



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

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO SANTA CLARA (0822), ESTADO DE  
CHIHUAHUA**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>2</b>
Antecedentes.....	2
1.1 Localización .....	2
1.2 Situación Administrativa del Acuífero .....	4
<b>2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD .....</b>	<b>5</b>
<b>3. FISIOGRAFÍA .....</b>	<b>5</b>
3.1 Provincia Fisiográfica.....	5
3.2 Clima .....	6
3.3 Hidrografía.....	6
3.4 Geomorfología.....	7
<b>4. GEOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
4.1 Estratigrafía .....	8
4.2 Geología Estructural .....	11
4.3 Geología del subsuelo.....	12
<b>5. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
5.1 Tipo de acuífero.....	12
5.2 Parámetros hidráulicos .....	12
5.3 Piezometría.....	12
5.4 Comportamiento hidráulico.....	13
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	13
5.4.2 Elevación del nivel estático.....	14
5.4.3 Evolución del nivel estático .....	16
<b>6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....</b>	<b>16</b>
<b>7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....</b>	<b>17</b>
7.1 Entradas.....	17
7.1.1 Recarga vertical (Rv).....	17
7.1.2 Recarga inducida (Ri) .....	18
7.1.2 Entradas subterráneas horizontales (Eh).....	18
7.2 Salidas .....	19
7.2.1 Evapotranspiración (ETR).....	19
7.2.2 Descarga naturales (Dm) .....	19
7.2.3 Extracción por bombeo (B).....	19
7.2.4 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh) .....	19
7.3. Cambio de almacenamiento ( $\Delta VS$ ) .....	19
<b>8. DISPONIBILIDAD.....</b>	<b>19</b>
8.1 Recarga total media anual (R).....	20
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	20
8.3 Volumen anual de agua subterráneas (VEAS).....	20
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	20

## **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 Santa Clara, definido con la clave 0822 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la parte central poniente del estado de Chihuahua. El acuífero cubre una superficie de 4,452 km<sup>2</sup>, que representa cerca del 1.8% del territorio estatal (Figura 1).

