



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

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DE GUAYMAS (2635), ESTADO  
DE SONORA**

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
Antecedentes.....	2
1.1. Localización.....	2
1.2. Situación Administrativa del acuífero.....	3
<b>2. FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Provincia Fisiográfica .....	5
2.2 Clima .....	7
2.3 Hidrografía .....	8
<b>3. GEOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
3.1 Estratigrafía .....	9
3.2 Geología del subsuelo.....	14
<b>4. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
4.1 Tipo de acuífero .....	18
Acuífero Superior.....	18
Acuífero Inferior.....	19
4.2 Piezometría .....	19
4.3 Comportamiento hidráulico .....	19
<b>5. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA .....</b>	<b>20</b>
<b>6. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....</b>	<b>21</b>
6.1 ENTRADAS.....	21
6.1.1. Recarga.....	21
6.1.2. Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh).....	22
6.2. SALIDAS.....	22
6.2.1. Extracción por bombeo (B).....	22
6.2.2 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh).....	23
6.3 Cambio de almacenamiento ( $\Delta VS$ ) .....	23
<b>7 DISPONIBILIDAD .....</b>	<b>23</b>
7.1 Recarga total media anual (R).....	23
7.2 Descarga natural comprometida (DNC) .....	24
7.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	24
7.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	24

## **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 valle de Guaymas definido con la clave 2635 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en una zona semidesértica en la porción Centro Sur del Estado de Sonora, abarcando el municipio de Empalme y parcialmente el municipio de Guaymas.

Las poblaciones principales que se encuentran dentro del perímetro del acuífero, son: Empalme y localidades menores como Ortíz y La Misa así como poblados ejidales de

Santa María, Maytorena, Cruz de Piedra y José María Morelos, entre otros.

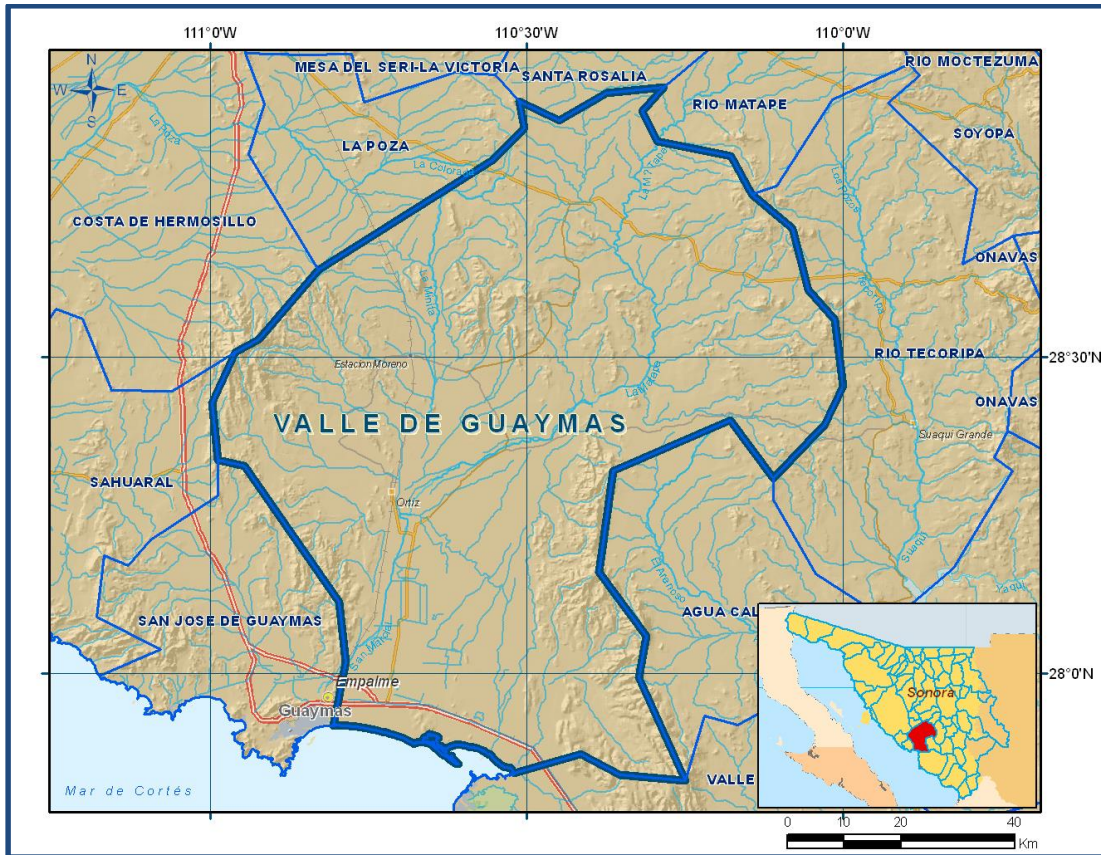


Figura 1. Localización del acuífero

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

## 1.2. Situación Administrativa del acuífero

El acuífero Valle de Guaymas pertenece a la Región Hidrológico Administrativa II “Noroeste”. Su territorio se encuentra sujeto a las disposiciones de diversos Decretos con el propósito de proteger el acuífero:

El Decreto Presidencial de fecha 28 de noviembre de 1956 y publicado el día 20 de diciembre del mismo año en el Diario Oficial de la Federación, se estableció veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona que comprende el Valle de Guaymas, Estado de Sonora, dentro de los límites definidos en el Artículo Primero del mencionado Decreto.

