



**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**

**GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DE JUÁREZ (1440), ESTADO DE  
JALISCO**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>2</b>
1.1 Localización.....	2
1.2 Situación administrativa del acuífero.....	4
<b>2. FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Provincia fisiográfica.....	4
2.2 Clima.....	5
2.3 Hidrografía.....	5
2.4 Geomorfología.....	6
<b>3. GEOLOGÍA.....</b>	<b>6</b>
3.1 Estratigrafía.....	7
3.2 Geología estructural.....	8
3.3 Geología del subsuelo.....	9
<b>4. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
4.1 Tipo de acuífero.....	9
<b>5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>9</b>
5.1 Entradas.....	10
5.1.1 Recarga vertical (Rv).....	10
5.2 Salidas.....	16
5.2.1 Bombeo (B).....	16
5.2.2 Descarga por manantiales (Dm).....	16
<b>6. DISPONIBILIDAD.....</b>	<b>16</b>
6.1 Recarga total media anual (R).....	17
6.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	17
6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	17
6.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	18
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>19</b>

## **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 Valle de Juárez, definido con la clave 1440 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en el Estado de Jalisco, entre las coordenadas geográficas 20° 0' y 19° 52' de latitud norte, y 103° 2' y 102° 54' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 82.95 km<sup>2</sup>.

Limita al este con el acuífero Quitupán, al oeste con el acuífero Tizapán, al sur con el acuífero Ciudad Guzmán, todos estos pertenecientes al estado de Jalisco y al norte con el acuífero Ciénega de Chapala, perteneciente al estado de Michoacán (figura 1).

