



**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**  
**GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO BAJA BABÍCORO (0803), ESTADO  
DE CHIHUAHUA**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>2</b>
Antecedentes.....	2
1.1. Localización.....	2
<b>2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.....</b>	<b>5</b>
<b>3. FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>6</b>
3.1 Provincias fisiográficas.....	6
3.2 Clima .....	6
3.3 Hidrografía.....	7
3.4 Geomorfología.....	7
<b>4. GEOLOGÍA.....</b>	<b>8</b>
4.1 Estratigrafía.....	9
4.2 Geología Estructural .....	10
4.3 Geología del Subsuelo .....	10
<b>5. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
5.1 Tipo de acuífero.....	10
5.2 Piezometría.....	11
5.3 Comportamiento hidráulico .....	11
5.3.1 Profundidad al nivel estático .....	11
5.3.2 Elevación al nivel estático .....	12
5.3.3 Evolución al nivel estático.....	13
<b>6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....</b>	<b>14</b>
<b>7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....</b>	<b>14</b>
7.1 Entradas.....	15
7.1.1 Recarga natural.....	15
7.1.2 Recarga inducida .....	15
7.1.3 Flujo horizontal.....	16
7.2 Salidas .....	16
7.2.1 Extracción por bombeo (B).....	16
7.2.2 Descargas naturales.....	16
7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh) .....	17
7.2.4 Evapotranspiración.....	17
7.3 Cambio de almacenamiento.....	17
<b>8. DISPONIBILIDAD.....</b>	<b>17</b>
8.1 Recarga total media anual (R).....	18
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	18
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	18
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	19

## **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 Baja Babícora, definido con la clave 0803 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la parte noroeste del estado de Chihuahua. El acuífero cubre una superficie de 3,868 km<sup>2</sup>, que representa cerca del 1.4% del territorio estatal. Geográficamente, la zona de estudio se localiza entre los paralelos 28° 38' y 29° 41' de latitud norte y entre los meridianos 107° 09' y 107° 41' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich (figura 1).

