CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL ACUÍFERO LAMPAZOS - ANÁHUAC (1903), ESTADO DE NUEVO LEÓN

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES 2
Antecedentes 2
1.1 Localización 2
1.2 Situación administrativa del acuífero 4
2. FISIOGRAFÍA 4
2.1 Provincia fisiográfica 4
2.2 Clima 4
2.3 Hidrografía 5
2.4 Geomorfología 6
3. GEOLOGÍA 6
3.1 Estratigrafía 7
3.2 Geología estructural 10
3.3 Geología del subsuelo 11
4. HIDROGEOLOGÍA 11
4.1 Tipo de acuífero 11
5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 12
5.1 Entradas 12
5.1.1 Recarga vertical (Rv) 13
5.1.2 Recarga incidental 19
5.2 Salidas 19
5.2.1 Bombeo (B) 19
5.2.2 Descarga por flujo base (Dfb) 19
6. DISPONIBILIDAD 19
6.1 Recarga total media anual (R) 20
6.2 Descarga natural comprometida (DNC) 20
6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) 20
6.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA) 21
7. BIBLIOGRAFÍA 22

1. GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, en el caso de las aguas subterráneas esto debe ser por acuífero, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la "NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-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-Anáhuac, definido con la clave 1903 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de Aguas Subterráneas (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción Norte del estado de Nuevo León, entre las coordenadas geográficas 26° 46' y 99° 42' de latitud norte y 99° 42' y 100° 32' de longitud oeste y abarca un área de 7461.08 km^2 (figura 1).

Limita al norte con los acuíferos de Hidalgo en Coahuila y con el Río Bravo como frontera entre México y los Estados Unidos. Al sur se encuentran los acuíferos de Monclova de Coahuila y Sabinas-Paras de Nuevo León.

Al este se encuentra el acuífero Bajo Río Bravo de Tamaulipas y al oeste está el acuífero Región Carbonífera de Coahuila.

Geopolíticamente su territorio cubre parcialmente los municipios de Anáhuac y Lampazos de Naranjo de Nuevo León.