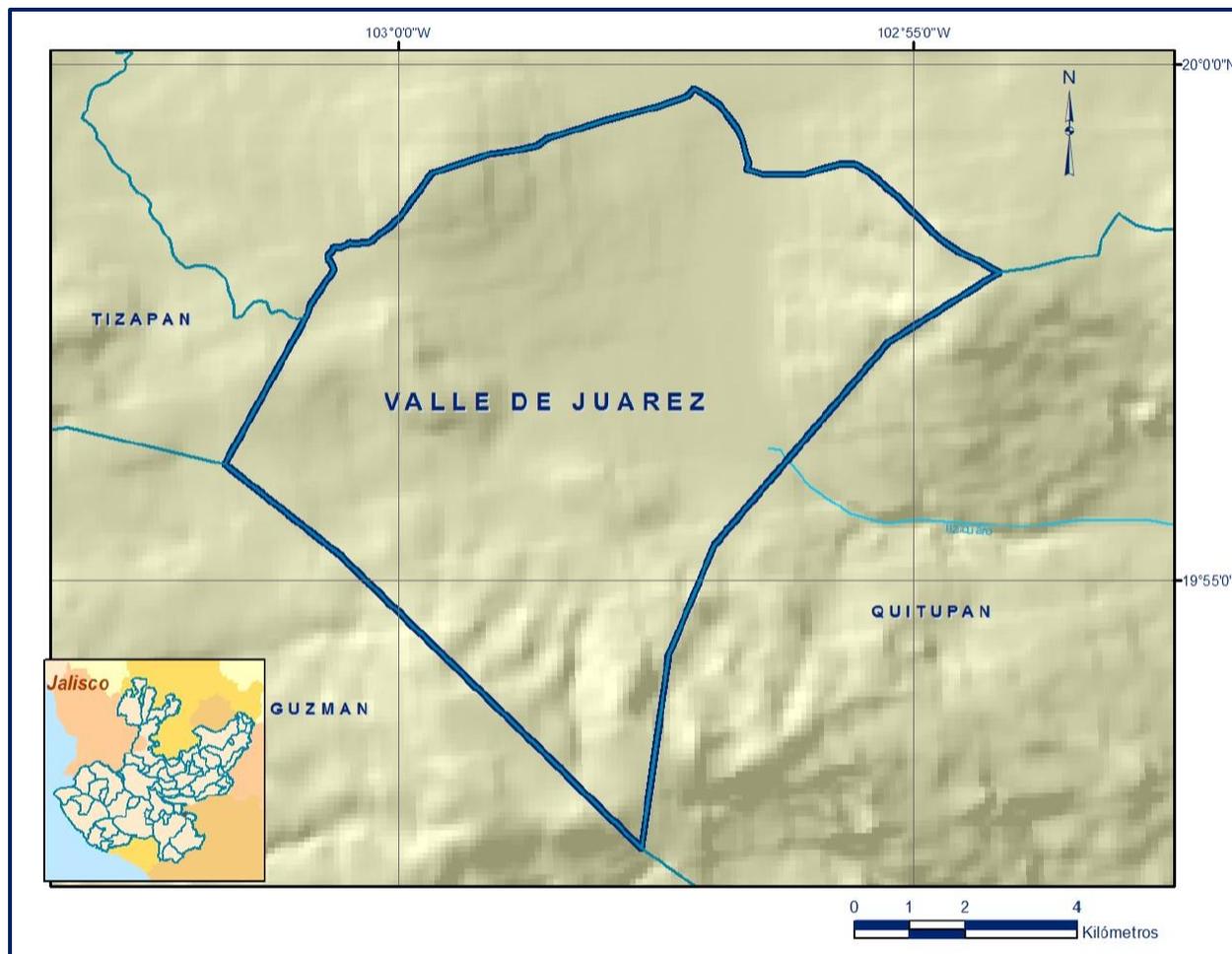


Figura 1. Localización del acuífero

Geopolíticamente se localiza principalmente en el municipio Valle de Juárez y parcialmente en los municipios Mazamitla y Quitupán pertenecientes al estado de Jalisco y Marcos Castellanos, perteneciente al estado de Michoacán.

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 simplificada del acuífero

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	54	10.1	19	57	59.4	
2	102	55	14.4	19	57	18.4	
3	102	56	55.9	19	55	21.0	
4	102	57	22.6	19	54	16.9	
5	102	57	38.6	19	52	24.8	
6	103	0	34.8	19	55	15.7	
7	103	1	40.9	19	56	7.6	
8	103	0	53.5	19	57	34.2	DEL 8 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	102	54	10.1	19	57	59.4	

## 1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Valle de Juárez pertenece al Organismo de Cuenca VIII “Lerma-Santiago-Pacífico”. Su territorio se encuentra totalmente vedado y sujeto a la disposición de dos decretos, el primero es el “*DECRETO por el que se declara de interés público la Conservación de los mantos acuíferos en la zona del Bajo Balsas, estableciéndose veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento, y aprovechamiento de aguas del subsuelo en dicha zona.*”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de junio de 1975; esta veda se clasifica como tipo II, en la que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones para uso doméstico y de abrevadero que se realicen por medio manuales, el segundo es el “*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.

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 Río Balsas.

## 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 Eje Neovolcánico, subprovincia Chapala.

## **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 2 estaciones que tienen influencia en el área del acuífero, con un periodo de registro que va de 1989 a 2014; mediante el método de polígonos de Thiessen, se determinó que los valores promedio anuales de temperatura y precipitación son **18.7°C** y **973.0 mm**, respectivamente.

## **2.3 Hidrografía**

El acuífero se ubica en la Región Hidrológica - Administrativa VIII Lerma Santiago Pacífico y principalmente en la Región Hidrológica 18, Balsas y parcialmente en las Regiones Hidrológicas 12 y 16, Lerma-Santiago y Armería-Coahuayana; sobre el acuífero se encuentra principalmente la cuenca Río Tepalcatepec, y en menor proporción las cuencas Río Lerma 7 y Quito.

La cuenca hidrológica Río Tepalcatepec drena una superficie de 11,718.72 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada al Norte por la región hidrológica número 12 Lerma-Santiago, al Sur por la región hidrológica número 17 Costa de Michoacán, al Este por la región hidrológica número 16 Armería-Coahuayana y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Cupatitzio, de acuerdo a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación en el año 2013. Esta cuenca tiene un volumen disponible a la salida de - 293.860 millones de metros cúbicos (déficit), de acuerdo a lo publicado en el DOF el 21 de septiembre de 2020.