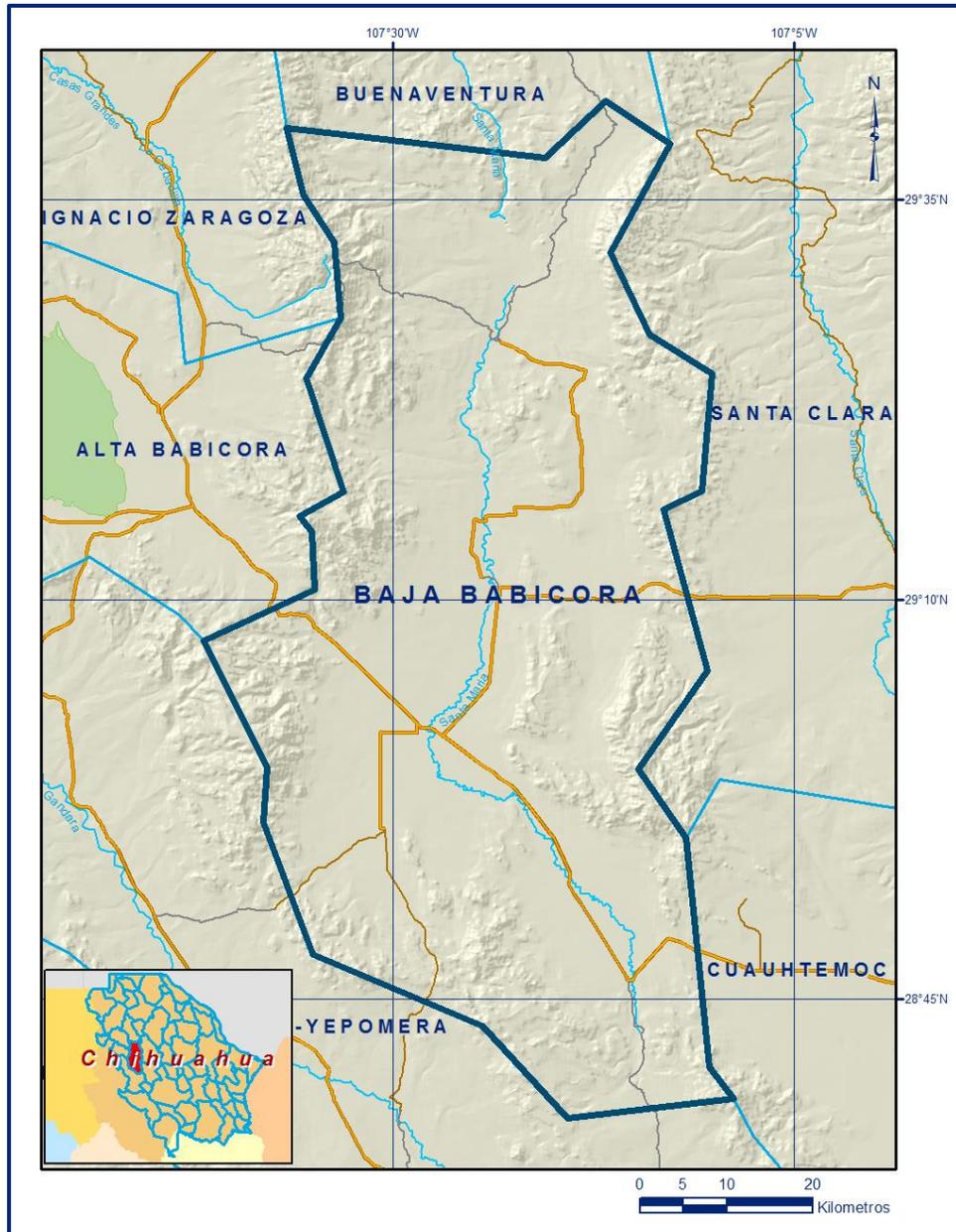


Figura 1. Localización del acuífero

La comunicación por la carretera al área de interés se puede lograr de Chihuahua hacia Cuauhtémoc, de donde parte un ramal hacia el norte, que llega al extremo sur a la altura de Bachíniva, para continuar después hacia Col. Oscar Soto Maynez (Santa Ana) llegando como camino pavimentado hasta Namiquipa, punto desde el cual, se llega a las cruces, en el resto de la zona de estudio los accesos en general son transitables, prácticamente en todo tiempo, salvo en épocas de lluvias intensas. La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 0803 BAJA BABICORA						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	107	36	38.3	29	39	28.0
2	107	20	31.8	29	37	35.9
3	107	16	42.6	29	41	9.5
4	107	12	44.2	29	38	28.1
5	107	16	24.5	29	31	39.9
6	107	14	1.0	29	26	33.4
7	107	10	4.3	29	24	6.0
8	107	10	43.1	29	16	47.5
9	107	13	6.6	29	15	37.7
10	107	10	22.7	29	5	32.1
11	107	14	40.4	28	59	21.9
12	107	11	41.7	28	55	4.8
13	107	10	17.3	28	40	46.1
14	107	8	45.3	28	38	48.1
15	107	19	5.9	28	37	33.5
16	107	24	23.3	28	43	20.3
17	107	34	58.3	28	47	48.9
18	107	38	4.8	28	56	3.8
19	107	37	51.6	28	59	31.4
20	107	41	47.4	29	7	24.2
21	107	34	53.2	29	10	37.1
22	107	35	2.4	29	14	12.6
23	107	35	47.9	29	15	10.7
24	107	33	4.6	29	16	42.4
25	107	35	24.8	29	23	49.6
26	107	33	15.9	29	27	33.7
27	107	33	39.2	29	32	16.5
28	107	35	34.5	29	35	16.8
1	107	36	38.3	29	39	28.0

Las actividades más importantes son: en primer lugar, la agricultura, produciéndose manzana, maíz y frijol, en segundo término, la ganadería que sin ser actividad predominante no deja de ser fuente importante de ingresos, en tercer término, la minería ya que existe un yacimiento de plata en explotación conocida como Mina de la Venturosa. El resto de la población económicamente activa se dedica al sector de servicios o al comercio.

Entre las poblaciones más importantes de la zona de estudio están: Namiquipa, El Terrero, El Molino y Col. Independencia en la porción norte del valle, la de Oscar Soto Maynez, Abraham González, San Juan Bautista y Ruiz Cortínez en la parte central y la de Bachíniva en el extremo sur este.

## **Zonas de Disponibilidad**

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1.

## **2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD**

El trabajo realizado en 1978 se trató de un estudio geohidrológico de evaluación y censo en el estado de Chihuahua, zona sur (Baja Babícora), realizado por Ingeniería y Geotecnia; el objetivo del estudio fue definir el funcionamiento geohidrológico y efectuar una estimación preliminar de la potencialidad del acuífero.

En 1994 se realizó un estudio catalogado como de actualización del estudio geohidrológico de la zona de la Baja Babícora en el estado de Chihuahua; su objetivo fue determinar condiciones de explotación, cuantificar la recarga y las condiciones hidráulicas propias del acuífero.

El estudio indica que el acuífero se aloja en materiales de relleno aluvial, y se haya semiconfinado a escala regional por una capa arcillosa; reporta que para el período 1987-1994 hubo evoluciones negativas de niveles piezométricos; la transmisividad varía entre 600 a 10 m<sup>2</sup>/día y el coeficiente de almacenamiento fue del orden de 0.004, ambos valores obtenidos de pruebas de bombeo; la descarga total se estimó en 132 hm<sup>3</sup>/año en el año de 1994, haciendo la aclaración que en ese año tuvo poca precipitación, por lo tanto la extracción de agua subterránea tuvo un fuerte incremento, en condiciones medias de precipitación, la extracción debe ser considerablemente menor.

Se estimó que la recarga total era del orden de 115 hm<sup>3</sup>/año, habida por la infiltración de agua de lluvia, retornos de riego y por flujos subterráneos provenientes de las sierras, principalmente.

Se tiene un informe realizado por la Gerencia Estatal en Chihuahua en 1999, cuyo objetivo fue definir la distribución espacial de las concesiones otorgadas para perforar pozos. Se concluye que no es recomendable perforar más pozos en la zona de alta concentración para no provocar daños al acuífero y a la infraestructura hidráulica subterránea ya instalada.

### 3. FISIOGRAFÍA

#### 3.1 Provincias fisiográficas

De acuerdo a la clasificación de Provincias Fisiográficas realizada por INEGI, la zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la Provincia Fisiográfica de Sierra Madre Occidental. El valle de la Baja Babícora es producto del relleno de una cuenca estructural del tipo graben-horst. Las elevaciones mayores están en la sierra El Chuhupate al oriente y sierra Grande al poniente, y varían en elevaciones entre 2,700 y 2,900 msnm. El patrón de drenaje es subparalelo y dendrítico, de régimen intermitente, siendo la corriente principal el río Santa María, que corre hacia el norte desde la presa Las Chepas hasta la presa El Tintero.

