

***Actualización de la disponibilidad media anual  
de agua en el acuífero Peñón Blanco (1018),  
Estado de Durango***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación  
20 de abril de 2015*

## Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

CCCLXXVII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "CUENCAS CENTRALES DEL NORTE"							
CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES							
<b>ESTADO DE DURANGO</b>							
1018	PEÑÓN BLANCO	27.5	15.8	5.663433	11.7	6.036567	0.000000

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.



**Comisión Nacional del Agua  
Subdirección General Técnica  
Gerencia de Aguas Subterráneas  
Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de  
Acuíferos**

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO 1018 PEÑÓN BLANCO  
ESTADO DE DURANGO***

**México, D.F., mayo de 2009**

## Contenido

1. GENERALIDADES .....	2
Antecedentes.....	2
1.1. Localización .....	2
1.2. Situación Administrativa del Acuífero .....	4
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD .....	4
3. FISIOGRAFÍA.....	6
3.1. Provincia fisiográfica .....	6
3.2. Clima.....	7
3.3. Hidrografía .....	7
3.4. Geomorfología .....	7
4. GEOLOGÍA.....	8
4.1. Estratigrafía.....	8
4.2. Geología Estructural.....	9
4.3. Geología del Subsuelo .....	10
5. HIDROGEOLOGÍA .....	10
5.1. Tipo de acuífero .....	10
5.2. Parámetros hidráulicos.....	11
5.3. Piezometría .....	11
5.4. Comportamiento hidráulico.....	11
5.4.1. Profundidad al nivel estático .....	11
5.4.2. Elevación del nivel estático .....	12
5.4.3. Evolución del nivel estático .....	13
5.5. Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	14
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....	14
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	15
7.1. Entradas.....	15
7.1.1. Recarga vertical (Rv) .....	15
7.1.2. Entradas subterráneas por flujo horizontal (Eh) .....	16
7.1.3. Recarga inducida (Ri) .....	16
7.2. Salidas .....	17
7.2.1. Bombeo (B) .....	17
7.2.2. Descarga por manantiales (Dm) .....	17
7.3. Cambio de Almacenamiento ( $\Delta VS$ ) .....	17
8. DISPONIBILIDAD .....	18
8.1. Recarga total media anual (Rt).....	18
8.2. Descarga natural comprometida(DNCOM) .....	18
8.3. Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS) .....	19
8.4. Disponibilidad de aguas subterráneas.....	19
9. BIBLIOGRAFÍA.....	20

## **1. GENERALIDADES**

### **Antecedentes**

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (LAN) contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, por acuífero en el caso de las aguas subterráneas, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000 “Norma Oficial Mexicana que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.

El método que establece la NOM indica que para calcular la disponibilidad de aguas subterráneas deberá de realizarse un balance de las mismas, donde se defina de manera precisa la recarga de los acuíferos, y de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA).

El cálculo de la disponibilidad obtenida permitirá una mejor administración del recurso hídrico subterráneo ya que el otorgamiento de nuevas concesiones sólo podrá efectuarse en acuíferos con disponibilidad de agua subterránea. Los datos técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información necesaria, en donde quede claramente especificado el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar, considerando los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el REPDA. La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para fines de administración del recurso, en la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, en los planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento y en las estrategias para resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

### **1.1. Localización**

El acuífero Peñón Blanco quedó designado con la clave 1018 del Sistema de Información Geográfica de Agua Subterránea (SIGMAS). El área del acuífero comprende una superficie de 2,539 km<sup>2</sup>, se encuentra ubicado en la zona centro-oriente del estado de Durango, delimitado por los paralelos 24° 21' y 25° 06' de latitud norte y los meridianos 103° 38' y 104° 37' de longitud oeste (Figura 1).

Colinda al oriente con el acuífero de Pedriceña-Velardeña, al occidente con San Juan del Río, al sur con Madero-Victoria y Cuauhtémoc, al sureste con Santa Clara y al norte con el acuífero Nazas, todos ellos pertenecientes al estado de Durango.

El acuífero se localiza dentro de los municipios de Peñón Blanco, Cuencamé y Guadalupe Victoria, y unas porciones muy pequeñas de los municipios de San Juan del Río y Panuco de Coronado; destacando en él las poblaciones de Jesús Agustín Castro, Peñón Blanco, Ignacio Allende, Los Encinos, Progreso, Colonia Luis Moya e Ignacio Zaragoza.