La cuenca hidrológica Río Lerma 7 tiene una superficie de aportación de 6,644 kilómetros cuadrados, y geográficamente se ubica en el centro del país, dentro del cuadro de coordenadas 19°45 y 20°30 latitud Norte y 102°00 y 103°30 longitud Oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por la cuenca Río Santiago, al Sur por las regiones hidrológicas números 16 Armería-Coahuayana y 18 Balsas, al Este por las cuencas Río Lerma 6 y Río Duero y al Oeste por las cuencas de las lagunas de San Marcos y Sayula, de acuerdo a lo publicado en el *“Acuerdo por el que se dan a conocer las denominaciones y la ubicación geográfica de las diecinueve cuencas localizadas en la zona hidrológica denominada Río Lerma-*

*Chapala, así como la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas que comprende dicha zona hidrológica".* Esta cuenca tiene un volumen disponible a la salida de -250.669 millones de metros cúbicos (déficit), de acuerdo a lo publicado en el DOF el 21 de septiembre de 2020.

La cuenca hidrológica Quito drena una superficie de 2,422.0 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada al Norte y al Oeste por la región hidrológica número 12 Lerma-Santiago, al Sur por la cuenca hidrológica Coahuayana 1 y al Este por la región hidrológica número 18 Balsas, de acuerdo a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación en el año 2013. Esta cuenca tiene un volumen disponible a la salida de 244.203 millones de metros cúbicos, de acuerdo a lo publicado en el DOF el 21 de septiembre de 2020.

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.

La región se encuentra conformada por tres arroyos principales, sin embargo, éstos no tienen nombre.

#### **2.4 Geomorfología**

El acuífero Valle de Juárez se encuentra conformado por lomerío de basalto con llanuras.

### **3. GEOLOGÍA**

Litológicamente la zona está constituida principalmente por rocas ígneas extrusivas como el basalto y la brecha volcánica básica; al centro y norte de acuífero se pueden observar depósitos de material aluvial (Figura 2).