Tabla No. 1. Vértices de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 2635 VALLE DE GUAYMAS							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	110	59	54.0	28	25	42.6	
2	110	57	39.5	28	30	29.8	
3	110	55	28.7	28	31	41.5	
4	110	49	46.4	28	38	17.3	
5	110	33	9.7	28	48	44.1	
6	110	30	16.0	28	51	45.3	
7	110	30	45.8	28	54	15.8	
8	110	26	57.3	28	52	28.6	
9	110	22	29.4	28	55	1.7	
10	110	17	0.8	28	55	35.6	
11	110	19	7.0	28	53	18.4	
12	110	17	40.6	28	50	27.5	
13	110	10	39.5	28	49	2.2	
14	110	8	41.3	28	45	28.3	
15	110	4	52.6	28	42	14.0	
16	110	3	21.2	28	36	21.0	
17	110	0	49.9	28	33	33.1	
18	110	0	1.5	28	27	13.6	
19	110	1	46.0	28	23	40.1	
20	110	6	41.8	28	18	30.3	
21	110	10	47.3	28	24	2.6	
22	110	21	52.7	28	19	14.3	
23	110	23	13.0	28	9	38.6	
24	110	18	42.0	28	3	31.2	
25	110	19	26.4	27	59	38.8	
26	110	15	2.4	27	49	54.0	
27	110	21	14.8	27	50	23.6	
28	110	24	57.4	27	52	21.4	
29	110	31	11.6	27	50	35.0	DEL 29 AL 30 POR LA LINEA DE BAJAMAR A LO LARGO DE LA COSTA
30	110	48	22.7	27	55	4.9	
31	110	47	10.0	28	1	9.3	
32	110	47	49.9	28	6	47.1	
33	110	56	46.9	28	19	40.5	
34	110	59	19.5	28	20	12.5	
1	110	59	54.0	28	25	42.6	

En el Diario Oficial de la Federación del 5 de julio de 1967, se publicó el Acuerdo por el que se crea el Distrito de Riego del Valle de Guaymas y se declara de utilidad pública la operación de las obras denominadas Valle de Guaymas-Bordo Regulador de Ortiz y sus canales, y la construcción de obras que se requieran, así como la adquisición de los terrenos necesarios para tales obras. En este Decreto, se confirma la zona de veda anterior y se amplía según el nuevo polígono que se describe en el capítulo primero de este Acuerdo.

Por Decreto Presidencial de fecha 11 de septiembre de 1978 y publicado en el Diario Oficial de la Federación a los 19 días del mismo mes y año, se ratificaron las vedas por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo, ampliándose a todo el territorio comprendido al oeste del meridiano 110° 00' de Longitud Oeste. Con este Decreto, se ratificaron las anteriores zonas de veda y se amplió el área protegida conforme se explica en la citada publicación.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2020, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1.

## **2. FISIOGRAFÍA**

### **2.1 Provincia Fisiográfica**

El valle de Guaymas se ubica en la Provincia Fisiográfica “Zona Desértica de Sonora”, (Manuel Alvarez Jr. 1958) ó Planicie Costera Noroccidental (Ing. Ramiro Robles Ramos). Esta provincia fisiográfica forma una franja de 1,400 kilómetros de largo limitada al Oriente por la Sierra Madre Occidental y al Occidente por el Golfo de California.

El área en general es baja, ya que no excede de 1,000 metros sobre el nivel del mar, presentando amplias superficies planas con suave pendiente hacia el mar, frente a las que destacan “cerros profundamente erosionados, colinas y bajas sierras rodeados de conos aluviales muy tendidos”.

Cuando a fines del Cretácico o principios del Terciario, la tectónica de aquella época formó los bloques afallados y se levantó la Sierra Madre Occidental, una gran porción de esta provincia quedó bajo las aguas y luego emergió.

Los bloques afallados escalonados sufrieron tan intensa erosión que sus formas originales se han perdido y han dejado al descubierto rocas intrusivas antiguas. La erosión de las faldas de la Sierra Madre Occidental y las lluvias torrenciales del Pleistoceno y Reciente, han acarreado grandes volúmenes de sedimentos clásticos que han modelado diferentes rasgos morfológicos sobre una planicie costera típica. En el norte de esta provincia, predominan llanuras áridas endorreicas o con muy escaso drenaje, en tanto que al Sur, se va pasando gradualmente a llanuras aluviales formadas por el depósito de arrastre de la Sierra Madre que han ido levantando el terreno, haciéndolo perder pendiente transversal, por lo que todas las corrientes son divagantes en su curso inferior.

Dentro de esta provincia, el área del acuífero se extiende en una dirección sensiblemente Norte-Sur. Comprende la cuenca hidrográfica del Río Mátape en su parte baja, donde se localiza la sierra de San Francisco y que separa al Valle de Guaymas y al Valle de Cruz de Piedra. Esta cuenca se encuentra separada por las Sierras de Santa Ursula y la Ventana, que sobresalen 500 metros sobre el nivel del mar. De estas sierras, la primera constituye el límite Oeste de la Cuenca del Río Mátape y la segunda el Límite Este de la del Arroyo de San José de Guaymas.

La cuenca del Río Mátape que es la mayor de las dos cuencas mencionadas, tiene su límite Norte natural en la estribación Oeste de la Sierra Madre Occidental. Dentro de los límites del área de estudio, el límite Oeste lo forma la Sierra Libre y sus prolongaciones meridionales representadas por las Sierras de Santa Ursula y La Ventana. De éstas, sobresale el relieve de las prominencias topográficas formadas por rocas ígneas, de la Ventana y Libre, las cuales alcanzan altitudes de hasta 1,000 metros sobre el nivel del mar.

Hacia el Oriente, el límite de la cuenca lo forman la Sierra del Bacatete, de Moradillas y Cordillera del Carrizal. La primera de estas sierras está formada por rocas ígneas extrusivas Terciarias, la segunda por rocas intrusivas y la última por extrusivas Cretácicas.

Al Sur, cercanas a la línea de costa del Golfo de California, se encuentran la Sierra de San Francisquito y los cerros de Cruz de Piedra y Boca Abierta, de poca altitud formadas por rocas graníticas, basálticas y tobas arenosas respectivamente.

En esta cuenca la morfología queda definida por tres rasgos sobresalientes: el primero consiste de una gran llanura aluvial formada por materiales recientes orientada en dirección Norte-Sur y cuya elevación promedio es de 100 metros sobre el nivel del mar. Esta unidad morfológica constituye el Valle de Guaymas. El segundo rango morfológico sobresaliente de la cuenca, está expuesto por otra llanura de reducidas dimensiones orientada en dirección NW-SE y que forma el Valle de San José de Guaymas. La elevación máxima de esta llanura es de 100 metros sobre el nivel del mar. Por último, dentro de las formas principales, se encuentran las sierras altas que forman los bordes de la cuenca y las de menor elevación en el extremo Sur. La costa representativa de playas bajas, habiéndose formado esteros, cabos y bahías como los de Empalme y Yasícori, respectivamente.

