



**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**

**GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO AGUALEGUAS-RAMONES (1905),  
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.....	3
<b>2. FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Provincia fisiográfica.....	4
2.2 Clima.....	5
2.3 Hidrografía.....	5
2.4 Geomorfología.....	5
<b>3. GEOLOGÍA.....</b>	<b>6</b>
3.1 Estratigrafía.....	7
3.2 Geología estructural.....	10
3.3 Geología del subsuelo.....	10
<b>4. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
4.1 Tipo de acuífero.....	10
<b>5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>11</b>
5.1 Entradas.....	11
5.1.1 Recarga vertical (Rv).....	11
5.2 Salidas.....	17
5.2.1 Bombeo (B).....	17
<b>6. DISPONIBILIDAD.....</b>	<b>17</b>
6.1 Recarga total media anual (R).....	18
6.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	18
6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	18
6.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	19
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>20</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 Agualeguas-Ramones, definido con la clave 1905 en la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción noreste del estado de Nuevo León, entre las coordenadas 26°01' y 26°27' de latitud norte y 99°10' y 99°58' de longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 1,766.60 km<sup>2</sup> (figura 1).

Limita al norte con el acuífero Sabinas-Paras Nuevo León; al sur y al este la

colindancia es con el acuífero Bajo Río Bravo en el estado de Tamaulipas; y en dirección oeste con el acuífero El Carmen-Salinas Victoria en el mismo estado de Nuevo León. Geopolíticamente el acuífero se localiza en 7 municipios del estado de Nuevo León los cuales son: Agualeguas, Paras, Aldamas, General Treviño, Cerralvo, Higuera y Salinas Victoria.

