



**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**

**GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO LAMPAZOS-VILLALDAMA (1901),  
ESTADO DE NUEVO LEÓN**

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.....	6
3.2 Geología estructural.....	12
3.3 Geología del subsuelo.....	13
<b>4. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>13</b>
4.1 Tipo de acuífero.....	13
<b>5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>14</b>
5.1 Entradas.....	15
5.1.1 Recarga vertical (Rv).....	15
5.2 Salidas.....	22
5.2.1 Bombeo (B).....	22
5.2.2 Descarga por manantiales (Dm).....	22
5.2.3 Descarga por flujo base (Dfb).....	22
<b>6. DISPONIBILIDAD.....</b>	<b>22</b>
6.1 Recarga total media anual (R).....	23
6.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	23
6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	23
6.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	24
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>25</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 Lampazos-Villaldama, definido con la clave 1901 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción Noroeste del estado de Nuevo León, entre las coordenadas geográficas 26° 11' y 27° 03' de latitud norte y 100° 11' y 100° 38' de longitud oeste y abarca un área de 2082.96 km<sup>2</sup> (figura 1). Limita al norte con el acuífero Lampazos-Anáhuac, al Este con Sabinas-Paras, al sur con El Carmen- Salinas Victoria y al Oeste con los acuíferos Castaños y Monclova (del estado de Coahuila).

Geopolíticamente su territorio cubre parcialmente los municipios de Candela, Lampazos de Naranjo, Villaldama, Sabinas Hidalgo, Salinas Victoria, Bustamante y Mina. La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