#### 3.2 Clima

Dentro del área de estudio se manifiestan dos tipos de clima: el que caracteriza la porción sur, desde su extremo definido en las cercanías de Bachíniva hasta unos 10 km al norte de Naquimpa, e incluye a las sierras limitantes en donde se identifica como BS1kw (e), que quiere decir semiseco o semiárido, templado, aunque extremoso, y tiene un régimen de lluvias en verano, lloviendo en invierno entre el 5 y el 10 por ciento del total anual.

Por lo que respecta a la región al norte de la definida anteriormente, el clima es de tipo BSokw (e'), correspondiendo a semiseco, templado pero muy extremoso, y con régimen de lluvias también en verano, precipitándose en invierno, al igual que la región anterior, entre el 5 y 10% del total anual.

#### Temperatura media anual

La temperatura media anual es de 13.7° C, distribuida en el área de estudio. El período caluroso del año es de mayo a septiembre, siendo enero el mes más frío.

Tabla 2 Estaciones climatológicas en la zona de estudio

Estación	Temperatura Media	Temp. o C Mes más Frío	Temp. o C Mes más caliente	Precipitación Media Anual mm	P/T
Babícora (Santa Ana)	11.9	3.8	19.8	557.7	46.9
Bachíniva	14.3	7.2	20.4	460.3	32.2
Las Cruces	14.9	7.5	22.3	298.5	20.0
Valores medios de la zona	13.7	6.2	20.8	438.8	33.0

### **Precipitación media anual**

La precipitación promedio anual es de 438.8 mm/año; el período de lluvias, en general, es de julio a septiembre, siendo abril el mes más seco.

### **3.3 Hidrografía**

El área corresponde a una cuenca abierta de forma alargada, delimitada al oeste por la sierra Grande y al oriente por las sierras Chuchupate y Manzanillas, al sur por la sierra Choreachi y al norte por la presa El Tintero. La corriente principal que cruza la zona es el río Santa María.

### **Región Hidrológica**

La zona de Baja Babícora pertenece a la Región Hidrológica No. 34 “Cuencas Cerradas del Norte”.

### **Subregión**

Asimismo, pertenece a la Sub región Cuencas Cerradas Laguna de Santa María-Río Santa María.

### **Cuenca**

El acuífero también está localizado dentro de la cuenca del río Santa María. El río Santa María es la corriente superficial principal y atraviesa de sur a norte todo el valle de la zona de estudio, el río nace cerca de la población de Bachíniva pasando por las poblaciones de Abraham González, Oscar Soto Maynez, El Terrero, El Molino y Namiquipa, poblaciones ubicadas aguas arriba de la presa El Tintero. Aguas abajo de esta presa el río continúa hasta descargar en la laguna de Santa María.

Los arroyos que desembocan en el río Santa María forman la red de drenaje de la cuenca. Estas corrientes son de régimen intermitente y sus caudales máximos se presentan en las temporadas de lluvias de verano.

### **3.4 Geomorfología**

La zona se caracteriza por grandes cañones en las sierras y arroyos de pendiente suave en el valle, estos rasgos indican que, geomorfológicamente, la zona se encuentra en la etapa de madurez. Se definen cuatro unidades geomorfológicas, que se describen a continuación:

**Unidad montaña.** Constituida por un complejo de rocas volcánicas ácidas y básicas que se extiende por toda la sierra madre occidental.

**Unidad mesetas.** Se encuentra principalmente en las sierras compuestas por paquetes gruesos de emisiones riolíticas, ignimbritas y coladas de basalto que forman superficies de pendiente suave y de extensión reducida, como en la sierra Grande.

**Unidad lomeríos.** Está constituida por rocas de diferente tipo, predominando las de origen volcánico ácido y los conglomerados; los lomeríos de conglomerados se encuentran al norte del valle y los de roca volcánica ácida al sur.

**Unidad planicies.** Se identifica por sus pendientes suaves hacia las zonas de inundación, constituida por depósitos de origen y tamaño diverso que fueron transportados desde las zonas altas y rellenaron las depresiones formadas por las cuencas tectónicas. Los fragmentos que constituyen esta unidad varían desde el tamaño de los cantos rodados, hasta el tamaño de los limos y arcillas. En las márgenes del valle abundan fragmentos gruesos, disminuyendo gradualmente de tamaño de las partículas hacia el centro del valle, donde abundan las arenas finas y las arcillas. Esta unidad es la más extensa en cuanto a distribución espacial y forma en sí el valle de la Baja Babícora.

#### **4. GEOLOGÍA**

Durante el Terciario Inferior, hubo una gran actividad ígnea originada por procesos tectónicos en la porción occidental de la República Mexicana, que formaron las cuencas y sierras de la actualidad. A finales del Plioceno empezó la eyección de coladas de basalto mientras la erosión actuó sobre las rocas preexistentes, dando como resultado la producción de conglomerados que comenzaron a rellenar la cuenca generada por el fallamiento distensivo. En el Cuaternario la cuenca recibió materiales lacustres y fluviales a través de los arroyos, y se erosionaron las partes altas hasta conformar el paisaje actual de la zona (Figura 2).

La geología de la región está representada por rocas ígneas en las elevaciones que rodean el valle, principalmente ácidas, piroclásticas (tobas riolíticas e ignimbritas), y basaltos. Estos últimos se han detectado en la zona del valle alrededor del poblado de Soto Maynez.