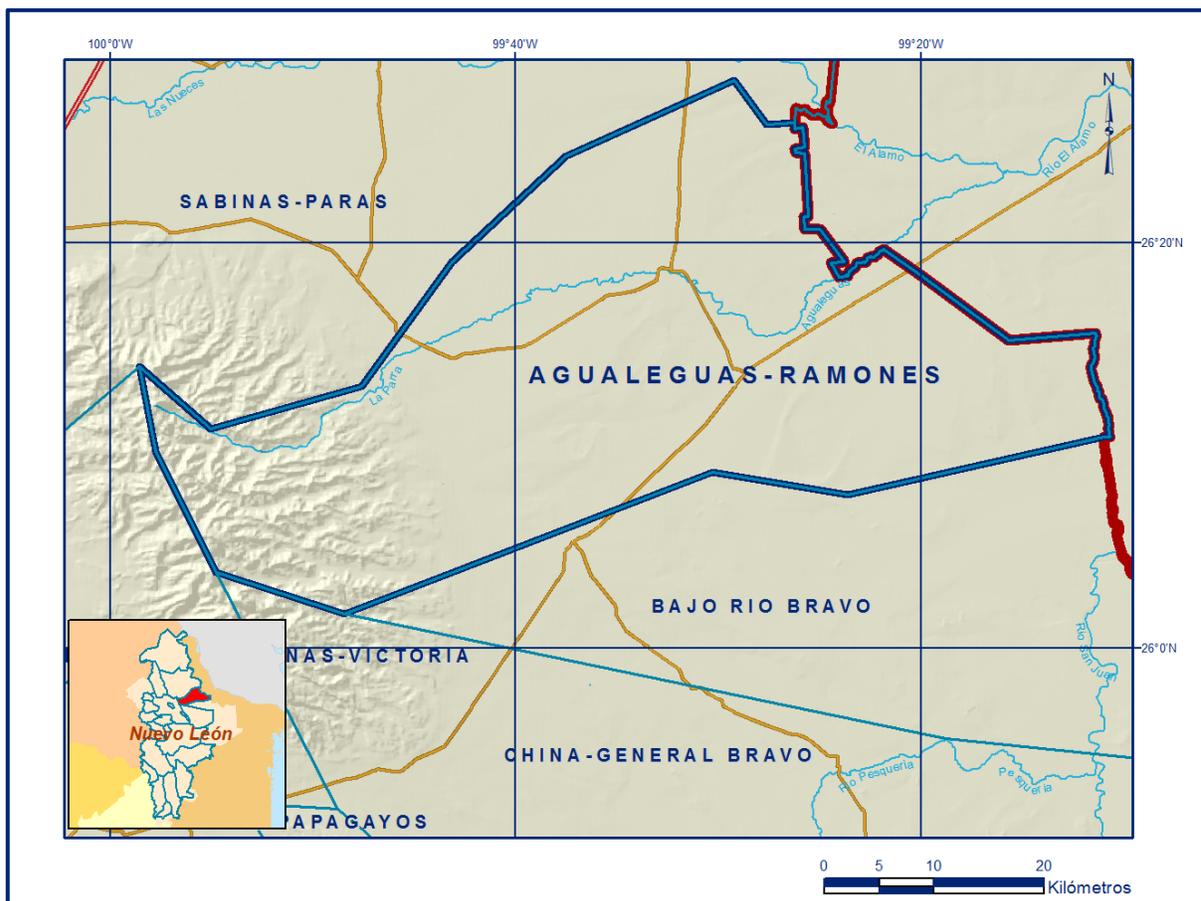


Figura 1. Localización del acuífero

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

## 1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Agualeguas-Ramones pertenece al Organismo de Cuenca VI, “Río Bravo” y al Consejo de Cuenca del “Río Bravo” instalado el 21 de enero de 1999. De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3.

Tabla 1. Coordenadas de la poligonal simplificada que delimita el acuífero

ACUIFERO 1905 AGUALEGUAS-RAMONES							OBSERVACIONES
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	99	27	37.6	26	25	48.6	
2	99	26	14.4	26	25	55.0	DEL 2 AL 3 POR EL LIMITE ESTATAL
3	99	10	58.9	26	10	23.4	
4	99	23	35.0	26	7	33.3	
5	99	30	18.5	26	8	39.0	
6	99	37	21.4	26	5	56.2	
7	99	48	24.4	26	1	41.0	
8	99	54	45.4	26	3	43.7	
9	99	57	43.5	26	9	41.1	
10	99	58	32.9	26	13	53.4	
11	99	55	0.4	26	10	48.6	
12	99	47	33.5	26	12	53.4	
13	99	43	7.8	26	19	3.7	
14	99	37	30.5	26	24	16.7	
15	99	29	12.9	26	27	59.3	
1	99	27	37.6	26	25	48.6	

## 2. FISIOGRAFÍA

### 2.1 Provincia fisiográfica

De acuerdo con la clasificación de E. Raisz (1964), la superficie del acuífero se ubica en dos provincias fisiográficas, “Grandes Llanuras de Norteamérica” y “Sierra Madre Oriental”, la primera se distribuye en la parte de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, presenta una alternancia de llanuras y lomeríos compuestos por rocas sedimentarias del Cenozoico que no han sido plegadas fuertemente, por lo que muestran relieve suave semejante a una penillanura.

La provincia Sierra Madre Oriental tiene montañas constituidas por rocas sedimentarias de origen marino, calizas y lutitas, principalmente de la era mesozoica; los estratos de estas rocas están doblados a manera de grandes pliegues que forman una sucesión de crestas alternadas con bajos; las cumbres oscilan entre los 2,000 y 3,000 m. Así mismo la zona del acuífero se encuentra en las subprovincias “Llanuras de Coahuila y Nuevo León” y “Sierras y Llanuras Coahuilenses”, en las Llanuras de Nuevo León.

Los sistemas de topofomas que predominan son los lomeríos muy suaves, asociados a llanuras. En la porción sur de la subprovincia existen sierras bajas, mesetas y valles. La subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses está constituida por sierras de carbonatos plegados, con pendientes escarpadas la mayoría de ejes están orientados de noroeste a sureste. Sus ejes estructurales están bien definidos y, especialmente en el sur, se presentan anticlinales alargados con las

crestas erosionadas.

## **2.2 Clima**

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por E. García (1981), para las condiciones de la República Mexicana, el clima que predomina en la mayor parte del acuífero es el semiárido cálido BSi(h')(x'), con temperatura media anual mayor a los 22 °C y 18 °C de temperatura del mes más frío, las lluvias en la zona son repartidas todo el año y el porcentaje de la lluvia invernal es 18% mayor del total anual, otros climas que se registran en las inmediaciones del acuífero corresponden al árido cálido BSo(h')(x') que presenta condiciones de precipitación y temperatura similares al clima predominante; el semiárido semicálido BSihw y semiárido templado BSi kw de condiciones de lluvias de verano y porcentajes de lluvia invernal superiores del 5% al 10.2% del total anual.