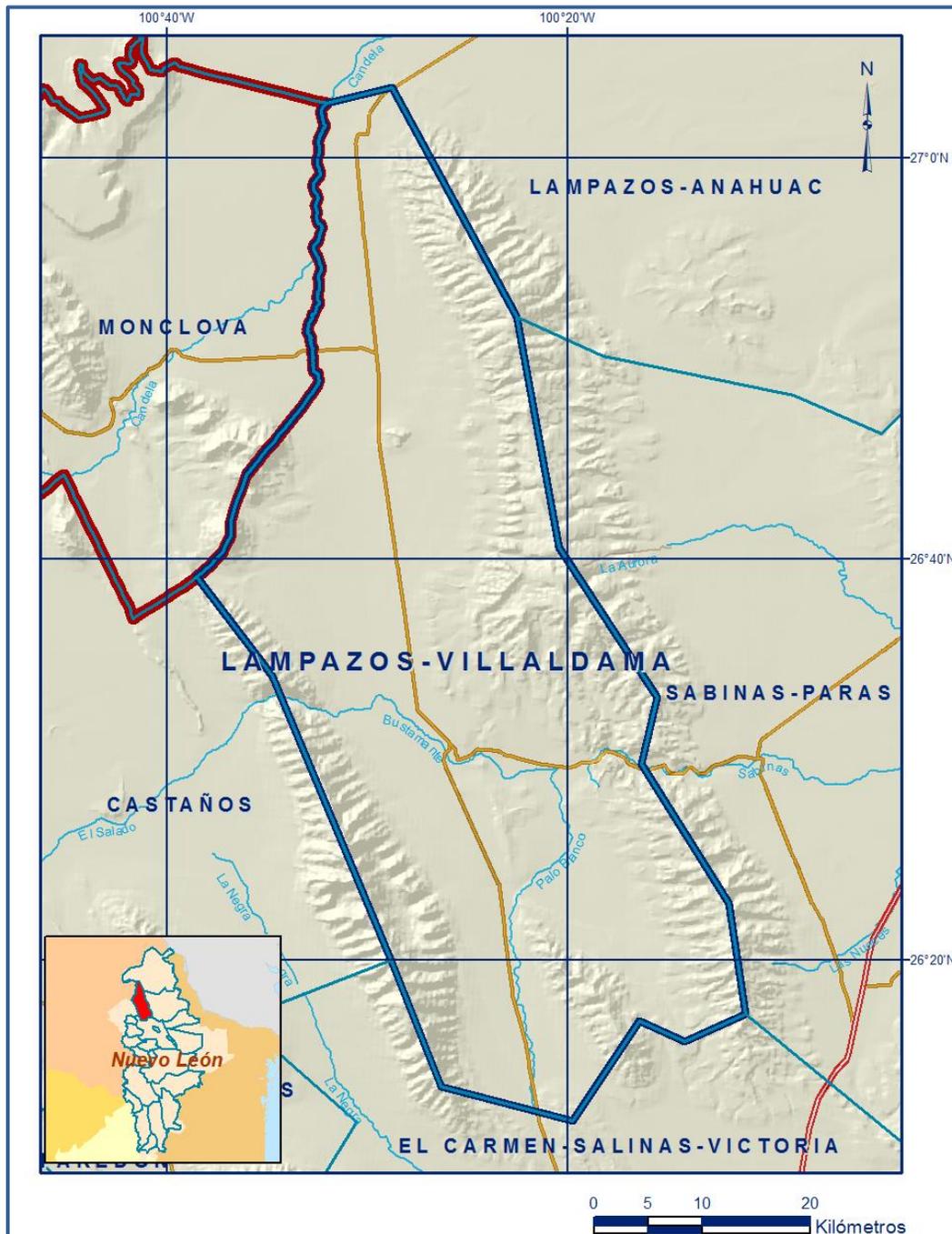


Figura 1. Localización del acuífero

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 1901 LAMPAZOS-VILLALDAMA							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	100	34	46.1	26	34	9.4	
2	100	38	31.0	26	39	5.4	DEL 2 AL 3 POR EL LIMITE ESTATAL
3	100	32	1.8	27	2	43.4	
4	100	28	45.8	27	3	32.1	
5	100	22	33.6	26	52	4.5	
6	100	20	26.7	26	40	33.5	
7	100	15	34.6	26	33	6.2	
8	100	16	20.2	26	29	45.7	
9	100	11	59.2	26	22	49.3	
10	100	11	10.5	26	17	15.8	
11	100	14	11.4	26	15	53.1	
12	100	16	26.3	26	16	57.2	
13	100	19	45.9	26	11	55.9	
14	100	26	19.9	26	13	40.3	
15	100	28	49.6	26	19	58.5	
1	100	34	46.1	26	34	9.4	

## 1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Lampazos-Villaldama pertenece al Organismo de Cuenca VI “Río Bravo” y al Consejo de Cuenca “Río Bravo”, instalado el 21 de enero de 1999. Su territorio se encuentra totalmente sujeto a las disposiciones del “Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas nacionales del subsuelo en los 96 acuíferos que se indican”, este fue publicado en el DOF el 05 de abril de 2013. En este Acuerdo se determina que se requiere concesión o asignación para la extracción de las aguas nacionales del subsuelo y autorización de la CONAGUA para el incremento de volumen.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3.

## 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 las Grandes Llanuras de Norteamérica y parcialmente en la Sierra Madre Oriental, en las subprovincias de Llanuras de Coahuila y Nuevo León y Sierras y Llanuras Coahuilenses.

## **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 semiárido, semicálido (BS1hw), con una temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C, con una temperatura media anual mayor de 18°C, y una temperatura mínima del mes más frío menor a 18°C y una temperatura máxima del mes más caliente mayor a 22°C.

Para la determinación de las condiciones climatológicas, se utilizaron los datos de 9 estaciones que tienen influencia en el área del acuífero, con un periodo de registro que comprende enero de 1994 a enero de 2013; mediante el método de polígonos de Thiessen, se determinó que los valores promedio anuales de temperatura, precipitación son **22.7 °C** y **458 mm**, respectivamente.

## **2.3 Hidrografía**

El acuífero se ubica en la Región Hidrológica 24 Bravo-Conchos; dentro de las cuencas Río Salado, Río Pesquería y Río Álamo.

Los principales ríos son El Salado, Sabinas y Candela (límite norte). Entre los arroyos principales está Palo Blanco, Huizache, Bustamante y La Espantosa. El patrón de drenaje que predomina es de tipo paralelo, ya que el área del acuífero está limitada por varias sierras a ambos lados (Este y Oeste) creando un valle. Aquí los arroyos bajan de las sierras en forma paralela, todos de régimen intermitente; sus pendientes individuales medias hacia la cabecera de 45° y hacia la desembocadura a las planicies inmediatas son del orden de 10°. En el centro y norte de la zona, el drenaje cambia, al abrirse el relieve, formando un drenaje de tipo centrípeto.

Al iniciar el cruce de la Sierra de Gomas brotan manantiales de agua templada con caudal importante que aumenta aguas abajo en este cañón, en las inmediaciones del poblado de Bustamante. Asimismo, en el cañón de la Sierra de Lampazos existen más manantiales que descargan al río. En esta cuenca, la mayoría de sus cauces son intermitentes y dependen de las lluvias, por lo que para su aprovechamiento se han construido obras hidráulicas como presas de almacenamiento y presas derivadoras, entre otras. Por ejemplo, en el acuífero se encuentran: Presa Derivadora El Carrizo, Derivadora Lampazos, Presa El Reloj, Presa La Reforma I.

## **2.4 Geomorfología**

El área del acuífero comprende un valle sinclinal alargado orientado de NW a SE, limitado al Oeste por los cerros Providencia, El Carrizal, Pico Candela, Santa Rita, Boludo y las Sierras Morena y Gomas. Al Este están los picos La Víbora, El Jacalito, las mesas La Gloria, El Cedral y Los Elotes. En el extremo Sur se encuentra en medio del valle el Cerro El Espía, dividiendo al valle en dos valles paralelos con una curvatura opuesta.

Al norte del acuífero en la Sierra de Gomas, las rocas calizas han sido modificadas por efecto intrusivo de rocas graníticas y dioríticas, originando formas dómicas. El valle central de Villaldama tiene una altitud de 450 msnm en la parte sur y central con una pendiente hacia el centro en el río Sabinas, mientras que, en el Norte, la pendiente va al norte. En los valles afloran rocas recientes, que cubren a las rocas arcillo-arenosas del Cretácico Superior. Lo anterior significa que la zona de estudio está en una edad de juventud geomorfológica avanzada.

## **3. GEOLOGÍA**

Litológicamente el acuífero está constituido principalmente por depósitos aluviales en centro del valle, las sierras que lo limitan son calizas y calizas-lutitas del Cretácico y Jurásico.

En el norte del acuífero hay unos afloramientos de granodiorita del Cenozoico. En medio del valle afloran escasos conglomerados del Plioceno especialmente en la parte Oeste y el extremo Sur del acuífero (figura 2).