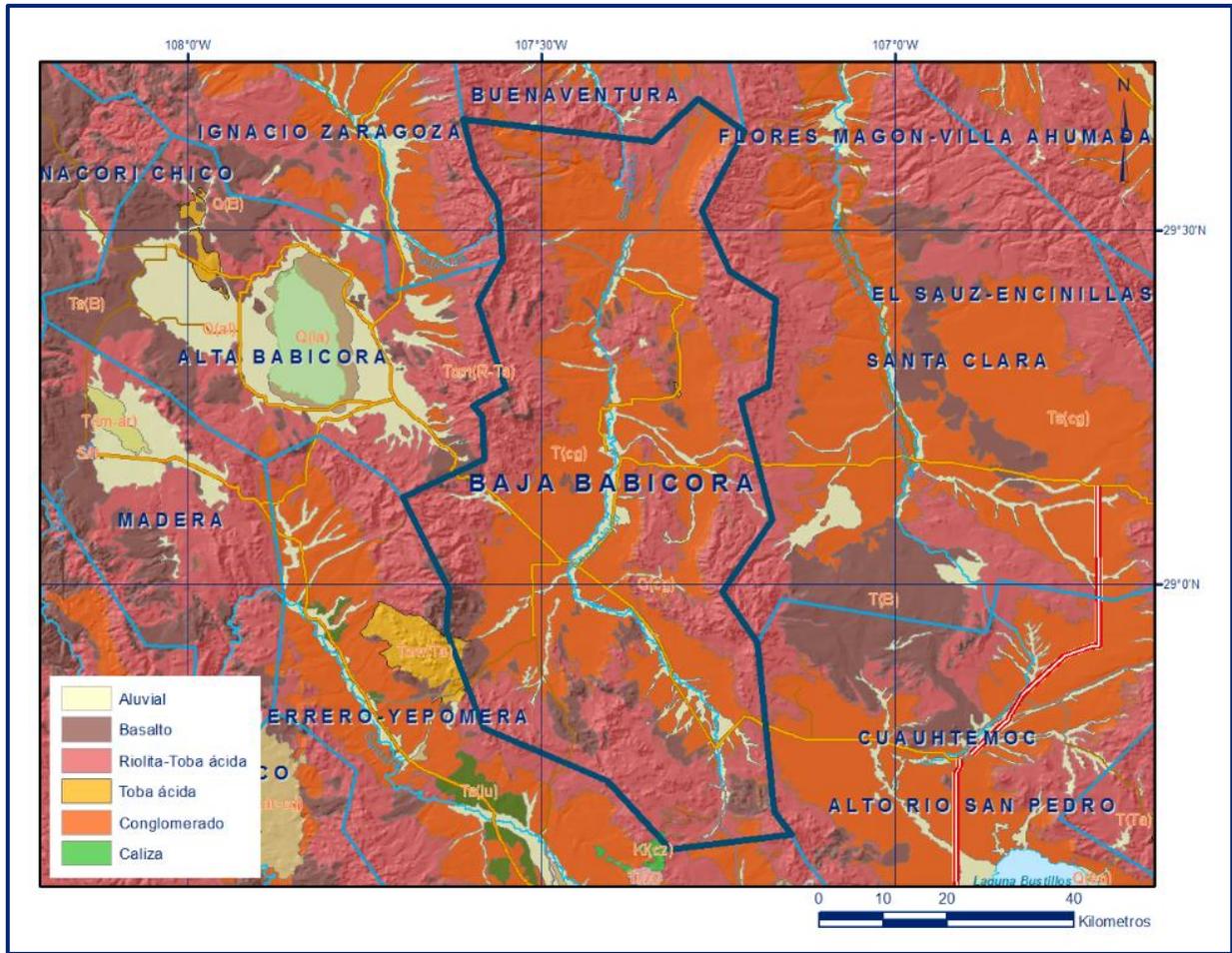


Figura 2. Geología general del acuífero

En la zona del valle la geología está compuesta por materiales aluviales y fluviales, consistentes en gravas, arenas y arcillas en mezcla heterogénea. Los sedimentos fluviales se presentan solamente en los cauces del río Santa María y sus principales afluentes, con poco espesor y área reducida.

#### 4.1 Estratigrafía

Las edades de las rocas que afloran en el área de estudio varían desde el Terciario hasta el Reciente, son de origen volcánico ácido, volcánico básico y sedimentario continental. A continuación, se mencionan las rocas que se encuentran en el área de estudio por edad: rocas volcánicas, constituidas por tobas riolíticas (Ttr) y Basaltos (Tb); rocas sedimentarias, integradas por un conglomerado (Tcg), sedimentos lacustres (T-Q1), depósitos de pie de monte (Qtd), depósitos de inundación (Qi), depósitos fluviales (Qf) y depósitos aluviales (Qal).

## **4.2 Geología Estructural**

La cuenca de la Baja Babícora tiene su origen a partir de los movimientos registrados durante la Revolución Laramídica. Estos movimientos dieron lugar a desplazamientos de las rocas incluso a la manifestación de fuertes espesores de rocas volcánicas tanto intrusivas como extrusivas, que actualmente conforman toda la Sierra Madre Occidental.

Las emisiones de rocas volcánicas, principalmente de origen basáltico, penetraron en las rocas riolíticas aprovechando el fracturamiento preexistente, llegando hasta la superficie y depositándose en ella con espesores variables entre 10 a 30 m. Muchas de estas emisiones no lograron surgir a la superficie, quedando como intrusiones dentro de las rocas riolíticas.

Se considera que el valle está formado por el hundimiento de un gran bloque (Graben), originado por dos fallamientos ligeramente paralelos entre sí y con orientación predominante norte-sur. El espesor del aluvión supera los 200 m, mismos que se encuentran descansando sobre el basamento de rocas riolíticas, considerándose a estos sedimentos como el acuífero principal.