Para la determinación de las variables climatológicas se analizó la información de 3 estaciones climatológicas que tienen influencia en la superficie del acuífero determinada por medio del método de polígonos de Thiessen, estas estaciones son: General Treviño, Agualeguas y Paras en el estado de Nuevo León, con registros para el periodo 1993-2014 (20 años), donde se determinan los valores promedio anuales de precipitación y temperatura que corresponden a **545.4 mm** y **23.7°C** respectivamente.

## **2.3 Hidrografía**

El área cubierta por el acuífero se encuentra ubicada dentro de la Región Hidrológica No. 24 "Bravo Conchos", que cubre más del 50 % de la superficie del estado Nuevo León, pertenece a la subregión Hidrológica río Álamo y al mismo tiempo a la cuenca Río Bravo-Sosa, la zona del acuífero pertenece a las subcuencas Río Medio y Bajo Álamo, Alto Sosa, Ciudad Mier, Zacalitos-Los López, Carrisitos-La Concepción y Bajo Sosa.

La cuenca Río Bravo-Sosa drena una superficie aproximada de 4,930.9 km<sup>2</sup>. El cauce principal de esta cuenca es el río Sosa y su corriente se forma principalmente con los escurrimientos la Sierra Madre Oriental y transita a través de la superficie del acuífero.

## **2.4 Geomorfología**

Los paisajes están formados de características significativas, la subprovincia de Llanuras de Coahuila y Nuevo León, por lomeríos muy suaves asociados a

llanuras, en algunas zonas de la subprovincia existen sierras bajas, mesetas y valles. Por otro lado, la de Sierras y Llanuras está constituida por sierras de carbonatos plegados, con pendientes escarpadas la mayoría de ejes están orientados de noroeste a sureste. En donde sus ejes estructurales están bien definidos, especialmente en el sur, se presentan anticlinales alargados con las crestas erosionadas.

### **3. GEOLOGÍA**

El acuífero litológicamente se encuentra constituido por estratos delgados, medianos a masivos, de calizas.

Entre ellas existen horizontes de lutitas arenosas y fósiles, es estas también se encuentran nódulos y bandas de pedernal, algunos de los estratos de caliza presentan líneas estilolíticas y secuencia de caliza-arcillosa, lutita-calcárea y limosa con nódulos de hematita.

Estratos más recientes se forman de clastos de arenisca, caliza y algunos aislados de rocas ígneas, redondeados, moderadamente clasificados y bien cementados en una matriz calcáreo-arcillosa, rellenos por depósitos aluviales constituidos por grava, boleos, limo y arcilla que rellenan valles, como producto de la erosión (figura 2).