### **3.1 Estratigrafía**

A continuación, se describen brevemente las unidades litológicas presentes en la superficie del acuífero, en orden cronológico de la más antigua a la más reciente.

#### **PALEOZOICO SUPERIOR**

##### **Secuencia vulcano-sedimentaria Delicias**

Está constituida por areniscas y lutitas con metamorfismo de bajo grado.

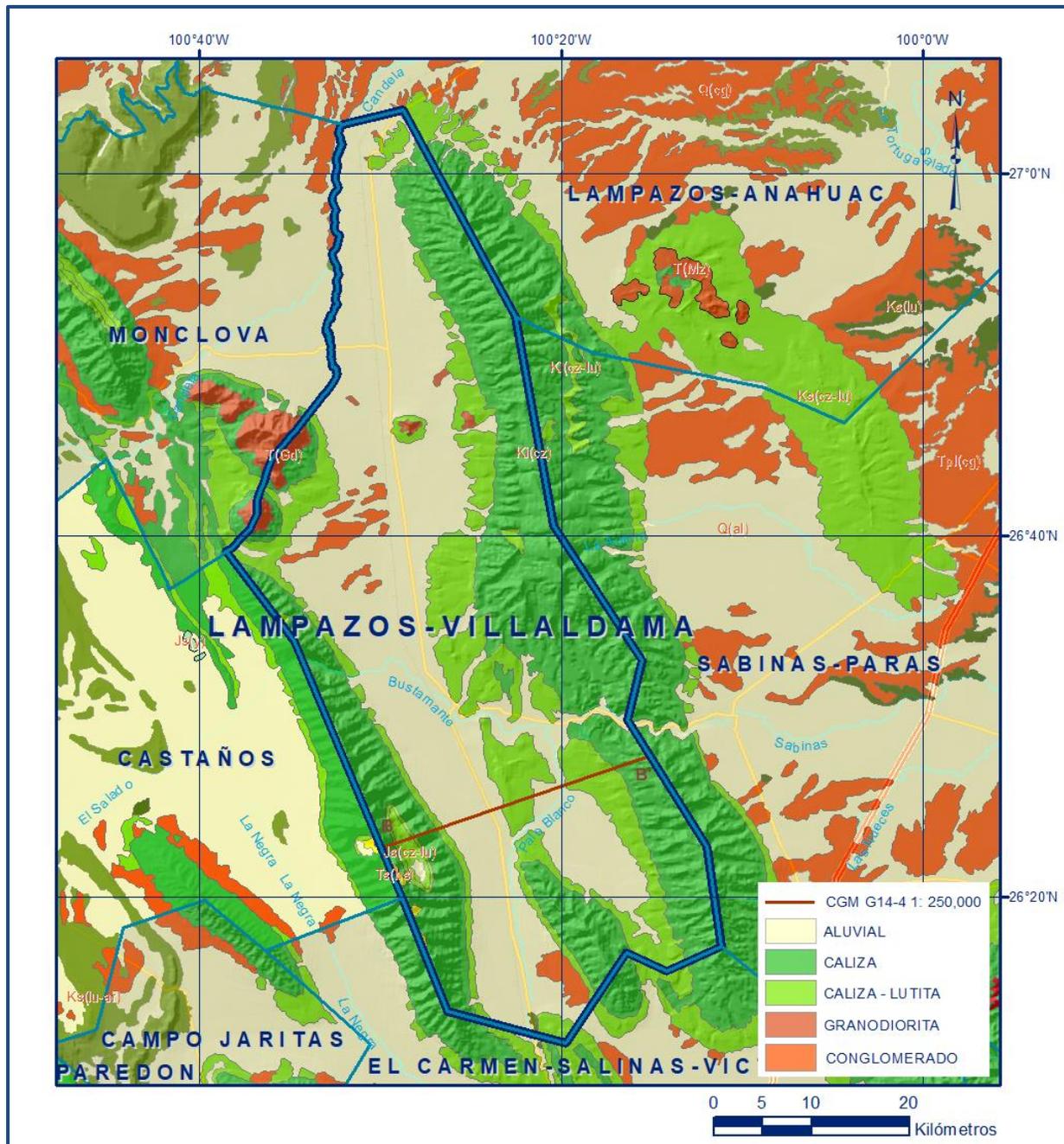


Figura 2. Geología general del acuífero

## JURÁSICO SUPERIOR

### Formación Minas Viejas y Calizas Zuloaga

Se compone principalmente de anhidritas con pequeñas intercalaciones de lutitas calcáreas, areniscas, calizas arcillosas. Son un contacto gradual subyace a la Formación Zuloaga.

Se desconoce la base de esta Formación y su espesor se estima en unos cientos de metros; se le encuentra aflorando en el núcleo de la Sierra de Minas Viejas, Potrero Chico, Potrero de García y en la parte frontal de la Sierra Madre Oriental en el Cañón de la Huasteca y la Sierra de los Muertos. Estas unidades litoestratigráficas definen una secuencia evaporítica-calcárea en la base y clástico-calcárea hacia la cima e indica que fueron desarrolladas en facies lagunares, costeras y extralitorales, dentro de ambientes marinos y de transición.

### **Formación Pimienta**

Son calizas arcillosas con intercalaciones de lutitas calcáreas.