El drenaje en el Valle de Guaymas está controlado por rasgos tectónicos estructurales y tiene como colector principal al Río Mátape, el cual por efectos de levantamientos del área ha perdido su capacidad de labrado hacia la porción Sur del valle, donde el cauce pierde definición.

Dentro del Valle de Guaymas, existe en el lado oriental una pequeña subcuenca formada por el Arroyo Chicuroso, el cual desciende con una dirección Norte-Sur, siguiendo la traza de la línea de falla en el borde de la Sierra del Bacatete. Existen además otros arroyos de menor importancia como el de las Guásimas y Seco que confluyen al Río Mátape por su margen derecha a la altura del poblado de Ortíz.

## **2.2 Clima**

El clima imperante en la región es de tipo semidesértico y con lluvias deficientes en todas las estaciones del año. La temperatura media anual oscila entre 15° C y 30° C, presentándose la temporada cálida de Junio a Septiembre.

Thornthwaite clasifica el clima en el valle de la siguiente manera: AdA'b provincia de humedad E árida, vegetación de desierto. Humedad deficiente en todas las estaciones. Provincia de temperatura A' tropical, Subprovincia de temperatura b, concentración en el verano entre 35 y 49%.

La precipitación media anual es de 320 mm, en tanto que la evaporación potencial media anual es del orden de 2,600 mm, la cual representa ocho veces más el valor de la precipitación.

El análisis climatológico se efectuó por medio de los datos disponible de precipitación pluvial, temperatura y evaporación potencial registrados en 3 estaciones climatológicas de las cuales 2 se encuentran dentro de la zona de los límites del área del acuífero y 1 fuera de éste. Estas estaciones son: Guaymas, Punta de Agua y La Colorada. El período analizado fue de 53 años de la estación Guaymas, de 17 años en la estación Punta de Agua y de 28 años en la estación La Colorada. De la disponibilidad de datos, se observa que la temporada de lluvias tiene lugar entre los meses de junio a octubre destacando el mes de agosto como el más lluvioso del período. El otro período de lluvias se registra en invierno, entre los meses de diciembre a febrero, aunque con menor intensidad que el período de verano. En los meses restantes la



precipitación es prácticamente nula.

### **2.3 Hidrografía**

El acuífero Valle de Guaymas se localiza dentro de la Región Hidrológica No 9, abarcando la parte baja de la cuenca del Río Mátape, Subcuencas del valle de Guaymas propiamente dicho en la porción central de la subcuenca y la otra, al oriente del valle de Guaymas entre las sierras San Francisquito y Bacatete donde se encuentra un pequeño valle conocido como Cruz de Piedra.

La cuenca del Río Mátape o San Marcial colinda al norte con la cuenca del río Sonora, al sur con la cuenca del río Yaqui, al este con la cuenca del mismo río y al oeste con el Golfo de California.

Tiene una superficie total de 5801 km<sup>2</sup>. La corriente principal es el río Mátape, el cual nace en la sierra de Mazatán en altitudes de 1200 msnm, cerca del poblado de Mátape, con una longitud total aproximada desde su origen hasta su desembocadura de 185 km; su rumbo general es al sur y desemboca en el golfo de California, al oriente de la bahía y puerto de Guaymas.

En su recorrido no recibe aportaciones de importancia; sus principales afluentes son los arroyos de la lima y seco, que confluyen por la margen derecha cerca de Guaymas. El agua superficial es captada por la presa I. Alatorre y es utilizada para uso agrícola y pecuario en la parte alta de la zona del acuífero.

El Arroyo Chicuroso pertenece a la cuenca del Río Mátape y define su propia subcuenca a partir de la estación hidrométrica Punta de Agua. Nace en la estribación noroccidental de la sierra del Bacatete a unos tres kilómetros de dicha estación hidrométrica, su rumbo es hacia el sur franco y desemboca en la Bahía del Yasicori en el Golfo de California.

La subcuenca de este arroyo tiene una superficie de 1201 km<sup>2</sup> y se encuentra entre la cuenca hidrográfica del Río Yaqui al sur, y el valle de Guaymas al occidente.

### 3. GEOLOGÍA

#### 3.1 Estratigrafía

La secuencia estratigráfica de las rocas que afloran en el área, forman una columna cuyas edades abarcan desde el Mesozoico hasta el Reciente. Esta columna está formada por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. De éstas, las sedimentarias pertenecientes al Cuaternario ocupan la mayor superficie de la cuenca, correspondiendo a las rocas ígneas del complemento de esta superficie (figura 2).

Por lo que respecta a las rocas metamórficas, éstas solo afloran en los bordes de los cuerpos intrusivos en franjas no cartografiables.

