



**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**

**GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO CABO SAN LUCAS (0317), ESTADO DE  
BAJA CALIFORNIA SUR**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
Antecedentes.....	2
1.1 Localización .....	2
1.2 Situación administrativa del acuífero .....	4
<b>2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD .....</b>	<b>4</b>
<b>3. FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>6</b>
3.1 Provincia fisiográfica .....	6
3.2 Clima .....	7
3.3 Hidrografía.....	8
3.4 Geomorfología.....	8
<b>4. GEOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
4.1 Estratigrafía .....	12
4.2 Geología estructural .....	13
4.3 Geología del subsuelo.....	14
<b>5. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
5.1 Tipo de acuífero.....	14
5.2 Parámetros hidráulicos .....	15
5.3 Piezometría.....	15
5.4 Comportamiento hidráulico.....	15
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	15
5.4.2 Elevación del nivel estático.....	16
5.4.3 Evolución del nivel estático .....	17
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea .....	18
<b>6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA .....</b>	<b>19</b>
<b>7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>19</b>
7.1 Entradas.....	20
7.1.1 Recarga vertical (Rv).....	20
7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh).....	21
7.2 Salidas .....	22
7.2.1 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh) .....	22
7.2.2 Evapotranspiración (ETR).....	23
7.2.3 Bombeo (B).....	25
7.3 Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$ .....	25
<b>8. DISPONIBILIDAD .....</b>	<b>25</b>
8.1 Recarga total media anual (R).....	26
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	26
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	26
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	27
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>28</b>

## **1. GENERALIDADES**

### **Antecedentes**

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, en el caso de las aguas subterráneas esto debe ser por acuífero, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la “NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”. Esta norma ha sido preparada por un grupo de especialistas de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, gobiernos estatales y municipales y de la CONAGUA.

La NOM establece para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas la realización de un balance de las mismas donde se defina de manera precisa la recarga, de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

Los resultados técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información, se especifique claramente el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar.

La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, transparentar la administración del recurso, planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

### **1.1 Localización**

El acuífero Cabo San Lucas, definido con la clave 0317 por la Comisión Nacional del Agua, se ubica en la porción sur del estado de Baja California Sur, entre los paralelos 22° 52' y 23° 07' de latitud norte y los meridianos 109° 42' y 110° 05' de longitud oeste; abarcando una superficie de 515 km<sup>2</sup> (figura 1). Limita al norte con los acuíferos San José del Cabo y Migriño y al este, sur y oeste con el Océano Pacífico. Geopolíticamente se encuentra ubicado en su totalidad en el municipio de Los Cabos.



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 geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 0317 CABO SAN LUCAS							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	109	58	57.5	23	0	27.7	
2	109	54	37.9	23	6	22.0	
3	109	49	9.5	23	4	54.3	
4	109	47	41.1	23	3	55.9	
5	109	42	50.5	23	1	38.3	DEL 5 AL 6 POR LA LINEA DE BAJ AMAR A LO LARGO DE LA COSTA
6	110	4	22.2	22	58	24.7	
1	109	58	57.5	23	0	27.7	

## 1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero, pertenece al Organismo de Cuenca I “Península de Baja California” y es jurisdicción territorial de la Dirección Local en Baja California Sur. Su territorio se encuentra sujeto a las disposiciones del *Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la región meridional del territorio sur de Baja California*, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 06 de julio de 1954. Esta veda se clasifica como tipo III, que permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1. El uso principal del agua subterránea es para brindar servicios. En el acuífero no existe Distrito o Unidad de Riego alguna, ni se ha constituido a la fecha Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

## 2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En la superficie que comprende el acuífero se ha realizado algunos estudios hidrogeológicos de evaluación, además de otros en las cercanías del mismo, entre los más importantes se mencionan los siguientes:

**CENSO 2007. REALIZADO POR LA RESIDENCIA TÉCNICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, BCS, COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA), EN DICIEMBRE DE 2007.** Los objetivos del censo fue el cuantificar los aprovechamientos de agua subterránea en la zona del acuífero y sus principales características.

La información recabada en el censo está organizada en una tabla con los siguientes datos por aprovechamiento: usuario, fecha, coordenadas geográficas y UTM, características del medidor de flujo, condición del aprovechamiento (activo e inactivo), elevación de brocal, profundidad del nivel estático y carga hidráulica. Los aprovechamientos registrados fueron 68, no se distinguen entre norias y pozos, las profundidades del nivel estático varía de 0.59 a 27m.