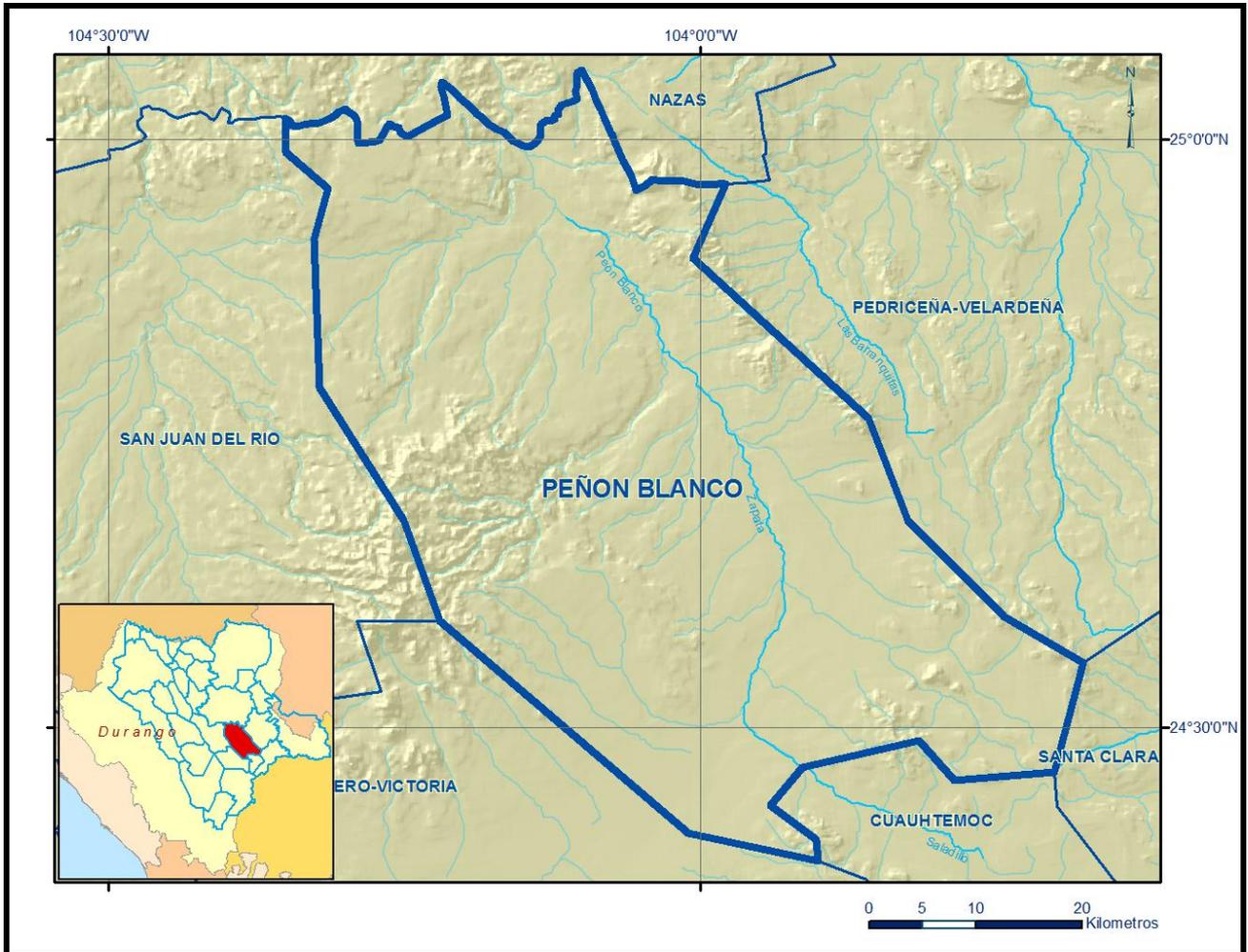


Figura 1. Localización del acuífero

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

Tabla 1. Coordenadas de la poligonal simplificada de acuífero

**ACUÍFERO 1018 PEÑÓN BLANCO**

VÉRTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	104	0	23.5	24	53	57.6	
2	103	51	30.4	24	45	45.7	
3	103	50	25.1	24	42	56.6	
4	103	49	30.3	24	40	34.3	
5	103	44	36.7	24	35	38.4	
6	103	40	38.1	24	33	18.2	
7	103	42	5.4	24	27	41.9	
8	103	47	8.0	24	27	16.6	
9	103	48	56.7	24	29	19.8	
10	103	54	50.5	24	27	57.3	
11	103	56	26.5	24	25	58.8	
12	103	54	9.2	24	24	13.9	
13	103	54	4.0	24	23	10.4	
14	104	0	36.0	24	24	36.0	
15	104	13	12.0	24	35	24.0	
16	104	15	2.3	24	40	35.3	
17	104	19	16.8	24	47	19.2	
18	104	19	33.8	24	54	53.6	
19	104	18	51.6	24	57	29.3	
20	104	21	1.4	24	59	19.8	
21	104	21	3.2	25	1	6.2	DEL 21 AL 22 POR EL LÍMITE MUNICIPAL
22	103	58	44.9	24	57	43.6	
1	104	0	23.5	24	53	57.6	

## 1.2. Situación Administrativa del Acuífero

El acuífero pertenece a la región Hidrológico-Administrativa VII Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte. El territorio del acuífero no se encuentra sujeto a veda para extracción de agua subterránea.

El principal usuario del agua subterránea es el sector agrícola y en menor proporción los Organismos operadores de agua potable de los diversos municipios. En el acuífero no se localiza distrito o unidad de riego alguna, ni tampoco se ha constituido el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

De acuerdo a la Ley Federal de Derechos vigente para el 2008, los municipios Peñón Blanco y Cuencamé, se ubican en zona de disponibilidad 7, mientras que el municipio Guadalupe Victoria se encuentra en zona de disponibilidad 6.

## 2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En la zona que comprende el acuífero y la región aledaña se han realizado algunos estudios geológicos, geofísicos e hidrogeológicos; sin embargo, éstos últimos han sido muy locales y enfocados a ubicar sitios para el abastecimiento de agua potable a las poblaciones más importantes, mientras que los dos primeros han sido con fines geológico-mineros. A continuaciones mencionan los más relevantes.

**Informe General del Estado de Durango 1974, SARH.** Este informe consta de 7 Dictámenes Geohidrológicos. De la subcuenca sureste de la Laguna de Santiaguillo, Valle de Rodeo, Meseta de la Zarca, Valle de Villa Hidalgo, Puerta de Cabrera (Municipio de Indé), Poblado López Mateos (Municipio Pánuco de Coronado) y 18 de marzo (Municipio Simón Bolívar).

Se considera que en esta región, el graben o fosa tectónica es una estructura geológica muy favorable para almacenar agua subterránea; y que se deben de explorar intensamente, ya que reúnen, además, otras condiciones favorables como son su topografía, clima y suelo. Otra clase de acuíferos, no granulares, que pueden encontrarse dentro de las fosas, son capas de material tobáceo poroso.

**Servicios de Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos del Estado de Durango, 1975. Geología Económica Agrícola.** La Dirección de Geohidrología y Zonas Áridas planeó el estudio geológico regional del Altiplano Mexicano con la intención de mapear la distribución en esta parte de nuestro territorio de las rocas sedimentarias continentales lacustres depositadas durante el Terciario, las cuales, por tener características granulométricas adecuadas en general, pueden tener buena porosidad y permeabilidad para formar acuíferos. Al saber la ubicación geográfica y posición estratigráfica de estos sedimentos, la Dirección de Geohidrología y Zonas Áridas podrá simplificar la exploración en busca de aguas subterráneas en las zonas áridas de la República Mexicana que precisamente se encuentran a todo lo largo del Altiplano Mexicano.

Una vez contando con este estudio regional y al conocer la distribución de estos sedimentos, será posible efectuar exploraciones locales con mayor eficiencia y rapidez para determinar los sitios más adecuados para la perforación de pozos en busca de agua subterránea.