### **Grupo La Casita**

Se ubica en el occidente, con distribución restringida en el fondo de valles anticlinales. Está compuesta de calizas arcillosas en la base, pasando a lutitas carbonosas en la porción media con alternancia de limolitas arcillosas y hacia la cima presenta areniscas y calizas arenosas.

### **Formación Menchaca**

Consiste en calizas arcillosas con intercalaciones de lutitas, sus contactos superiores e inferiores son concordantes.

### **Formación Barril Viejo**

Tiene una edad Valanginiano-Huateriviano, constituida por lutitas, limolitas, calizas y areniscas.

### **Formación Padilla**

Son calizas dolomitizadas de edad Hauteriviano Superior.

### **Formación La Mula**

Consiste en lutitas con areniscas, limolitas intercaladas con areniscas, calizas, dolomitas y calcarenitas de edad (Huateriviano-Barremiano), esta formación sobreyace transicionalmente a la Formación Padilla y cambia de facies con la F. Pátula.

### **Formación Pátula**

Está compuesta por areniscas, lutitas, conglomerados y limolitas.

## **CRETÁCICO INFERIOR**

### **Formación San Marcos**

Está constituida por una alternancia de areniscas conglomeráticas con intercalaciones de lutitas arenosas.

### **Formación Taraises**

Litológicamente, el miembro inferior es una secuencia de calizas arcillosas grises claro a mediano con una textura mudstone en estratos de 20-30 cm con intercalaciones delgadas de lutitas y limolitas en menor proporción y frágiles al intemperismo. El miembro superior está constituido por calizas grises claro en estratos de 40 a 60 cm de espesor, con una textura mudstone. Este miembro contiene fósiles de amonitas, belemnites y nódulos arcillosos pequeños. Presenta un color amarillento rojizo, producto del intemperismo que ha sufrido. Se presenta hacia la parte inferior de los escarpes de los potreros. calizas arcillosas, con algunas intercalaciones de lutitas de edad Berriasiano-Huateriviano.

### **Formación Cupido**

Cubre de forma concordante a la Formación Taraises. Está conformada por calizas basales, un miembro arcilloso intermedio con calizas, calizas arcillosas y lutitas calcáreas interestratificadas de color gris claro a oscuro con tonos rosas que se intemperizan a rojos y un miembro superior calcáreo arrecifal. Su estratificación varía de masiva a delgada, presenta bandeado, nódulos y lentes de pedernal (negro a pardo). Ocasionalmente puede observarse un horizonte de grainstone con pirita diseminada y concreciones de hierro en forma de roseta. Posee escaso contenido fósil. Sus espesores oscilan entre 300 a 500 m dependiendo de la región.

Es la formación con mayor superficie de afloramiento conformando las partes centrales y elevadas de las sierras de Gomas y Lampazos. Tiene una edad Hauteriviano Superior-Aptiano Inferior.

### **Formación La Peña**

Constituida por calizas arcillosas en alternancia con lutitas calcáreas dispuestas en estratos delgados a laminares, afloran en todas las sierras, manifestándose como una delgada franja de terreno hundido alrededor de las sierras. Son del Aptiano Superior.

### **Formación Aurora**

Consta de dos miembros, el inferior formado por calizas en estratos gruesos a masivos, con ocasionales capas delgadas de lutitas calcáreas, nódulos de pedernal y horizontes fosilíferos, con desarrollo de estilolitas paralelas a la estratificación, en algunos sitios presenta estratos de dolomía; el superior, conformado por calizas masivas con alto grado de disolución. Se encuentra distribuida en los núcleos de anticlinales. Su edad corresponde al Albiano.

### **Formación Kiamichi**

Está compuesta por lutitas arcillosas, que en su parte media presenta un miembro calcáreo, esta formación representa un cambio de facies de la cima de la Formación Acatita. Se le asigna una edad del Albiano Medio-Superior. Se localiza en los piedemontes de las sierras mayores.

### **Grupo Washita**

Está constituida por interestratificaciones de lutita y caliza, la primera se tiene en capas laminares que se disgregan en nódulos alargados, la segunda es un mudstone con variación a wackestone en estratos delgados. Tiene una edad del Albiano Superior al Cenomaniano Inferior. Este grupo cambia lateralmente de facies a calizas de la Formación Treviño, y a la Caliza Monclova. Sobreyace concordantemente a la formación Eagle Ford.

Los sedimentos representan depósitos de mares poco profundos y carbonatados extralitorales. Agrupa las formaciones Cuesta del Cura, Georgetown, Del Río y Buda. En la Sierra Madre Oriental y en la porción sur de las sierras Tamaulipecas, los equivalentes a Washita son unas facies ampliamente distribuidas y se denomina Formación Cuesta del Cura.

## **CRETÁCICO SUPERIOR**

### **Formación Eagle Ford**

Son secuencias de lutitas, calizas de estratos delgados, arcillas y lutitas calcáreas del Cenomaniano Superior-Turoniano. Los estratos de caliza contienen pequeños nódulos de hematita y presencia del fósil índice *Inoceramus labiatus*. Forma los núcleos de anticlinales en las sierras alineadas al NW.

### **Formación Parras**

Son lutitas calcáreas que cambian lateralmente de facies a lutitas y calizas arcillosas de la Formación Austin. La edad de estas formaciones por posición estratigráfica es Campaniano.