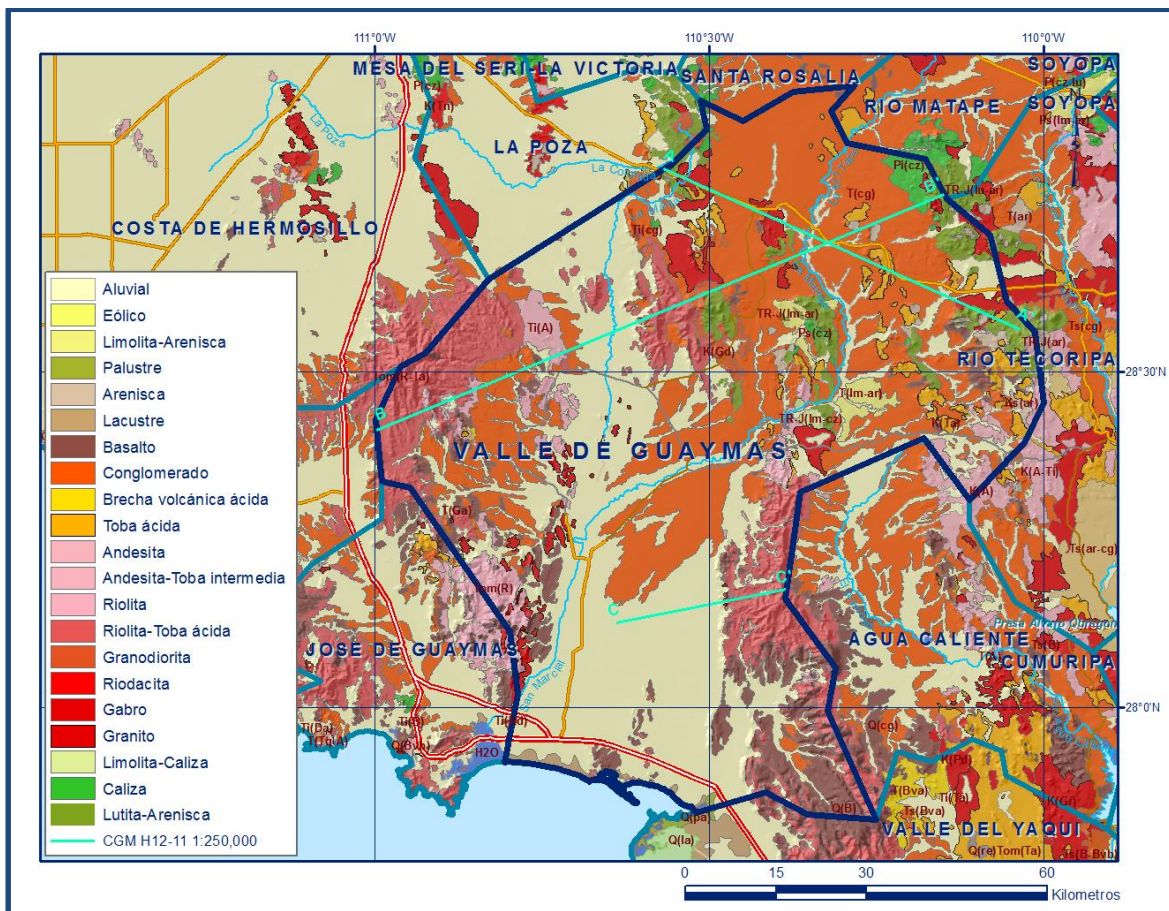


Figura 2. Geología general del acuífero

En los siguientes incisos, la descripción de la distribución horizontal de las rocas, se realizó buscando dar mayor facilidad al lector en la ubicación a nivel regional de las unidades expuestas.

## **MESOZOICO**

Las unidades de rocas mesozoicas que afloran dentro de las cuencas del Río Mátape y Arroyo San José de Guaymas, corresponden a la parte final de la Era Mesozoica, o sea, quedan ubicadas en el período Cretácico. Dentro de este período, a la parte inferior corresponden probablemente las rocas intrusivas y a la parte superior las extrusivas.

### **Granito**

Dentro del área de estudio, estas rocas son las de mayor antigüedad, ya que su edad se remonta probablemente a principios del período Cretácico. Los actuales afloramientos expuestos, representan el remanente de erosión de colosales masas que intrusionaron a sedimentos paleozoicos.

Estas enormes masas, fueron primeramente afalladas y después sujetas a un intenso tectonismo que produjo la formación de bloques. La erosión de épocas posteriores redujo a formas menores su expresión morfológica y más tarde, las rocas extrusivas cubrieron la mayor parte de ellas. Es por esto, que los afloramientos actuales se encuentran muy dispersos y cubriendo superficies reducidas.

Actualmente, tienen su mayor expresión de afloramientos al Norte de la Ciudad de Empalme, donde se encuentran formando la estribación oriental de la Sierra de la Ventana. Hacia el Norte, existen otros afloramientos de pequeñas dimensiones, estando expuestos unos, al Sur de la población de Ortiz y al Occidente del bordo del mismo nombre. Continuando al Norte, estas rocas vuelven a aflorar en cuerpos de mayores dimensiones formando localmente la Sierra de las Moradillas.

En la porción Sur-Central del valle en una pequeña sierra denominada Sierra de San Francisquito, el granito forma pequeñas estructuras alargadas en dirección Norte-Sur, cubiertos parcialmente por lavas basálticas.

Existen demás al Norte del Ejido General Mariano Escobedo y al Oriente de la vía del Ferrocarril a Hermosillo, una serie de pequeños promontorios graníticos. Que forman junto con rocas metamórficas del Paleozoico el basamento regional del área.

### **Andesitas**

Casi contemporáneas al granito, fueron emitidas probablemente por fracturas muy

profundas emplazadas en la cabecera de la cuenca durante el Cretácico, las lavas andesíticas que representan las rocas extrusivas más antiguas dentro del área de estudio.

Estas rocas se encuentran aflorando únicamente en el extremo Norte de la cuenca, formando la Cordillera del Carrizal. Las andesíticas son de Hornblenda y Augita de color rosa a gris verdoso en estructuras masivas fracturadas. Sobreyacen en esta sierra a las rocas graníticas descritas anteriormente.

## **TERCIARIO**

Dentro de la zona estudiada, las rocas correspondientes al período Terciario, están representadas por rocas ígneas y sedimentarias. Por lo que respecta a las rocas ígneas, éstas son de tipo extrusivo ya que este período es característico en la provincia de la Sierra Madre Occidental de una fuerte actividad volcánica que formó importantes sierras y cordilleras. Estas grandes estructuras están formadas de lavas ácidas y básicas con sus correspondientes emisiones de piroclásticos que ocupan extensas superficies. Las rocas sedimentarias de este período, corresponden a conglomerados continentales producto de la erosión de las extrusivas anteriores.

### **Andesitas, Riolitas y Alternancia de Tobas y Derrames Basáltico-andesíticos**

Entre los derrames volcánicos, las rocas de este grupo, son las que cubren la mayor superficie de la cuenca, estando distribuidas en ella de la siguiente forma: en la porción occidental se encuentran formando la parte alta de la Sierra de la Ventana, La Sierra de Santa Ursula, la Sierra de la Pasión, la Sierra de la Perinola al Oeste del Valle de San José de Guaymas, el Cerro del Vigía al Norte de la Ciudad de Guaymas, el Cerro Picacho de San Rafael y los Cabos e islas situados al Sur de la misma. Al Norte del poblado de Ortiz y en línea recta en esta dirección, se observan afloramientos de este grupo, que representan la estribación oriental de la Sierra Libre parcialmente cubiertos por los conglomerados de la Formación Báucarit.