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

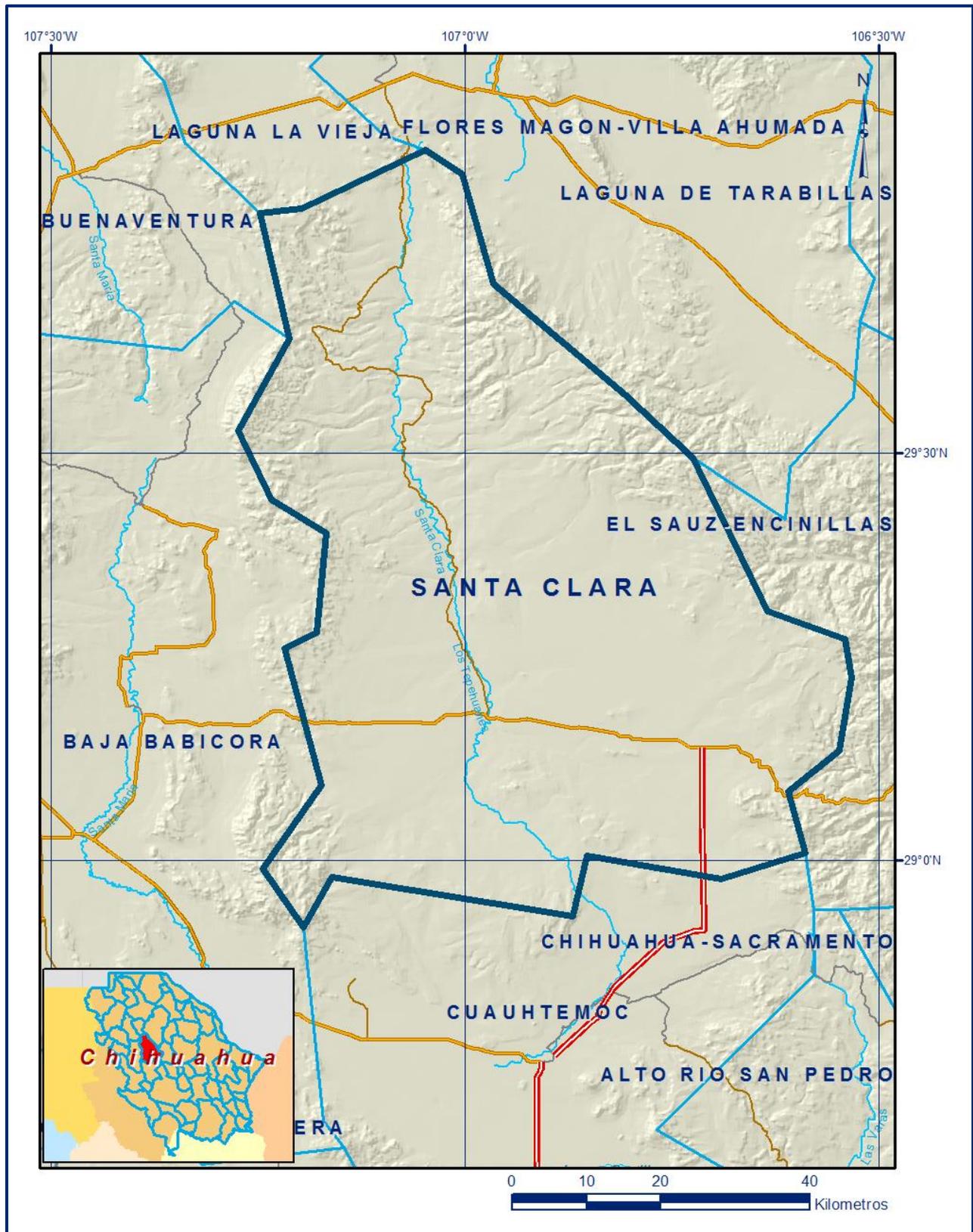


Figura 1. Localización del acuífero

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 0822 SANTA CLARA						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	107	2	53.5	29	52	22.5
2	107	0	13.1	29	50	36.6
3	106	57	57.5	29	42	28.8
4	106	48	22.1	29	34	21.2
5	106	43	26.8	29	29	40.5
6	106	38	3.4	29	18	20.2
7	106	32	26.6	29	16	19.6
8	106	31	55.5	29	13	27.9
9	106	32	49.1	29	8	3.9
10	106	36	31.8	29	5	3.9
11	106	35	19.3	29	0	32.4
12	106	41	26.4	28	58	39.2
13	106	51	7.9	29	0	20.7
14	106	52	9.4	28	55	54.4
15	107	9	37.7	28	58	45.4
16	107	11	41.7	28	55	4.8
17	107	14	40.4	28	59	21.9
18	107	10	22.7	29	5	32.1
19	107	13	6.6	29	15	37.7
20	107	10	43.1	29	16	47.5
21	107	10	4.3	29	24	6.0
22	107	14	10	29	26	33.4
23	107	16	24.5	29	31	39.9
24	107	12	44.2	29	38	28.1
25	107	14	52.2	29	47	43.0
26	107	11	49.1	29	48	10
1	107	2	53.5	29	52	22.5

## 1.2 Situación Administrativa del Acuífero

La zona ocupa parcialmente los municipios de: Namiquipa, Riva Palacio, Cuauhtémoc y Buenaventura y una pequeña parte de Chihuahua.

El acuífero se encuentra comunicada por diversas carreteras pavimentadas, por el lado oriente partiendo de Chihuahua y aproximadamente 50 km hacia el norte, por la carretera panamericana No. 45 se toma hacia el poniente por la carretera estatal (No. 160); asimismo, se puede tener acceso a la zona de interés partiendo de Chihuahua a Cuauhtémoc, de donde hacia el norte por la carretera estatal No. 65 se llega a la Colonia Álvaro Obregón y de ahí se puede continuar hacia el norte hasta llegar al Ejido Benito Juárez. También partiendo de la colonia Álvaro Obregón se puede continuar hacia el poniente hasta llegar a la colonia Oscar Soto Maynez (Santa Ana) llegando como camino pavimentado hasta El Terrero, punto desde el cual, se llega a Santa Catarina de Villela y de ahí a Santa Clara; en la zona de estudio los accesos en general son transitables, prácticamente en todo tiempo, salvo en épocas de lluvias intensas.

Las actividades más importantes son: en primer lugar, la agricultura, produciéndose maíz, fríjol y avena; en segundo término, la ganadería principalmente bovina, también se tiene como actividad económica la industria quesera, la cual se desarrolla por los Menonitas.

Entre las poblaciones más importantes de la zona de estudio están: Ejido Benito Juárez, Santa Catarina de Villela, Santa Clara, Nuevo Namiquipa, Ojos Azules, Lázaro Cárdenas, San Lorenzo, La Nueva Paz y diversos campos menonitas.

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**

En el año de 1983 se realizó el **estudio geohidrológico preliminar del Valle de Santa Clara del estado de Chihuahua**, cuyo objetivo más importante fue determinar las características hidrogeológicas, condiciones de explotación y recarga del acuífero, y determinar la geometría y la estructura del acuífero.

Como resultado importante señalar que, el acuífero se encuentra emplazado en depósito de gravas y aluviones los que reciben agua de lluvia por infiltración y lateralmente por las serranías, que de acuerdo con sondeos eléctricos realizados a una profundidad de 300 m en la zona del ejido de Benito Juárez, permitieron suponer para el área en cuestión espesores de depósitos de aluvión y grava mayores de 300 m, asimismo, se efectuó un censo de aprovechamientos para el valle de los menonitas de 315 aprovechamientos y para el de Piloncillos de 123 y un caudal de extracción de agua del orden de 988,955 m<sup>3</sup>/año.

En este estudio no se determinaron las condiciones de recarga del acuífero.

## **3. FISIOGRAFÍA**

### **3.1 Provincia Fisiográfica**

De acuerdo con la clasificación de Provincias Fisiográficas realizada por INEGI, la zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la Provincia Fisiográfica de Sierra Madre Occidental; a su vez, se encuentra en su mayoría en la subprovincia fisiográfica Sierras y Llanuras Tarahumaras.

### **3.2 Clima**

Dentro del área de estudio se manifiestan dos tipos de clima, muy similares entre sí. Prácticamente todas las partes bajas del área de estudio corresponden al clima tipo BSokw (e'), el cual se define como el grupo de climas más seco, con una relación precipitación/temperatura menor a 22.9, templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12° y 18 °C presentando el mes más frío entre -3° y 18° C y el mes más caliente mayor de 18° C, con régimen de lluvias de verano, un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la anual total, y una oscilación anual de las temperaturas medias mensuales mayor de 14° C, o sea muy extremosa. Las partes altas, o sea las zonas de sierras, se caracterizan por un tipo de clima BS<sub>1</sub>kw (e); este se diferencia del tipo de clima correspondiente a las partes bajas en que es el menos seco de los climas secos, con una relación precipitación/temperatura mayor de 22.9

La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales está entre 7° y 14° C, o sea extremosa. La temperatura media anual es de 14.2° C, la precipitación promedio anual es de 383.8 mm/año, la evaporación potencial media anual es del orden de 3,100 mm/año, al considerar mediciones cercanas a la zona de Cuauhtémoc, donde los climas son semejantes.

### **3.3 Hidrografía**

El área corresponde a una cuenca abierta de forma alargada, delimitada al suroeste por la sierra Chuchupate, al oeste por la sierra Manzanillas y al noroeste por la sierra Las Tunas; al sureste por la sierra Victorino; al este por la mesa La Pinosa, cerro La Campana y Sierra El Nido; al noreste por la sierra El Pajarito; al norte por la Presa Las Lajas y al sur por los cerros Palmillas y Las Lajas. La zona de Santa Clara pertenece a la Región Hidrológica No. 34 "Cuencas Cerradas del Norte". Cuencas Cerrada Laguna de Patos o San José – Río Del Carmen. El área en estudio está localizada dentro de la cuenca del Río Del Carmen. El área se encuentra dentro de la subcuenca del Río Santa Clara.