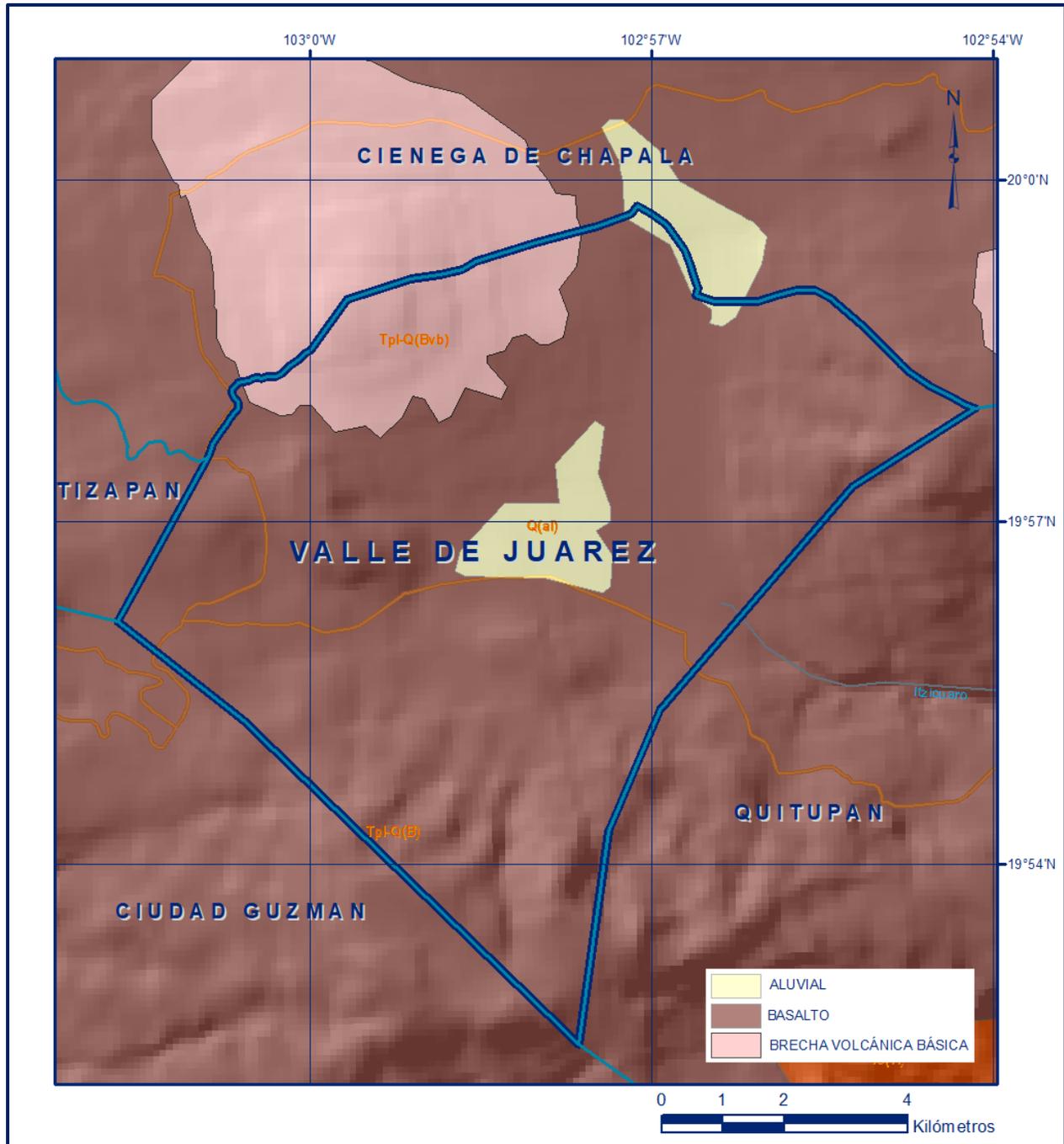


Figura 2. Geología general del acuífero

### 3.1 Estratigrafía

La secuencia de rocas expuestas en la región, cuyas edades varían del Cenozoico al Reciente (Carta Geológico-Minera E13-3 "COLIMA", Colima, Jalisco y Michoacán. Esc. 1:250,000, SGM 1999), se menciona a continuación:

A partir del Mioceno tardío sucedieron reorganizaciones importantes en el movimiento de las placas que interactuaban con el continente lo que provocó que el arco volcánico miocénico, representado por la Sierra Madre Occidental, cambiara progresivamente su orientación hasta dar lugar a la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVT) dentro de la cual se han distinguido dos unidades basáltico-andesíticas del Cenozoico (TmAB y TplB-A) como las más antiguas. La unidad TmA-B es el vulcanismo basal de la FVT en tanto que la composición alcalina de la unidad TplB-A, reconocida al norte del Complejo Volcánico Colima, representa el inicio del rompimiento continental en esta área. Incluido dentro de la FVT se tiene al Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (Tpl-QptA-B) formado por unos 1040 centros volcánicos, en su mayoría conos monogenéticos (Hasenaka y Carmichael, 1985), a su vez, se tienen depósitos de aluvión (Qal) relleno principalmente los cauces de los arroyos. Estos dos últimos representan al Cuaternario.

### **3.2 Geología estructural**

El Sistema Chapala-Oaxaca es un lineamiento de dirección aproximada N 50° W y 100 km de longitud que representa una estructura cortical con movimiento lateral izquierdo que separa la porción norte de México de los bloques Guerrero y Michoacán. El extremo NW de este sistema sobresale tres segmentos con cualidades distintas.

El semigraben de Cotija y la Falla Huacana representan la deformación quebradiza de esta porción del sistema, en tanto que en la parte sur del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), la deformación se ve reflejada por el alineamiento NE de centros volcánicos, asumiendo que éstos son el reflejo de un sistema de diques a profundidad (Rosas-Elguera et al, 1999).

El semigraben de Cotija es una depresión de orientación N 50° W con una longitud de 32 km. La falla principal es de tipo normal de edad Mioceno superior-Plioceno con reactivaciones hasta el reciente. El sistema Chapala-Oaxaca es una frontera que permite distinguir una parte sur del CVMG donde los lineamientos volcánicos, de dirección NE, están mejor definidos que la parte norte del CVMG.

Esta frontera también limita una parte norte donde la concentración de MgO es menor que en su porción sur. Es también a lo largo de esta estructura donde se emplazan dos de los volcanes más recientes como son el Parícutín y el Jorullo.

### **3.3 Geología del subsuelo**

De acuerdo con la geología superficial y a cortes litológicos de acuíferos vecinos, se determina que la parte superior del acuífero se encuentra constituida por depósitos aluviales, así como por basalto y andesita, en algunas zonas por toba riolítica de textura piroclástica, observándose cuarzo, plagioclasa sódica, líticos de roca volcánica con biotita, limonita y hematita en algunas fracturas.