## **4.3 Geología del Subsuelo**

Se tienen dos secciones geológicas esquemáticas transversales al valle de Babícora, que fueron construidas utilizando la información obtenida de los pozos perforados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Los aluviones tienen gran importancia desde el punto de vista geohidrológico, pues en ellos se ha confirmado con pozos dónde se realiza la explotación de aguas subterráneas.

La importancia de las riolitas y basaltos estriba en que son aportadores o alimentadores de estos aluviones, en aquellas áreas donde existe un fracturamiento intenso. Además, existen zonas de aluviones, donde por su granulometría fina, no se presentan buenas perspectivas para la perforación de pozos.

## **5. HIDROGEOLOGÍA**

### **5.1 Tipo de acuífero**

La unidad de depósitos permeables recientes, funciona como transmisor de agua hacia estratos inferiores de origen fluvio-lacustre, donde se aloja el acuífero principal.

La unidad de depósitos fluvio-lacustre es la más importante, ya que en ella se aloja el acuífero principal de la cuenca, de donde se extrae prácticamente la totalidad del agua subterránea. En la porción superior de ésta se tiene la presencia de una capa arcillosa que se extiende por casi todo el valle y semiconfina al acuífero principal, el espesor de los depósitos fluvio-lacustre varía desde algunos metros en la vecindad de las sierras, hasta aproximadamente 200 m en el centro del valle, por las inmediaciones de la población de Soto Maynez.

Los conglomerados, que consisten de cantos rodados gravas y arenas empaquetados en una matriz arcillo-arenosa, medianamente compacta, afloran en la zona norte del valle y funciona como transmisora del agua. Las rocas volcánicas permeables presentan una permeabilidad secundaria moderada y funcionan como áreas de recarga al acuífero principal de la cuenca.

## **5.2 Piezometría**

En marzo de 1987 la SARH realizó un sondeo general en la región, donde obtuvo los niveles estáticos en pozos de ubicados en la zona de estudio. Durante el estudio de 1994, se efectuaron dos recorridos de piezometría: el primero en agosto-septiembre de 1994 y otro en octubre, sondeándose un total de 157 pozos.

## **5.3 Comportamiento hidráulico**

Las características hidráulicas del acuífero se determinaron mediante la interpretación de 7 pruebas de bombeo con duraciones de 24 hasta 72 horas, tanto en etapa de abatimiento como de recuperación, las cuales fueron realizadas durante el estudio efectuado en 1994. En dos de ellas se contó con pozos de observación. Los valores de transmisividad fluctúan entre 46 y 623 m<sup>2</sup>/día. Existen otros valores de transmisividad obtenidos en pruebas de bombeo realizadas por la SARH, en las cuales se obtuvieron valores entre 9 y 397 m<sup>2</sup>/día.

### **5.3.1 Profundidad al nivel estático**

Con la información piezométrica correspondiente a 1994, se elaboró el plano de curvas de igual profundidad del nivel estático, que se considera representativo de las condiciones actuales, el que se puede consultar en la figura 3. Las profundidades en la parte sur presentan valores de 70 a 100 m cerca de Bachíniva, y de 20 a 60 m entre los poblados de Abraham González y El poblado el Refugio.

En la parte baja del valle, entre los poblados de Abraham González y Namiquipa, los valores oscilan entre 20 y 40 m de profundidad; los niveles estáticos del acuífero se profundizan hacia la parte oeste de la zona, variando desde los 40 m hasta los 70 m.