En la porción Oriental de la Cuenca del Valle de Guaymas, estas rocas forman la mayor parte de la Sierra del Bacatete, la cual separa este valle con el de Agua Caliente. En el Sur de esta sierra, se encuentran cubiertas parcialmente por derrames basálticos y tobas pumíticas, estando expuestas solamente en las partes más altas.

Hacia el Norte, los afloramientos de este grupo se continúan hasta la Presa Punta de Agua, constituyendo la estribación Norte de este importante macizo del Bacatete;

otros afloramientos de muy reducidas dimensiones, se encuentran expuestos en el extremo Sur del Valle de Guaymas. Uno de ellos forma el Cerro Boca Abierta y otros dos se ubican al Sur del cerro basáltico de Cruz de Piedra.

Las rocas pertenecientes a este grupo muestran un sistema de fallas y fracturas, cuyo rumbo preferencial es Norte-Sur. Los planos de pseudoestratificación o inclinación de los derrames están inclinados hacia el valle de la Sierra del Bacatete, en tanto que en la porción Occidental en las Sierras de Santa Ursula y La Ventana ó Venada buzan hacia el Valle de San José.

### **Tobas pumíticas y aluviales con intercalaciones de caliche.**

Los afloramientos de estos depósitos de origen volcánico y aluvial, se encuentran predominantemente distribuidos en la parte occidental de la zona estudiada. Al Oeste del Valle de San José de Guaymas, en la falda de la Sierra de la Perinola y fuertemente disectados por arroyos, se encuentran expuestos estos depósitos cubriendo a rocas andesíticas y en discordancia erosional a los granitos Cretácicos.

Otros afloramientos de esta unidad pueden observarse al Oeste del poblado de Ortiz, donde se acumularon en la parte baja de la Sierra de la Ventana, formando lomas erosionadas y de poca pendiente.

Hacia el Noroeste, en las proximidades de la cabecera de la cuenca, existe otro afloramiento de tobas volcánicas mezclado con depósitos lacustres, subyaciendo a sedimentos Cuaternarios.

En la porción oriental de la cuenca, los afloramientos de esta unidad se encuentran restringidos a la porción Sur de la Sierra del Bacatete, donde afloran en superficies muy reducidas a causa de haber sido erosionados por los arroyos que descienden hacia el valle.

### **Derrames Basálticos**

Dentro del área estudiada las lavas basálticas representan la última manifestación volcánica del Terciario. La edad de estas erosiones de acuerdo a la posición estratigráfica que guardan con respecto a los depósitos marinos del Mioceno que le sobreyacen, puede situarse en el Oligoceno. Su mayor área de afloramientos está situada al Sur de la Sierra del Bacatete, donde cubren en forma de delgadas mesetas

las lavas Terciarias andesíticas y tobáceas. En la Sierra de San Francisquito, cubren discordantemente a rocas graníticas en delgadas capas inclinadas hacia el Occidente. En esta misma zona, hacia la línea de costa, forman el Cerro de Cruz de Piedra.

En la zona oriental de la cuenca, los afloramientos de lavas basálticas son más reducidos, estando expuestos en la Sierra de la Ventana, donde cubren también en forma discordante a las rocas graníticas del Cretácico, en tanto que en la Sierra Libre, sobreyacen a rocas andesíticas.

Los afloramientos de estos derrames basálticos que quedan expuestos en el paisaje actual, corresponden a los vestigios de una serie de coladas que en el Mioceno cubrían probablemente la mayor parte de los Valles de Guaymas y de Cruz de Piedra.

Al ocurrir en esta época (Mioceno), la inmersión del área debido al asentamiento de grandes bloques, se formó la depresión estructural que fue ocupada por depósitos marinos y después continentales que cubren con grandes espesores al Basalto Terciario.

El basalto se presenta en todos los afloramientos de color negro, vesicular y muy fracturado, buzando preferentemente hacia los Valles de Guaymas y Cruz de Piedra. Conglomerado de clásticos volcánicos y alternancia de areniscas y limos de color verde rojizo, con capas delgadas de caliche. Conglomerado Báucarit.

Para terminar con los afloramientos de rocas Terciarias se citarán dentro de este grupo, a las rocas sedimentarias. Estas rocas se encuentran constituyendo el Conglomerado Báucari. Dicho conglomerado consiste de clásticos volcánicos y alternancias de areniscas y limos de color café rojizo, con capas delgadas de caliche. Los afloramientos correspondientes a esta unidad afloran en superficies importantes al Noroccidente del área, formando la Sierra de la Ranchería y en afloramientos de menores proporciones en el extremo Noroccidental del Valle de San José.

## **CUATERNARIO**

### **Boleos, gravas, arenas, limos y arcillas**

Esta unidad constituye desde el punto de vista del estudio geohidrológico que se realiza, la unidad geológica más importante del área, ya que en ella se aloja el principal sistema acuífero de la cuenca.

Los sedimentos correspondientes a este período, se encuentran formando la mayor superficie de afloramientos de la zona estudiada. Consisten en sedimentos clásicos no consolidados, como boleos, gravas, arenas, arcillas y limos, derivados de las formaciones geológicas preexistentes que han sido erosionadas, siendo transportados y depositados por corrientes fluviales en las antiguas depresiones que actualmente constituyen las calles de Guaymas y San José. Forman por tanto la planicie aluvial y fluvial de la cuenca, pudiéndose distinguir en ella, diversas estructuras secundarias, como conos aluviales, llanuras de inundación, dunas, barras, etc.

La depositación de estos materiales se inició en el Pleistoceno y continúa en el Reciente, habiéndose acumulado en este tiempo espesores promedio de 160 metros. La distribución de estos materiales en el subsuelo, consiste de arenas, gravas, arcillas y horizontes de caliche en capas interdigitadas, la mayoría de las cuales, no muestran continuidad horizontal, a causa de los diversos medios ambientes de depósito que han prevalecido del Pleistoceno al Reciente. No obstante, dentro de esta errática distribución espacial, fue posible distinguir en el Valle de Guaymas una capa de arcilla café continental, cuya continuidad se detectó en la porción Sur del valle.

### **3.2 Geología del subsuelo**

Los materiales aluviales, fluviales, lacustres y basálticos depositados en esta subcuenca, formaron las características apropiadas de permeabilidad y porosidad para almacenar los escurrimientos del Río Mátape, arroyos tributarios así como la infiltración del agua de lluvia que se fue acumulando a través del tiempo y que dieron origen a lo que hoy se conoce como acuífero Valle de Guaymas.