**CENSO 2009. REALIZADO POR LA RESIDENCIA TÉCNICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, BCS, COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA), EN DICIEMBRE DE 2009.** Los objetivos del censo fue el cuantificar los aprovechamientos de agua subterránea en la zona del acuífero y recopilar sus principales características.

La información que se recabo en el censo es: usuario, fecha, coordenadas (estas se presentaron para algunos aprovechamientos en geográficas, UTM y en algunas ocasiones no se registraron), elevación de brocal, profundidad total, diámetro de perforación, diámetro de ademe, diámetros de succión y descarga, tipo de bomba y motor, profundidad del nivel estático o dinámico según sea el caso, características del medidor de flujo, condición del aprovechamiento (activo e inactivo) y uso. En el censo se recabo información de 51 aprovechamientos, de los cuales la profundidad del nivel estático varía de 0.7 a 22.6 m.

**REACTIVACIÓN DE REDES DE MONITOREO PIEZOMÉTRICO DE LOS ACUÍFEROS CABO PULMO, CABO SAN LUCAS, MEZQUITAL SECO, LA PURÍSIMA, SANTA ÁGUEDA Y SANTA ROSALÍA, B.C.S. Elaborado por la empresa Sanx, Ingeniería Integral, S.A. de C.V., en 2010.** El objetivo de este tipo de estudios es establecer una red de pozos de monitoreo para la medición sistemática de los niveles del agua subterránea. Incluye actividades de censo de aprovechamientos, piezometría y nivelación de brocales.

**ESTUDIO PARA DETERMINAR DISPONIBILIDAD DE LOS ACUÍFEROS LA PURÍSIMA, MEZQUITAL SECO, CABO SAN LUCAS, CABO PULMO, SAN BARTOLO, SANTA ÁGUEDA Y SANTA ROSALÍA, EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR. ELABORADO POR LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ, PARA LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, EN 2010.** Este estudio tuvo como objetivo general el conocimiento de las condiciones geohidrológicas de los acuíferos mediante el diagnóstico el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea, para contar con información necesaria que permita calcular su recarga y determinar la disponibilidad media anual de agua subterránea.

Mediante la realización de actividades de campo que incluyeron censo de aprovechamientos, piezometría, hidrometría de las extracciones, realización de pruebas de bombeo, nivelación de brocales de pozos y reconocimientos geológicos, fue posible plantear el balance de aguas subterráneas para calcular la recarga total media anual.

Estos dos estudios fueron la base para la elaboración del presente documento, por lo que sus resultados y conclusiones se analizan en los apartados correspondientes.

### **3. FISIOGRAFÍA**

#### **3.1 Provincia fisiográfica**

De acuerdo con la clasificación de Provincias Fisiográficas del INEGI (1997), la superficie cubierta por el acuífero se ubica en la Provincia Fisiográfica *Baja California*, dentro de la Discontinuidad del Cabo.

Se encuentra ubicada al noroeste de la República Mexicana, se extiende a lo largo de 1,333 km, con rumbo noroeste-sureste. Las mayores elevaciones, de 2000 a 3000 msnm, se encuentran en las sierras de la porción norte.

La Discontinuidad del Cabo se extiende al sur del Trópico de Cáncer y es la parte final de la provincia, ocupando un área de 7,612 km<sup>2</sup> que corresponde al 9.79% de la superficie estatal.

Se caracteriza por un conjunto de sierras que se orientan, a diferencia de la subprovincia Sierra de La Giganta, de norte a sur, desde el costado oriental de la Bahía de La Paz hasta cerca de Cabo San Lucas. Movimientos epirogenéticos relacionados a la apertura del golfo han permitido el desarrollo de estructuras tectónicas relativamente recientes que son las responsables de las características geomorfotectónicas del actual bloque de Los Cabos.

Las características dominantes en el área del acuífero es una zona alta, una media o de transición y la zona costera. La primera se localizada en la zona Norte del acuífero, con altitudes que varían entre 300 a 1,000 msnm, en esta se localizan elevaciones importantes tales como El Cerro La Calavera (1,200 msnm), Cerro El Zorrillo (940 msnm), Cerro El Cenicero (1,000 msnm) y Cerro El Alamito (760 msnm) compuestos de rocas ígneas intrusivas, las cuales delimitan topográficamente la cuenca superficial que recarga directamente al acuífero; en la misma porción norte pero al centro se localizan cerros de menor elevación como: Cerro La Chinche (900 msnm) y Cerro Los Copales (360 msnm); finalizando estas elevaciones inmediatamente después se localiza la zona media o de transición donde las pendientes cambian de fuertes a medias; la zona costa se extiende sobre el margen del límite inferior del acuífero el cual colinda con el océano pacifico, en esta se presentan elevaciones cercanas a la zona urbana de Cabo San Lucas, como Cerro Colorado (180 msnm), Cerro Prieto (240), Cerro El Rodadero (140 msnm) y El Arco (140 msnm).

