pijinto y Ameca Ixtapa A, las cuales cubren la mayor parte del acuífero, así como, Ameca Ixtapa B, Mascota, Tacotán y Corcovado, que cubren una pequeña parte del acuífero.

La cuenca hidrológica Atenguillo drena una superficie de 1,876.83 kilómetros km^2 y se encuentra delimitada al Norte por la cuenca hidrológica Ameca Pijinto, al Este por la cuenca hidrológica Ameca Pijinto y por la región hidrológica número 16 Armería-Coahuayana, al Oeste por la cuenca hidrológica Mascota y al Sur por las regiones hidrológicas número 15 Costa de Jalisco y 16 Armería-Coahuayana, de acuerdo a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación en el año 2013.

La cuenca hidrológica Ameca Pijinto drena una superficie de 2,639.38 km^2 y se encuentra delimitada al Norte por la cuenca hidrológica Ahuacatlán, al Este por las cuencas hidrológicas Salado y Cocula, al Oeste por las cuencas hidrológicas Atenguillo, Mascota y Ameca Ixtapa A y al Sur por la región hidrológica número 16 Armería-Coahuayana, de acuerdo a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación en el año 2013.

La cuenca hidrológica Ameca Ixtapa A drena una superficie de 1,471.77 kilómetros cuadrados y se encuentra delimitada al Norte por la región hidrológica número 13 Río Huicicila, al Este por las cuencas hidrológicas Ameca Pijinto y Ahuacatlán, al Oeste por la cuenca hidrológica Ameca Ixtapa B y al sur por la cuenca hidrológica Mascota, de acuerdo a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación en el año 2013.

El patrón de drenaje que predomina es de tipo dendrítico, controlado principalmente por las estructuras, la litología y morfología de las unidades en las que se emplaza.

Los principales ríos que conforman la región son Atenguillo, Ameca y Los Reyes, mientras que los principales arroyos son La Verdosilla, La Canca, Las Clavellinas, La Virgen, Arroyo Hondo, Los Aguacates y El Taray, todos ellos afluentes del río Atenguillo.

2.4 Geomorfología

Está conformado por llanuras aluviales y costeras; por sistemas de mesetas basálticas, con cañadas y lomeríos; valles de laderas tendidas; lomeríos de tobas; sierras volcánicas de laderas tendidas con llanuras y un cañón típico.

3. GEOLOGÍA

La litología de la zona está conformada por rocas ígneas extrusivas fundamentalmente, la toba ácida constituye casi un 60% de la superficie y el basalto casi el 25%, cuyas rocas son permeables; principalmente al centro del acuífero hay afloramientos de andesitas, que se caracterizan por tener poca permeabilidad y al noroeste se identifican rocas ígneas intrusivas tipo granito, que se consideran impermeables (Figura 2).