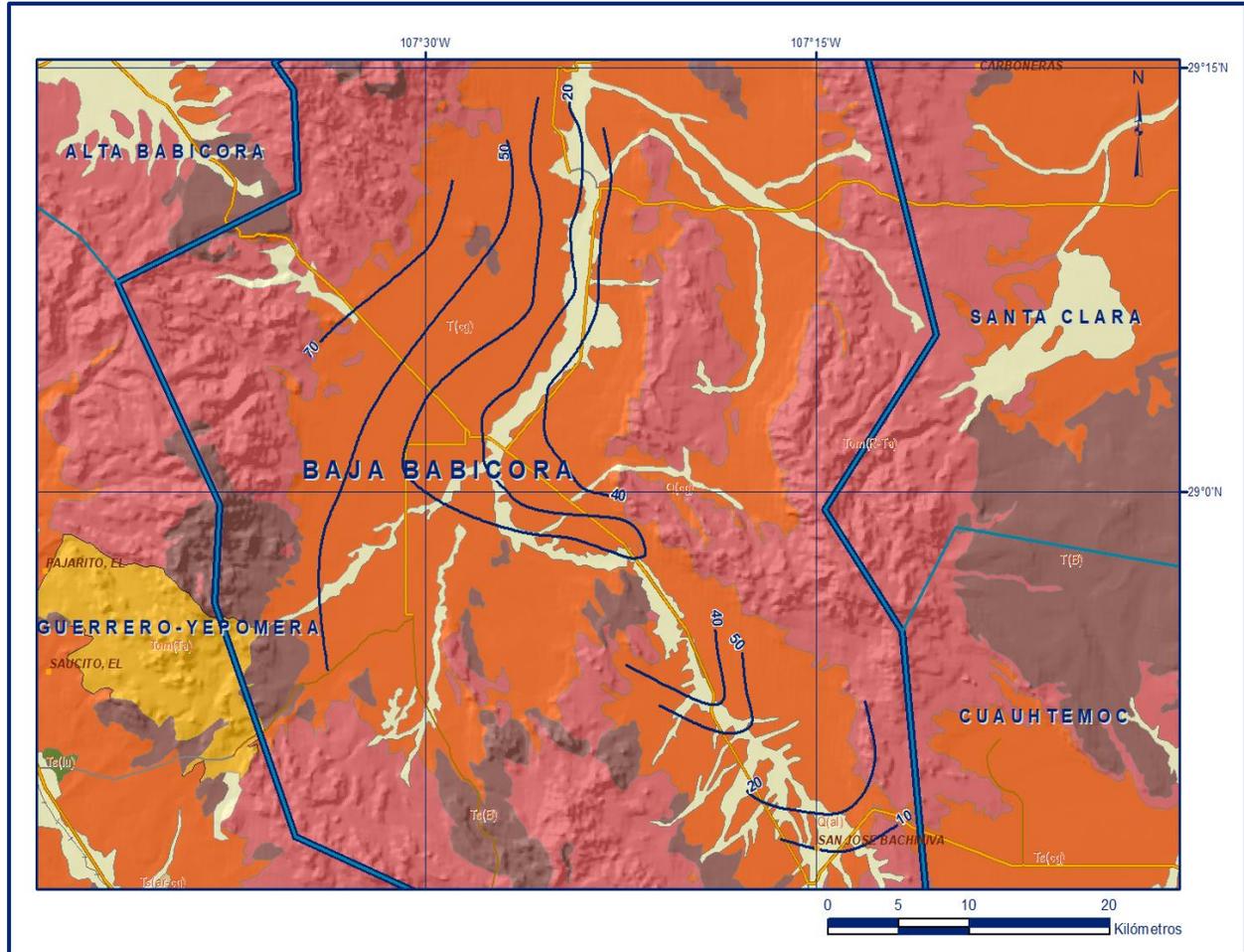


Figura 3. Profundidad al nivel estático en m (1994)

### 5.3.2 Elevación al nivel estático

De acuerdo con la misma información piezométrica del año de 1994, se observa que el acuífero presenta una recarga proveniente del agua que se precipita en las sierras. El flujo subterráneo en forma preferencial es de sur a norte, presentando en Bachíniva elevaciones del nivel de 1,920 msnm que induce un flujo con dirección sureste-noroeste, con valores de 1,860 msnm en la zona central del valle y en las cercanías de los poblados Ruiz Cortínez, Oscar Soto Maynez y Abraham González; a partir de esta zona el flujo adopta una dirección hacia el norte, llegando a Namiquipa con una altitud de su nivel estático de 1,790 msnm (figura 4).

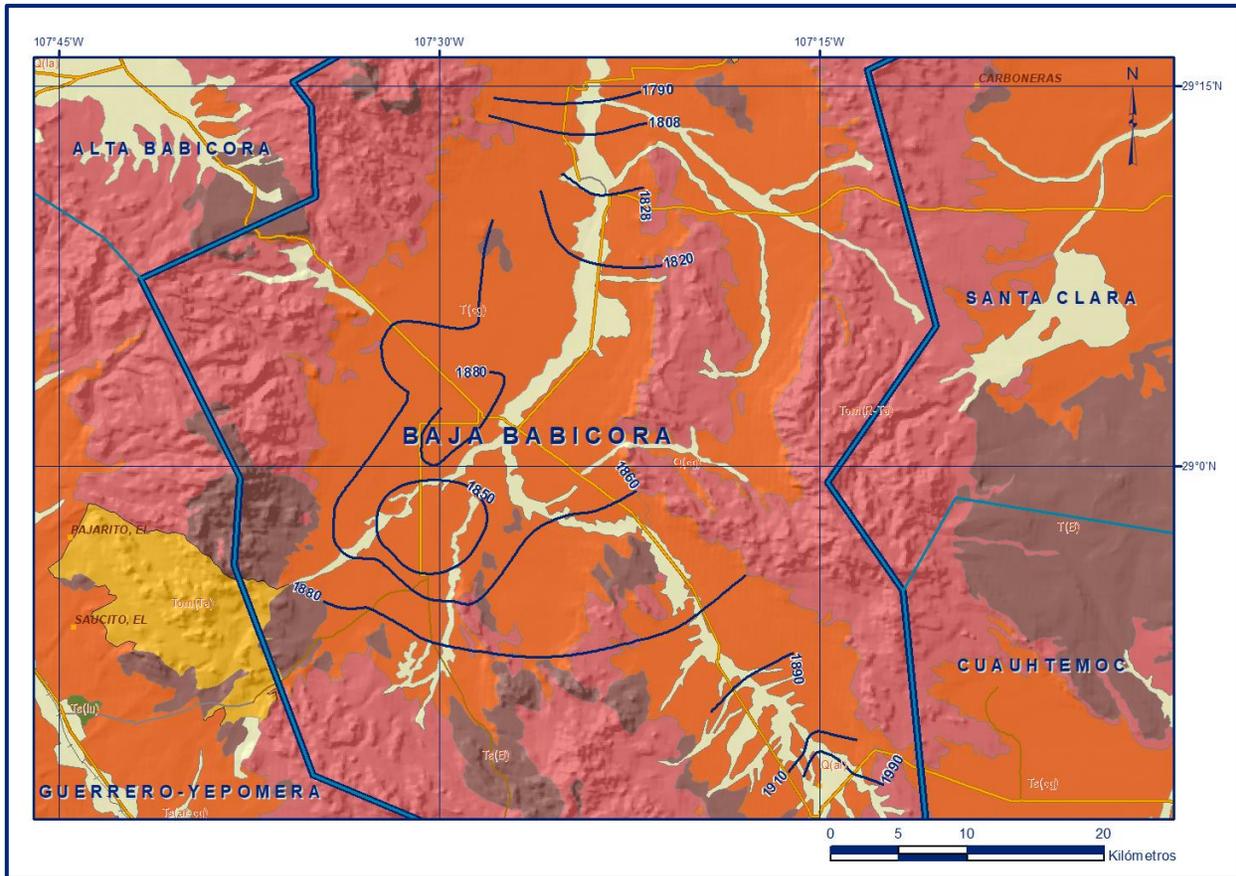


Figura 4. Elevación del nivel estático en m (1994)