Los materiales aluviales, fluviales y lacustres del período Cuaternario constituyen los rellenos del valle. Consisten en boleos, gravas, arenas, arcilla y caliche en capas o lenticulas interdigitadas. La distribución de estas capas es caótica, tanto horizontal como verticalmente y no presentan por lo tanto una continuidad lateral definida. Las capas de arcilla y de caliche, cambian de facies lateralmente a capas arenosas, acuñándose dentro de cuerpos de gravas y boleos.

Dentro de esta unidad, existe un estrato arcilloso, cuya continuidad puede seguirse lateralmente algunas centenas de metros, antes de ser interrumpida por cambios de facies representados por arenas o caliche.

En la porción Sur del valle, las unidades 1 y 2, representativas de una misma época geológica de depósito y de medios ambientes similares, se agrupan en una sola, cuyo espesor es de 160 metros. Lateralmente, esta unidad se extiende a todo lo largo del valle hasta el poblado de la Misa, en el extremo Norte del valle. Sin embargo, para efectos de la descripción hidrogeológica, esta Unidad se detecta desde 6 kilómetros aguas abajo del Bordo de Ortiz hasta la Misa, se le denominó unidad 5, atendiendo a que sus características hidrogeológicas de funcionamiento son diferentes.

En esta última zona mencionada, el espesor de estos materiales puede alcanzar valores hasta de 400 metros; de los cuáles, aproximadamente 175 están constituidos por gravas y arenas; en tanto que el resto, corresponde a una intercalación de gravas y arenas con corrientes de basalto. Con respecto a esta última alternancia, su edad de depósito tal vez y rigurosamente, no pueda ser asignada al Cuaternario, sino más bien hacia fines del Plioceno. Desde el punto de vista hidrogeológico, lo anterior no presenta una diferencia apreciable.

Debajo de esta capa, Subyaciendo a los depósitos Cuaternarios, se encuentra un estrato de origen marino, formado por arcillas azules y lentes de arenas y gravas. En la parte superior de este cuerpo, existe un depósito de microfósiles empacados en la arcilla.

Este depósito se extiende en el subsuelo, cubriendo prácticamente la mitad Sur del valle; su espesor en las proximidades de la línea de costa es de 160 metros, decreciendo hacia aguas arriba del valle a unos, 9 kilómetros aguas abajo del Bordo de Ortiz, donde se acuña con una potencia de 40 metros.

En las exploraciones directas realizadas al Norte del Bordo Ortiz, no se cortó esta capa marina; lo cual parece sugerir, que los mares del Mioceno tuvieron su límite de transgresión aproximadamente en el frente de acuñamiento descrito. No se descarta, sin embargo, que este frente pudiera haber estado un poco más al Norte, y que la erosión que prevaleció a fines del Mioceno haya, en su trabajo de modelado, labrado el pequeño espesor acumulado.

### **Aluviones y Conglomerados del Terciario.**

En la mitad sur del valle, y por debajo de la unidad descrita anteriormente, se



encuentra un depósito de materiales clásicos que probablemente corresponda al Conglomerado Báucarit. De los cortes litológicos de pozos de exploración, se sabe que esta unidad está compuesta hacia aguas arriba de arenas y gravas; en tanto que al Sur de la Carretera Internacional, predomina un conglomerado, cuyo espesor total atravesado es de 200 metros.

### **Derrames Basálticos Terciario**

En la porción Noroccidental del valle, aledaño al poblado de la Misa, el pozo de exploración PGB-9, puso de manifiesto la existencia de derrames basálticos a una profundidad de 318 metros.

Por otra parte, en el extremo Norte del Valle de Cruz de Piedra, otro pozo de exploración, el pozo PGB-11, también cortó una capa basáltica a la profundidad de 360 metros.

Entre ambos pozos no existe punto de apoyo, que permita delinear una continuidad entre ambos derrames basálticos. Sin embargo, dada la génesis del valle, es posible suponer, que los derrames basálticos pudieron ser emitidos, entre otros focos, por fracturas mayores emplazadas en la cabecera de la cuenca y que los escurrimientos lávicos pudieron cubrir gran parte de la antigua topografía.

Puede considerarse que desde el pozo SG-3 hasta el PGB-11, puede seguirse el trazo del techo de una capa basáltica en una longitud de 13 kilómetros; siendo probable, aunque demasiado aventurado asegurarlo, que esta capa basáltica pueda en cierta forma, corresponder con la encontrada en el pozo PGB-9

Es probable, sin embargo, que de existir dicha correspondencia de emisiones, la continuidad de la capa basáltica pueda estar interrumpida por fallas o fracturas transversales al valle.

En vista de lo anterior, es aconsejable, aunque esto sería muy costoso, realizar exploraciones directas en esta parte del valle para esclarecer la posible continuidad de las corrientes basálticas, ya que de ser así podría esperarse que el basalto presentara características similares de permeabilidad a las encontradas en el Sur del valle de Cruz de Piedra, con la consiguiente opción de promover una nueva área para la relocalización de pozos.

Valle de Cruz de Piedra.

### **Depósitos Aluviales, Fluviales y Lacustres (Terciario y Cuaternario).**

Estos depósitos ocupan toda la superficie de este valle con espesores que varían entre 80 y 100 metros. Consisten de boleos, gravas y arenas, intercaladas con lentes de arcilla y de caliche.

Como en el caso del Valle de Guaymas, su distribución es también errática, encontrándose además, una interdigitación de "arcilla café" en facies continentales y marinas.

Como este valle, dentro del esquema tectónico de la cuenca representa un graben de mayor elevación que el de Guaymas, por haber permanecido relativamente estable en relación con aquél, los materiales de relleno acumulados alcanzaron espesores máximos de solo 100 metros.

### **Depósitos Marinos (Mioceno)**

Subyaciendo a los depósitos de relleno, se encuentra un paquete de sedimentos marinos compuesto por arcillas blancas y grises con microfósiles, coquinas, arcilla verde fosilífera, arenisca y arcilla fosilíferas.

Hacia el Norte de este valle, el espesor de esta unidad es de alrededor de 180 metros; decreciendo hacia el Sur a espesores de 150, 80 y 20 metros, según la litología de algunos pozos.