El río Santa Clara es la corriente superficial principal y atraviesa de sur a norte todo el valle de la zona de estudio; el río inicia al sur del poblado de Santa Clara, a la altura de Cartucheras, donde se juntan los arroyos Cartucheras que provienen del suroeste teniendo como origen la sierra Chuchupate, y Tepehuanes, que proviene del sureste, teniendo como origen las sierras Victorino y Rusia. Más hacia el norte de Santa Clara, el río presenta aportes (en temporada de lluvias) de varios arroyos, El Palomino y El Mesteño, que se originan en las sierras del oriente y Piedra de Lumbre, El Agua y Las Tunas Mileñas, originados hacia el poniente.

Dentro del acuífero, sobre el Río Santa Clara y a la altura del Rancho La Trasquila se localiza la estación hidrométrica llamada La Trasquila; los datos que se tienen son de un área de 4,154 km<sup>2</sup>, con un volumen medio anual de 96.907 m<sup>3</sup>/año, correspondientes a un período de los años 1952 a 1983.

El escurrimiento anual máximo es de 384 m<sup>3</sup> originado en 1981, y el escurrimiento anual mínimo es de 36 m<sup>3</sup> originado durante 1953.

El principal aprovechamiento superficial, perteneciente al río Santa Clara, se localiza en el límite norte del acuífero y corresponde a la presa Las Lajas, con capacidad de 90 millones y un almacenamiento máximo de 113 hm<sup>3</sup>, su uso es para riego.

### **3.4 Geomorfología**

La zona presenta unidades de montaña constituida de rocas volcánicas félsicas indiferenciadas, ignimbritas riolíticas, domos, etc. se presentan en las sierras Chuchupate, El Rosal y Manzanillas, y parte de la sierra Las Tunas localizadas al occidente de la zona de estudio; así como al norte y oriente en las Sierras El Pajarito y El Nido.

Unidades de meseta se encuentran en las sierras compuesta principalmente de emisiones riolíticas e ignimbritas, como la mesa La Pinosa, mesa Las Varas, mesa El Arrastradero y mesa Las Codornices. Unidades de lomeríos, constituida por rocas de diferente tipo, predominan las de origen volcánico, basaltos, gravas, depósito de talud, etc.

Unidades de planicie, en esta unidad se agrupan los depósitos aluviales que actualmente están siendo transportados por los arroyos y ríos, y que corresponden exclusivamente a las planicies de inundación y a los materiales que se encuentran dentro de los cauces de las corrientes como en el Río Santa Clara, arroyos Tepehuanes y Cartucheras.

## **4. GEOLOGÍA**

Las cuencas terciarias producidas por el tectonismo, tienen gran potencial hidrológico debido a que contienen depósitos aluviales con gran capacidad para almacenar agua subterránea. La superficie de esas cuencas intermontanas es prácticamente horizontal. La Cuenca del Río Santa Clara es una de esas fosas tectónicas formadas durante el Terciario. En el cuaternario la cuenca recibió materiales lacustres y fluviales a través de los arroyos erosionando de las partes altas (Figura 2).