A profundidad mayor se puede encontrar brecha volcánica de composición andesítica, en algunos casos con niveles bajos de andesita, también con intervalos de arenisca con componentes volcánicos.

En la parte basamental se encuentra una secuencia de lutita intercalada con arenisca y niveles de lutita negra, en algunos casos presenta lentes de dolomía intercalados entre la arenisca.

## **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 suelo aluvial y conglomerados. Las formaciones predominantes en la superficie del acuífero se encuentran constituidas por toba riolítica, basalto y andesita del Cenozoico, con una permeabilidad que se clasifica entre media y alta dependiendo del grado de fracturación.

## **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:

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

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 Valle de Juárez 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 (80.4 km<sup>2</sup>) por la lámina de precipitación media anual (973.0 mm):

$$V_{LL} = 80.4 \text{ km}^2 (0.973 \text{ m}) = 78.2 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó la ecuación empírica de Turc, considerando los valores promedio anual de precipitación de 973.0 mm y temperatura de 18.7 °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** =  $300 + 25T + 0.05T^3$ ;

**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  $0.31L$  (346.5). 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 **748 mm anuales**.

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

T (°C) =	19.0		
P(mm) =	780.40	P <sup>2</sup> =	609024.16
L =	1117.95	L <sup>2</sup> =	1249812.2
ETR (mm)	663		

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

$$V_{ETR} = 80.4 \text{ km}^2 (0.748 \text{ m}) = 60.1 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Para determinar el volumen de escurrimiento debido a la lluvia ( $V_{ESC}$ ) 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:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{VOLUMEN ANUAL} & = & \text{PRECIPITACION} & * & \text{AREA DE} & * & \text{COEFICIENTE DE} \\ \text{DE ESCURRIMIENTO} & & \text{ANUAL DE LA} & & \text{LA} & & \text{ESCURRIMIENTO} \\ \text{NATURAL DE LA} & & \text{CUENCA} & & \text{CUENCA} & & \\ \text{CUENCA} & & & & & & \end{array}$$

El coeficiente de escurrimiento ( $C_e$ ) 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, 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 4).

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 ( $C_e$ ), 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

$$C_e = K (P-250) / 2000$$

Si  $K$  es mayor que 0.15

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

Donde:

**P** = Precipitación anual;

**C<sub>e</sub>** = Coeficiente de escurrimiento anual;

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

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 Valle de Juárez predominan los siguientes tipos de suelo: Cambisol, cuerpos de agua, Feozem y Luvisol, que se clasificaron en tres tipos de suelo: A, B y C (Figura 3).