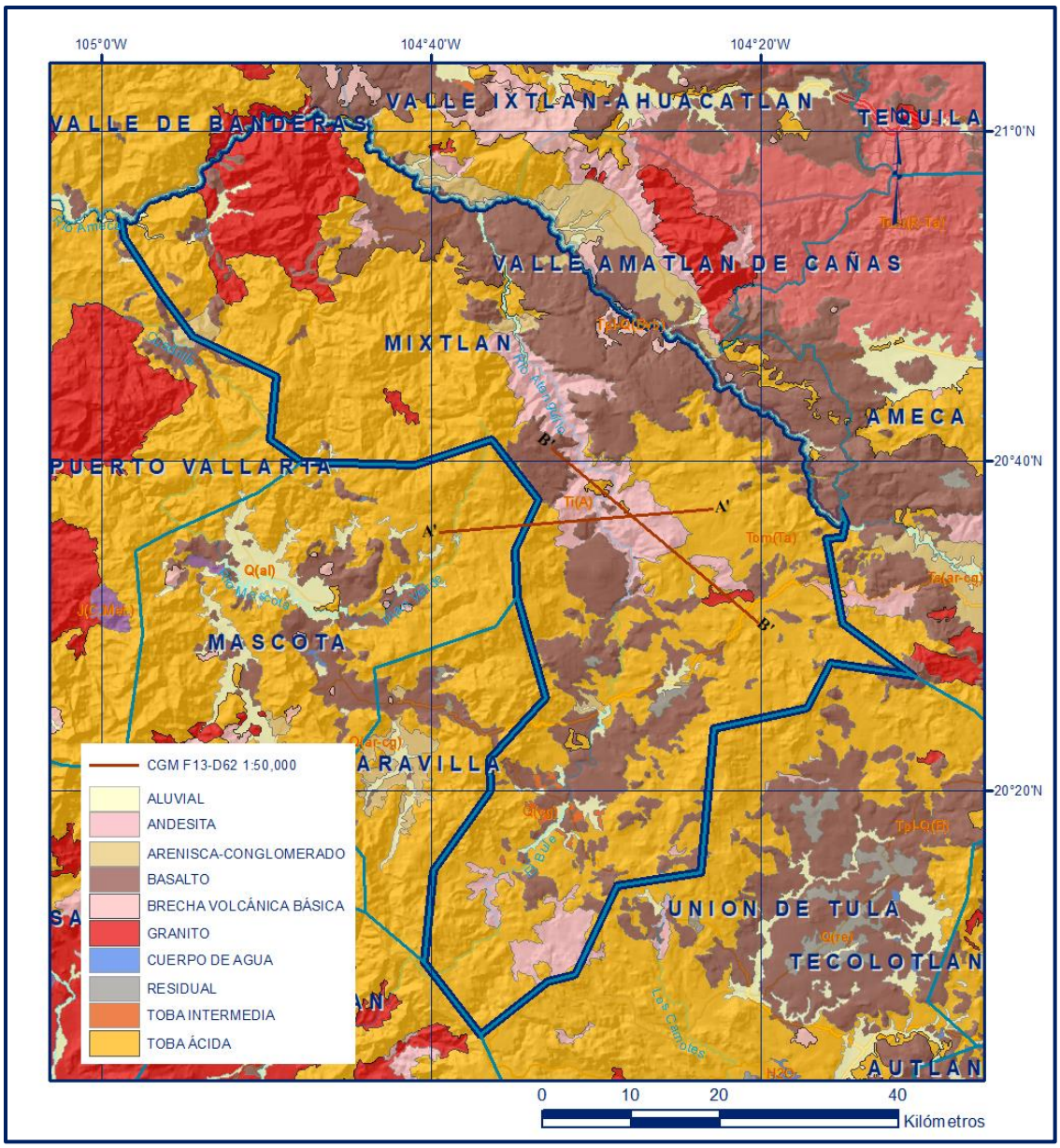


Figura 2. Geología general del acuífero

3.1 Estratigrafía

La secuencia de rocas expuestas en la región, cuyas edades varían del Cretácico al Reciente (Carta Geológico-Minera F13-D62 "GUACHINANGO", Jalisco y Nayarit. Esc. 1:50,000, SGM 2001, Carta Geológico-Minera F13-D72 "ATENGUILLO", Jalisco. Esc. 1:50,000, SGM 2014), se menciona a continuación.

La más antigua está representada por brecha volcánica andesítica con niveles dacíticos, riolíticos y de toba arenosa (Ks(?)BvA-TR); la brecha se caracteriza porque

contiene epidota y clorita, secuencias similares se han datado entre los 84 y 114 Ma.

Le sobreyace un potente paquete de piroclastos que a la base presenta toba arenosa rojiza y en la parte superior flujos de riolita e ignimbrita (KsTpaTR). Se trata de la unidad más ampliamente distribuida, cuya edad, tomando en cuenta referencias de cartas vecinas, es Cretácico superior-Paleoceno. Las unidades antes mencionadas están afectadas por intrusivos; el más antiguo es un pórfido andesítico (KsTpaPA), que se presenta como un stock en la porción centro-norte y también como diques, datados igualmente como Cretácico superior- Paleoceno. El segundo emplazamiento tuvo lugar en el Eoceno. Se trata de rocas cristalinas de composición diorítica (TeD) en forma de apófisis ubicados principalmente en la poción nor-este, y fechados en cartas vecinas en 40.8, 51.7 y 55.2 Ma. No es sino hasta el Plioceno cuando se generan emisiones volcánicas constituidas por derrames de basalto y andesita y productos piroclásticos (cenizas y lapilli) y tobas líticas (TplQptB-A).