### **3.2 Clima**

Con base en los datos históricos de precipitación, temperatura y evaporación potencial de las estaciones climatológicas que se ubican en esta porción de la península de Baja California, y con apoyo en la carta de climas, de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por E. García para nuestro país, se determina que en la región prevalece grupo de clima árido (B).

De acuerdo a la elevación topográfica de la zona, se presentan variantes en franjas paralelas orientadas en sentido norte sur: En las partes topográficamente más bajas cercanas a la línea de costa el clima es de tipo BW(h')w muy árido cálido, con régimen de lluvias en verano, en el que la precipitación invernal es del 5% al 10.2% del total de la lluvia anual, temperatura media anual mayor a 22°C y la temperatura máxima del mes más frío mayor a los 18 °C.

En la porción central es de tipo BSohw árido semicálido con temperaturas entre 18 y 22°C, temperatura del mes más cálido mayor de 22°C y régimen de lluvias en verano con porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual. Por último en la sierra predominan los climas BS1kw semiárido templado y C(wo) templado; el primera de ellos presenta temperatura media anual entre 12 y 18°C, la temperatura del mes más cálido menor de 22°C, con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual, el clima se presenta en una pequeña porción del acuífero en la zona norte, donde las elevaciones varían de 280 a 500 msnm; mientras que el segundo se caracteriza por presentar una temperatura media anual entre 12 y 18°C, la temperatura del mes más frío se presenta en el intervalo de -3 y 18°C, por lo contrario la del mes más cálido se presenta por debajo de los 22°C, la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm, lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5 al 10.25% del total anual. Para la determinación de las variables climatológicas se cuenta con información de dos estaciones que tienen influencia en el área del acuífero: Cabo San Lucas y San José del Cabo, cuyo registro comprende los periodos 1937-2007 y 1926-2007, respectivamente.

De acuerdo con estos datos, se determinaron valores promedio anuales de precipitación y temperatura de 205.0 mm, 24 °C y de 211.4 mm, 23.7 °C, respectivamente. De igual manera, con respecto a la evaporación potencial, se obtuvo un valor de 2,351.00 y 1,968.03 mm anuales.

La región se caracteriza por presentar periodos prolongados de sequía, que eventualmente son interrumpidos por la incidencia de tormentas tropicales y huracanes. Aunque el valor de la precipitación pluvial media anual es muy bajo, las lluvias de temporada y la presencia ocasional de fenómenos ciclónicos, tienen un efecto importante sobre la recarga al acuífero.

### **3.3 Hidrografía**

El acuífero se localiza dentro de la Región Hidrológica 2 Baja California Centro-Oeste (Vizcaíno), cuenca de San Lucas y porciones de las de San José del Cabo y Migriño. Debido al clima desértico, los principales escurrimientos de la región son de régimen intermitente, entre los cuales se encuentran los arroyos: El Salto, El Tule, El Alamito, Cerro Blanco, San Cristóbal, Los Arcos y El Mangle; sólo conducen agua durante las esporádicas lluvias torrenciales como las causadas por huracanes. La red de drenaje presenta un patrón dendrítico.

La cuenca hidrológica San Lucas tiene una superficie de aportación de 275.1 km<sup>2</sup>, se encuentra delimitada al norte y al oeste por la cuenca hidrológica Migriño, al este por la cuenca hidrológica San José del Cabo, y al sur por el Océano Pacífico. El volumen disponible a la salida es de 5.622 Mm<sup>3</sup>.

La cuenca hidrológica San José del Cabo, tiene un área de influencia de 1,649.5 km<sup>2</sup> y se encuentra delimitada al norte por la cuenca hidrológica Santiago, al este por la cuenca Cabo Pulmo, al sur por el Océano Pacífico, y al oeste por las cuencas Pescaderos, Plutarco E. Calles, Migriño y San Lucas; la cuenca hidrológica Migriño tiene una superficie de aportación de 302.3 km<sup>2</sup>, se encuentra delimitada al norte por la cuenca hidrológica Plutarco E. Calles, al este por las cuencas hidrológicas San Lucas y San José del Cabo, y al sur y al oeste por el Océano Pacífico (DOF, 2007).

En la zona no existen estaciones hidrométricas ni tampoco infraestructura hidráulica para el almacenamiento y control de las corrientes superficiales.