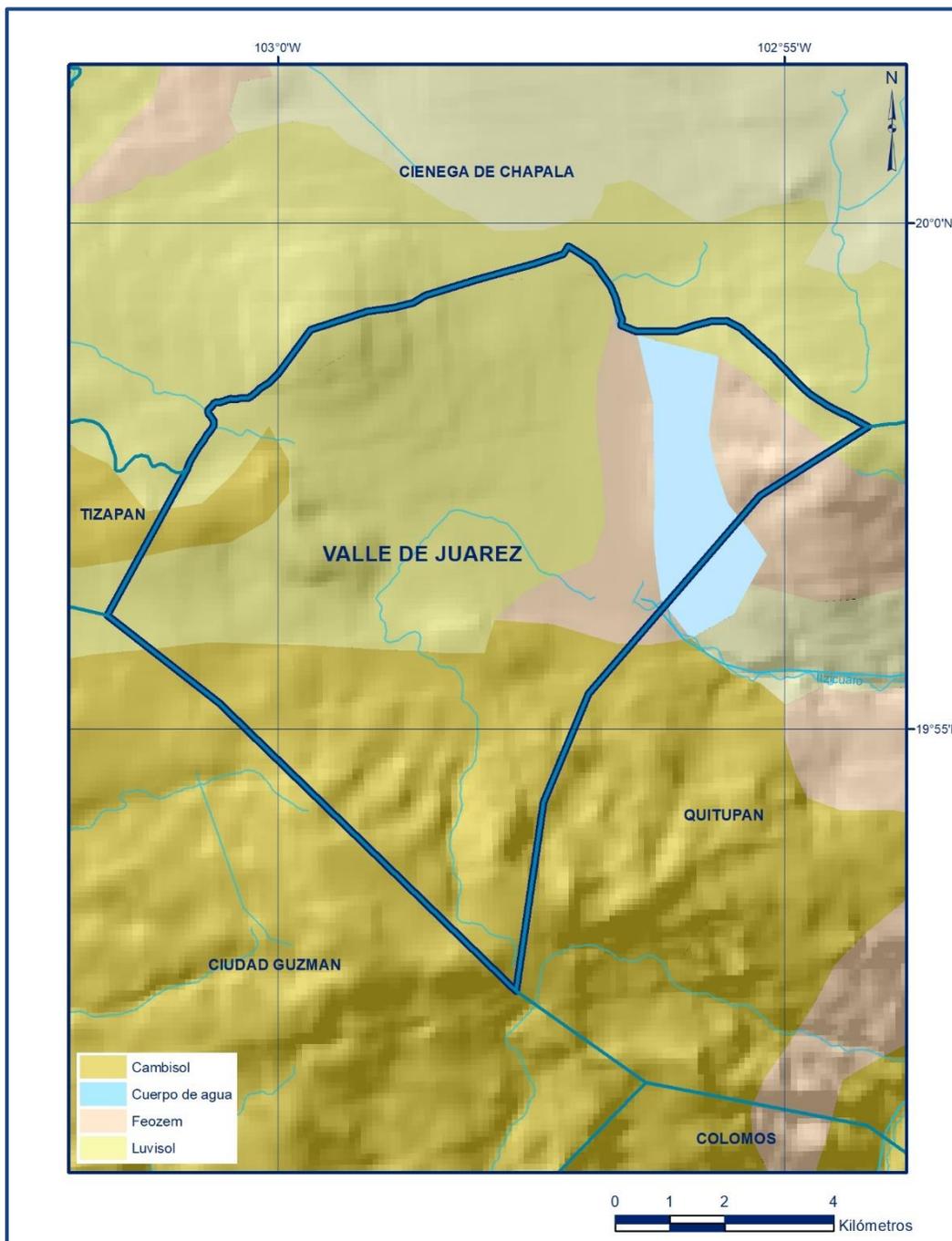


Figura 3. Tipo de suelo

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 seis usos de suelo diferentes: área agrícola, asentamientos humanos, bosque, cuerpos de agua, otros tipos y pastizal (figura 4).