### **Formación Méndez**

Son una serie de formaciones terrígenas se sobreponen concordante y transicionalmente, en el siguiente orden: lutitas y margas del Campaniano-Maestrichtiano. Estas cambian de facies dando lugar a la Formación Upson.

### **Formación Upson**

Son lutitas y limolitas calcáreas en estratos laminares a delgadas y hacia la parte superior predominio de arcillas.

### **Formación San Miguel**

Está constituida alternancias de lutitas y limolitas calcáreas y hacia la parte superior por areniscas de grano fino del Campaniano Superior.

### **Formación Olmos**

Son lutitas con mantos de carbón y areniscas agrupadas en cinco miembros de la base del Maestrichtiano. Areniscas de grano fino en su base en capas medias y hacia la parte superior una alternancia rítmica de estratos arenosos más gruesos.

### **Formación Escondido**

Está compuesta por una alternancia de areniscas calcáreas finas, lutitas y limolitas del Maestrichtiano. Existe un cambio lateral de facies con las dos formaciones anteriores, afloran areniscas y lutitas de las formaciones basales del Grupo Difunta.

### **Grupo Difunta**

Consisten en lodolitas y limolitas del Paleoceno y lodolitas y lutitas del Eoceno. Intrusionando a las rocas antes descritas.

### **OLIGOCENO**

Se generaron derrames riolíticos, localizados en la Mesa El Peñón, los cuales cubren discordantemente a las formaciones descritas previamente.

Se registraron dos eventos ígneos de probable edad Oligoceno; el primero evento originó troncos de composición granodiorítica con diferenciación magmática a cuarzomonzonita y diorita que afloran en el sector norte de la carta. El segundo evento forma el tronco intrusivo de Cerro Picacho, de composición sienítica.

### **Formación Sabinas**

Está constituido por gravas y guijarros derivados de rocas calizas empacadas y una matriz arenosa y areno-arcillosa, con débil cementación de caliche; los fragmentos están moderadamente clasificados y acomodados en capas que varían de muy gruesas a masivas, con planos burdos de estratificación marcados por cambios granulométricos. Entre los estratos de conglomerado se intercalan capas lenticulares de arenisca o paleosuelos arcillosos. Estos materiales cubren grandes extensiones superficiales de la planicie aluvial entre las dos sierras mayores.

## **CENOZOICO**

### **Granodioritas**

Sobreyacen discordantemente a la formación anterior. Posee una edad asignada por correlación al Pleistoceno. Esta unidad está conformada por rocas ígneas de tipo intrusivo emplazadas en forma de domos "stocks" que corta a las rocas sedimentarias marinas del Cretácico, está constituida por granodioritas, con cambios a tonalita y sienita, se encuentran poco fracturados y muy intemperizados en superficie. Se distribuyen hacia la parte norte del área de estudio, conformando los cerros Carrizal, providencia y Boludo.

## **CUATERNARIO**

### **Aluviones del Reciente**

Son materiales acumulados durante el Holoceno que ocupan la delgada capa superficial que recubre a los depósitos pleistocénicos, conformados por guijarros y gravas de calizas e intrusivos. Se encuentran ampliamente distribuidos en los valles intermontanos.

## **3.2 Geología estructural**

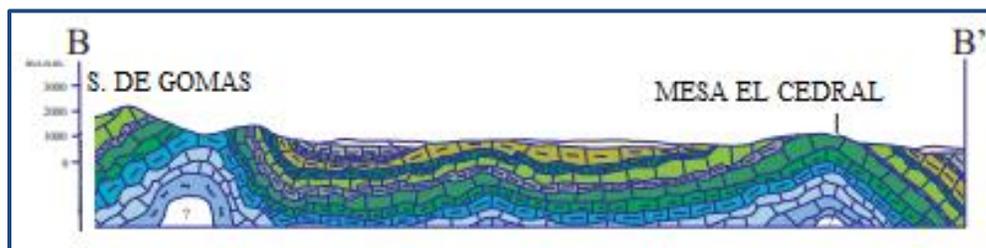
En el área del acuífero las estructuras más significativas son pliegues simétricos y asimétrico con ejes orientados perfectamente NW-SE, tienen un plano axial vertical y el eje ondulado, no se observan cambios apreciables en los espesores de las capas mesozoicas deformadas.

Asociados a estos pliegues se desarrollaron cabalgaduras cortas paralelas. Las estructuras más importantes dentro del área de estudio son los anticlinales de Lampazos-Sabinas y Gomas-Bustamante, y los de menor tamaño como el de En Medio y Palo Blanco. También se generaron cabalgaduras y fallas inversas por la inyección de diapiros. En cuanto a la deformación frágil, existen fallas de desplazamiento lateral y normal con direcciones NW-SE.

Asimismo, en los anticlinales se presentan sistemas de fracturas diagonales y paralelas, abiertas, estas se explican por la intrusión de rocas ígneas en el Cenozoico que modificaron los extremos de los anticlinales y generaron fracturas divergentes, anulares, por dentro y fuera de la masa ígnea.

### 3.3 Geología del subsuelo

El basamento son rocas sedimentarias jurásicas (yesos, calizas y calizas-lutitas) que son cubiertas por calizas-lutitas de finales del Jurásico. Más arriba en la columna se encuentran calizas-lutitas, calizas y lutitas-calizas del Cretácico Inferior. Posteriormente se encuentran lutitas-areniscas y calizas-lutitas del Cretácico Superior que en las partes bajas de la región del acuífero de Lampazos-Villaldama son sobreyacidas por coluvión del Cuaternario (figura 3).