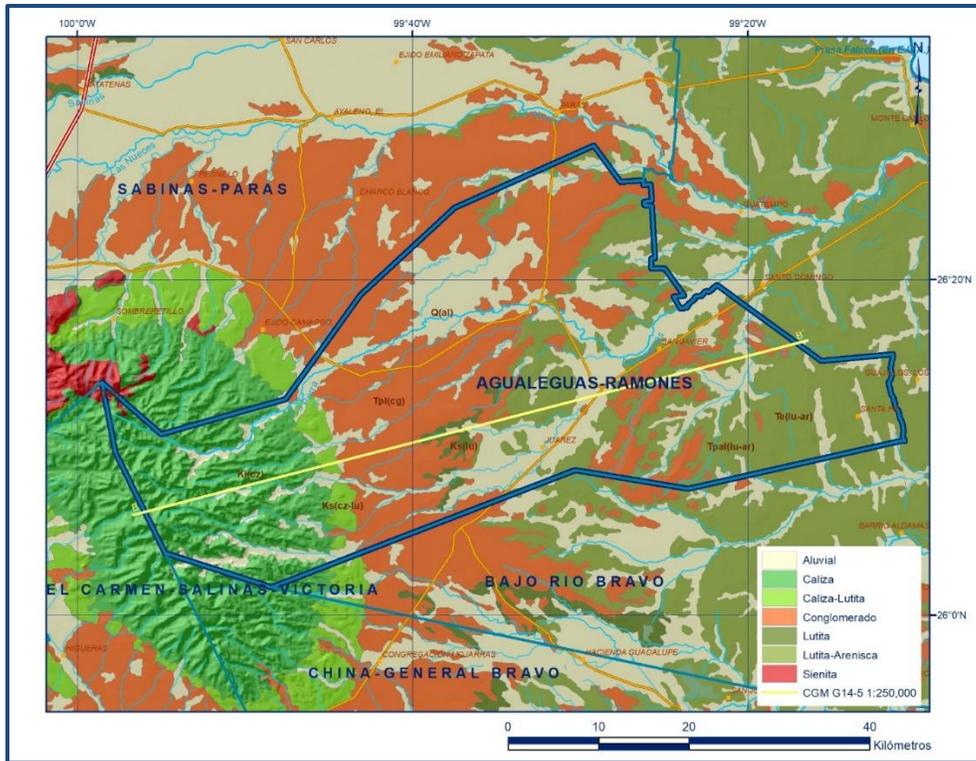


Figura 2. Geología general del acuífero

### 3.1 Estratigrafía

A continuación, se describen brevemente las unidades litológicas presentes en la superficie del acuífero.

Las rocas más antiguas que afloran en la zona del acuífero están constituidas por caliza en estratos medianos a masivos con líneas estilolíticas, nódulos de pedernal y nódulos de hematita, correspondientes a la Formación Cupido (KhapCz) de edad Hauteriviano-Aptiano. Sobreyaciendo concordantemente aflora una secuencia constituida por caliza en estratos delgados, con horizontes de lutita-arenosa y abundantes fósiles, correspondientes a la formación La Peña (KapCz-Lu) del Aptiano. Sobreyace a la secuencia, de manera concordante, un paquete de caliza y caliza dolomitizada de estratificación mediana a gruesa con líneas estilolíticas, nódulos y bandas de pedernal, que corresponden a la formación Aurora (KaCz-Do) del Albiano medio. Sobreyaciendo concordantemente a la unidad anterior, se depositó una secuencia de caliza-arcillosa, lutita-calcárea y limosa con nódulos de hematita y fósiles mal preservados, correspondientes a la Formación Kiamichi (KaLu-Cz) de Albiano medio-tardío.

En el Cretácico superior se depositó concordantemente una secuencia de caliza y lutita con bandas de pedernal negro y estructura “boudinage”, correspondientes al Grupo Washita (KaceCz-Lu) del Albiano-Cenomaniano. Sobreyaciendo transicionalmente aflora lutita-calcárea y caliza-arcillosa en estratos delgados, con abundante presencia de fósiles bien preservados, nódulos y bandas de óxidos de hierro, que corresponden a la Formación Eagle Ford (KcetLu-Cz) del Cenomaniano-Turoniano.

De manera transicional se depositó caliza de estratificación mediana, con bandas de pedernal hacia la cima, intercalada con horizontes delgados de lutita-arcillosa, correspondientes a la Formación Austin (KcossCz-Lu) del Coniaciano-Santoniano. En cambio, de facies, sobre la secuencia anterior, se depositó calcarenita de estratificación delgada a laminar con nódulos de hierro, intercalada con horizontes de lutita y algunos horizontes bentoníticos. Corresponde a la Formación San Felipe (KcossLu-Cz) también del Coniaciano-Santoniano. Sobreyaciendo de forma transicional sobre la secuencia anterior, se depositó una secuencia de limolita, lodolita y lutita, intercaladas con delgados horizontes de marga y arenisca de la Formación Méndez (KcmLu-Mg) del Campaniano-Maastrichtiano. En la parte suroeste del acuífero aflora un cuerpo intrusivo de composición sienítica (ToSi), que afecta a todas las unidades del Cretácico y principios del Cenozoico, se le relaciona al magmatismo del Eoceno.