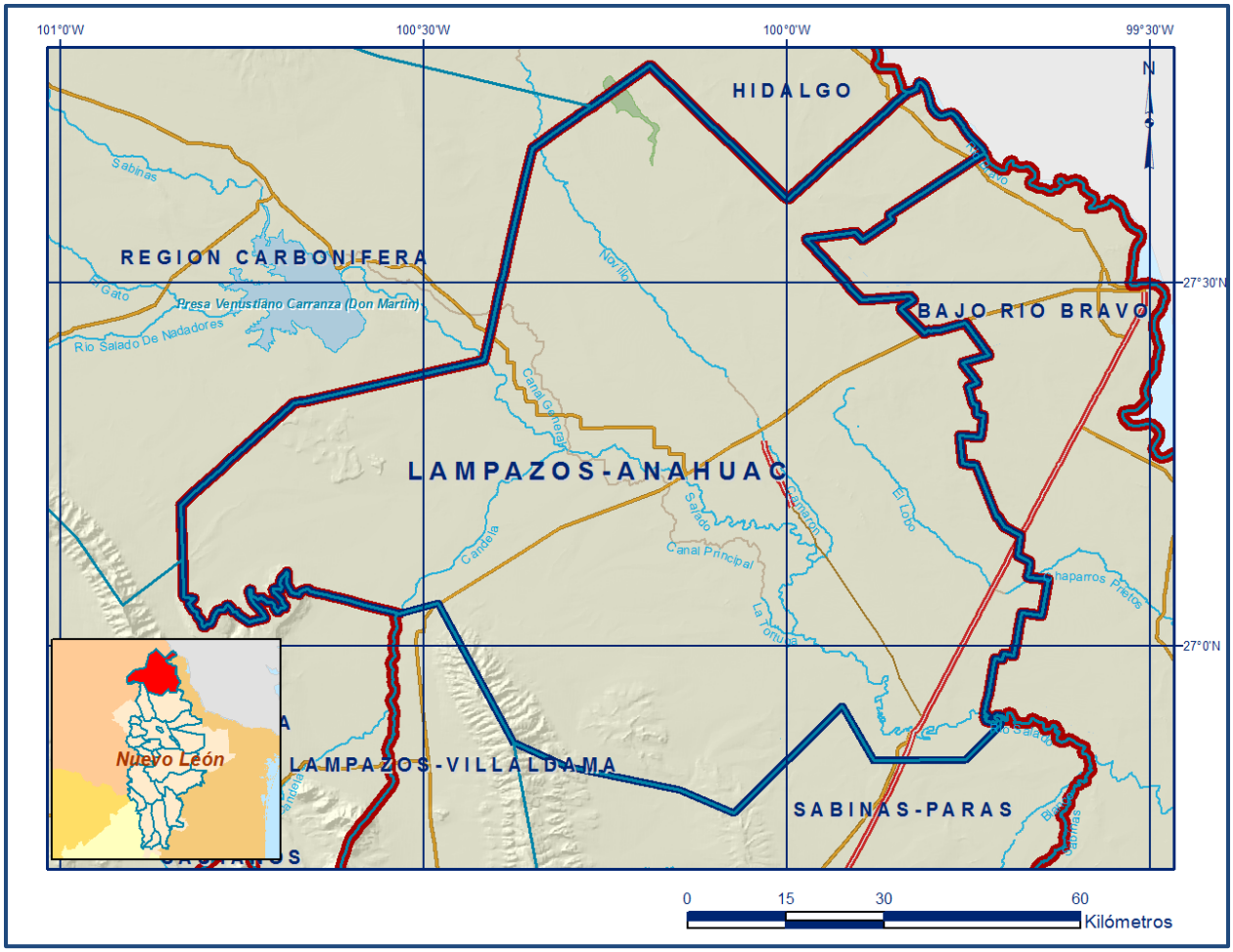


Figura 1. Localización del acuífero

Las coordenadas que delimitan la poligonal simplificada del acuífero, se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 1903 LAMPAZOS-ANAHUAC							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	99	42	19.2	26	53	28.1	
2	99	45	9.2	26	50	40.1	
3	99	52	46.7	26	50	34.6	
4	99	55	26.3	26	55	1.6	
5	100	4	25.0	26	46	14.6	
6	100	8	47.5	26	48	9.8	
7	100	18	15.6	26	50	5.8	
8	100	22	33.6	26	52	4.5	
9	100	28	45.8	27	3	32.1	
10	100	32	1.8	27	2	43.4	DEL 10 AL 11 POR EL LIMITE ESTATAL
11	99	49	59.4	27	45	44.5	DEL 11 AL 12 POR EL LIMITE INTERNACIONAL
12	99	43	40.2	27	40	44.1	DEL 12 AL 13 POR EL LIMITE ESTATAL
13	99	42	17.9	26	54	14.5	
1	99	42	19.2	26	53	28.1	

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Lampazos-Anáhuac 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*", éste fue publicado en el DOF el 05 de abril de 2013. En este Acuerdo se establece que se requiere concesión o asignación para la extracción de las aguas nacionales del subsuelo y autorización de la Conagua para el incremento de volúmenes.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 4.

2. FISIOGRAFÍA

2.1 Provincia fisiográfica

De acuerdo con 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 árido, cálido del grupo BSo(h')(x'), con una temperatura media anual mayor de 22°C y la temperatura del mes más frio mayor de 18°C y el más cálido de 31 °C. La precipitación media anual varía de 400 a 500 mm con un periodo de lluvias entre mayo y octubre con una época de sequía corta en su parte media.

Para la determinación de las condiciones climatológicas, se utilizaron los datos de 6 estaciones que tienen influencia en el área del acuífero, con un periodo de registro de que comprende de 1994-2013; mediante el método de polígonos de Thiessen, se determinó que los valores promedio anuales de temperatura, precipitación son **23.5°C** y **425 mm**, respectivamente.

2.3 Hidrografía

La zona se ubica dentro de la Región Hidrológica 24 Bravo-Conchos; dentro de las cuencas Río Salado y Río Bravo.

La zona se caracteriza por numerosos arroyos pequeños de tipo intermitente que bajan de las sierras y confluyen en el Salado o bien en otros afluentes del Río Bravo. El más importante de ellos es el arroyo Camarón que se incorpora al río Salado aguas debajo de Ciudad Anáhuac y el Sabinas que llega a la presa Venustiano Carranza.

Por mencionar algunos arroyos más son: Los Álamos, La Zanja, El Jabalí, El Ocano, El Campanero, El Mezquite, Santa Lucía, La Azufrosa, Las Ramas, Santa Ana, El Chapote, Uña de Gato, El Diablo, etc. El patrón de drenaje que predomina es de tipo dendrítico, con dirección W-E, confluyendo al SE en el Río Bravo. Los principales ríos de tipo permanente son El Salado y Candela. El río Salado atraviesa la zona de estudio en dirección noroeste al sureste hasta desembocar en el río Bravo; antes de llegar a Ciudad Anáhuac se le incorpora por su margen derecha el río Candela que escurre en dirección sur a norte, con una corriente permanente de poco caudal, que nace en las inmediaciones del poblado del mismo nombre.