Fuente: Carta Geológico-Minera G14-4 "Monclova" Esc. 1: 250,000 (SGM, 2008)

Figura 3. Sección geológica esquemática

## 4. HIDROGEOLOGÍA

### 4.1 Tipo de acuífero

Teniendo en consideración las características físicas (grado de compactación, granulometría, fracturamiento, etc.) de los materiales que afloran en la zona, se puede asignar de manera cualitativa a cada material una permeabilidad y agruparlos en unidades hidrogeológicas:

### Formación hidrogeológica I

Comprende a los depósitos aluviales, conformados por materiales granulares mal clasificados embebidos en una matriz de grano fino que disminuye su porosidad, así como por sales que los cementan débilmente y que también le disminuyen la permeabilidad. El espesor de los aluviones es delgado, entre 20-50 m como rangos promedio, reduciéndose mucho o inclusive desapareciendo en aquellos sitios donde afloran las rocas sedimentarias del Cretácico superior.

El espesor saturado del acuífero es también delgado, con niveles estáticos que oscilan entre 5-30 m con profundidades máximas de perforación de 60 m, en términos generales el movimiento del agua subterránea coincide burdamente con las pendientes superficiales de las planicies intermontanas. La descarga en el acuífero se efectúa por la extracción de los pozos, aunque en general su productividad es baja, del orden de 1 a 3 lps. Por esto, hidrogeológicamente actúa como un acuífero libre de media potencialidad.

### Formación hidrogeológica II

Comprende a las calizas de la Formación Cupido y en menor proporción a la Formación Aurora, son rocas que presentan una alta permeabilidad primaria y secundaria, ya que tienen fracturas abiertas producidas por esfuerzos tensionales y de corte, que en conjunto con los planos de estratificación constituyen las zonas de mayor facilidad de disolución de las calizas.

Las principales descargas de este acuífero se presentan en la sierra de Gomas en donde hay varios manantiales que afloran al pie de la sierra y el más importante ubicado en el Cañón de Bustamante en donde se descargan del orden de 700 lps de agua bicarbonatada que es utilizada con fines turísticos y aguas abajo para riego, agua potable y pecuario. Hidrológicamente estos materiales actúan como acuíferos confinados de alta potencialidad. Aunque en general, el aprovechamiento de este acuífero es incipiente. El resto de las unidades litológicas, por la baja permeabilidad que presentan no constituyen acuíferos.

## **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:

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

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:

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

## 5.1 Entradas

Las entradas al acuífero Lampazos-Villaldama están integradas básicamente por la recarga natural que se produce por la infiltración de la lluvia ( $R_v$ ). No existe suficiente información piezométrica disponible que cubra la zona del acuífero, de tal manera que no es posible interpolarla para elaborar configuraciones del nivel estático que permitan el planteamiento de un balance de aguas subterráneas. Por estas razones, se optó por plantear el balance hidrometeorológico en la superficie de **2,095.9 km<sup>2</sup>** del acuífero para estimar el volumen de agua susceptible de infiltrarse para recargar al acuífero.

### 5.1.1 Recarga vertical ( $R_v$ )

La recarga vertical total que recibe el acuífero (volumen susceptible de infiltrarse) se obtuvo mediante el planteamiento de un balance hidrometeorológico para toda 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;

De esta manera, despejando la recarga vertical se obtiene la siguiente ecuación:

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

Como se mencionó anteriormente para obtener los valores de precipitación media anual (PMA) y temperatura media anual (TMA) se trazaron polígonos de Thiessen, abarcando un área de 2,095.9 km<sup>2</sup> para el balance. En el caso del acuífero Lampazos-Villaldama la PMA es de 458.0 mm/año y la TMA es de 22.7 °C.

Por lo tanto, para calcular el volumen de lluvia que se precipita en la superficie cubierta por el acuífero se multiplicó el área del balance (2,095.9 km<sup>2</sup>) por la precipitación media anual (458 mm):

$$V_{LL} = 2,095.9 \text{ km}^2 (0.458 \text{ m}) = 959.9 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó la ecuación empírica de Coutagne, considerando el valor medio anual de precipitación de 458.0 mm y temperatura de 22.7°C.

De acuerdo con lo anterior, se obtiene un valor de lámina de evapotranspiración de **405.0 mm anuales**.

<b>ETR = P-<math>\chi</math>P<sup>2</sup></b>		
Donde:		
ETR = Evapotranspiración m/año		
P = Precipitación en m/año		
$\chi$ = 1/(0.8+0.14t)		
t = temperatura en °C		
T (°C) =	22.7	
P(m) =	0.458	P <sup>2</sup> = 0.209764
$\chi$	0.2513826	
ETR (mm) =	405.0	

Por lo tanto, el volumen de ETR es:

$$V_{ETR} = 2,095.9 \text{ km}^2 (0.405 \text{ m}) = 848.8 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Para determinar el volumen de escurrimiento debido a la lluvia se utilizó el método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, publicada en el Diario Oficial de la Federación, de fecha 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.

El volumen anual medio de escurrimiento natural es igual a la precipitación media anual por el área y por un coeficiente de escurrimiento.

Para determinar el valor de escurrimiento, la normatividad establece la siguiente relación:

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

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 la cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática 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 tabla 2 y se determina el uso actual del suelo.