**Estudio Geohidrológico de los Depósitos Terciarios del Estado de Durango. 1977, SARH.** El objetivo del estudio fue estudiar detalladamente las cuencas sedimentarias del Terciario en el estado de Durango; para la posible explotación de aguas subterráneas contenidas en mantos constituidos por gravas y arenas.

**Reporte Final del estudio geofísico de las áreas de Cuauhtémoc y Peñón Blanco, Estado de Durango". 1979, Consultores en Aguas Subterráneas S. A.** La finalidad del estudio consistió en detectar la roca basal así como obtener información sobre las resistividades eléctricas de las diversas formaciones del subsuelo y sus espesores, correlacionándolos posteriormente con la litología de perforaciones ubicadas en el área, así como con datos hidrogeoquímicos y piezométricos del área. La información obtenida proporcionó áreas factibles de ser explotadas geohidrológicamente.

**Estudio para el respaldo de la disponibilidad media anual de agua en dos acuíferos del estado de Durango. 2006. Convenio de colaboración CONAGUA – IPN (Ciencias de la Tierra ESIA).** Los objetivos del estudio fueron delimitar y caracterizar hidrogeológicamente al acuífero, determinar la ocurrencia, movimiento y calidad del agua subterránea; cuantificar la recarga del acuífero mediante determinación de la magnitud de cada una de sus componentes; Identificar y

caracterizar las fuentes de contaminación que inciden en el deterioro de la calidad del agua y conocer el valor de la conductividad hidráulica por medio de pruebas de bombeo. Con la información recabada por las actividades de campo, fue posible determinar el balance de aguas subterráneas y proponer alternativas de explotación en áreas específicas y acordes con el uso potencial del agua.

Los resultados y conclusiones de este estudio fueron la base para la elaboración del presente documento, por lo que sus conclusiones y resultados se analizan en los apartados correspondientes.

### **3. FISIOGRAFÍA**

#### **3.1. Provincia fisiográfica**

El área queda comprendida entre dos provincias fisiográficas (Raisz 1964), que son las denominadas Sierra Madre Occidental, hacia en la porción oeste del acuífero, y la Mesa del Centro en la porción este.

La Sierra Madre Occidental en Durango por su ubicación dentro del contexto continental se manifiesta majestuosamente a lo ancho de más de 140 km y de toda la extensión noroeste, con rumbo sudoeste en el Estado. Iniciando a subir inmediatamente después de la ciudad de Durango al oeste, la sierra alcanza su altura media de 2,650 msnm a unos cuantos kilómetros de la misma y en ocasiones se pueden admirar algunos de sus picos de más de tres mil metros sobre el Pacífico. En invierno la temperatura puede bajar a varios grados bajo cero.

El relieve se caracteriza por presentar cañones profundos. La erosión determina una topografía abrupta, donde es factible encontrar pequeños y estrechos valles en los cañones; la topografía tiende a ser más suave hacia el oriente y al sur, en donde se encuentran amplios valles y extensas llanuras; aquí las montañas se reducen a cerros con pendientes suaves. Las máximas elevaciones en la región están representadas por el cerro Blanco (2,300 msnm), y una porción de la Sierra Gamón (2,580 msnm). La zona de menor elevación se representa en el río Peñón Blanco, con una altitud de 1,450 msnm; en el área del poblado de Santa Cruz, la altitud media es de 2,000 msnm.

La Mesa Central está definida como una cuenca rodeada por montañas más elevadas. Más alta y más plana que la provincia Cuencas y Sierras. En lugar de sierras elongadas, ésta tiene áreas poco elevadas, principalmente disectando rocas volcánicas antiguas. Se trata de una planicie elevada que se localiza en la parte central de México, más de la mitad de su superficie se encuentra por encima de la cota 2000 y las elevaciones en su interior son moderadas, la mayoría forma desniveles inferiores a los 600 m.

La zona donde se localiza el acuífero muestra un estado de erosión avanzado con grandes cuencas continentales rellenas de sedimentos aluviales y lacustres, algunas de ella endorréicas. Tiene las cotas más bajas y los desniveles menores

### **3.2. Clima**

El clima de la zona es templado subhúmedo, con temperaturas frías extremas. La temperatura media anual es de 18° C, la máxima es de 28° C y la mínima anual es de 11.0° C.

La precipitación media anual es de 450 mm, con régimen de lluvias durante el periodo de junio a septiembre. El área de menor precipitación se encuentra en una faja ubicada al lado oriente del municipio de Peñón Blanco, que se considera como semiárida; es ahí donde se registra una precipitación de 150 a 255 mm anuales, mientras que en el resto del área, la precipitación varía de 380 a 450 mm anuales. Además se registran heladas tempranas en los últimos días de septiembre y primeros de octubre, siendo su período normal de noviembre a febrero y las tardías hasta los primeros de abril.

### **3.3. Hidrografía**

El área pertenece a la Región Hidrológica No 36 denominada Nazas, siendo uno de sus afluentes el río Peñón Blanco; por el centro de la zona corre el río de Covadonga o del Álamo, con una dirección de sur a norte, que tiene su origen en el arroyo de Peñuelas; sus afluentes principales son: el arroyo de Temporales y el río de Peñón Blanco, que baja de la sierra de Gamón.

La unión del río del Álamo con el de Peñón Blanco forma el río del Peñón, llamado también de Covadonga; su curso es de sur a norte y alimenta al río Nazas en el lugar llamado las Adjuntas, siendo uno de los afluentes más importantes que recibe el Nazas en la parte baja de su curso.

En el trayecto del río se encuentran los balnearios “La Concha” y “Belem” y más abajo la presa derivadora Las Tres V, que irriga a través de canales principales gran parte de los terrenos de riego de la cabecera municipal. A unos 600 metros del centro de la cabecera está la presa Guadalupe que riega 50 ha de la fábrica de Guadalupe.

### **3.4. Geomorfología**

Al ubicarse la zona en el límite de dos provincias fisiográficas, con rocas de composición diferentes en edades y ambientes de depósito, sus relieves por lo tanto, son también diferentes.