Asimismo, en el acuífero abundan las presas de almacenamiento y derivadoras, habiendo 34, localizadas en su mayoría en el centro y este- sureste del área.

Esto se debe a que, en la zona, las lluvias se caracterizan por ser irregulares y la mayor parte de los cauces presentan escurrimientos de aguas torrenciales, por ello se construyeron obras hidráulicas para su aprovechamiento. De este modo, la ubicación

de dichas obras está en función al curso del Río Salado y a la ubicación de otros afluentes en esta parte.

Dentro de la zona de estudio se encuentra parcialmente el Distrito de Riego No. 4 que cuenta con la presa de almacenamiento Venustiano Carranza (fuera del área del acuífero) y la derivadora de Salinillas, el distrito se desarrolla a lo largo de la margen izquierda del río Salado.

2.4 Geomorfología

En el área los cerros alargados y mesas de baja altura se van sucediendo formando anticlinales con una orientación al NW, así como por amplios valles sinclinales casi simétricos. Estos están conformados por rocas lutitas y areniscas del Cretácico Superior que tienen un fuerte grado de intemperismo y disección del relieve.

La parte noroeste del acuífero posee una serie de planicies con una ligera inclinación hacia el NW, en menor cantidad hay lomeríos aislados y de baja altura. Estos están compuestos por lutitas y areniscas del Cenozoico.

Al pie de los cerros y los lomeríos de las rocas cretácicas existe una gran cantidad de mesetas bajas compuestas por conglomerados producidos con el material proveniente de la acumulación de antiguas terrazas aluviales y depósitos de talud, cuyas edades son del Cenozoico y Cuaternario.

Por todo lo anterior, la zona de estudio se considera en una etapa de juventud avanzada geomorfológica.

3. GEOLOGÍA

Litológicamente el acuífero está constituido principalmente por lutitas-areniscas, lutitas, depósitos aluviales y conglomerados y en menor proporción por calizas-lutitas, calizas y suelos lacustres. Siendo las calizas las más antiguas con edad del Cretácico Inferior y las más recientes los depósitos aluviales y suelos lacustres (figura 2).