Rocas similares se habían considerado con alcance al Plioceno, pero dataciones en la carta (3.4 a 1.7 Ma) permiten aumentar su alcance hasta el Pleistoceno. La etapa ígnea extrusiva culmina con derrames, cenizas, lapillis, bloques de basalto y conos cineríticos (QptB) del Pleistoceno, como el volcán La Tortuga. Estas emisiones son las más recientes en el Eje Neovolcánico Transmexicano. Al mismo tiempo, se depositaron sedimentos continentales representados por conglomerado polimíctico y arenisca (TplCgp-Ar) en las planicies y en laderas de pendiente suave. El conglomerado está constituido por clastos de riolita semi-redondeados y soportados por material arcilloso; la arenisca contiene cuarzo, vidrio y óxidos de fierro. Finalmente, sobre las planicies de inundación, ríos y arroyos principales se depositó aluvión (Qhoal) del Holoceno.

3.2 Geología estructural

Como estructuras del dominio frágil se determinaron fallas normales, las cuales se presentan en dos sistemas; el primero con estructuras de orientación NW-SE conjugado con otro de dirección NE-SW, el segundo sistema corresponde a estructuras orientadas E-W conjugado con otro de dirección N-S.

Del sistema con orientación NW-SE se identificaron las fallas Atenguillo, Ameca, El Tecolote, Potrerillos, El Tule II, Ixtololo y El Aguacate, con tendencia NE-SW se documentaron las fallas El Ahuilote, La Joya, Guachinanguillo, Piedras Amarillas, Salitrillo, Los Diávolos, El Tlayote, El Rojo y La Cieneguita.

Del segundo sistema con orientación E-W, se determinaron las fallas La Haciendita, Agua Mala, El Potrero, La Loma y Capomal. De la dirección N-S se tienen las fallas Comalito, El Salitre, La Botija, Agua Zarca y El Platanar.

Se observaron curvilineamientos como Jolapa y El Tizate, Pánico y el Carbón, los que probablemente están relacionados con la presencia de cuerpos ígneos intrusivos. Las estructuras del dominio frágil se interpretan como resultado de los procesos de distensión provocados posteriormente a la Orogenia Laramide. Esta deformación es representada por fracturas y fallas normales con orientación NE-SW, NW-SE Y N-S, en un ambiente distensivo, observándose conos volcánicos alineados.

La tectónica del área se interpreta a partir del Cretácico Inferior (Neocomiano-Aptiano), cuando debido a la convergencia de placas se desarrolla una subducción, que dio lugar al desarrollo de un arco de islas que permitió el depósito de una secuencia vulcanosedimentarias.

En el Cretácico inferior se desarrolla un arco magmático dando lugar al emplazamiento de un intrusivo calco-alcalino denominado Batolito de Puerto Vallarta, asociado con tobas riolíticas de edad Aptiano-Santoniano. Del Maestrichtiano al Paleoceno y simultáneamente al levantamiento y plegamiento provocado por la Orogenia Laramide, se inicia la destrucción se rocas cretácicas, originando un conglomerado molásico. También como consecuencia de la Orogenia Laramide durante el Paleoceno se lleva a cabo el emplazamiento de intrusivos intermedios a ácidos asociados a un vulcanismo ácido, relacionado con la migración de un arco magmático.

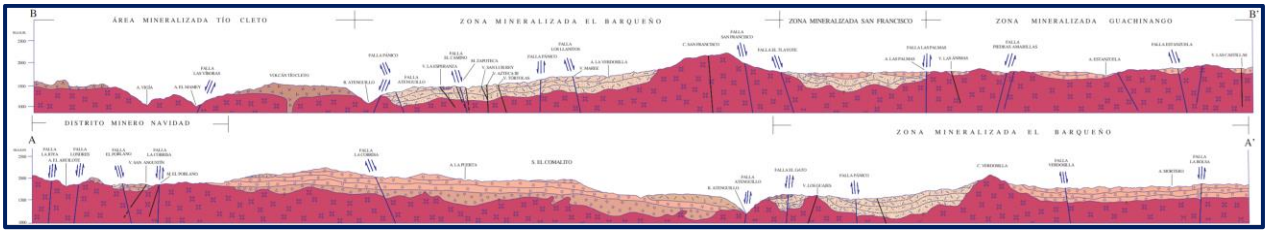
La deformación de tipo frágil es consecuencia de un proceso distensivo post-laramídico, originando fallas normales, las cuales fueron aprovechadas como conductos de los materiales volcánicos que constituyen el Eje Neovolcánico, el cual es consecuencia del movimiento entre las placas del Caribe y Norteamérica y por el cambio de ángulo de rotación de la Placa de Cocos durante el Mioceno tardío (Demant A., 1982).