De esta manera, el relieve se caracteriza por presentar cañones profundos al poniente, en donde además la erosión determina una topografía abrupta; aquí es factible encontrar pequeños y estrechos valles en los cañones; la topografía tiende a ser más suave hacia el oriente y al sur, en donde se encuentran amplios valles y extensas llanuras, y las montañas se reducen a cerros con pendientes suaves. Las máximas elevaciones en la región están representadas por el cerro Blanco (2,300 msnm), y una porción de la Sierra Gamón (2,580 msnm). La zona de menor elevación se representa en el río Peñón Blanco, con una altitud de 1,450 msnm; en el área del poblado de Santa Cruz, la altitud media es de 2,000 msnm.



## **PALEÓGENO-NEÓGENO**

**Formación Ahuchila.** Sobreyace discordantemente a las rocas mesozoicas, y corresponde a un conglomerado de origen continental, tipo "Molasse, compuesto de fragmentos angulosos a subredondeados de caliza en una matriz de calcarenita, que aflora en bancos masivos y gruesos que conforman lomeríos suaves. Se localizan al sur y noroeste de Pedriceña; el espesor medido es de 450 m y su edad se ha establecido en el Eoceno Superior- Oligoceno Inferior por correlación con depósitos clásticos del centro de México (Fries et al., 1955; Edwards, 1955). Constituida por capas de conglomerados, areniscas, lutitas, calizas lacustres y tobas. Afloran de manera aislada en varias partes de la zona.

**Formación San Pablo (ToPc).** Este paquete volcanoclástico consiste en brechas, tobas, areniscas y limolitas de color rojizo. En la porción oriental de Peñón Blanco aflora una secuencia similar consistente de areniscas con intercalaciones de tobas híbridas cubierta por una capa de conglomerado con calcedonia. La edad inferida es del Oligoceno.

**Formación El Gamón.-** Se reconoció una secuencia de rocas volcánicas riolíticas que cubren discordantemente a las Formaciones Mezcalera, Ahuichila y San Pablo, la cual consiste en su base de brechas, coladas y tobas de composición riolítica (To R), cubiertas por ignimbritas riolíticas con intercalaciones de aglomerados y vitrificados (To Ig-R). Estos son afectados por Domos Riolíticos y traquíticos.

**Formación El Salto-Espinazo (Tom Ig-R).** Está constituida por ignimbritas cristalino-vítreas masivas, tobas de ceniza y horizontes andesíticos y dacíticos, de edad de 231.5 a 27.9 Ma obtenida por K/Ar, que la sitúa en el Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano.

**Formación Los Llanos (TnCgP).** Esta unidad está caracterizada por depósitos clásticos que se formaron debido al proceso erosivo de la Formación Metates.

## **CUATERNARIO**

Corresponde a depósitos de arenas, limos y arcillas que constituyen los depósitos aluviales del Cuaternario (Qhoal) y que se localizan principalmente en las partes bajas de los estrechos valles

### **4.2. Geología Estructural**

La geología estructural está influenciada por la presencia de pliegues simétricos y asimétricos, principalmente en las rocas de la zona oriente, así como fallas normales, todas con orientación NW-SE. Los pliegues se observan en las rocas sedimentarias en la sierra de Yerbanis y la sierra de San Jorge. Las fallas normales, se presentan principalmente en las rocas volcánicas, dando lugar a discontinuidades, como al norte de La Muralla.

Las deformaciones generadas como consecuencia de la subducción de la Placa del Pacífico Oriental, que se manifestó en el margen occidental de México hacia el oriente, generó esfuerzos compresivos de W-SW a E-NE, iniciando la denominada Orogenia Laramide desde el Cretácico

Tardío hasta el Eoceno Tardío en varios episodios, (Araujo y Arenas, 1983); las rocas fueron comprimidas casi perpendicularmente contra la paleopenínsula de Coahuila, resultando una serie de pliegues angostos y alargados con dirección NW-SE en la región. Con la culminación de esta orogenia finaliza la deformación compresiva, y se desarrolla el vulcanismo riolítico de la Sierra Madre Occidental (Demant y Robin, 1975). Posteriormente se genera un período distensivo, el cual produce una serie de fosas y pilares acompañada con la erosión de las rocas deformadas que dan origen a los depósitos continentales de la Formación Ahuichila. Hacia el final de la compresión y asociado a la extensión se genera el emplazamiento de cuerpos intrusivos.

### **4.3. Geología del Subsuelo**

Las rocas volcánicas de la porción occidental son de baja permeabilidad y constituyen el acuitardo. Su ancho y gran espesor, así como la relativa posición topográfica horizontal que tienen, sólo hacen posible la explotación del agua del subsuelo mediante aprovechamientos de bajo rendimiento para uso doméstico-abrevadero

Entre las rocas permeables se consideran a los conglomerados y areniscas, las rocas riolíticas en algunas áreas y los sedimentos granulares que rellenan los extensos valles. De estos materiales, los que constituyen los principales acuíferos son los sedimentos granulares; aunque en algunas zonas, el agua es de mala calidad.

Las rocas volcánicas riolíticas tienen una permeabilidad anisotrópica, debida principalmente al fracturamiento en las zonas de falla o a sus características físicas adquiridas durante las etapas de piroconsolidación. Las rocas en las cuencas aluviales incluyen metamórficas, ígneas y sedimentarias del Paleozoico Superior al Reciente; en general, están bordeadas por los sedimentos aluviales. Las rocas son: esquistos, calizas, areniscas y lutitas del Mesozoico, ígneas intrusivas y extrusivas del Mesozoico y Cenozoico. Aunque no forman parte de los acuíferos de la región, si funcionan como basamento o barrera al flujo subterráneo; además, son las que han dado origen a los sedimentos granulares que constituyen el sistema acuífero de mayor almacenamiento de agua subterránea.

Los depósitos granulares aluviales del Paleógeno hasta el Reciente, consisten en clásticos consolidados y no consolidados, intercalados con rocas volcánicas, entre las que predominan las ignimbritas riolíticas. Dichos depósitos granulares tienen varios cientos de metros de espesor y fueron, en gran parte, el relleno de depresiones o cuencas formadas en fosas tectónicas que se produjeron durante la revolución Laramídica.