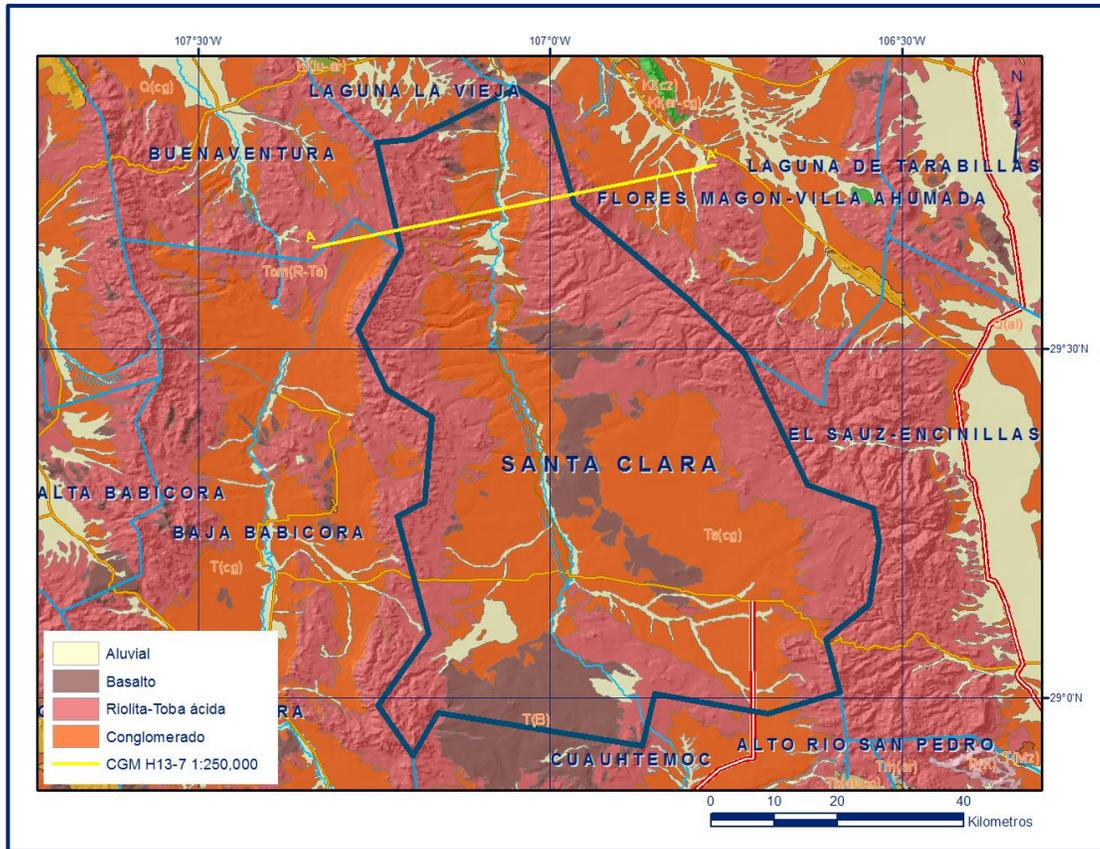


Figura 2. Geología general del acuífero

#### 4.1 Estratigrafía

Dentro del área se encuentran depósitos aluviales, planicies de inundación y suelos de edad reciente. Subyaciendo a dichos depósitos se presentan gravas de posible edad Plio-Pleistocénicas, con diferentes grados de etapas de consolidación y que rellenen el graben de la cuenca del río Santa Clara, se observan dichas gravas interestratificadas con rocas ígneas basálticas indiferenciadas que consisten en ignimbritas riolíticas, domos y lavas. El periodo Terciario está representado por gravas, constituidas por fragmentos de diversos tamaños y grados de redondez, presentan estratificación burda, lentes de arcilla interestratificadas y de diferentes dimensiones y comúnmente se tienen paleocanales de diversos tamaños y actitudes.

Esta unidad está ampliamente distribuida en toda el área del acuífero, desde el sur hasta el norte, constituyendo las partes bajas y formando lomeríos suaves, mesas con pendientes pronunciadas y planicies de gran extensión.

Estas gravas fueron depositadas en el graben producido por el tectonismo de cuencas y sierras. El relleno del graben del Río Santa Clara está siendo erosionado debido a que el nivel base de erosión que existía cuando fue rellenado bajo, este fenómeno está asociado en la región con el tectonismo del Rift del Río Grande.

Durante el pleistoceno bajó el nivel base de erosión del Río Grande, cerca de El Paso, Texas, ocasionando que las gravas depositadas en cuencas similares a la del Río Santa Clara fueron disectadas, y que aflora el basalto que se encuentra interestratificado con las gravas. Esta similitud permite suponer que el tectonismo asociado al Rift del Río Grande, ocasionó que el nivel base de erosión bajara y se erosionaron los depósitos Plio-Pleistocénicos de la cuenca del Río Santa Clara. Hacia la porción central del graben de la cuenca, se tienen basaltos de olivino interestratificados con las gravas, dentro de los depósitos de gravas se agrupan los depósitos de talud.

Durante el Cuaternario se formaron los depósitos de aluvión y planicies de inundación, estos depósitos se localizan predominantemente a lo largo del Río Santa Clara, siendo aquí donde su amplitud y longitud son mayores, y dentro de este río el área donde se asienta el poblado San Lorenzo es la de mayor extensión. También sobre los arroyos Tepehuanes, Cartucheras y Palomino, afluentes del mencionado río, se encuentran depósitos aluviales y planicies de inundación de cierta extensión.

Se observa, principalmente hacia la parte sureste del área, la presencia de algunos arroyos como el Gachupín y los lagartos en los que los depósitos aluviales ofrecen una invasión sobre las rocas ígneas, lo que indica la mayor energía sobre esos sitios del agua que fluye y que tiende a erosionar con mayor rapidez tales lugares.

Las rocas ígneas de origen volcánico son de amplia extensión en el acuífero constituyen las partes de alturas medias y altas, principalmente estas últimas y corresponden a basaltos y a rocas félsicas indiferenciadas, las cuales comprenden ignimbritas riolíticas, tobas y riolitas.

Las rocas volcánicas félsicas indiferenciadas son las más abundantes en el área, cubren las sierras El Rosal, Chuchupate, y Manzanillas al occidente y gran parte de las sierras de Las Tunas localizadas al occidente; al norte cubre una buena porción de los Cerros Tehuas Altas; igualmente sucede al norte y oriente del área, en las sierras El Pajarito, El Nido y La Campana, donde al avanzar hacia el sur predominan sobre las otras rocas volcánicas; y al sur y sureste en los cerros Palmillas y las Lajas, respectivamente, su predominio es bastante notable.

Estos tipos de rocas están afectados notablemente por sistemas de fracturamiento y fallamiento, lo cual produce en ellas una buena porosidad secundaria.

Existe un tipo de roca denominado Basalto Milagro, consiste en basalto toleítico y cristalino en un 80%, representa un vulcanismo bimodal debido a la presencia de ignimbritas intercaladas con el basalto, son pocos metros de espesor y se encuentran poco soldadas.

Este tipo de vulcanismo se considera de edad oligoceno; aflora ampliamente en la zona de la Presa Las Lajas, y en las sierras Las Tunas y El Pajarito en sus porciones norte.

También se localiza, ocupando una cierta extensión, en la zona entre los depósitos de grava del cuaternario y las rocas volcánicas félsicas indiferenciadas del Terciario, principalmente hacia la margen oriental del río Santa Clara, en las porciones central norte (hasta poco al norte de Juan Largo) y sur (hasta el arroyo Palomino) del área de estudio.

Asimismo, se tiene afloramientos de Basalto Milagro hacia el límite suroeste del acuífero, como al oriente del campo 77 y la extensa zona del sur de Lázaro Cárdenas. Estructuralmente presenta fracturamiento poco intenso y de características curvas, el fallamiento es de tipo normal y en algunos lugares elevó a las rocas félsicas indiferenciadas y dejó abajo al basalto.

Basalto Plio-Pleistoceno, se encuentran interestratificados con las gravas que ya fueron mencionados. Afloran principalmente en la porción central de la cuenca. Forman el malpaís de Santa Clara y se observan desde el campo 73, al sureste del área hasta la mesa de Juan Largo.

Al oeste de Benito Juárez se encuentran varios volcanes en escudo, los cuales presentan un cierto alineamiento de rumbo NW 55° SE, que es aproximadamente paralelo a las fallas activas durante el cuaternario, se considera muy probable que dicho sistema de fallas fue el conducto de expulsión de estos magmas, que al salir a superficie se comportaron como derrames lávicos.