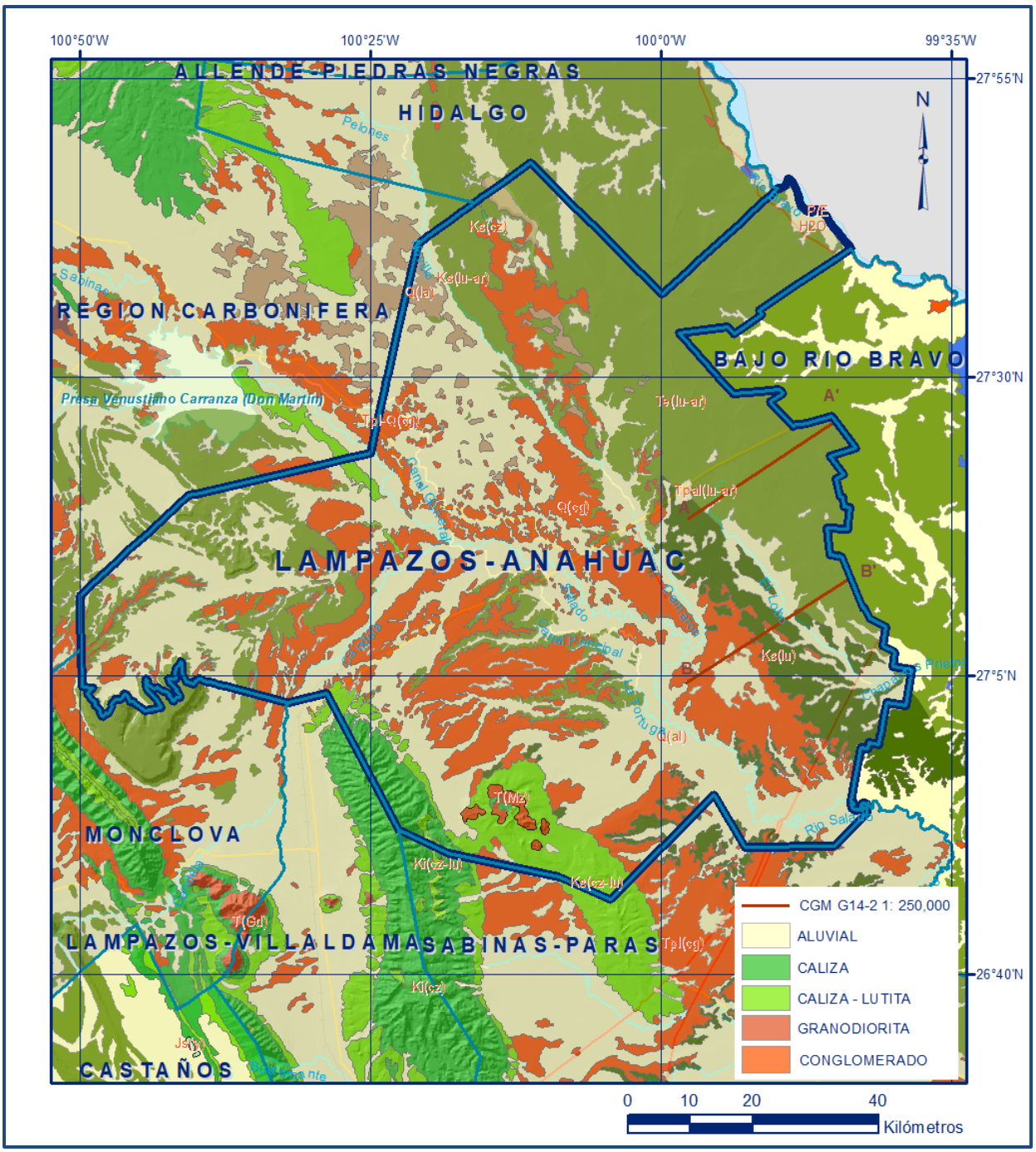


Figura 2. Geología general del acuífero

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.

CRETÁCICO SUPERIOR

Corresponde a la secuencia de rocas clásticas de tipo areniscas y lutitas que afloran en los lomeríos anticlinales y en el subsuelo conforman estructuras sinclinales cubiertas por sedimentos cenozoicos y cuaternarios y que se presentan básicamente en la parte central y poniente de la zona de estudio.

Son depósitos terrígenos de rellenos de cuencas, en general son sedimentos marinos de facies litoral y deltáica, depositados en condiciones reductoras bajo un tirante de agua. Las areniscas son clásticas, con estructura microlaminar y lenticular, el tamaño de los clastos varía de fino a medio con formas angulosas a subredondeadas con una buena selección y con cementante calcáreo y matriz arcillosa.

Formación Upson

Lutitas calcáreas en estratos laminares a delgadas y hacia la parte superior predominio de arcillas.

Formación San Miguel

Alternancia de lutitas y limolitas calcáreas y hacia la parte superior por areniscas de grano fino.

Formación Olmos

Son 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 areniscas calcáreas finas con menor cantidad de lutitas y limolitas.

CENOZOICO

Las rocas sedimentarias cenozoicas, son las que mayor distribución tienen en la zona, ya que afloran en la parte oriental, expuestas a manera de franjas orientadas con un rumbo general NW-SE. Litológicamente los depósitos están representados por una alternancia de lutitas y areniscas, las cuales varían en composición de acuerdo al medio ambiente de depósito ya que las continuas regresiones y transgresiones de aquella época dieron origen a diversos materiales clásticos principalmente areno-arcillosos de origen lacustre-marino.

Las formaciones geológicas que afloran en la zona de estudio van del Paleoceno al Plioceno y son las siguientes:

Formación Midway
En su parte inferior areno-arcillosa y la porción superior esencialmente arcillosa con escasas intercalaciones de areniscas. Es una facie de ambiente profundo.

Formación Wilcox
En su porción inferior lutitas gris verdoso con yeso y lignito entre sus capas, hacia la parte superior areniscas de grano fino en estratos delgados. Es un complejo de delta progradante.

Formación Carrizo
Son arenas y areniscas intercaladas con capas de arcillas.

Formación Reklaw
Son lutitas arenosas alternando con areniscas delgadas con yesos intercalados en la secuencia. Es una facie de cuña progradante, limitada en su base por prominentes discordancias regionales. Estas cuñas denotan denudación intensa originada posiblemente por pulsos de inestabilidad tectónica. Considerando el contenido fósil de la columna, estos depósitos se ubican entre las biozonas de Globorotalia lehneri, Truncorotaloides rohri y Globorotalia aragonensis; estas que tienen una edad alrededor de 48.5 a 39.5 Ma, las cuales coinciden con pulsos orogénicos.

Formación Queen City
Son areniscas verdes y lutitas hacia la parte inferior. Es un complejo de delta progradante.