## **5. HIDROGEOLOGÍA**

### **5.1. Tipo de acuífero**

El acuífero es de tipo libre, de permeabilidad media a baja, alojado en los sedimentos de relleno y aluviales depositados en las partes bajas de los pequeños valles; de reducidas dimensiones en

sentido vertical y un poco mayor en sentido horizontal y con moderada a baja capacidad de almacenamiento, que tiene como principal fuente de recarga a la lluvia y a los escurrimientos superficiales que se producen durante la temporada de lluvias. Su espesor varía desde algunos metros, en las estribaciones de los piedemonte, hasta algunas decenas de metros en las partes bajas de los valles. Este es el acuífero en explotación en la región y constituye la fuente principal de abastecimiento para uso público–urbano, la ganadería y en menor escala la agricultura.

## **5.2. Parámetros hidráulicos**

La información de los parámetros hidráulicos procede de la interpretación de 5 pruebas de bombeo, realizadas como parte de las actividades del estudio de 2006, las cuales se interpretaron por los métodos convencionales de Neuman, Jacob y Hantush. Las pruebas se ejecutaron tanto en etapa de abatimiento como de recuperación y el tiempo de bombeo varió de 1 a 12 horas.

Los resultados de su interpretación reportan valores de transmisividad que varían de  $1.5 \times 10^{-4}$  a  $16 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , dependiendo de la granulometría de los depósitos donde se alojan los aprovechamientos, con un valor medio de  $3.4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  en las cinco pruebas realizadas. En cuanto a los valores de coeficiente de almacenamiento sugeridos a través de la interpretación de las pruebas, los valores utilizados variaron de **0.05 a 0.015**

## **5.3. Piezometría**

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea, se tomó únicamente en cuenta la información recaba durante los recorridos de campo (octubre-noviembre del 2006), realizadas para el estudio por convenio CONAGUA-IPN, ya que la numeración de los aprovechamientos utilizada en los escasos trabajos anteriores no fue posible correlacionarlos, para poder obtener una variación en el nivel.

## **5.4. Comportamiento hidráulico**

### **5.4.1. Profundidad al nivel estático**

La profundidad al nivel estático varía con la ubicación topográfica de la obra, por lo cual los pozos localizados en las partes bajas de los valles presentan los valores más someros, incrementándose hacia las zonas topográficamente más altas. (Figura 3).

De esta manera, hacia las zonas donde se localizan las poblaciones de Jesús Agustín Castro e Ignacio Allende, las profundidades varían de 10 a 20 m, siendo las más someras. Los pozos ubicados en la localidad de Peñón Blanco registran valores llegan a ser de 2 a 5 m de profundidad.

Por lo que toca a los pozos localizados hacia el suroeste de la zona, y concretamente cerca de la población de Ignacio Ramírez, los valores de profundidad llegan a alcanzar los 80 m.

Cabe mencionar que fuera de las zonas de los pequeños valles, se pudieron medir algunos otros niveles de profundidad, y como ya se mencionó, por lo aislado de estos datos no fue posible realizar una configuración continua en toda la región.

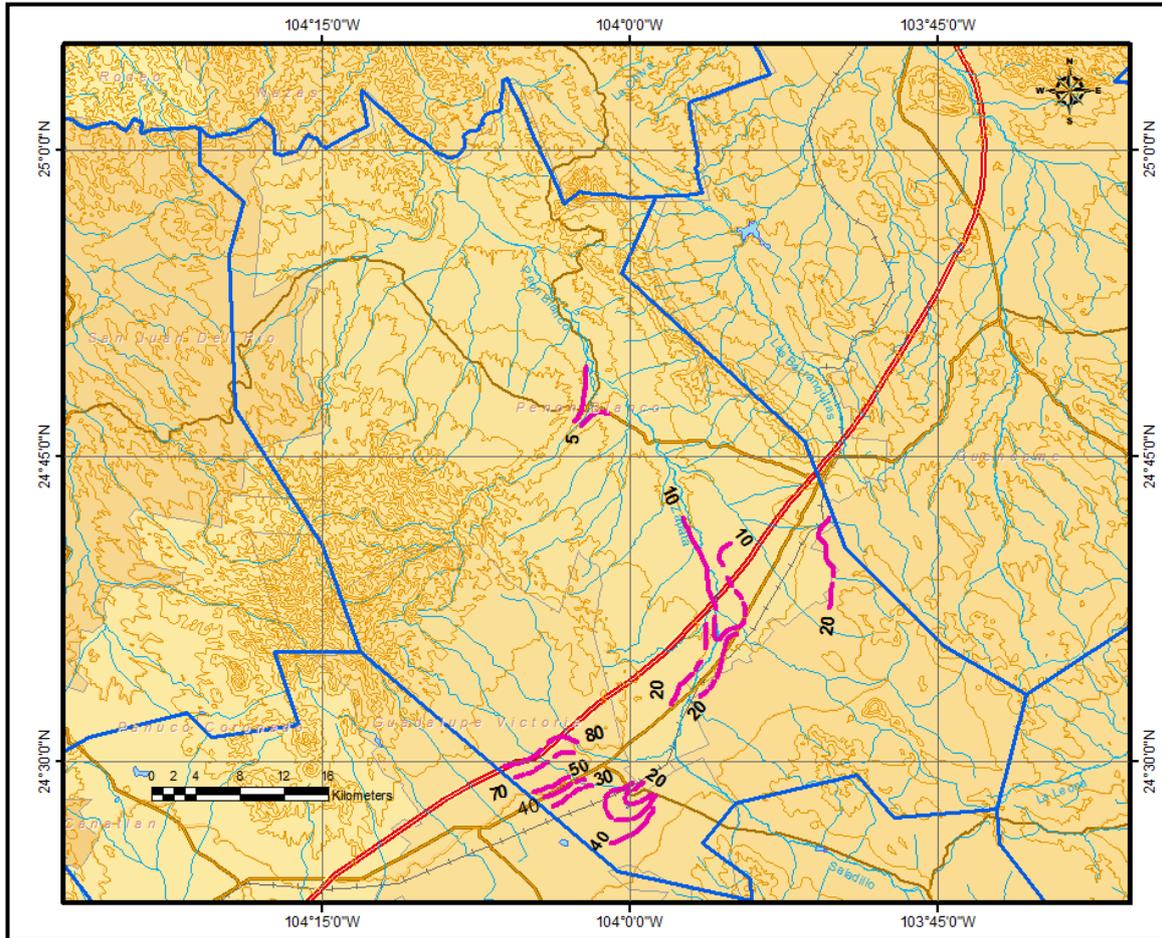


Figura 3. Profundidad al nivel estático en metros (2006)

### 5.4.2. Elevación del nivel estático

La configuración de curvas de igual elevación del nivel estático para octubre-noviembre de 2006 presenta elevaciones que varían de 1,680 a hasta 1,960 msnm.