## **4.2 Geología Estructural**

La actividad ígnea de la cuenca del Río Santa Clara está relacionada con el arco magmático que produjo la actividad ígnea de la Sierra Madre Occidental, y en general en todo el Estado de Chihuahua. Este magmatismo fue producido por la subducción de la placa Farallón, debajo de la Placa Norteamericana durante el Cretácico y el Terciario. El tectonismo conocido como “cuencas y Sierras” se produjo en la región después de que las rocas hiperalcalinas del oligoceno fueran extravasadas.

Los rasgos fisiográficos en la cuenca del Río Santa Clara fueron producidos por este tectonismo. Las sierras corresponden a pilares tectónicos limitados por grandes fallas normales, mientras que los grandes valles corresponden a fosas tectónicas que posteriormente fueron rellenadas con depósitos aluviales. La cuenca del Río Santa Clara se encuentra directamente en la proyección sur del rift del Río Grande que es un elemento tectónico de primer orden en Norteamérica, su extensión es de cuando menos 950 km<sup>2</sup> desde Colorado E.U. hasta el norte de Chihuahua, México.

La estructura de la Cuenca del río Santa Clara está controlada principalmente por el tectonismo; esta cuenca es un graben de rumbo sensiblemente N-S. El horst occidental está constituido por las sierras Las Tunas, Manzanillas y Chuchupate, mientras que al oriente lo forman las sierras El Pajarito, El Nido, La Campana y Victorino. En la porción sur de la cuenca, la sierra Palmillas forma un horst intermedio de rumbo N 55°W. Al centro de la cuenca, los basaltos de edad reciente están asociados con el fracturamiento de rumbo N 55° W, que también afecta a los aluviones.

El horst occidental está basculado hacia el oriente. Este horst está limitado en el occidente por una serie de fallas normales de rumbo N 20°-30° E y N 35° W. La sierra de las Tunas termina en su porción norte en una falla normal de rumbo N 55° W con posible desplazamiento de rumbo. El horst oriental aparentemente no está basculado. Su límite norte es una gran falla normal de rumbo N 55° W, con posible desplazamiento de rumbo.

En toda el área, es notorio el sistema de rumbo N 55° W que generalmente forman los horst y grabens. Las fallas del sistema N 55° W tienen desplazamientos a rumbo que dislocan al horst occidental.

Los rellenos aluviales del graben del río Santa Clara están afallados por el sistema de rumbo N 55° W activo durante el Cuaternario, paralelo al sistema de desplazamiento a rumbo.

#### **4.3 Geología del subsuelo**

El acuífero está formado principalmente por rocas volcánicas félsicas indiferenciadas, depósitos de gravas, basaltos del Terciario-Cuaternario y depósitos de aluvión; en ese orden, de mayor a menor predominancia. De acuerdo con los resultados obtenidos de sondeos eléctricos verticales realizados a una profundidad de 300 m en el área del ejido de Benito Juárez, la que también está explorada por medio de perforación de pozos, permiten suponer, para el área en cuestión los espesores de depósitos de aluvión y gravas son mayores a los 300 m, así como la existencia de basaltos.

### **5. HIDROGEOLOGÍA**

#### **5.1 Tipo de acuífero**

Las rocas volcánicas félsicas indiferenciadas que constituyen las partes de las sierras actúan principalmente como zonas de escurrimiento, el cual se dirige hacia los depósitos de gravas. Es posible que este tipo de rocas presente agua subterránea en algunas fracturas, y que se comporten como conductos de recarga hacia los depósitos de gravas, sobre todo el sistema de fracturamiento semicircular que ofrece continuidad en ambas unidades litológicas. Los depósitos de gravas se consideran con características geohidrológicas de posibilidades altas, debido a su no consolidación lo que permite una mayor porosidad y a que de ellos se extrae casi la totalidad del agua que abastece a las zonas de Piloncillos y Menonitas.

El acuífero se encuentra en una fosa tectónica cubierta por materiales no consolidados y afectados por fallamiento y fracturamiento. Por la forma en que está constituido es de tipo libre.

#### **5.2 Parámetros hidráulicos**

Las características hidráulicas del acuífero Santa Clara se estiman, para la transmisividad del orden de 0.00188 m<sup>2</sup>/s y para el coeficiente de almacenaje de 0.066 semejante al del acuífero El Sauz- Encinillas, el cual se encuentra al oriente del Río Santa Clara y que tienen características litológicas similares a la del área del acuífero.

#### **5.3 Piezometría**

La piezometría existente en el área corresponde a la obtenida durante los trabajos realizados en 1983 –1984. Se seleccionaron 50 aprovechamientos piloto para las lecturas de los niveles estáticos, 7 corresponden a norias y el resto a pozos.

Se tienen dos recorridos, una durante el período diciembre-enero y otra durante el período febrero-marzo, de 1983 y 1984, respectivamente. A partir de estos datos se elaboraron los planos de curvas de igual elevación y profundidad al nivel estático, así como los de abatimiento y recuperación de los niveles piezométricos del acuífero.

## 5.4 Comportamiento hidráulico

### 5.4.1 Profundidad al nivel estático

Con la información correspondiente al año de 1983-1984, la profundidad al nivel estático (figura 3); el cual se puede considerar que es representativo de la situación actual, debido a que no se tienen reportes de descensos de dichos niveles, por lo cual se consideran abatimientos nulos, lo anterior se considera de recorridos efectuados después del período antes indicado. De acuerdo al plano de profundidades de 1983-1984, se observa que para el área denominada Menonitas (parte oriente de la zona de estudio), localizada entre los poblados de Nuevo Namiquipa, La Nueva Paz, así como entre las faldas de los cerros.