3.3 Geología del subsuelo

De acuerdo con la geología superficial y la información de algunos cortes litológicos (figura 3), se determina que el acuífero está constituido, en su porción superior, por

andesitas-tobas andesíticas en pseudoestratos de hasta 1.50 m de espesor, por toba riolítica del Cretácico Superior y toba riolítica del Paleógeno. Por su parte, también hay rocas de composición basáltica, que representan al aparato volcánico Tío Cleto perteneciente al vulcanismo de la faja Volcánica Transmexicana.

El basamento del acuífero se aloja en un medio fracturado constituido por diorita, este medio representa un magmatismo que se presentó durante el Eoceno.



Fuente: Carta Geológico-Minera F13-D62 "Guachinango". Esc. 1:50,000 (SGM, 2001).

Figura 3. Secciones geológicas esquemáticas

4. HIDROGEOLOGÍA

4.1 Tipo de acuífero

De acuerdo con la información geológica, es posible identificar que se trata de un sistema acuífero de **tipo libre,** ya que las unidades superiores están constituidas e intercaladas por material aluvial y conglomerados. En gran parte de la superficie del acuífero se encuentran las unidades constituidas por rocas ígneas y basálticas, con una permeabilidad que se clasifica entre media y alta dependiendo del grado de fracturamiento. Así mismo, se tienen conglomerados y brechas volcánicas.

5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

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 la siguiente:

Entradas (E) - Salidas (S) = Cambio de masa

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

Recarga total - Descarga total = Cambio de almacenamiento

5.1 Entradas

Las entradas al acuífero Mixtlán están integradas básicamente por la recarga natural que se produce por la infiltración de la lluvia (Rv).

5.1.1 Recarga vertical (Rv)

La recarga vertical total que recibe el acuífero (volumen susceptible de infiltrarse) se obtuvo mediante el planteamiento de un balance hidrometeorológico para la superficie del acuífero, mediante la siguiente expresión:

$$V_{LL} = V_{ETR} + V_{ESC} + V_{INF} \quad (1)$$

Donde:

V_{LL} = Volumen de lluvia;
V_{ETR} = Volumen evapotranspirado;
V_{ESC} = Volumen escurrido;
V_{INF} = Volumen infiltrado;

Por lo tanto, despejando el volumen infiltrado, se obtiene lo siguiente:

$$V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC} \quad (2)$$

El volumen de lluvia que se precipita en la superficie del acuífero tomado en cuenta para el balance, se obtiene al multiplicar su área (3,183.1 km^2) por la lámina de precipitación media anual (899.5 mm):

$$V_{LL} = 3{,}183.1\ km^2\ (0.8995\ m) = 2{,}863.2\ hm^3 \text{ anuales}$$

Para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó la ecuación empírica de Turc, considerando los valores promedio anual de precipitación de 899.5 mm y temperatura de 20.1 °C.

Turc a partir de observaciones realizadas en 254 cuencas distribuidas para todos los climas del mundo, reporta la expresión siguiente:

$$ETR\ (mm) = \frac{P(mm)}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P^2(mm)}{L^2}\right)}}$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real

P = Precipitación media anual;

L = 300 + 25T + 0.05T3;

T = Temperatura media anual, en °C;

La limitación teórica para la utilización de la fórmula de Turc, es que la precipitación no debe ser menor a la relación 0.31L (388.1). En caso contrario se obtiene una ETR > P y para estos casos se debe considerar a ETR = P. De acuerdo con lo anterior, se obtiene un valor de lámina de evapotranspiración de **746 mm anuales.**

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

T (°C) =	20.6		
P(mm) =	1015.6	P^2 =	1031443.36
L =	1252.09	L^2 =	1567731.37
ETR (mm)	814		

Por lo tanto, el volumen de la ETR (V_{ETR}) es:

V_{ETR} = 3,183.1 km² (0.746 m) = 2,374.6 hm³ anuales

Para determinar el volumen de escurrimiento debido a la lluvia (VESC) se utilizó el método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, publicada en el Diario Oficial de la Federación, con fecha del 27 de marzo de 2015, en la que se señala que para los casos en los que no se cuente con suficiente información para determinar el volumen anual de escurrimiento natural, se puede aplicar el método indirecto denominado precipitación-escurrimiento.