Los valores más someros se localizan en las inmediaciones de Peñón Blanco, donde las equipotenciales corresponden a las curvas 1,690 y 1,680 msnm. Hacia el sureste de esta localidad, los valores ascienden de 1,800 hasta 1,890, cerca de la colonia Luis Moya.

Las elevaciones más altas, se presentan entre las poblaciones de Ignacio Ramírez e Ignacio Allende, al sur del acuífero, donde las equipotenciales alcanzan valores entre 1,940 y 1,960 msnm.

De acuerdo a la morfología de la zona y a la litología de las rocas que afloran, la dirección del flujo subterráneo es en general hacia las partes bajas de los pequeños valles del acuífero, y que es además por donde fluye el arroyo Peñón Blanco. De esta manera, en la parte sur de la zona, el flujo ocurre de las localidades Álvaro Obregón e Ignacio Allende, hacia el centro de ambas poblaciones, para que después seguir una dirección con rumbo al noreste, hasta llegar a la población de Agustín Castro, en donde cambia su rumbo para ser sureste-noroeste, pasando por la localidad de Peñón Blanco, donde continua su flujo hacia fuera del acuífero.

Los gradientes hidráulicos varían en el sur de 0.003 a 0.012, lo cual está asociado a los cambios de permeabilidad en los materiales de esa zona; entre las poblaciones de Jesús Agustín Castro y Peñón Blanco, el gradiente llega a ser de 0.013.

La configuración de elevación del nivel estático para la zona, se presenta en la figura 4.

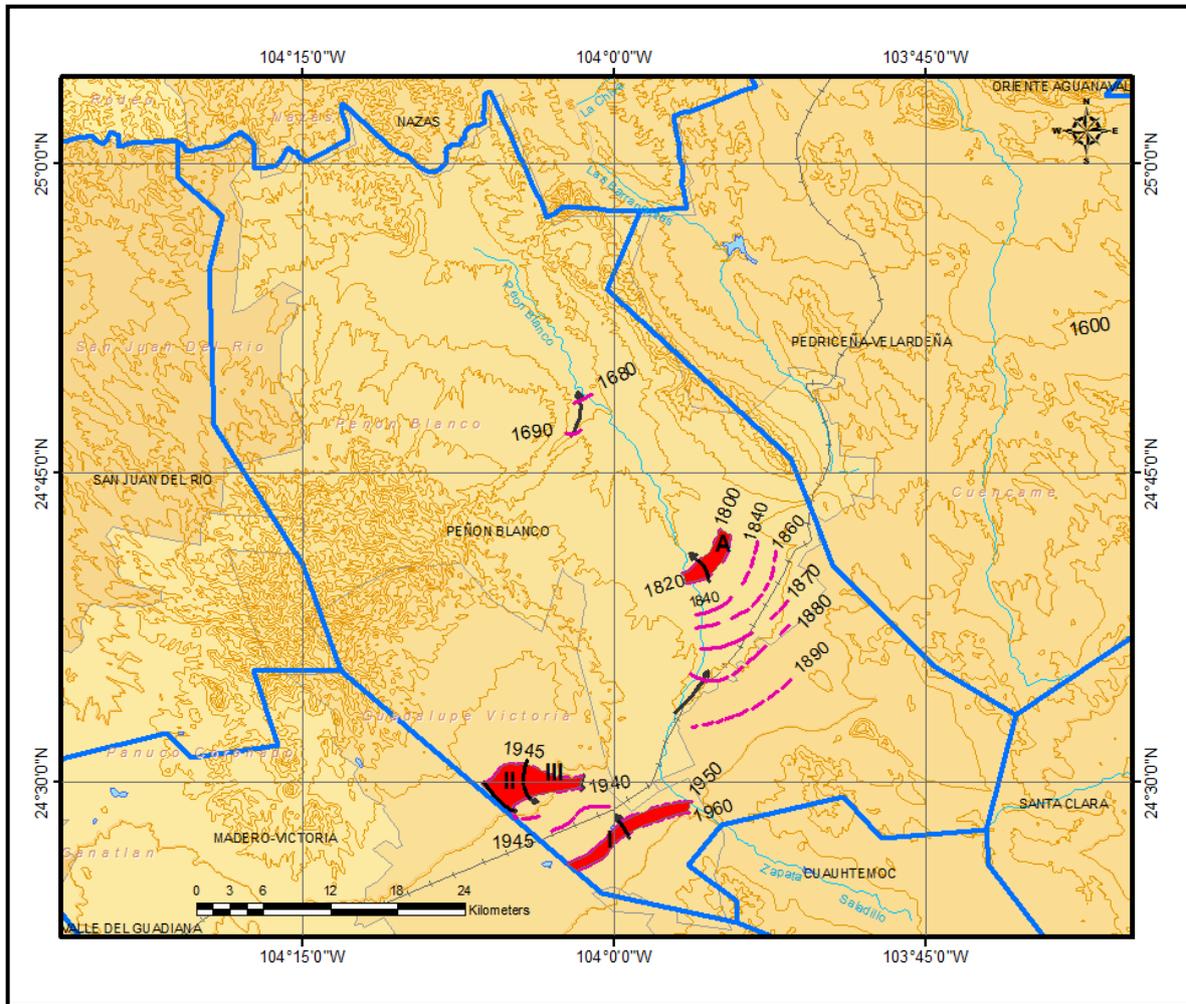


Figura 4. Elevación del nivel estático en msnm (2006)

### 5.4.3. Evolución del nivel estático

Con respecto a la evolución del nivel estático, no se cuenta con información piezométrica histórica que permita la configuración. Las escasas mediciones piezométricas recabadas en estudios previos se encuentran dispersas en tiempo y espacio y no cubren en su totalidad la extensión

superficial del acuífero. Aunado a esto, la configuración de la elevación del nivel estático no demuestra alteraciones del flujo natural del agua subterránea que indiquen la presencia de conos de abatimiento causados por la concentración de pozos. Por estas razones, se puede afirmar que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo.