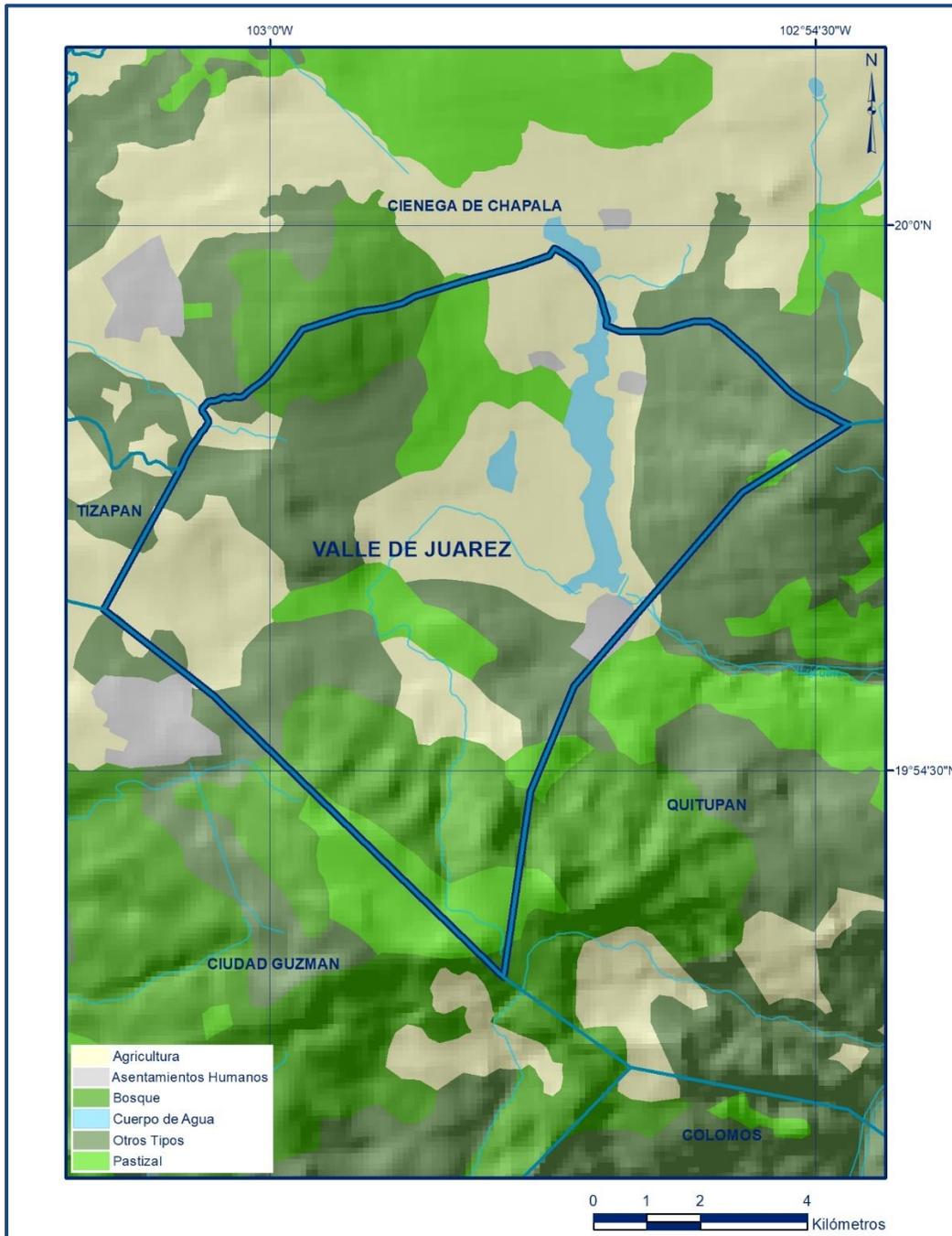


Figura 4. Uso de Suelo

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 esta manera, el valor de K se obtuvo como promedio ponderado y es igual a 0.27, valor que se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce):

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

**Ce = 0.175**

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

$$V_{ESC} = 0.175 (78.2 \text{ hm}^3) = 13.7 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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

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

$$V_{INF} = 78.2 - 60.1 - 13.7$$

$$V_{INF} = 4.4 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 78.2 hm<sup>3</sup>/año, se obtiene el coeficiente de infiltración que es de 0.0563.

De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es de 4.4 hm<sup>3</sup>/año en 80.4 km<sup>2</sup> de superficie del acuífero.

Por lo que la **Rv = 4.4 hm<sup>3</sup> 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 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 **4.1 hm<sup>3</sup> anuales**, a la fecha de corte del 30 de diciembre del 2022.

### 5.2.2 Descarga por manantiales (Dm)

Se identificó la existencia de manantiales, que en conjunto descargan un caudal de 1.24 los, que representan un volumen de **0.03 hm<sup>3</sup> anuales**, por lo que para el cálculo de la disponibilidad este valor es despreciable.

## 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:

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

Donde:

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

**R** = Recarga total media anual

**DNC** = Descarga natural comprometida

**VEAS** = Volumen de extracción de aguas subterráneas

### 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 **4.4 hm<sup>3</sup> 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 de. **DNC = 0.0 hm<sup>3</sup> 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 (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 **4'143,163 m<sup>3</sup> 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 4.4 - 0.0 - 4.143163 \\ \text{DMA} &= 0.256837 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por **256,837 m<sup>3</sup> anuales**.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

Servicio Geológico Mexicano, 2021, Cartas impresas disponibles del Servicio Geológico Mexicano, <https://www.sgm.gob.mx/CartasDisponibles/>

Secretaría de Gobernación, ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican, 7 de septiembre del 2020, (México).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos, (2001), México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Conjunto de datos vectoriales Geológicos, Fallas fracturas, (2002), México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso del suelo y vegetación, Serie VI, (2017), México: INEGI.

Comisión Nacional del Agua, 2021, Cuencas, Cuencas (nacional), <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas>

Comisión Nacional del Agua, 2021, Regiones Hidrológicas, Regiones Hidrológicas (nacional), <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=regionesHidrologicas>