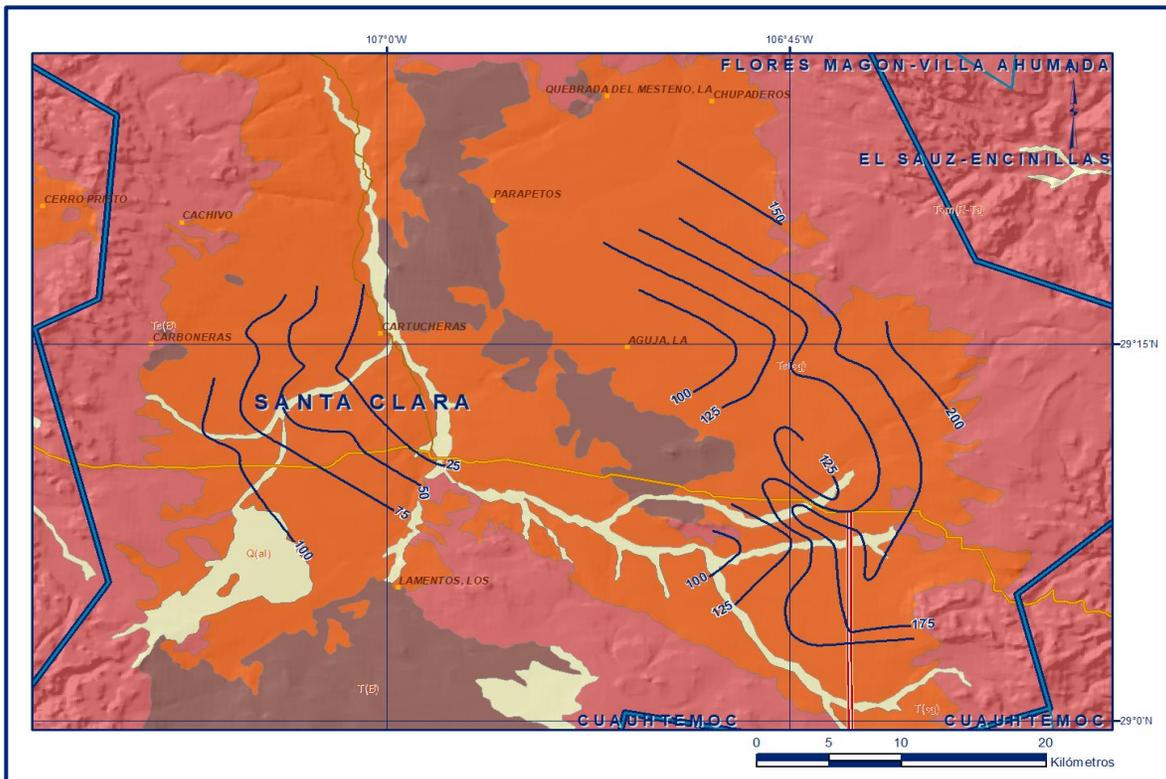


Figura 3. Profundidad al nivel estático en m (1983-1984)

Las Lajas, sierra Rusia y los campos Cincuenta y tres y Cincuenta y cuatro, se presentan las mayores profundidades los niveles estáticos de la zona, siendo el rango de variación del orden de 75 a 200 m; esta variación se va presentando en el sentido oeste a este. Al respecto también la topografía se incrementa en este sentido.

Los valores de la profundidad del nivel estático que más se presentan oscilan entre 100 y 175 m. Valores mayores de 200 m del nivel estático del acuífero se aprecian en las cercanías del poblado de Nuevo Namiquipa.

En el área denominado de Piloncillos y la parte correspondiente entre La sierra Manzanillas y cerro el Cubo; y entre el poblado de Lázaro Cárdenas y el poblado de Santa Clara, la profundidad de los niveles estáticos se presentan en forma creciente hacia el oeste desde valores de 4 m en las cercanías del Río Santa Clara hasta de 120 m en las faldas de la sierra Manzanillas a la altura de los campos Doscientos cincuenta y cuatro y Trescientos tres.

Valores de 4 a 25 m se ubican a lo largo del río Santa Clara. Las profundidades que abarcan una mayor área oscilan entre 25 a 100 m. Aquí también la profundidad de los niveles del agua subterránea se incrementa en el mismo sentido que la topografía.

#### **5.4.2 Elevación del nivel estático**

De la información obtenida durante los años 1983-1984, se elaboró el plano de curvas de igual elevación del nivel estático, que se puede consultar en la figura 4, el cual se puede considerar que es representativo de las condiciones actuales, ya que de recorridos efectuados después de del período antes señalado se observa que los abatimientos han sido prácticamente nulos.

De la configuración de los niveles estáticos, figura 4, se puede observar que el acuífero tiene una recarga por agua de lluvia que se precipita sobre las sierras y cerros que lo circundan, la cual llega al acuífero como una entrada horizontal.

El agua proveniente de las sierras y cerros y que presentan un flujo hacia las partes bajas donde se ubica el acuífero en estudio, llega a él en forma horizontal, como se aprecia en la figura antes mencionada.

Los valores de mayor elevación del nivel estático se encuentran en la parte oriente del acuífero.