### 5.3.3 Evolución al nivel estático

La evolución del nivel estático del acuífero correspondiente al período 1987-1994, presenta abatimientos generalizados. Los descensos mayores se registran en las inmediaciones de la Col. Independencia con valores desde 10 hasta 40 m (1.4 a 5.7 m/año), y de 10 a 15.0 m (1.4 a 2.1 m/año), entre los poblados de Bachíniva y El Refugio, así como en porciones bajas del valle.

Valores de 10 m (1.4 m/año) se presentan en las cercanías de los poblados de Ruiz Cortines, Abraham González y El Refugio (figura 5).

Existen zonas dentro del área de estudio donde no se presentan abatimientos de nivel estático durante el período 1987-1994, como en los alrededores del poblado de Oscar Soto Maynez y al oeste del poblado El Terrero. Asimismo, se presentan recuperaciones de los niveles del agua subterránea en las cercanías del poblado de San Juan Bautista, ubicado en las faldas de la sierra Choreachi.

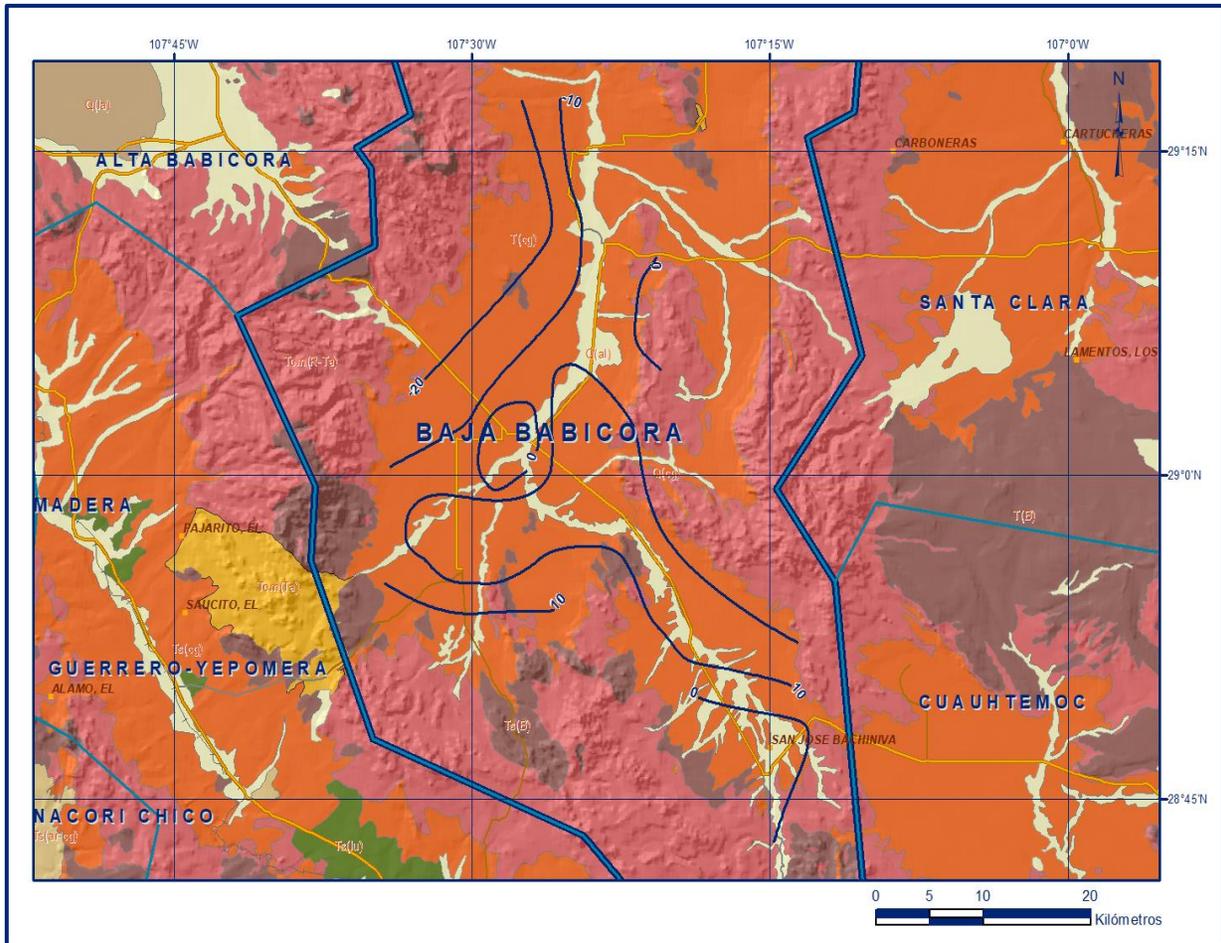


Figura 5. Evolución al nivel estático en m 1987-1994

## 6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

El número de aprovechamientos hidráulicos subterráneos en el área de estudio es de 525 pozos, 28 norias y 21 manantiales; de los 525 pozos perforados se encuentran operando 444, más las 28 norias y los 21 manantiales, haciendo un total de 493 aprovechamientos en operación.