## **5.5. Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea**

En las obras que se visitaron durante el estudio realizado en 2006, se tomaron muestras de agua para determinarles los parámetros físico-químicos de campo, como son: temperatura (T), Conductividad Eléctrica (CE), su equivalente en Sólidos Totales Disueltos (STD) y potencial de Hidrogeniones (pH).

De acuerdo a los valores encontrados, se observó que con respecto a la CE, los valores más bajos se localizaron al suroeste de la zona, en donde su valor fue de 202 microsiemens/cm, (pozo PB 152), mientras que los valores más altos se ubicaron al centro del acuífero, con 1,924 micro siemens/cm (pozo PB 55). En general se puede observar que el incremento de la salinidad se presenta del suroeste hacia el norte, en el mismo sentido de la dirección del flujo subterráneo.

En cuanto a la temperatura del agua, los valores oscilaron entre 15 y 25° C.

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

De acuerdo al recorrido de campo que se efectuó en la zona como parte de las actividades realizadas para el estudio de 2006, se encontró un universo de 139 aprovechamientos, de los cuales 85 fueron pozos, 41 norias, 2 manantiales y 11 galerías filtrantes. De las 139 obras visitadas, en 10 se obtuvieron niveles dinámicos, en 79 más se midió el nivel estático y las restantes no se pudieron sondear. De los 85 pozos, 67 se encontraron activos, 12 inactivos de forma temporal y 8 inactivos de forma permanente. A su vez, de los 67 pozos activos, 60 se utilizan para fines agrícolas y 7 para uso público urbano.

En cuanto a los caudales de extracción, la mayoría de los aprovechamientos no tiene medidor de flujo. Los caudales son mayores en los pozos de uso agrícola, los cuales oscilaban entre 25 y 30 lps (PB 201). El volumen de extracción conjunto se ha estimado en **11.7 hm<sup>3</sup> anuales**, de los cuales 8.4 hm<sup>3</sup> (72%) se destinan al uso agrícola, mientras que el resto es para el abastecimiento público.

## 7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El balance de aguas subterráneas se planteó para el año 2006, en una superficie de 470 km<sup>2</sup>, en la que están dispersos los aprovechamientos. La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga) y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero en el periodo de tiempo establecido.

La ecuación general de balance de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

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

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 de un acuífero:

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

### 7.1. Entradas

La recarga total al acuífero (Rt) está integrada básicamente por las entradas subterráneas (Eh) y la recarga vertical por lluvia (Rv) que se infiltra en las zonas no cubiertas por la capa impermeabilizante de la zona urbana, y la recarga incidental o inducida que se origina por la infiltración del agua que se destina a las actividades agrícolas, principalmente, y por las fugas en las redes de abastecimiento de agua potable o del drenaje, en las poblaciones.

#### 7.1.1. Recarga vertical (Rv)

Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que se tiene información para calcular el cambio de almacenamiento ( $\Delta V$ ), así como las entradas y salidas por flujo subterráneo, su valor será despejado de la ecuación de balance:

$$Rv + Ri + Eh - B - Sh - ETR = \pm \Delta V(S) \quad (1)$$

Donde:

Rv: Recarga vertical }

Ri: Recarga inducida

Eh: Entradas por flujo subterráneo horizontal

B: Bombeo

Sh: Salidas por flujo subterráneo horizontal

ETR: Evapotranspiración real

$\Delta V(S)$ : Cambio de almacenamiento

De esta manera, despejando la recarga vertical:

$$Rv = B + Sh + ETR - \Delta V(S) - Ri - Eh \quad (2)$$

### 7.1.2. Entradas subterráneas por flujo horizontal (Eh)

Una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas altas del área se infiltra por las fracturas de las rocas que forman parte de ellas y a través de los piedemonte, para posteriormente llegar a recargar al acuífero en forma de flujos subterráneos que fluyen hacia el norte del área.

Para su cálculo se utilizó la configuración de las curvas de igual elevación del nivel estático correspondiente a octubre-noviembre de 2006, mostrada en la figura 4. Con base en esta configuración se seleccionaron canales de flujo y se aplicó la ley de Darcy para calcular el caudal "Q" que recarga al acuífero. La recarga total por flujo horizontal es la suma de los caudales de cada uno de los canales establecidos. En la tabla 2 se pueden observar los valores obtenidos en cada celda y el total de **4.4 hm<sup>3</sup>/año**.

$$Q = B * i * T$$

Donde:

B: Ancho (m) del canal de flujo

i: Gradiente hidráulico ( $i = h_2 - h_1 / L$ ); h y L son la diferencia y distancia respectivamente entre las equipotenciales (h) que conforman el canal de flujo.

T: Transmisividad (m<sup>2</sup>/día) en el canal de flujo.

Tabla 2. Cálculo de entradas subterráneas por flujo horizontal

CELDA	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	h <sub>2</sub> -h <sub>1</sub> (m)	Gradiente i	T (m <sup>2</sup> /s)	CAUDAL Q (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> /año)
I	10500	840	10	0.0119	0.001	0.1200	3.8
II	2600	2550	5	0.0020	0.001	0.0051	0.2
III	4800	1690	5	0.0030	0.001	0.0142	0.4
<b>Total entradas</b>							<b>4.4</b>

Los valores de T utilizados para el cálculo de las entradas y salidas subterráneas son valores promedio obtenidos de la interpretación de pruebas de bombeo, adaptadas al espesor saturado.

### 7.1.3. Recarga inducida (Ri)

Aun en sistemas de riego muy eficientes, un cierto volumen de agua aplicada en el riego no es usado como uso consuntivo, se infiltra y eventualmente alcanza la superficie del agua subterránea. Esta contribución al acuífero se conoce como retorno de riego. Para este caso, se aplican a la agricultura de riego aproximadamente 8.4 hm<sup>3</sup>/año, considerando que el 10% de este volumen retorna al acuífero en forma de recarga inducida, esto representa 0.8 hm<sup>3</sup>/año de recarga por retornos de riego.