La normatividad establece que el volumen anual medio de escurrimiento natural es igual a la precipitación media anual por el área y por un coeficiente de escurrimiento:

VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL DE LA CUENCA	**=**	**PRECIPITACION ANUAL DE LA CUENCA**	*****	**AREA DE LA CUENCA**	*****	**COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO**

El coeficiente de escurrimiento (Ce) se puede determinar, según la norma antes citada, en función del parámetro K que depende del tipo y uso de suelo, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS).

Con apoyo de cartografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y de visitas de campo, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, de acuerdo con los tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y se determina el uso actual del suelo (Figura 5). En el caso de que, en la cuenca en estudio, existan diferentes tipos y usos de suelo, el valor de K se calcula como la resultante de subdividir la cuenca en zonas homogéneas para obtener el promedio ponderado.

Dependiendo del valor obtenido para K, el coeficiente de escurrimiento (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes, en la que P es la precipitación media anual expresada en mm:

Si *K* resulta menor o igual que 0.15	Ce = *K* (P-250) / 2000
Si *K* es mayor que 0.15	Ce = *K* (P-250) / 2000 + (*K* –0.15) / 1.5

Donde:

P = Precipitación anual;

Ce = Coeficiente de escurrimiento anual;

K = Parámetro que depende del tipo, uso y cubierta del suelo;

Tabla 2. Valores de K en función del tipo y uso del suelo

USO DE SUELO	TIPO DE SUELO A	TIPO DE SUELO B	TIPO DE SUELO C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera:	0.24	0.27	0.3
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% -poco-	0.14	0.2	0.28
Del 50 al 75% -regular-	0.2	0.24	0.3
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3

TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loes poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad; loes algo más compactos que los correspondientes a los suelos Tipo A; terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loes muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

De acuerdo con la cartografía de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) escala 1:1,000,000 en la zona que comprende el acuífero Mixtlán predominan los siguientes tipos de suelo: Acrisol, Cambisol, Feozem, Litosol, Regosol y Vertisol que se clasificaron en tres tipos de suelo: A, B y C (figura 4).