Formación Weches
Son areniscas lutitas y areniscas conglomeráticas. Presenta un depósito de planicie deltaica.

Formación Cook Mountain
Son areniscas limo-arcillosas compactas, alternando con lutitas yesíferas. Corresponde a una etapa transgresiva.

CENOZOICO SUPERIOR-CUATERNARIO

Conglomerados

Sedimentos depositados durante el Pleistoceno. Están constituidos por gravas y guijarros redondeadas a subredondeados derivados del intemperismo de las rocas calizas, areniscas, lutitas y pedernal: se encuentran empacadas en 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 descansan discordantemente sobre el paquete sedimentario cretácico y está cubierta por depósitos sedimentarias cuaternario y basaltos y corresponde a la denominada Formación Sabinas-Reynosa.

Los depósitos se acumulan al pie de las sierras conformando lomas bajas y mesas alunas con profunda disección. Esta unidad cubre grandes extensiones superficiales de la planicie aluvial; su espesor se estima que oscila entre 20 a 40 m.

Depósitos lacustres recientes

Esta unidad cuaternaria está conformada por sedimentos depositados en ambientes de antiguos lagos, conformados por limos y arcillas de color café a amarillos. La unidad se desarrolla en las partes bajas, en donde confluyen arroyos y producen condiciones propicias para el depósito de sales y sulfatos. Se distribuyen en forma aislada en la porción norponiente del área de estudio.

3.2 Geología estructural

Las rocas sedimentarias marinas mesozoicas se encuentra plegadas en anticlinales y sinclinales con el plano axial vertical y el eje ondulado. Las diferentes unidades litoestratigráficas no han sufrido cambios apreciables de espesor.

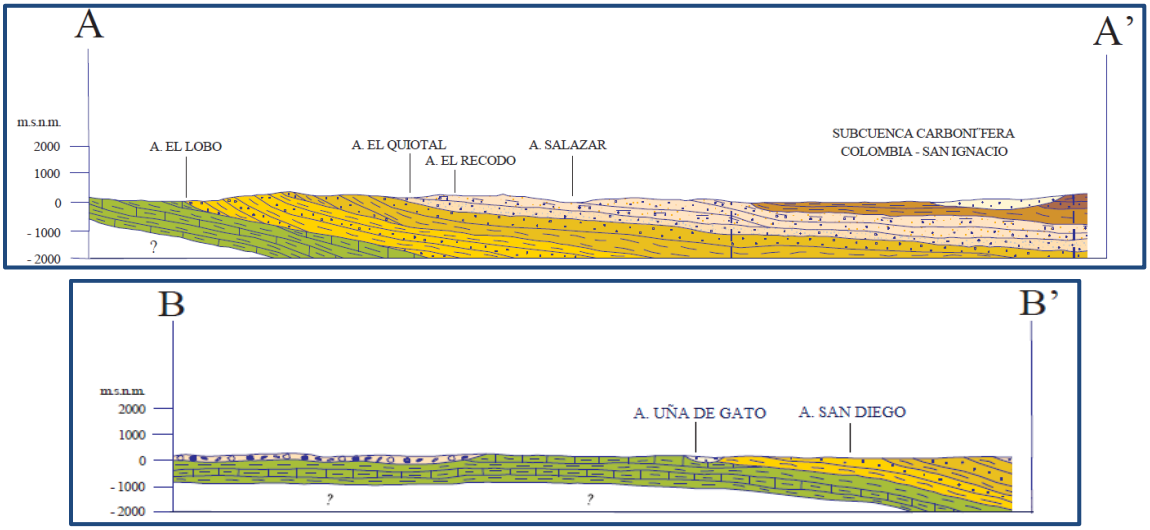
No hay estructuras más importantes dentro del área de estudio, la mayoría son una serie de anticlinales de baja altura abiertos en rocas areniscas y lutitas del Cretácico Superior. Las rocas cretácicas presentan varios sistemas de perpendiculares y diagonales a las estructuras, se presentan algunas fallas normales y de desplazamiento de pequeñas dimensiones.

Asimismo, los sedimentos plio-cuaternario presentan estructuras sedimentarias de relleno de planicies, con sedimentos que se acumulan en capas sensiblemente horizontales, con texturas finas, principalmente limosas, limo-arenosas, limo-gravas, con algo de sales principalmente yeso y calcita.

3.3 Geología del subsuelo

El basamento corresponde a lutitas-margas del Cretácico Superior. A estas le sobreyacen lutitas-areniscas y areniscas-lutitas del Paleógeno. Posteriormente se encuentran areniscas del mismo periodo. Siguiéndole a estas, se describen lutitas y lutitas areniscas, ésta última ha sido erosionada en algunas partes. Sobre estos sitios se ha depositado relleno aluvial del Holoceno.