El volumen destinado para el uso público-urbano es de 3.3 hm<sup>3</sup>/año, considerando que un 10% del volumen total utilizado retorna al acuífero por fugas en las redes de abastecimiento, la recarga resulta de 0.3 hm<sup>3</sup>/año. Por lo tanto el total de la Recarga inducida es de **1.1 hm<sup>3</sup>/año**.

## 7.2. Salidas

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B), las salidas subterráneas fuera del acuífero (Sh), evapotranspiración (ETR) y descargas naturales por flujo base del Río Blanco. En el caso de la evapotranspiración, debido a que en general en la zona la profundidad de los niveles piezométricos son mayores a los 10 m, **no existen** salidas por este concepto.

Las salidas horizontales y pérdidas por evapotranspiración, no se involucraron en la ecuación, debido a que en el caso de la primera, la configuración de elevación mostró que aunque las equipotenciales indican una tendencia de salida hacia el acuífero Nazas, no existe información piezométrica suficiente hasta el límite del mismo que permita su cuantificación.

Por otro lado, la geomorfología de esa misma parte y el tipo de materiales que existen, sugieren que el flujo subterráneo que pudiera existir hacia allá, no saldría del sistema debido a la baja permeabilidad de los materiales. Por esta razón se consideró, para este caso, como una cuenca endorreica, a reserva de tener información en un futuro, para modificar o confirmar este planteamiento.

### 7.2.1. Bombeo (B)

Como se menciona en el apartado de censo e hidrometría, el valor de la extracción por bombeo es del orden de los **11.7 hm<sup>3</sup> anuales**.

### 7.2.2. Descarga por manantiales (Dm)

La descarga a través del manantial La Concha es de 500 lps, que equivale a **15.8 hm<sup>3</sup>/año**, de acuerdo a información de la Dirección Local en Durango.

## 7.3. Cambio de almacenamiento ( $\Delta V(S)$ )

Para el cálculo del cambio de almacenamiento, se toma en cuenta la evolución del nivel estático registrada para dos periodos de análisis, lo que genera el trazo de curvas de igual evolución, Como se menciona en el apartado de evolución del nivel estático, no se dispone de información piezométrica para elaborar la configuración de la evolución del nivel estático para un periodo de tiempo. Los registros existentes de estudios previos se encuentran dispersos en tiempo y espacio y no cubren en su totalidad la extensión superficial del acuífero. No se registran alteraciones en la dirección natural del flujo subterráneo ni conos de abatimiento.

Bajo estas consideraciones, se considera que la posición del nivel del agua subterránea no ha sufrido alteraciones importantes y el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo. Por esta razón, para fines del balance de aguas subterráneas, no existe cambio de almacenamiento en el acuífero; es decir,  $\Delta V(S) = 0$ .

### **Solución a la ecuación de balance**

Una vez calculadas las componentes de la ecuación de balance, se procedió a evaluar la recarga vertical por lluvia.

$$\begin{aligned}R_v &= Sh + B + D_m + ETR - \Delta V(S) - E_h - R_i \\R_v &= 0.0 + 11.7 + 15.8 + 0.0 + 0.0 - 4.4 - 1.1 \\R_v &= 22.0 \text{ hm}^3 \text{ anuales}\end{aligned}$$

De esta manera la recarga total media anual:

$$\begin{aligned}R_t &= R_v + E_h + R_i \\R_t &= 22.0 + 4.4 + 1.1 \\R_t &= 27.5 \text{ hm}^3\end{aligned}$$

## **8. DISPONIBILIDAD**

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, que establece la Metodología para calcular la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$DAS = R_t - DNCOM - VCAS$$

Donde:

DAS = Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica.

R = Recarga total media anual.

DNCOM = Descarga natural comprometida.

VCAS = Volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA.

### **8.1. Recarga total media anual (Rt)**

La recarga total media anual que recibe el acuífero (Rt), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, tanto de manera natural como inducida. Para este caso particular, su valor es de 27.5 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 26.4 corresponden a la recarga natural y los 1.1 hm<sup>3</sup> restantes a la recarga inducida.

### **8.2. Descarga natural comprometida(DNCOM)**

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero. Para el caso del acuífero de Peñón Blanco, la descarga natural comprometida es de 15.8 hm<sup>3</sup>/año, que equivale a la salida a través del manantial La Concha.

### 8.3. Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS)

El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), de la Subdirección General de Administración del Agua, **con fecha de corte al 31 de marzo de 2009** es de **6 065, 228 hm<sup>3</sup>/año**.

### 8.4. Disponibilidad de aguas subterráneas

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 aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPGA

$$\mathbf{DAS = Rt - DNCOM- VCAS}$$

$$DAS = 27.5 - 15.8 - 6.065228$$

$$\mathbf{DAS = 5.634772 \text{ hm}^3 \text{ anuales}}$$

El resultado indica que existe actualmente un volumen de **5'634,772 m<sup>3</sup> anuales** disponibles para otorgar nuevas concesiones.

Cabe hacer la aclaración de que el cálculo de la recarga media anual que recibe el acuífero, y por lo tanto de su disponibilidad, se refiere a la porción del acuífero en la que actualmente existe información hidrogeológica para su evaluación. No se descarta la posibilidad de que su valor sea mayor; sin embargo, no es posible en este momento incluir en el balance los volúmenes de agua que circulan a mayores profundidades que las que actualmente se encuentran en explotación. Conforme se genere mayor y mejor información, especialmente la que se refiere a la piezometría y pruebas de bombeo, se podrá hacer una evaluación posterior.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

Comisión Nacional del Agua, 2006. Estudio para el respaldo de la disponibilidad media anual de agua en dos acuíferos en el estado de Durango, realizado por el Instituto Politécnico Nacional (Ciencias de la Tierra ESIA).

Consultores en Aguas Subterráneas S. A., 1979. Estudio Geofísico de las áreas de Cuauhtémoc y Peñón Blanco, Estado de Durango.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1975. Servicios de Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos del Estado de Durango.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1977. Estudio Geohidrológico de los Depósitos del Terciarios del Estado de Durango.

Sociedad Geológica Mexicana, 1970. Estudio Geológico de Reconocimiento de la Región de Peñón Blanco, estado de Durango. Boletín.

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 1988. Estratigrafía de las rocas volcánicas de la región entre sierra de Gamón y Laguna de Santiaguillo, estado de Durango.