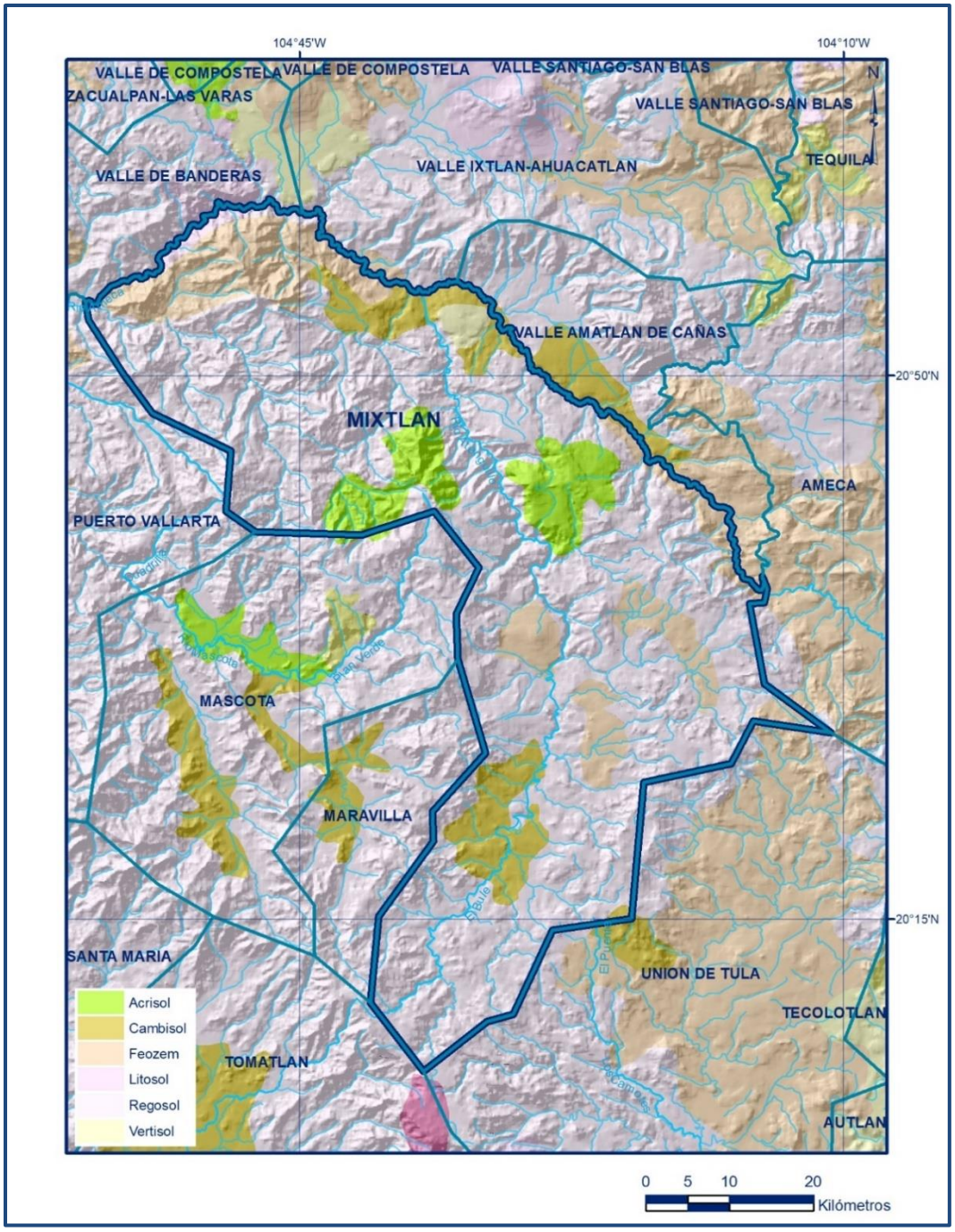


Figura 4. Tipo de suelo

En cuanto al uso de suelo, de acuerdo con la cartografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) escala 1: 250,000, en el área donde se localiza el acuífero hay al menos siete usos de suelo diferentes: área agrícola, asentamientos humanos, bosque, cuerpos de agua, otros tipos, pastizal y selva (figura 5).