Hacia aguas arriba del valle, este depósito marino se continúa el subsuelo hasta la altura del Ejido Guadalupe Victoria, donde un pozo penetró en esta formación 35 metros.

### **Derrames Basálticos (Terciario)**

Esta unidad se encuentra subyaciendo a los depósitos marinos del Mioceno y consiste de derrames basálticos.

De acuerdo con la información obtenida de algunos pozos de exploración, estos derrames cubren el subsuelo del valle en toda su porción Sur.

### **Derrames Andesíticos (Principios del Terciario)**

Subyaciendo a la capa basáltica, existen también en la porción Sur del valle,

conglomerados andesíticos correspondientes a las primeras emisiones volcánicas del Terciario.

## **4. HIDROGEOLOGÍA**

### **4.1 Tipo de acuífero**

#### **Acuífero Superior.**

Las transmisividades deducidas de las pruebas varían en el rango de 0.001 m<sup>2</sup>/s a 0.071 m<sup>2</sup>/s. Puesto que la mayoría de los pozos utilizados penetran totalmente al acuífero y están ademados con tubería ranurada en la mayor parte de su longitud, se estima que la transmisividad es aproximadamente representativa de la permeabilidad del acuífero. Puede notarse que, en términos generales, los valores decrecen de aguas arriba hacia aguas abajo y de la porción occidental del valle hacia la porción oriental; las transmisividades mayores se presentan en la parte alta de la zona de riego, y las menores, en las proximidades del litoral.

La distribución señalada es compatible con la litología de los rellenos. En efecto, el tamaño medio de los clásticos que constituyen el acuífero, decrece de aguas arriba hacia aguas abajo y del cauce principal hacia los bordes del valle; en las partes altas del mismo hay predominio de materiales gruesos, mientras que en las partes bajas es mayor la proporción de materiales finos.

Los caudales específicos varían entre 9 y 100 lps/m, con una distribución en el área muy semejante a la de la transmisividad.

No se dispone de datos respecto a la transmisividad del acuífero en la parte alta del valle, debido a que la mayoría de los pozos que ahí se encuentran operan en forma continua para suministro de agua potable, no están equipados o no pueden ser sondeados, todo lo cual impide la ejecución de pruebas de bombeo.

A juzgar por la geología subterránea, las condiciones de transmisividad son menos favorables que en la parte baja del valle o zona de riego: los rellenos aluviales son de grano grueso, pero de espesor poco potente y no se encuentran permanentemente saturados; los materiales subyacentes son gravas y arenas empacadas en arcilla, formando un conglomerado poco permeable. A mayor profundidad se encuentran derrames basálticos, cuya estructura es permanentemente muy variable: las fuertes pérdidas de circulación que se tuvieron durante la perforación de los pozos exploratorios PGB-9 y PGO-9, reflejan una alta permeabilidad del basalto, mientras que el bajo rendimiento del pozo PGB-13 (2.4 lps/m) indica una pobre capacidad

transmisora, a pesar de que el pozo capta más de 200 metros de intercalaciones de derrames basálticos y materiales granulares.

### **Acuífero Inferior**

La distribución de transmisividades de este acuífero es prácticamente desconocida, ya que sólo se dispone de los resultados de la prueba de bombeo realizada en el pozo PGB-6 y su pozo de observación PGO-6. El coeficiente de transmisividad deducido de esta prueba tiene un valor de  $2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  y el caudal específico fue de 112.4 lps/m; el pozo capta 180 metros de arenas con intercalaciones arcillosas.

De acuerdo con la escasa información geológica disponible, este acuífero tiene un espesor medio de unos 200 metros, y está constituido por materiales aluviales: arenas, gravas y arcillas, intercaladas con areniscas y conglomerados, decreciendo el tamaño de los clásticos hacia la costa. Por consiguiente, es lógico suponer que la transmisividad decrece también en ese sentido, y que el coeficiente de transmisividad deducido en el pozo PGB-6, ubicado en la porción alta de este acuífero, es representativo del orden de magnitud de las mayores transmisividades del mismo.

### **4.2 Piezometría**

Del inventario de aprovechamientos hidráulicos subterráneos, registrados en el Padrón de Usuarios del Distrito de Riego 084, se tiene información de la profundidad de los niveles estáticos a partir de 1957 a la fecha 1998. En el año de 1957, los niveles estáticos se encontraban entre 15 y 80 m de profundidad en el área de riego, aumentando gradualmente de la costa hacia aguas arriba. En ese tiempo ya se reflejaban los efectos del bombeo en la porción central del área de riego; no obstante, en términos generales, se obtuvo una idea aproximada de la profundidad a que se encontraban los niveles estáticos en condiciones naturales.

La información piezométrica de Octubre de 1975 en el área de riego, varían entre 25 y 90 metros, evidenciando la influencia de la explotación: en la porción central del área cubierta por los pozos, los niveles estáticos se encuentran a profundidades entre 40 y 85 metros, donde en 1957 se encontraban entre 30 y 60 metros, claramente se manifiesta el efecto del descenso de los niveles en el acuífero, producto de la sobreexplotación del recurso.

### **4.3 Comportamiento hidráulico**

La evolución de los niveles estáticos, claramente refleja un descenso pronunciado en

el período observado. De los niveles medidos en el año de 1967 y 1975 plasmados en planos con la configuración de curvas de igual profundidad de niveles, muestran un abatimiento de éstos de - 5 a - 25 m, observando una fuerte depresión en la zona de Maytoarena y los de menor magnitud, hacia la parte alta del valle.

En la zona de Cruz de Piedra (acuífero basáltico), la evolución es menos intensa, de entre -3 y -5 m en el período analizado.

El comportamiento de los niveles estáticos en los 6 años analizados, corresponde a un promedio de 0.9 y 4.0 m de abatimiento anual. El descenso sigue una tendencia similar a la posición de los niveles, es decir, es mayor en la parte central del valle donde la concentración de pozos aumenta y disminuye hacia la porción del Bordo de Ortiz, en la parte alta del acuífero.