La extracción de agua subterránea es de **132 hm<sup>3</sup>/año**. Del volumen extraído, 130 hm<sup>3</sup>/año (98.5%) son utilizados para fines agrícolas y 2 hm<sup>3</sup>/año (1.5%) son destinados para uso público urbano incluyendo domésticos.

## 7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El área del valle es de 1 510 km<sup>2</sup>, sin embargo, la zona donde se presentan abatimientos es del orden de 974 km<sup>2</sup>. A partir de la configuración de elevación del nivel estático del año de 1994, se trazó la red de flujo y área de balance.

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 anualmente por el almacenamiento no renovable del subsuelo. La ecuación general de balance de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

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

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

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

## **7.1 Entradas**

La recarga total está constituida por la recarga natural y la recarga incidental o inducida por la aplicación de agua en las actividades humanas, tanto superficial como subterránea.

### **7.1.1 Recarga natural**

La recarga natural del acuífero corresponde básicamente a los volúmenes infiltrados por agua de lluvia y recarga horizontal proveniente de las zonas de recarga.

La recarga por lluvia es de 53.0 hm<sup>3</sup>/año, al considerar un área de 1 510 km<sup>2</sup>, una precipitación promedio de 439 mm/año y un coeficiente de recarga (I1) de 0.08.

Respecto a la recarga por infiltración de agua de escurrimientos superficiales naturales, no existen corrientes importantes y permanentes que se generen en la cuenca, o que provengan de otras cuencas vecinas y que contribuyan a la recarga del acuífero.

### **7.1.2 Recarga inducida**

El volumen de agua que anualmente retorna al acuífero como consecuencia del riego que se realiza en el área, se calculó multiplicando al volumen aplicado al riego (130 hm<sup>3</sup>/año) por un coeficiente de infiltración (I2), de 0.20, resultando un volumen de recarga de **26.0 hm<sup>3</sup>/año**.

Al mismo tiempo el uso público urbano origina una recarga al acuífero por pérdidas en redes de distribución básicamente, el cual se calculó aplicando un coeficiente de 0.20 (13) al volumen usado de 2.0 hm<sup>3</sup>/año, resultando una recarga inducida de 0.4 hm<sup>3</sup>/año.

### 7.1.3 Flujo horizontal

De acuerdo a la geología y la piezometría existentes no se tienen entradas por flujos provenientes de acuíferos contiguos; el agua que fluye de las sierras y que entra al acuífero en forma horizontal por el pie de las mismas, proviene de las precipitaciones ocurridas en las partes altas; en este sentido una parte del volumen de lluvia se calculó como una entrada horizontal Eh.

El cálculo de entradas por flujo horizontal (Eh), se realizó con base a la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático 1994, y a la transmisividad obtenida a través de pruebas de bombeo efectuadas en pozos distribuidos en la zona de estudio, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = T * B * i$$

Donde:

Q = gasto que pasa por un determinado canal de flujo;

T = transmisividad;

B = ancho de la celda;

i = gradiente hidráulico

El gasto obtenido en un total de 6 celdas de entrada consideradas fue de **11.1 hm<sup>3</sup>/año**.

## 7.2 Salidas

### 7.2.1 Extracción por bombeo (B)

El volumen extraído del acuífero a través del bombeo y para todos los usos, resultó de **132 hm<sup>3</sup>/año**, según datos de 1994.

### 7.2.2 Descargas naturales

En la zona existen 21 manantiales que ya están considerados dentro del censo de aprovechamientos de agua subterránea. Según el estudio de 1994, el flujo base de descarga del río alcanza la cifra de **1.0 hm<sup>3</sup>/año**.

### 7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

El cálculo de salidas por flujo horizontal (Sh), se realizó de la misma forma en que se calculó las entradas horizontales; es decir, con base a la Ley de Darcy y datos de configuración del nivel estático del año 1994, así como la transmisividad obtenida a través de pruebas de bombeo efectuadas en pozos distribuidos en la zona de estudio. El gasto obtenido de salida fue de **1.7 hm<sup>3</sup>/año**.

### 7.2.4 Evapotranspiración

Debido a que los niveles estáticos en general se encuentran a profundidades mayores o iguales a 10 m, que es la profundidad donde prácticamente ya no hay influencia para la evapotranspiración, este parámetro resulta **nulo** en la ecuación de balance del acuífero en estudio.

### 7.3 Cambio de almacenamiento

Para el cálculo de este término se consideró la evolución piezométrica del acuífero en el intervalo de tiempo de 1987 a 1994, con base en la configuración de curvas de igual evolución del nivel estático.

Determinando la variación media de los niveles en 1.5 m/año, valor que aplicado al área donde se tienen datos de abatimiento (974 km<sup>2</sup>), resulta un volumen drenado (Vd) de 1 461 hm<sup>3</sup>/año.

Los valores anteriores aplicados en la ecuación de balance dan como resultado un coeficiente de almacenamiento de 0.0302 y un cambio de almacenamiento de **-44.1 hm<sup>3</sup>/año**.

## 8. 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:

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

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

### **8.1 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.

Para este caso, su valor es de **90.6 hm<sup>3</sup>/año**, todos ellos son de recarga natural.

### **8.2 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 acuífero en el estado de Chihuahua, existe una descarga natural comprometida de **0.0 hm<sup>3</sup>/año**.

### **8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)**

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

En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos, aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **197,632,130 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 de 2022**.

#### **8.4 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 90.6 - 0.0 - 197.632130 \\ \text{DMA} &= -107.032130 \text{ hm}^3/\text{año}. \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de **107,032,130 m<sup>3</sup> anuales**.