Hacia el centro del área del acuífero, las rocas del basamento están plegadas y se encuentran cubiertas únicamente por conglomerado polimíctico del Neógeno (figura 3).



Fuente: Carta Geológico-Minera G14-2 "Nuevo Laredo" Esc. 1: 250,000 (SGM, 2008)

Figura 3. Secciones geológicas esquemáticas

4. HIDROGEOLOGÍA

4.1 Tipo de acuífero

Teniendo en consideración las características físicas (grado de compactación, granulometria, 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 y de conglomerados polimícticos del centro del valle, los cuales presentan una variada granulometría; su permeabilidad es media-alta, ya que los sedimentos están embebidos en una matriz de grano fino que disminuye su porosidad y también se debe a la presencia de sales que cementan a dichos sedimentos. Por esto, hidrogeológicamente actúa como un acuífero libre de media potencialidad.

Formación hidrogeológica II

Esta unidad agrupa a las rocas calizas del Cretácico. La permeabilidad en general de estos materiales es alta. Hidrológicamente estos materiales actúan como acuíferos confinados de alta potencialidad.

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. 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 Lampazos-Anáhuac están integradas básicamente por la recarga natural que se produce por la infiltración de la lluvia (Rv). Actualmente no se cuenta con 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 **7,475.1 km²** del acuífero para estimar el volumen de agua susceptible de infiltrarse para recargar al acuífero.

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 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 7,475.1 km^2 para el balance.

En el caso del acuífero Lampazos-Anáhuac la PMA es de 425 mm/año y la TMA es de 23.5 °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 (7,475.1 km^2) por la precipitación media anual (425 mm):

$$V_{LL} = 7{,}475.1 \text{ km}^2 \ (0.425 \text{ m}) = 3{,}176.9 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Por otro lado, para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó la ecuación empírica de Coutagne, considerando los mismos valores de PMA y TMA.

$ETR = P - \chi P^2$

Donde:

ETR = Evapotranspiración m/año
P = Precipitación en m/año
χ = 1/(0.8+0.14t)
t = temperatura en °C

T (°C) =	23.5		
P(m) =	0.425	P^2 =	0.180625
χ	0.26385224		
ETR (mm) =	381		

Aplicando la fórmula de Coutagne se obtiene una lámina de evapotranspiración real de **381 mm anuales.**

Por lo tanto, el volumen de ETR es:

V_{ETR} = 7,475.1 km^2 (0.381 m) = 2,848.0 hm^3 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:

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 la cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 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 (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;