## **CENOZOICO**

### **Paleoceno-Eoceno**

Sobreyaciendo concordantemente a la formación anterior, se depositó una secuencia de lutita y limolita con intercalaciones de arenisca con micas y huellas de oleaje, correspondientes a la formación Midway (TpaLu-Ar). Los microfósiles globorotalia y pseudobulloides estudiados en esta formación, la ubican en el Paleoceno. Para el Eoceno, se depositó de manera concordante y transicional, sobre la formación anterior, una secuencia constituida por arenisca de grano mediano a fino, compacta, ligeramente glauconítica, que gradúa a arenisca-limolítica muy bien cementada con ocasionales huellas de oleaje, pistas de gusanos, horizontes fosilíferos, contenidos de yeso, material lignítico e intercalaciones de capas delgadas de lutitas-arenosas.

Sobreyaciendo concordante y transicionalmente se depositó una secuencia de arenisca de cuarzo, de grano mediano a grueso, bien cementada, compacta y

micácea, de estratificación mediana a gruesa, constituida en algunas localidades por más de 90% de cuarzo. Pertenece a la Formación Carrizo (TeAr). Por posición estratigráfica se le asigna edad del Eoceno inferior-medio.

La Formación Yegua (TeAr-Y) está Sobreyaciendo de manera concordante a la formación anterior, está constituida por arenisca, yeso y lutita-carbonosa, ocasionalmente se le observan láminas de carbón mineral, horizontes de coquina y nódulos de pirita. Por su posición estratigráfica y su contenido fósil se le asigna edad de Eoceno superior.

### **Oligoceno**

Para el Oligoceno se depositó una secuencia de arenisca y lutita, correspondiente a la Formación Vicksburg (ToAr-Lu). La arenisca es de grano fino, en espesores delgados, mientras que la lutita es arenosa. Esporádicamente se observan coquinas y laminillas de yeso, Sobreyaciendo, de manera concordante se depositó lutita-bentonítica, intercalada con potentes bancos de arenisca de estratificación delgada a mediana. Pertenece a la Formación Frío (ToLu-Ar) del Oligoceno. Para el Oligoceno Mioceno se depositó sobre la Formación Frio una secuencia de lutita, arenisca y en menor proporción material tobáceo. La lutita es plástica, mientras que la arenisca y el material tobáceo, son de color gris claro, gris verdoso y verdes, de textura fina. Los sedimentos de esta formación están en general bien estratificados y corresponden a la Formación Catahoula (TomLu-Ar).

### **Mioceno-Plioceno**

Para el Mioceno, Sobreyaciendo a la formación anterior, se depositaron arenisca y conglomerado polimítico de las formaciones Oackville y Lagarto (TmAr-Cgp), frecuentemente presentan estratificación cruzada, con ostras y fragmentos de madera retrabajados. En el Plioceno se depositó de forma discordante sobre toda la secuencia del Cretácico Superior-Cenozoico, una unidad constituida por clastos de arenisca, caliza y algunos aislados de rocas ígneas, redondeados, moderadamente clasificados y bien cementados en una matriz calcáreo-arcillosa del Conglomerado Reynosa (TplCgp).

En el Cuaternario solo se presentan depósitos aluviales (Qhoal) constituidos por grava, boleos, limo y arcilla que rellenan los valles, como producto de la erosión de las partes positivas.

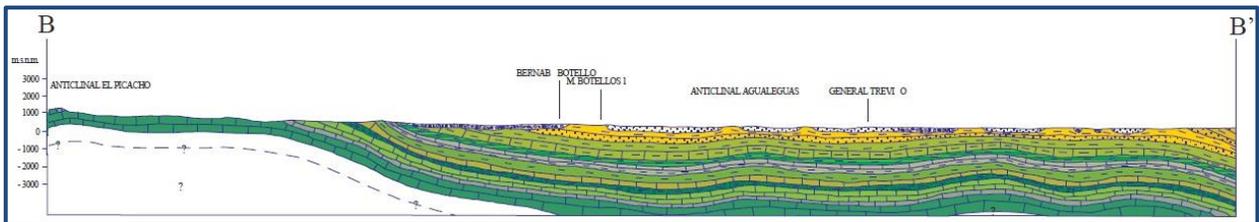
### 3.2 Geología estructural

Los rasgos estructurales de la región son el resultado de los esfuerzos compresivos ocasionados por la intensa deformación originada por la Orogenia Laramide. LA actividad Cenozoica, posterior a la Orogenia Laramide, no está definida en el área, pero en regiones circundantes se manifiesta una intensa actividad tectónica Cenozoica, principalmente de tipo distensivo.