Aún con las medidas de reducción en las extracciones efectuadas en los 10 años del programa, los abatimientos se siguen registrando a un ritmo de entre - 0.5 y - 3.0 m por año. En las lecturas correspondientes a la evolución de 1997 y 1998, se observa una zona de mayor depresión en la región del ejido Santa María, donde las curvas de igual evolución alcanzan valores de -3.0 m y en la zona de Maytoarena de hasta -2.0 m.

Tomando como base la información de la elevación de los niveles estáticos inferidos para el año de 1950, donde se indica que en la zona de Maytoarena, los niveles se registraban a la profundidad de + 10 m y en el año de 1998, la posición de los mismos se registra a - 50 m, claramente se manifiesta un abatimiento máximo en los niveles estáticos de 60 m, en un lapso de 48 años.

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

Basándose en información proporcionada por la Subgerencia de Administración del Agua y el Registro Público de Derechos de agua REPDA, en el acuífero Valle de Guaymas, se tiene un total de 563 aprovechamientos, de los cuales 498 aprovechamientos cuentan con título de concesión inscritos en el REPDA, 1 en trámite de Registro y 64 en proceso de Regularización.

De los 498 inscritos, 172 corresponden a usos agrícolas y amparados mediante Título de concesión expedido por la Comisión Nacional del Agua en forma individual con un volumen global de 101.872 millones de m<sup>3</sup> anuales, 25 son de uso múltiple con un

volumen de 0.576 millones de m<sup>3</sup>, 36 se destinan a usos pecuarios con un volumen de 0.329 millones de m<sup>3</sup>, 264 corresponden al Público Urbano con un volumen de 6.0 millones de m<sup>3</sup> de las comunidades rurales 4.7 millones de m<sup>3</sup> de la captación Boca Abierta para las ciudades de Guaymas y Empalme y 1 para servicios con un volumen de 0.0002 millones de m<sup>3</sup>.

El único pozo en trámite de registro es de uso agrícola con 0.500 millones de m<sup>3</sup>, en tanto que los 64 pozos en proceso de regularización incluyen un volumen adicional de 8.0 millones de m<sup>3</sup>.

En resumen, el volumen global comprometido de extracción es de 122.127 millones de m<sup>3</sup>.

## **6. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga) y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero en el periodo de tiempo establecido. La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

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

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:

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

### **6.1 ENTRADAS**

#### **6.1.1. Recarga**

La recarga natural se calculó basándose en las entradas y salidas naturales en el acuífero, mediante la aplicación de la ecuación de Balance de Agua Subterránea.

En condiciones naturales, la recarga del acuífero Valle de Guaymas era generada, principalmente, por infiltración de los escurrimientos superficiales en los bordes del valle; probablemente, la alimentación más importante se generaba en la parte alta del

mismo, donde la precipitación pluvial y, en consecuencia, los escurrimientos superficiales son más abundantes. Se cree que el agua de lluvia precipitada sobre la superficie del valle, no constituye una fuente importante de recarga; en primer lugar, por la reducida precipitación pluvial (menor de 250 mm por año); En segundo, por la elevada evaporación potencial (mayor de 2,000 mm por año), y en tercero, porque la profundidad de los niveles del agua era superior a los 15 metros en la mayor parte del valle.

Con base en los términos de la ecuación de Balance de Agua Subterránea, y aplicados a este acuífero, se obtuvo que el volumen de Recarga natural es de unos 10 millones de m<sup>3</sup>

La recarga inducida producto de los retornos del riego es del orden de unos 40 millones de m<sup>3</sup> anuales, equivalente al 25% del volumen extraído en el año del análisis, tomando en cuenta que el volumen total de extracción es de 160 millones de m<sup>3</sup>, en el año de 1975.

Por lo tanto, el volumen por este concepto, está en función del volumen de extracción anual. Al iniciarse el bombeo y propiciarse el vaciado gradual del almacenamiento, provocó que el acuífero inferior, aporte un volumen de unos 20 millones de m<sup>3</sup> anuales, con lo cual se concluye que la **recarga total es 100 hm<sup>3</sup>**.

### **6.1.2. Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh).**

Del análisis y cálculos efectuados se obtiene que la recarga por flujo horizontal es de **30 millones de m<sup>3</sup> anuales**, los cuales provienen del almacenamiento del acuífero fuera del área de Balance, principalmente de la parte alta del valle.

## **6.2. SALIDAS**

### **6.2.1. Extracción por bombeo (B)**

La operación de pozos para usos agrícolas es la principal descarga actual del acuífero. El volumen que anualmente se extrae por bombeo es medido a través de los pocos medidores en buenas condiciones que se encuentran instalados en las descargas de los pozos y por medio de métodos indirectos como consumos de energía eléctrica, usos consuntivos de plantas y permisos de siembra anual para los diversos cultivos en la región. El volumen que se extrae actualmente es de 128.26 millones de m<sup>3</sup>, en el ciclo 1998-1999, para uso público urbano, se extrae un volumen de 10.74 millones de m<sup>3</sup>, más

1.0 millón de m<sup>3</sup> para usos múltiples y pecuarios, por lo que la extracción total es de **140.0 millones de m<sup>3</sup> anuales.**

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

La descarga por flujo subterráneo en condiciones iniciales, el acuífero descargaba en el Golfo de California un volumen de 10 millones de m<sup>3</sup> en promedio anual. Con la operación intensiva de los pozos agrícolas, este volumen dejó de fluir al mar, convirtiéndose en parte de la descarga por bombeo.

### 6.3 Cambio de almacenamiento ( $\Delta V_S$ )

Empleando la ecuación de Balance para determinar los volúmenes de entradas y salidas, así como el cambio de almacenamiento, el análisis arroja como resultado un volumen de **- 40.0 millones de m<sup>3</sup>.**

## 7 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:

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

Donde:

DMA = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero

R = Recarga total media anual

DNC = Descarga natural comprometida

VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

### 7.1 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 **100 hm<sup>3</sup>/año.**



## 7.2 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. Para el acuífero Valle de Guaymas, en el Estado de Sonora, no existe una descarga natural comprometida.

**DNC=0 hm<sup>3</sup>/año.**

## 7.3 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.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **111,351,000 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 **20 de febrero del 2020**.

## 7.4 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= \text{R} - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 100.0 - 0.0 - 111.351000 \\ \text{DMA} &= -11.351000 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **11,351,000 m<sup>3</sup> anuales** que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.