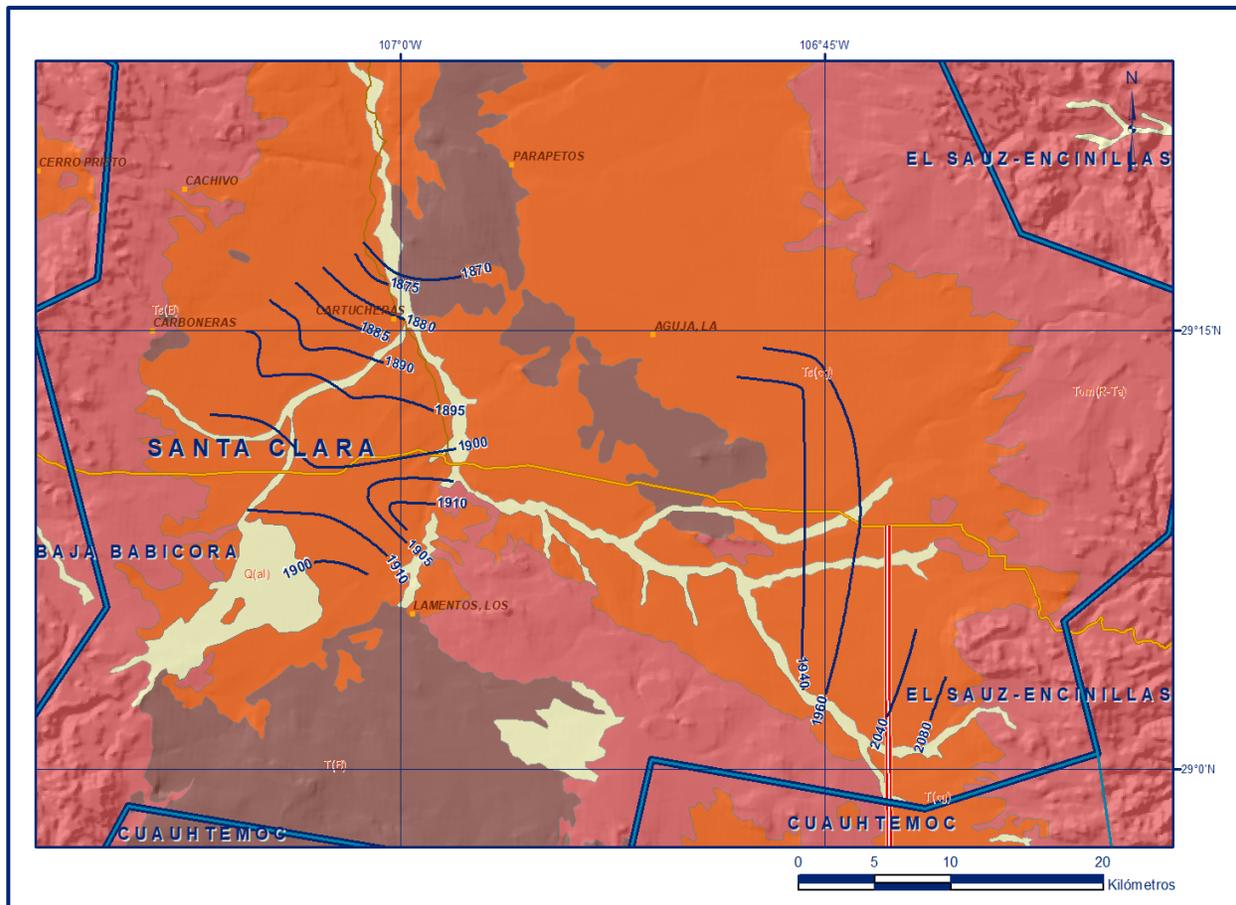


Figura 4 Elevación del nivel estático 1983-1984 en msnm

Particularmente en las faldas de la sierra Rusia y cerros El Rebote y Las Lajas con elevaciones del nivel estático de 2,090 msnm; de este punto hasta el poblado de Ojos Azules en general se observa que en esta área, denominada Menonitas, el agua subterránea fluye de este a oeste tendiendo a converger a las partes bajas. En esta parte la menor elevación observada es de 1,940 msnm, entre el poblado de la Nueva Paz y el campo setenta y tres.

En el área denominada de Piloncillos el flujo de agua subterránea en el acuífero se efectúa desde el pie de la sierra manzanillas y del cerro Palmillas, en dirección suroeste a noreste, hacia las inmediaciones del río Santa Clara, donde anteriormente se mencionó que la profundidad del nivel estático de las aguas subterráneas tienen de 4 a 25 m; fluyendo hacia el norte.

Las mayores elevaciones del nivel estático en esta área de Piloncillos son del orden de 1,900 msnm localizadas al norte del poblado de Lázaro Cárdenas, y las de más bajo nivel registradas son del orden de 1,870 msnm en el poblado de Santa Clara.

### **5.4.3 Evolución del nivel estático**

De acuerdo con la información actual (2000) de la Gerencia Estatal de Chihuahua de la CNA, de recorridos efectuados después de 1983, la evolución del nivel estático ha sido prácticamente nula, lo anterior obedece a que no se ha tenido una explotación intensa de las aguas subterráneas en el acuífero.

## **6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA**

El número de aprovechamientos hidráulicos subterráneos, reportado, en el área de estudio es de 468 de los cuales 271 corresponden a pozos profundos, 193 norias, 3 manantiales y 1 galería filtrante. De acuerdo con su uso 413 tienen uso doméstico, 10 ganaderos, 2 riego y 43 inactivos.

El método para conocer los caudales de los pozos considerando que la mayoría son domésticos se tomó el tiempo requerido para llenar el volumen del depósito del cual se abastece cada hogar, cada campo o cada ejido.

A las norias y a ciertos pozos se les estimó su caudal con base a la información proporcionada por los propietarios.

De acuerdo con la información obtenida durante 1983-1984, en los trabajos señalados anteriormente, en el área de Piloncillos se tiene una extracción de 423,079 m<sup>3</sup> anuales, mientras que para el área de Menonitas se extraen 565,876 m<sup>3</sup> anuales, haciendo un total de 988,955 m<sup>3</sup> anuales.

La máxima concentración de aprovechamientos subterráneos se presenta en los campos menonitas, principalmente en los localizados al oriente del área. El uso esencial es de tipo doméstico y en el caso de los pozos, la mayoría presenta tubería de 2" de descarga.

De acuerdo con información actualizada del inventario de pozos se estima que son un total de 203 de uso doméstico, 42 pozos de uso ganaderos y 141 pozos que se destinan al uso agrícola, haciendo un total de 386 aprovechamientos en la zona; asimismo, la extracción se estima en **26.5 hm<sup>3</sup>/año** de los cuales aproximadamente el 96% (25.5 hm<sup>3</sup> /año) son de uso agrícola y el resto se utiliza principalmente en uso doméstico (1.0 hm<sup>3</sup> /año).