### **3.4 Geomorfología**

La geomorfología regional del bloque de Los Cabos está dominada por geformas tectónicas que difieren marcadamente con la provincia geomorfológica del centro del área peninsular. El bloque de Los Cabos está constituido por una cordillera central montañosa con orientación N-S, la cual forma el espinazo de la región.

La cordillera, como se observa en varios lugares está limitada en sus flancos por márgenes rectilíneos que sugieren la presencia de fallas de alto ángulo de las cuales se infiere un gran desplazamiento, desarrollando un paisaje geomorfológico de bloque fallado.

#### **4. GEOLOGÍA**

Dentro del contexto geológico regional, el área de este acuífero se encuentra sobre una región cuya historia geológica inicia en el Cretácico Inferior, tiempo en el cual ocurrió el emplazamiento de cuerpos intrusivos de características batolíticas de composición granítica, a lo largo de la franja costera de Sonora hasta Jalisco, en donde estas rocas se consideran asociadas a un ambiente de subducción arco-trincheras, en este tiempo la Baja California se encontraba unida a territorio mexicano y su separación ocurrió en el Mioceno, que llevó consigo la formación del Golfo de California. Afloran en forma discontinua, rocas graníticas con gran cantidad de feldespato alcalino, también se pueden encontrar diques de diversa composición principalmente son félsicos con espesores de varios metros cuya edad corresponde al Cretácico Superior.

La unidad litológica más antigua son rocas metamórficas, incluyendo principalmente esquisto de biotita y gneis anfíbolítico (K<sub>1</sub> (?)E-Gn). Estas rocas afloran como remanentes metasedimentarios o posiblemente techos colgantes en diferentes partes de la zona (Carta Geológico-Minera F12-B54 “Cabo San Lucas” Esc. 1:50 000, SGM 1996), aunque solamente son cartografiables en el área de Cabo San Lucas. En su mayoría estas rocas metamórficas tienen una probable edad del Cretácico Inferior. Probablemente los protolitos de estas rocas metamórficas fueron depósitos siliciclásticos (lodolitas y areniscas) de cuencas marinas, de edad incierta, sin embargo, una edad del Cretácico Inferior parece lo más probable. La edad del metamorfismo principal probablemente es del Cretácico temprano (Schaaf et al., 2000), formando sin, o casi sintectónicamente, la roca metamórfica de caja para las primeras rocas intrusivas.

No obstante, parece posible que por lo menos gran parte de las rocas metasedimentarias habían alcanzado cierto grado de metamorfismo antes del emplazamiento de las rocas intrusivas. La mayor parte de las rocas metamórficas se distribuye en afloramientos en la ciudad de Cabo San Lucas. Los afloramientos en su mayor parte son cortes artificiales, creados por la construcción de calles y edificios.

No se observan yacimientos minerales relacionados con las rocas metamórficas. Las rocas tampoco tienen las características adecuadas para ser usadas como roca dimensionable.

De las unidades de rocas intrusivas, la más antigua es una unidad de tonalita (KiTn), la cual se distribuye principalmente en la parte occidental de la zona (tonalita San Vicente, según su localidad tipo en la carta San José del Cabo). La roca es de color gris a gris claro, generalmente de textura fanerítica mediana-gruesa y notoriamente contiene abundantes enclaves oscuros. No se observa foliación. Mineralógicamente la roca está compuesta por cuarzo, plagioclasa, biotita y hornblenda. Su edad se estima del Cretácico Inferior.