En el caso que, en la cuenca estudiada 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;

**Ce** = Coeficiente de escurrimiento anual;

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

De acuerdo con el sistema FAO/UNESCO y modificado por la Dirección General de Geografía, en la zona que comprende el acuífero Lampazos-Villaldama predominan los siguientes tipos de suelo: Castañozem, Litosol, Regosol, Rendzina, Vertisol y Xerosol que se clasificaron en dos tipos de suelo: B y C (figura 4).

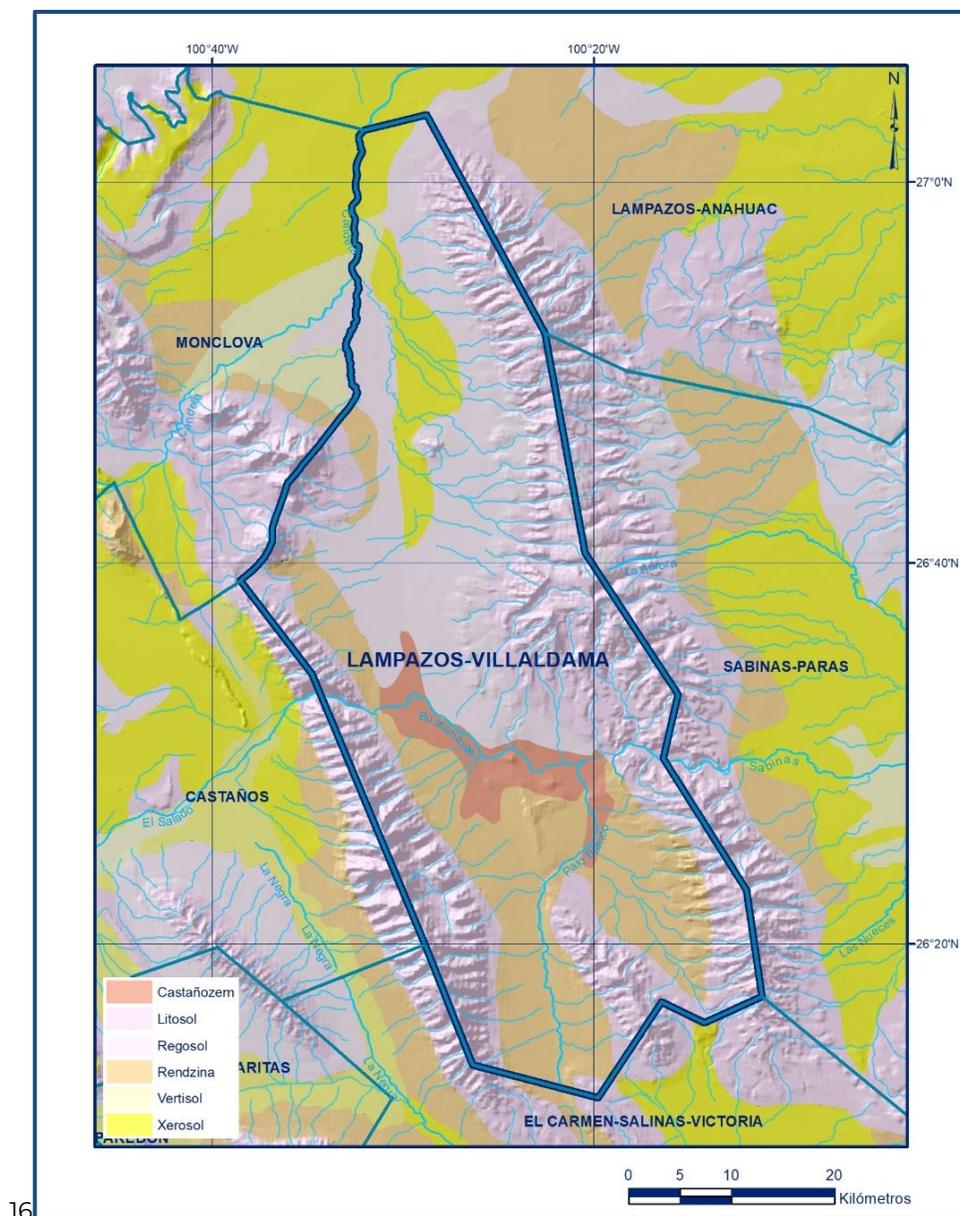


Figura 4. Tipo de suelo

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 al menos siete usos de suelo diferentes: área agrícola, asentamientos humanos, bosque, cuerpos de agua, matorral, otros tipos y pastizal (figura 5).