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

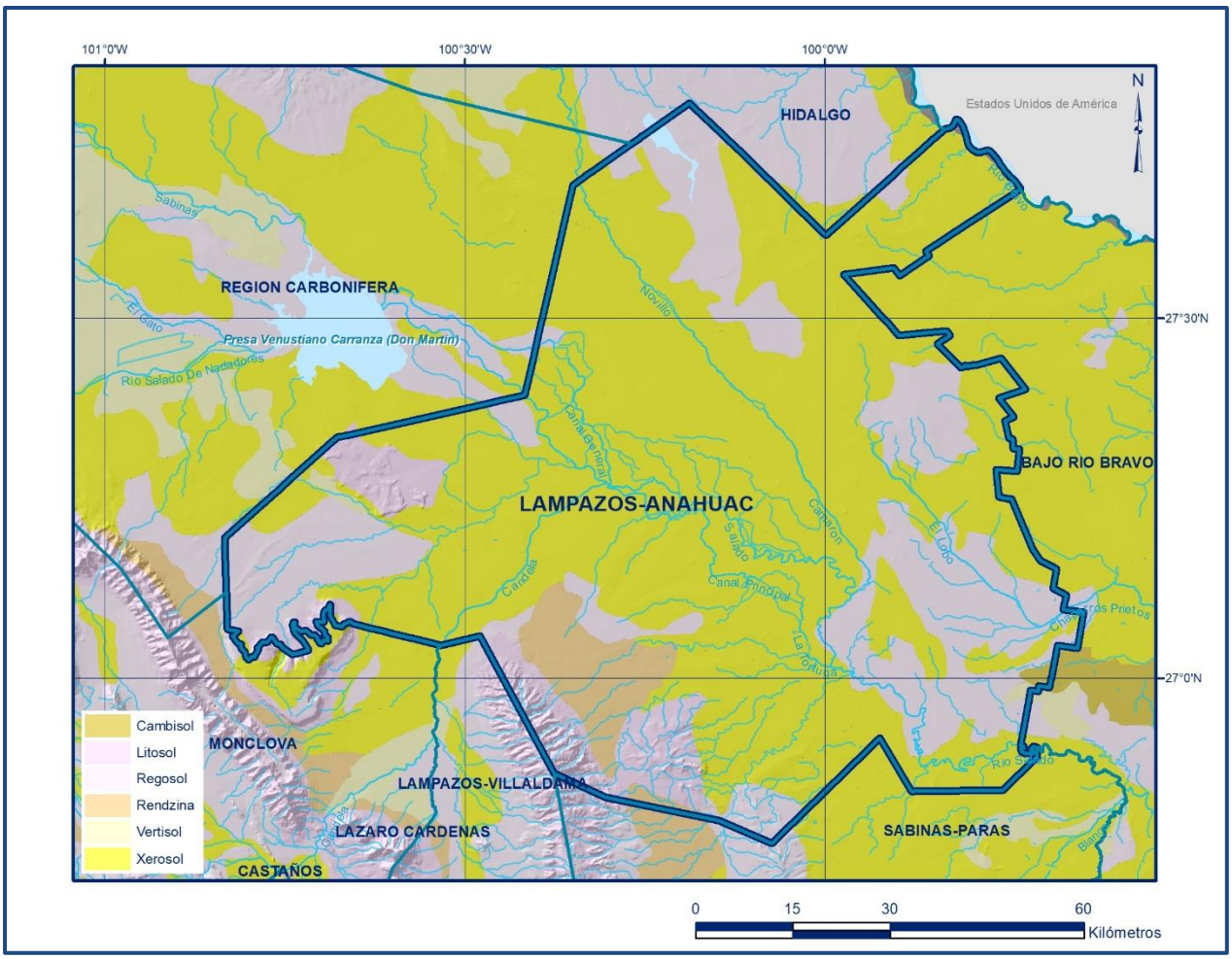


Figura 4. Tipo de suelo

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, matorral, otros tipos y pastizal (figura 5).