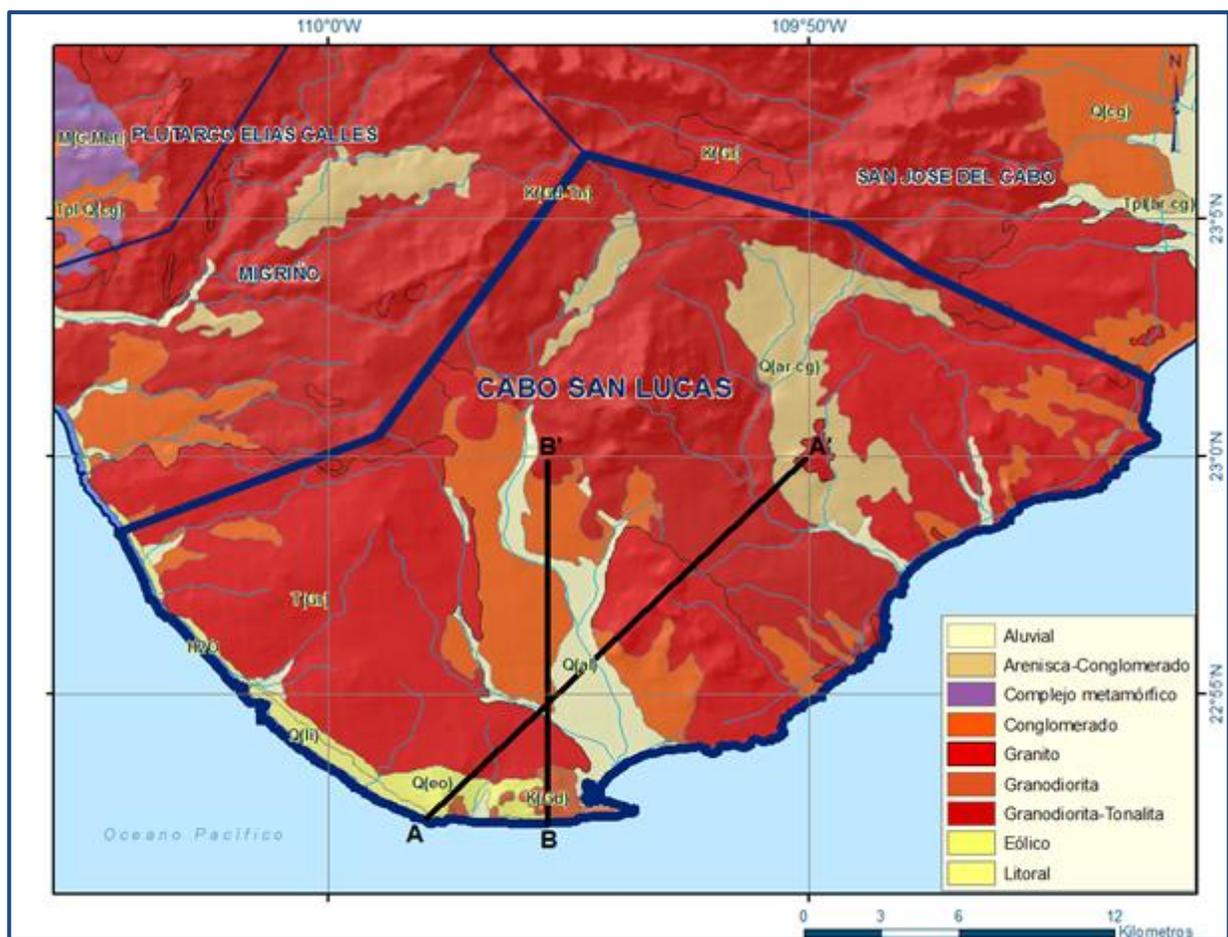


Figura 2. Geología general del acuífero

Rocas granodioríticas (KsGd), están en contacto con la tonalita San Vicente, intrusionando la primera.

Esta unidad aflora en gran parte del área del acuífero y se le asigna el nombre de granodiorita San Carlos (según el rancho del mismo nombre en la carta San José del Cabo). Son rocas de color claro (más claro que la tonalita San Vicente) y de textura fanerítica mediana-gruesa. Los enclaves son prácticamente ausentes y escasamente se observa foliación magmática. Mineralógicamente la roca está compuesta principalmente por cuarzo y plagioclasa, además de poco feldespato alcalino, biotita y hornblenda. Se estima una edad del Cretácico Superior. En otra zona la granodiorita aflora en un pedimento disectado y en consecuencia está profundamente intemperizada. Hacia el sureste el pedimento sucesivamente se encuentra cubierto por depósitos jóvenes de terrazas pleistocénicas.

A lo largo de la costa entre Cabo San Lucas y San José del Cabo afloran, de manera discontinua, rocas de composición granítica (granito Santa María) (KsGr), con una coloración rosada clara debido a su marcado contenido de feldespato alcalino. Generalmente presentan una textura fanerítica mediana a gruesa, aunque en la zona de Cabo San Lucas (cerro La Cruz hasta Cabo Falso) también se observa pórfido granítico con textura vítrea porfirítica. Mineralógicamente la unidad se compone de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, poca biotita y hornblenda.

Las relaciones de campo dejan ver que son más jóvenes que las demás rocas intrusivas, en el área de Cabo San Lucas se interpretan como apófisis formados en un nivel relativamente somero en la corteza, y se les asigna una edad del Cretácico Superior.

Son comunes los diques de composición félsica (granítica, aplítica y pórfidos graníticos) y andesítica-microdiorítica. Los diques se encuentran en toda el área donde afloran rocas intrusivas, con rumbos variables. Pueden alcanzar espesores de varios metros. La mayoría de los diques en la zona probablemente tienen una edad de Cretácico Superior; algunos diques andesíticos posiblemente son del Terciario. En general, las rocas metamórficas e intrusivas están genéticamente relacionadas con el arco magmático existente en el noroeste de México desde el Cretácico hasta el Terciario. En el área del acuífero no se registran rocas del Terciario (con la posible excepción de algunos diques). La siguiente unidad está compuesta por arenisca y conglomerado polimíctico (QptAr-Cgp). El sedimento casi exclusivamente es de origen intrusivo, con una porción pequeña de materiales metamórficos. La unidad aflora principalmente en mesetas disectadas y no disectadas y lomas.