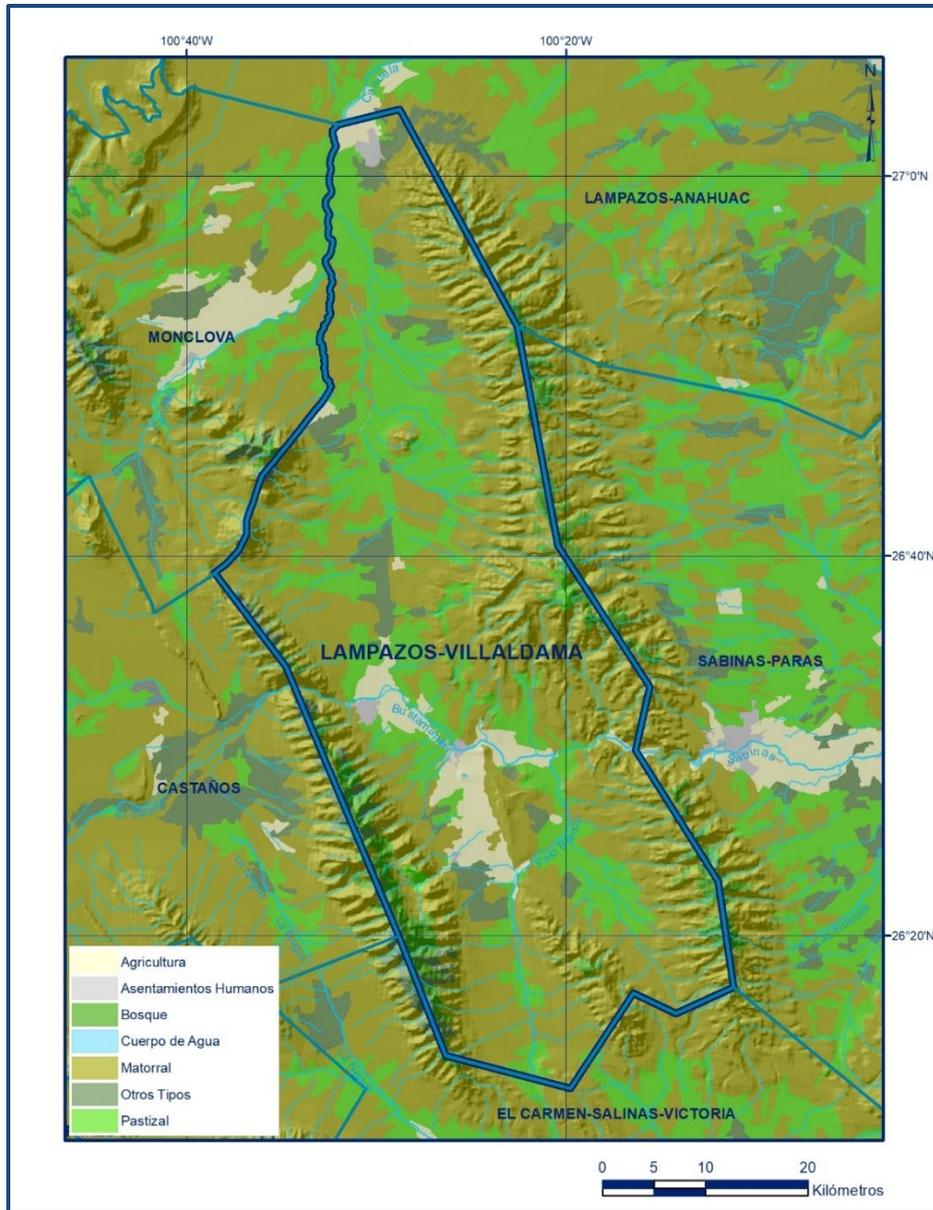


Figura 5. Uso de suelo

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	CARACTERÍSTICAS		
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 0.250, valor que se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce):

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

$$Ce = 0.093$$

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

$$V_{ESC} = 0.093 (959.9 \text{ hm}^3) = 89.3 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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

$$\begin{aligned} V_{INF} &= V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC} \text{ (2)} \\ V_{INF} &= 959.9 - 848.8 - 89.3 \\ V_{INF} &= 21.8 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 959.9 hm<sup>3</sup>/año, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.0227. De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es:

$$Rv = 21.8 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

## **5.2 Salidas**

Las salidas de agua subterránea estimadas en este balance son las siguientes:

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B), a través de manantiales (Dm) y descarga por flujo base (Dfb).

### **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 **24.2 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 5 manantiales, que representan un volumen de **9.2 hm<sup>3</sup> anuales**.

### **5.2.3 Descarga por flujo base (Dfb)**

Considerando el gasto mínimo reportado en mayo de 1999 en la estación hidrométrica Sierra Morena con clave B24504, ubicada sobre el arroyo Bustamante, del sistema de Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS), se calculó un volumen de **5.4 hm<sup>3</sup> anuales** por flujo base.

## **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:

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

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 los volúmenes que ingresan al acuífero en forma de recarga vertical.

Para este caso, el valor estimado de la recarga total media anual que recibe el acuífero es de **21.8 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 y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero; más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes, sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero.

Para el caso del acuífero de Lampazos-Villaldama se considera que el valor de descarga natural comprometida es de **8.0 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 (REPD), 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 **24,208,176 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= \text{R} - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 21.8 - 8.0 - 24.208176 \\ \text{DMA} &= -10.408176 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de **10,408,176 m<sup>3</sup> anuales** que se están extrayendo a costa del almacenamiento del acuífero.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

García E., 2004. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen. Serie Libros. Número 6. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.

Secretaría de Economía, Coordinación General de Minería, 2001. TEXTO GUÍA CARTA MAGNÉTICA "MONCLOVA" G14-4. Escala 1:250000. Editado por el Consejo de Recursos Minerales.

Servicio Geológico Mexicano, 2008. Carta Geológico-Minera G14-4 "MONCLOVA" Esc. 1: 250,000.

Servicio Geológico Mexicano, 2017. Carta Geológico-Minera G14-A75 "VILLALDAMA" Esc. 1: 50,000.