## 7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El área del valle de Santa Clara es de 1,500 km<sup>2</sup>. La ecuación general de balance de acuerdo con la ley de la conservación de la masa es como sigue:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de almacenamiento} \dots\dots\dots (1)$$

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 o cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, queda representada como sigue:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento en la unidad hidrogeológica} \dots\dots(2)$$

Más específicamente la ecuación queda como sigue:

$$[E_h + I_1 (\text{Volumen lluvia}) + I_2 (\text{Uso público urbano}) + I_3 (\text{Usos agrícola + otros})] - [S_h + Q_{\text{base}} + \text{Manantiales} + \text{Evapotranspiración} + \text{Extracción}] = V_d S = \Delta A \dots (3)$$

### 7.1 Entradas

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

#### 7.1.1 Recarga vertical (Rv)

La recarga natural del acuífero en estudio corresponde básicamente a los volúmenes infiltrados por agua de lluvia; la recarga horizontal que llega al acuífero proveniente de las sierras también es producto de los volúmenes infiltrados por lluvia.

La recarga por lluvia es de 28.8 hm<sup>3</sup>/año, al considerar un área de 1,500 km<sup>2</sup>, una precipitación promedio de 383.8 mm/año y un coeficiente de recarga (I<sub>1</sub>), de 0.05. Respecto a la recarga por infiltración de agua de escurrimientos superficiales naturales, no existen corrientes importantes y permanentes que provengan de otras cuencas vecinas y que contribuyan a la recarga del acuífero; la corriente principal que se genera en el área y que corresponde al Río Santa Clara, de acuerdo con su hidrometría (1953-1983) el acuífero cede agua al río, por lo cual se considerará en sus salidas.

### 7.1.2 Recarga inducida (Ri)

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 de agua subterránea (25.5 hm<sup>3</sup>/año) por un coeficiente de infiltración (I<sub>2</sub>) de 0.25, resultando un volumen de recarga de **6.4 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 que debido a la poca cuantía resulta despreciable.

### 7.1.2 Entradas subterráneas horizontales (Eh)

De acuerdo con 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 que recarga al acuífero se calculó como una entrada horizontal (Eh).

El cálculo de entradas por flujo horizontal (Eh), se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático del año 1997, y a la transmisividad obtenida a través de las pruebas de bombeo efectuadas en pozos distribuidos en la zona de estudio, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q = T * B * i \dots\dots\dots(4)$$

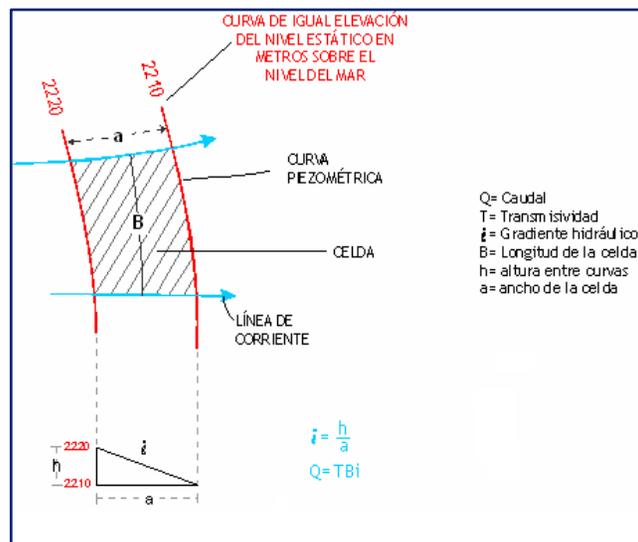
Donde:

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

**T** = transmisividad;

**B** = ancho de la celda;

**I** = gradiente hidráulico



De acuerdo con los datos y a la piezometría existente y tomando como base la configuración de la figura 3, se calculó una entrada por flujo horizontal de **24.0 hm<sup>3</sup>/año**, al considerar transmisividad de 1.15 x 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s.

## 7.2 Salidas

### 7.2.1 Evapotranspiración (ETR)

Debido a que existe una franja de niveles estáticos, cercana al río, con profundidades del orden de 4 m, área mostrada en la figura 2, el área resulta ser de unos 60 km<sup>2</sup>, que por un a evaporación potencial de 3 100 mm/año y un coeficiente de 0.01, según el manual, resulta un volumen del orden de **1.9 hm<sup>3</sup>/año**.

### 7.2.2 Descarga naturales (Dm)

En la zona existen tres manantiales (en el estudio de 1983 se detectaron 3 con gastos muy reducidos); el volumen se tiene considerado en las extracciones por bombeo del inciso 7.2.3. El **flujo base** medido en la estación hidrométrica en la estación

La Trasquila durante los años 1953-1983, se deduce que existe un gasto base del orden de **35.8 hm<sup>3</sup>/año**; volumen que corresponde al mínimo registrado durante ese período.

### 7.2.3 Extracción por bombeo (B)

El volumen extraído del acuífero a través del bombeo (B), para todos los usos de acuerdo con lo indicado en el inciso resultó de **26.5 hm<sup>3</sup>/año**.

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

En este acuífero de acuerdo con la piezometría existente, particularmente a la de curvas de igual elevación del nivel estático, se presenta una pequeña área donde existe un flujo subterráneo de salida del acuífero, estimados en **2.5 hm<sup>3</sup>/año**.

## 7.3. Cambio de almacenamiento ( $\Delta VS$ )

No existe cambio en el almacenamiento subterráneo, aunque no se tienen planos de evolución, si se tienen datos puntuales que muestran esta situación.

## 8. DISPONIBILIDAD

La disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

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

.....(5)

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 (R) de acuerdo con el balance del inciso anterior resultó de **59.2 hm<sup>3</sup>/año**, de los cuales corresponden 28.8 hm<sup>3</sup>/año como recarga natural y 6.6 hm<sup>3</sup>/año como recarga inducida.

### **8.2 Descarga natural comprometida (DNC)**

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes y el propio volumen concesionado de aguas subterráneas en la zona, la DNC es de **35.8 hm<sup>3</sup>/año**.

### **8.3 Volumen anual de agua subterráneas (VEAS)**

De acuerdo con la información existente en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), el volumen de extracción de aguas subterráneas para este acuífero es de un volumen de **51,936,345 m<sup>3</sup>/año**, con corte al **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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= \text{R} - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 59.2 - 35.8 - 51.936345 \\ \text{DMA} &= -28.536345 \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de **28,536,345 m<sup>3</sup> anuales**.