Son depósitos terrestres de origen fluvial con una probable edad del Pleistoceno. En los arroyos (especialmente en los arroyos El Salto y El Tule) se encuentra arena y grava no consolidadas (Qhoal), en su mayor parte de origen intrusivo y muy poco de origen metamórfico. En gran parte de la costa se extiende una amplia playa arenosa (Qholi) y también dunas eólicas (Qhoeo). El campo de dunas más grande se ubica al noroeste de Cabo Falso.

#### **4.1 Estratigrafía**

La geología general del acuífero la conforman 4 unidades litológicas, las cuales tienen un alcance estratigráfico que va del Cretácico Inferior al Holoceno. Se describen a continuación las distintas unidades, de la más antigua a la más reciente:

##### **Cretácico Superior Granito (KsGr)**

Corresponde a una secuencia de rocas de composición granítica que se encuentran aflorando ampliamente en el área del acuífero, principalmente en la zona norte. Las rocas son de color rosa con manchas oscuras, presenta una textura holocristalina, con cristales de cuarzo, feldespatos (que le dan el color rosa a la roca) y hornblenda y biotita como minerales accesorios; la roca presenta una estructura compacta y masiva, sin embargo en las inmediaciones presentan un ligero fracturamiento. Se encuentran subyaciendo de manera discordante a los materiales sedimentarios de origen continental, en tanto que su base no se observa. De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano, los técnicos de esta institución la ubican en el Cretácico Superior.

##### **Areniscas- Limolitas del Holoceno (Qhoar-Im)**

Esta unidad corresponde a la serie de sedimentos clásticos de ambiente continental, que afloran en las zonas centro y suroeste del área de estudio, está constituida por areniscas, conglomerados y limolitas. Sobreyace de manera discordante al cuerpo de composición granítica del Cretácico superior. La edad correspondiente a esta formación es del Holoceno.

##### **Sedimentos de Litoral (Qholi)**

Esta unidad se encuentra aflorando en el litoral del área de estudio. Está constituida por sedimentos de ambiente mixto que son depositados como producto del oleaje efectuado por el mar. La edad correspondiente de esta unidad es del holoceno, siendo contemporáneo al aluvión.

### **Sedimentos Aluviales (Qhoal)**

Se designa con este término a la serie de sedimentos continentales depositados en los cauces de los arroyos principales o bien rellenando la parte baja de algunas planicies aluviales.

La conforman interdigitaciones de arenas, limos y gravas de espesores variables, las cuales se encuentran cubriendo discordantemente a las rocas previamente formadas en el Cretácico.

### **4.2 Geología estructural**

El área de estudio ha sido afectada por esfuerzos de tipo distensivo y transtensivos, derivados de la apertura del Golfo de California, en donde este tipo de esfuerzos generó un patrón de lineamientos asociados con fracturas principalmente que presentan dos orientaciones, un sentido NW-SE y la otra de NE-SW, las cuales han contribuido al desarrollo de un drenaje rectangular en algunas áreas de la zona de estudio. Se piensa que estos lineamientos suelen configurar zonas que pueden llegar a tener un comportamiento hidrogeológico de barrera-conducto.

Otros sistemas de fallas tienen rumbos hacia el NNE y WNW. Las estructuras más importantes en la zona son la falla El Tiburón (falla inferida) y la falla Boruca, la cual se observa cerca de la carretera. Las fallas probablemente se formaron durante el Terciario.

Actualmente, la tectónica de la región sur de la península de Baja California está determinada por su desplazamiento hacia el NW, en sentido lateral derecho, con respecto a México continental. Este desplazamiento ocurre a través del sistema de dorsales cortas conectadas por fallas transformes del golfo y, en menor grado, por deslizamiento a través del sistema de falla lateral derecho Tosco-Abreojos.