### 3.3 Geología del subsuelo

De acuerdo con la geología superficial y la información de cortes litológicos (figura 3) se determina que el acuífero está constituido de la siguiente manera:

El acuífero se encuentra en material de rocas calizas en diferentes espesores estratigráficos con nódulos de pedernal, hematita, lutita-arenosa, cubiertas por más estratos de caliza, caliza dolomitizada, depósitos delgados de secuencias de caliza-arcillosa, lutita-calcárea, conglomerado y limos con presencia de algunos fósiles.



Fuente: Carta Geológico-Minera G14-5 "Reynosa". Escala 1:250,000 (SGM, 2008)

Figura 3. Sección geológica esquemática

## 4. HIDROGEOLOGÍA

### 4.1 Tipo de acuífero

Las evidencias geológicas e hidrogeológicas permiten establecer que el sistema del acuífero es de **tipo semiconfinado**, debido a que la composición de rocas calizas en la que se encuentra, está constituida por estratos, de lutita-arenosa, cubiertas por más estratos de caliza, caliza dolomitizada, depósitos delgados en secuencias de caliza-arcillosa, lutita-calcárea, conglomerado y limosa.

Debido a los materiales en los que se encuentra el acuífero puede considerarse variables las áreas de menor a mayor semiconfinamiento dentro de su mismo territorio, sin cambiar el tipo de acuífero.

## 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:

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

### 5.1 Entradas

Las entradas al acuífero Agualeguas-Ramones están integradas básicamente por la recarga natural que se produce por la infiltración de la lluvia (Rv). No existe información piezométrica actual ni histórica que cubra la zona del acuífero. La escasa información disponible, procedente de recorridos de campo hechos se encuentra dispersa en tiempo y espacio, de tal manera que no es posible extrapolarla 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 **1,758.3 km<sup>2</sup>** 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;

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 cubierta por el acuífero se obtiene al multiplicar su área (1,763.3 km<sup>2</sup>) por la lámina de precipitación media anual (522.7 mm):

$$V_{LL} = 1,763.3 \text{ km}^2 (0.5227 \text{ m}) = 921.7 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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.

<b>COUTAGNE</b>	$ETR = P - \chi P^2$
Donde:	
ETR= Evapotranspiración m/año	
P = precipitación en m/año	
$\chi = 1/(0.8 + 0.14 t)$	
t = temperatura en °C	

La fórmula solo es aplicable para valores de la precipitación media anual (P) comprendidos entre 1/8X y 1/2X, estando ETR y P en metros, y T en °C. Si P es menor que 1/8λ la ETR es igual a la precipitación, es decir, no existe escurrimiento; si la precipitación es mayor que 1/2λ la ETR es prácticamente independiente de P y su valor está dado por:  $ETR = 0.20 + 0.035 T$ . Aplicando la fórmula de Coutagne se obtiene una lámina de evapotranspiración real de **473 mm anuales**.

De esta forma, multiplicando el área de balance (**1,763.3 km<sup>2</sup>**) por la lámina de evapotranspiración anual (**0.455 m**), el volumen evapotranspirado es de **823.5 hm<sup>3</sup> 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:

$$\text{VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL DE LA CUENCA} = \text{PRECIPITACION ANUAL DE LA CUENCA} * \text{AREA DE LA CUENCA} * \text{COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO}$$

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).

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 Agualeguas-Ramones predominan los siguientes tipos de suelo: Litosol, Regosol, Rendzina y Xerosol que se clasificaron en tres tipos de suelo: A, B y C (figura 4).