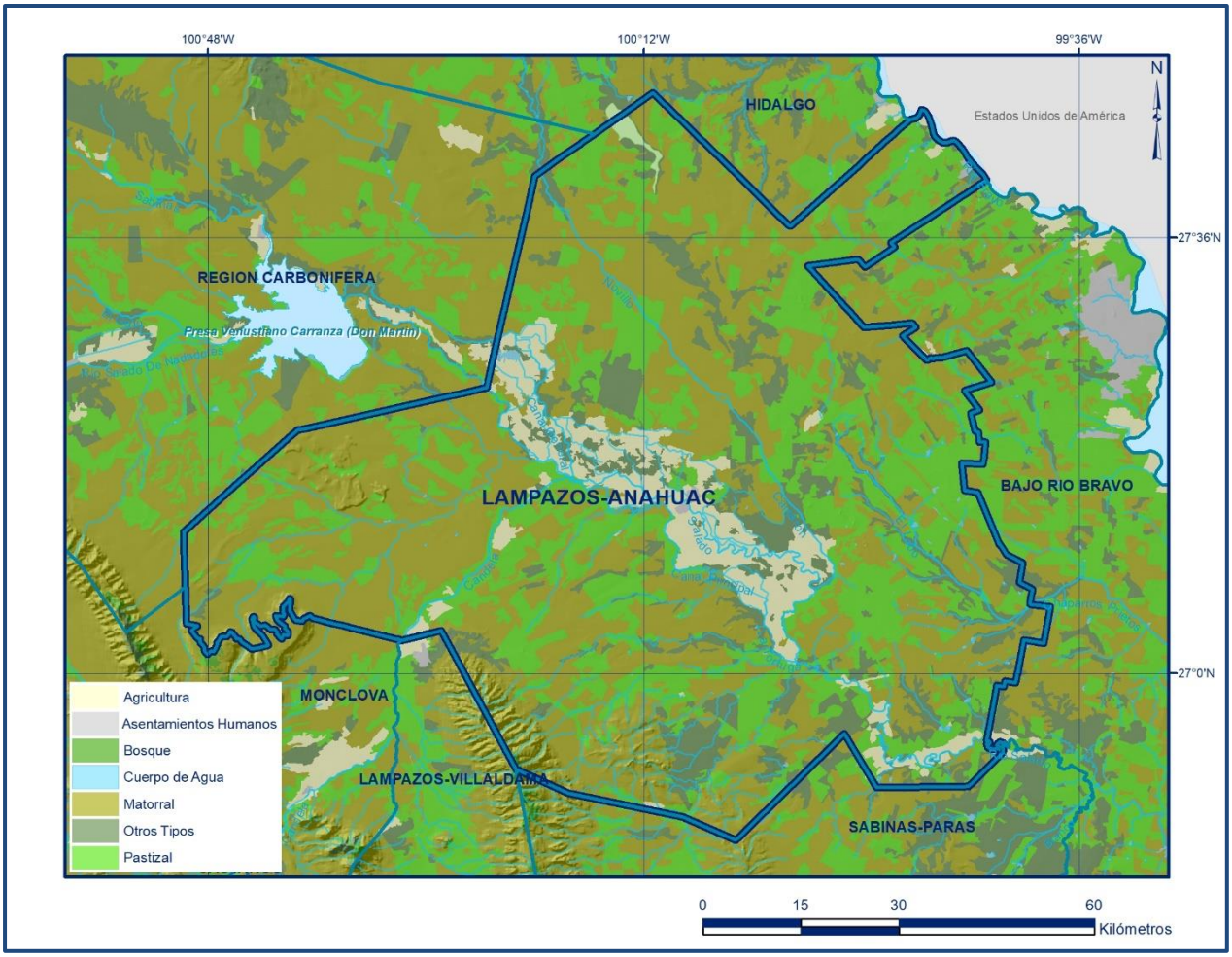


Figura 5. Uso de suelo

Tabla 2. Valores de k en función del tipo y uso del suelo (NOM-011-CONAGUA-2000)

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 0.24, 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 = 0.081

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

V_{ESC} = 0.081 (3,176.9 hm^3) = 257.3 hm^3 anuales

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

$$V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC} \text{ (2)}$$
$$V_{INF} = 3{,}176.9 - 2{,}848.0 - 257.3$$
$$V_{INF} = 71.6 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 3,176.9 hm^3/año, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.0225. De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es:

Rv = 71.6 hm^3 anuales

5.1.2 Recarga incidental

En el área del acuífero existe un distrito de riego de gran tamaño llamado Don Martín, que descarga superficialmente un volumen aproximado de agua de 424.5 hm^3/año. Tomando en cuenta el coeficiente de infiltración, se consideran únicamente **4.3 hm^3 anuales** para la recarga incidental del acuífero.

5.2 Salidas

Las salidas de agua subterránea estimadas en este balance son las siguientes:
La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B) y descargas 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 **10.3 hm^3 anuales**, a la fecha de corte del 30 de diciembre del 2022.

5.2.2 Descarga por flujo base (Dfb)

En la zona se tienen datos de una estación hidrométrica llamada Rodríguez (clave RDSNL), se encuentra sobre el río. En la información recabada en esta estación, para el año de 1999, mayo fue el mes de menor precipitación.

Con estos datos, se señala un caudal base mínimo de **6.3 hm^3 anuales.**

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 ANUAL	-	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 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 **71.6 hm^3 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-Anáhuac se considera que el valor de descarga natural comprometida corresponde a la descarga del caudal base de los ríos es de **18.0 hm^3 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 **10,397,767 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 = 71.6 – 18.0 – 10.397767

DMA = 43.202233 hm^3 anuales

El resultado indica que existe un volumen disponible de **43,202,233 m^3 anuales** para otorgar nuevas concesiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

Eguiluz de Antuñano S., 2011. Sinopsis geológica de la Cuenca de Burgos, noreste de México: producción y recursos petroleros. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, vol. 63, núm. 2, pp. 323-332.

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, 2011. TEXTO GUÍA CARTA MAGNÉTICA "PUERTO VALLARTA" F13-11. Escala 1:250000. Editado por el Consejo de Recursos Minerales.

Secretaría de Economía, Coordinación General de Minería, 2004. INFORME DE LA CARTA GEOLÓGICO-MINERA "El Tuito" F13-C79. Escala 1:50,000. Editado por el Consejo de Recursos Minerales.

Servicio Geológico Mexicano, 1999. Carta Geológico-Minera F13-11 "Puerto Vallarta" Esc. 1: 250,000.

Universidad Autónoma de Nuevo Léon (UANL). Observatorio de la Sustentabilidad de Nuevo León. Consultado el 28 de octubre de 2021 http://observatorio.iinso.uanl.mx/index.php/diagnostico/diagnostico-01?start=1..

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Capítulo II. Caracterización ambiental de México y su correlación con la clasificación y la nomenclatura de las comunidades vegetales. Consultado el 28 de octubre de 2021 http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/421/cap2.html