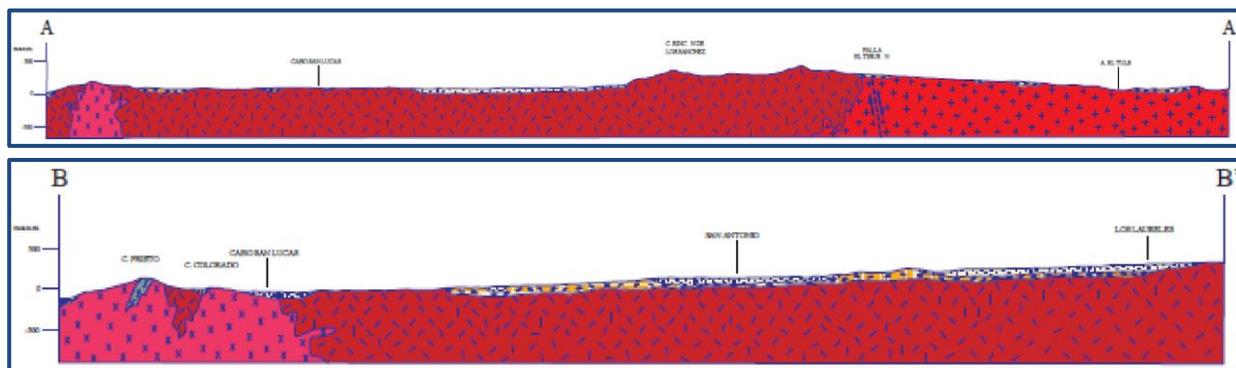
El desplazamiento de la península ha generado una zona de extensión cortical alrededor del golfo de California, conocida como Provincia Extensional del Golfo (Stock y Hodges, 1989), la cual comprende los bordes del actual golfo de California.

La totalidad de la región comprendida en la carta Cabo San Lucas se encuentra sujeta a los procesos que ocurren aquí, caracterizados por desplazamientos en fallas normales de alto ángulo, que producen cuencas y sierras.

### 4.3 Geología del subsuelo

Una interpretación del subsuelo del área se muestra en la figura 3, en donde se muestran 2 secciones estructurales orientadas SW-NE y N-S, muestran cómo el cuerpo intrusivo granítico constituye el basamento de la secuencia continental tanto de abanicos aluviales como de sedimentos aluviales.

Las rocas graníticas se encuentran distribuidas tanto en superficie como en subsuelo a lo largo de la sección y se encuentran afectadas por una fractura y una serie de diques de composición dacítico, pegmatítico y andesítico en la parte noreste de la sección, el espesor de dichos diques van de 200 m hasta 450 m, a la vez que subyacen a las areniscas y limos que sobreyacen a los sedimentos aluviales, los cuales presentan espesores de 10 a 50 m.



Fuente: Carta Geológica-Minera F12-B54 "Cabo San Lucas" Esc. 1:50 000 (SGM, 1996)

Figura 3. Secciones geológicas esquemáticas

## 5. HIDROGEOLOGÍA

### 5.1 Tipo de acuífero

Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas, permiten definir la presencia de un acuífero de **tipo libre** heterogéneo, tanto en sentido horizontal como vertical, constituido por sedimentos aluviales, fluviales y eólicos depositados tanto en los subálveos de los arroyos como en la planicie costera.

## **5.2 Parámetros hidráulicos**

Como parte de las actividades del estudio realizado en 2010, se ejecutaron cuatro pruebas de bombeo de corta duración en etapa de abatimiento y recuperación.

De los resultados de su interpretación por métodos analíticos convencionales, se establece que los valores de transmisividad varían de **0.2315** a **23.1481**  $\times 10^{-3}$  **m<sup>2</sup>/s**, con un valor promedio de **11.9213**  $\times 10^{-3}$  **m<sup>2</sup>/s**, en tanto que los valores de conductividad hidráulica varían de **0.00001157** a **0.00115740** **m/s** con un valor promedio de **0.0006034** **m/s**.

Ninguna de las pruebas de bombeo contó con pozo de observación, por lo que no se pudieron obtener valores del coeficiente de almacenamiento.

## **5.3 Piezometría**

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea, se cuenta con la información recabada del periodo 2009-2010.

## **5.4 Comportamiento hidráulico**

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

La configuración de profundidad al nivel estático se muestra en la figura 4, la cual presenta valores que varían de 6.7 a 17.62 m, en la zona Cabo San Lucas; mientras que en la zona San Cristóbal las PNE oscilaron de 6.72-22.58 m; en la zona el Tule los valores oscilaron de 10.3 a 16.14 m.

Aumentando gradualmente de la zona costera hacia las estribaciones de las sierras que delimitan el acuífero, conforme se asciende topográficamente.

Los valores más someros se ubican en la parte baja (zona hotelera); en tanto que los más profundos se registran en los poblados El Tezal y Los Llanitos.