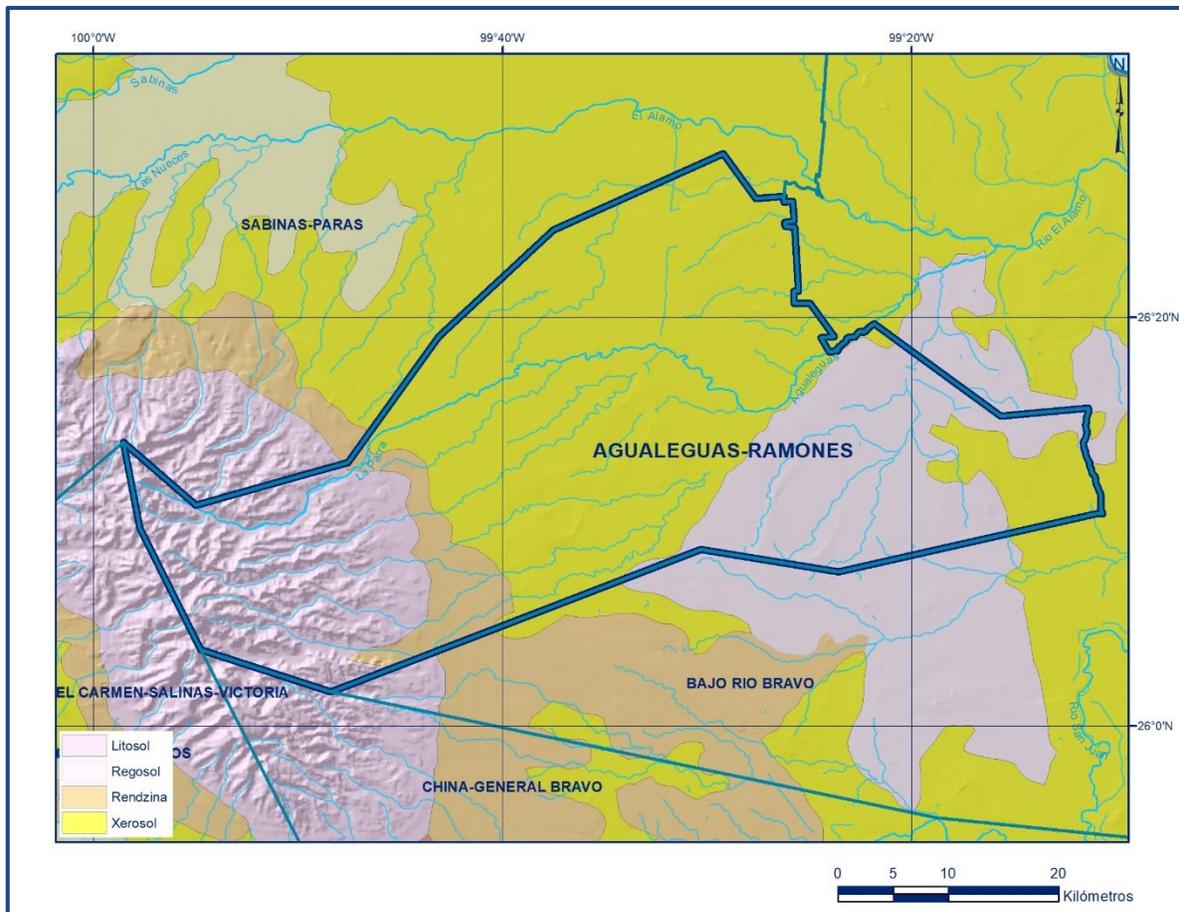


Figura 4. Tipo de suelo

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

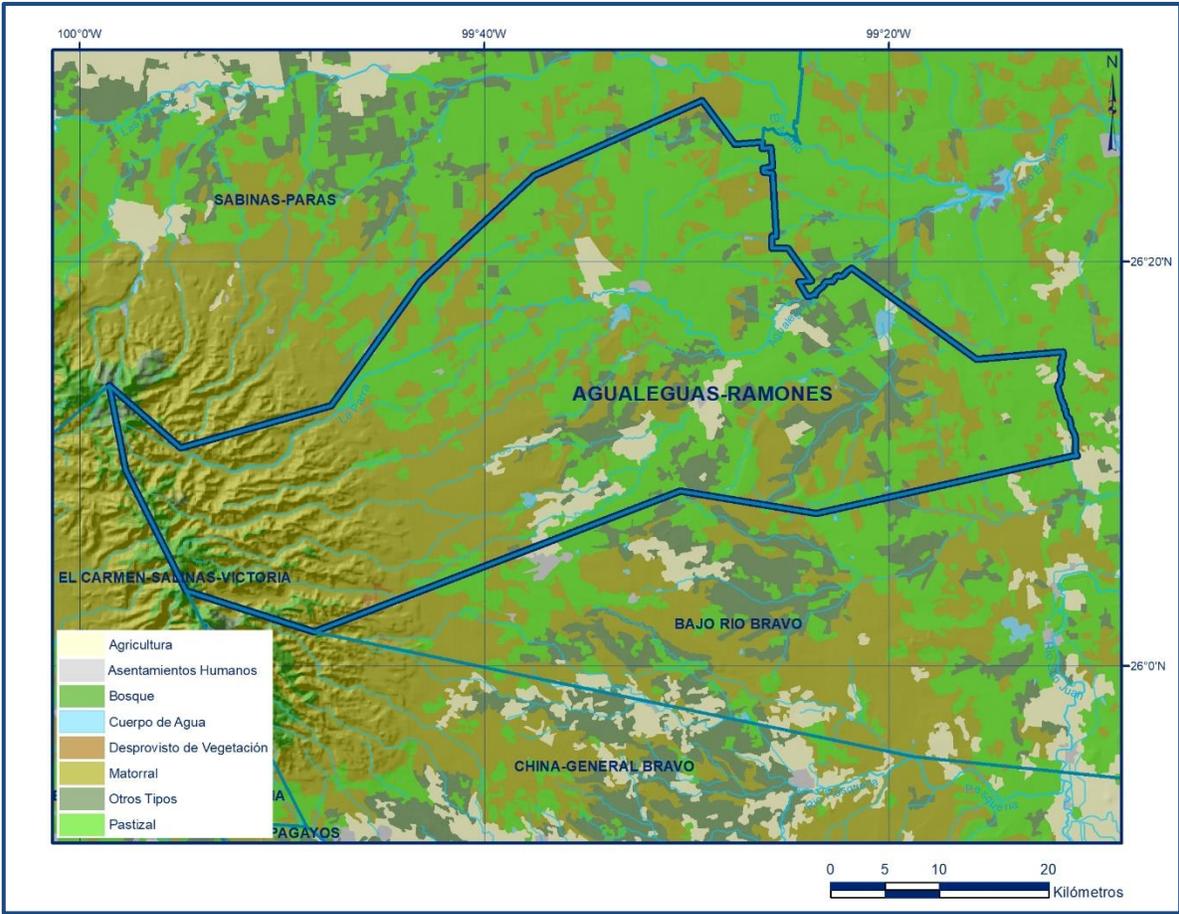


Figura 5. Uso de suelo

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
Camino	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 0.25, valor que se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce):

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

$$Ce = 0.071$$

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

$$V_{ESC} = 0.071 (921.7 \text{ hm}^3) = 65.4 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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

$$V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC} \text{ (2)}$$
$$V_{INF} = 921.7 - 823.5 - 65.4 = 32.8 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 959.0 hm<sup>3</sup>/año, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.0377.

De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es de 36.2 hm<sup>3</sup>/año en los 1,758.3 km<sup>2</sup> de superficie del acuífero.

Por lo que la **Rv = 32.8 hm<sup>3</sup> anuales**

## 5.2 Salidas

Las salidas de agua subterránea estimadas en este balance son las siguientes: La descarga de un acuífero puede ocurrir principalmente por bombeo (B), salidas por flujo subterráneo (Sh), caudal base de un río y a través de manantiales (DM).

Para el caso del acuífero Agualeguas-Ramones no se cuenta con datos de descarga natural comprometida provenientes de caudal base del río, solo los registrados por medio del bombeo.

### 5.2.1 Bombeo (B)

De acuerdo con los datos reportados por el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), se tiene registrado un volumen de extracción de **27.9 hm<sup>3</sup> anuales**, a la fecha de corte del 30 de diciembre del 2022.

## 6. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales; en su fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

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

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 con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero en recarga vertical.

Para este caso, el valor estimado de esta recarga total media anual que recibe el acuífero es de **32.8 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 Agualeguas-Ramones no considera valor de descarga natural comprometida corresponde al caudal base del río.

### 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 **27,972,480 m<sup>3</sup> anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 32.8 - 0.0 - 27.972480 \\ \text{DMA} &= 4.827520 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe disponibilidad de **4,827,520 m<sup>3</sup> anuales** para otorgar nuevas concesiones.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

Base Cartográfica tomada de INEGI, Segunda Edición 2008, Carta Geológico-Minera G14-5, "Reynosa", Tamaulipas y Nuevo León, escala 1: 250,000.