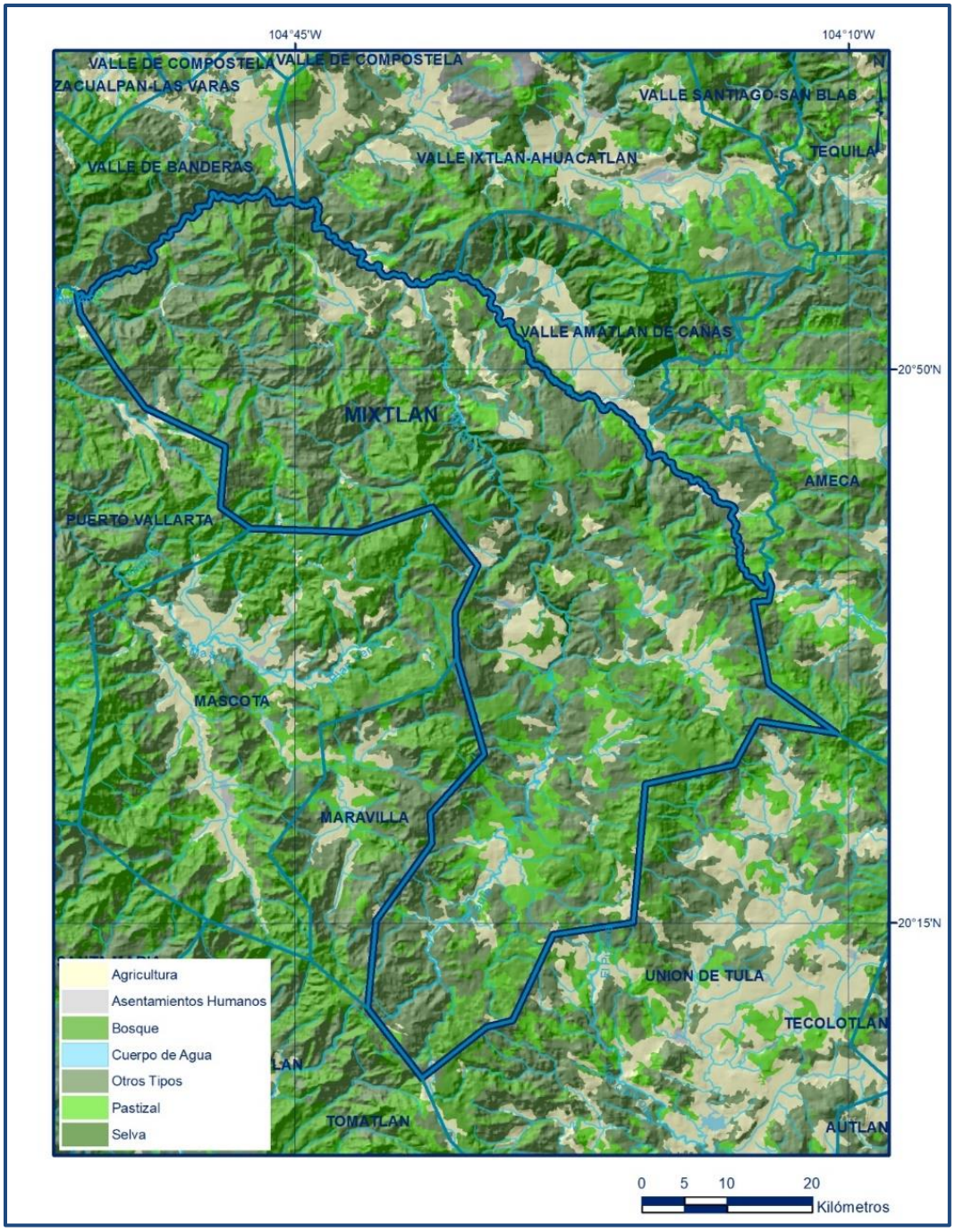


Figura 5. Uso de suelo

El valor de k ponderado que es de 0.22 se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce):

$$Ce = K\ (P-250)\ /2000) + (K-0.15)\ /1.5$$

Ce = 0.118

Aplicando este coeficiente de escurrimiento al volumen de lluvia, se obtiene el volumen del escurrimiento:

$$\mathbf{V_{ESC} = 0.118\ (2{,}863.2\ hm^3) = 337.9\ hm^3\ anuales}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (2), se obtiene lo siguiente:

$$\mathbf{V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC}\ (2)}$$
$$\mathbf{V_{INF} = 2{,}863.2 - 2{,}374.6 - 337.9}$$
$$\mathbf{V_{INF} = 150.7\ hm^3\ anuales}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 2,863.2 hm^3/año, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.0526.

De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es de 150.7 hm^3 anuales en 3,183.1 km^2 de superficie del acuífero.

Por lo que la **Rv = 150.7 hm^3 anuales**

5.2 Salidas

Las salidas de agua subterránea estimadas en este balance son las siguientes:
La descarga del acuífero ocurre principalmente a través de manantiales (Dm)

5.2.1 Descarga por manantiales (Dm)

Se identificó la existencia de manantiales, que en conjunto descargan un volumen de **137.7 hm^3 anuales.**

5.2.2 Bombeo (B)

De acuerdo con los datos reportados por el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), se tiene registrado un volumen de extracción de **11.6 hm^3 anuales**, a la fecha de corte del 30 de diciembre del 2022.

6. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso

agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales; en su fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

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

6.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde a la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso la recarga total es de **150.7 hm³ anuales.**

6.2 Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales 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 **DNC = 137.7 hm³ anuales.**

6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica. En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los

volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos, aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **11'575,265 m^3 anuales,** que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre del 2022.**

6.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

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

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

DMA = R – DNC – VEAS
DMA = 150.7 – 137.7 – 11.575265
DMA = 1.424735 hm^3 anuales

El resultado indica que existe un volumen disponible de **1'424,735 m^3 anuales** para otorgar nuevas concesiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

Servicio Geológico Mexicano, 2021. Carta Geológico-Minera F13-D62 “Guachinango, Jalisco, Nayarit”, Jalisco, Nayarit, escala 1:50,000. https://www.sgm.gob.mx/CartasDisponibles/