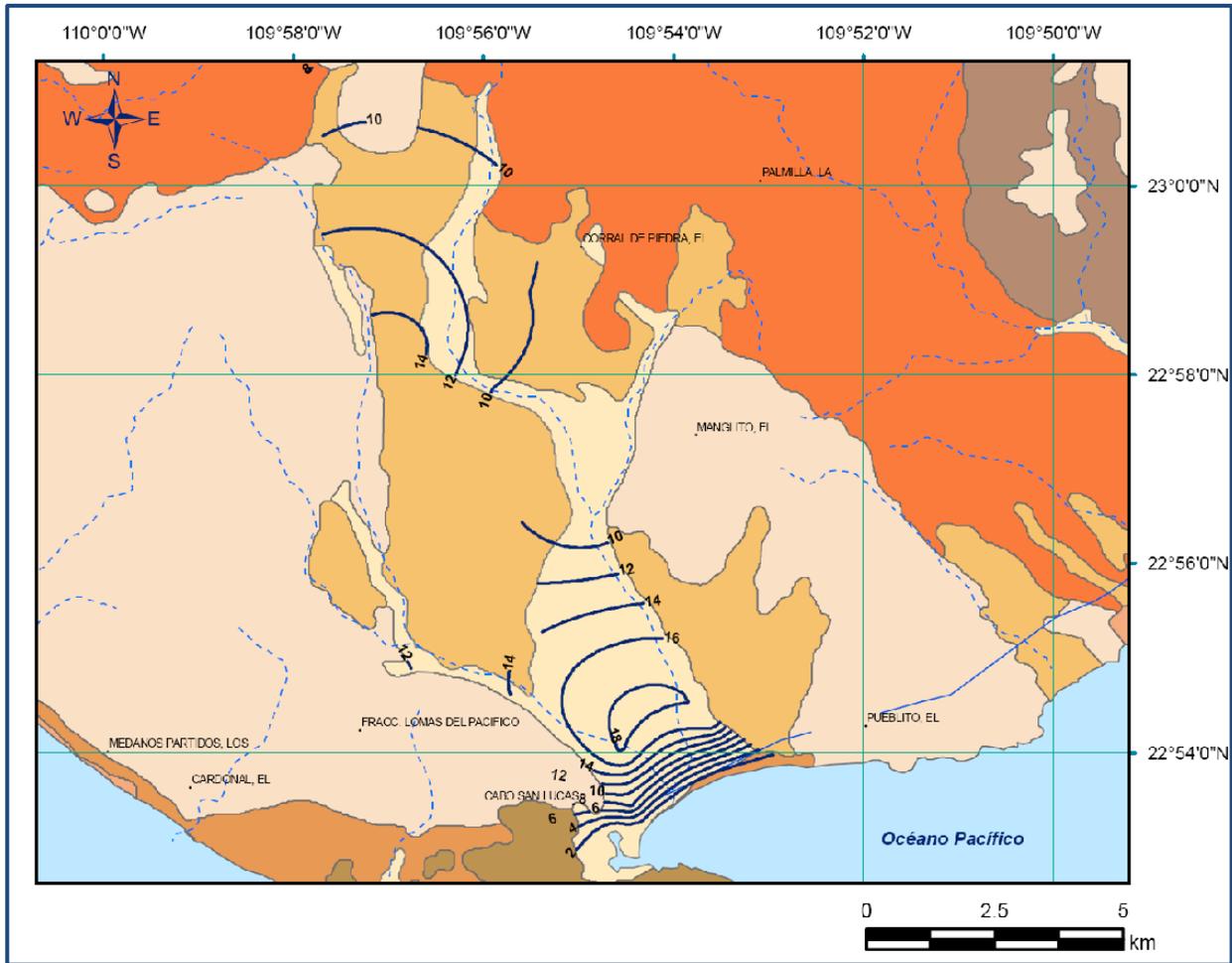


Figura 4. Profundidad al nivel estático en m (2010)

### 5.4.2 Elevación del nivel estático

En el año 2010 los valores de elevación del nivel estático presentan un ligero decremento que se ve reflejado en sus valores extremos, en zona Cabo San Lucas, la variable osciló de 1.22 a 373.16 msnm, para la zona San Cristóbal varía de 4.58 a 4.92 en sus dos aprovechamientos, mientras que en la zona El Tule fueron de 1.58 a 3.53 msnm (figura 5)

Los valores más bajos se localizan en la porción costa, desde donde se incrementan gradualmente por efecto de la topografía hacia la porción septentrional, mostrando de esta manera una dirección preferencial del flujo subterráneo de norte a sur en la zona Cabo San Lucas y de noroeste a sureste para El Tule; mientras que San Cristóbal va de noreste a suroeste.

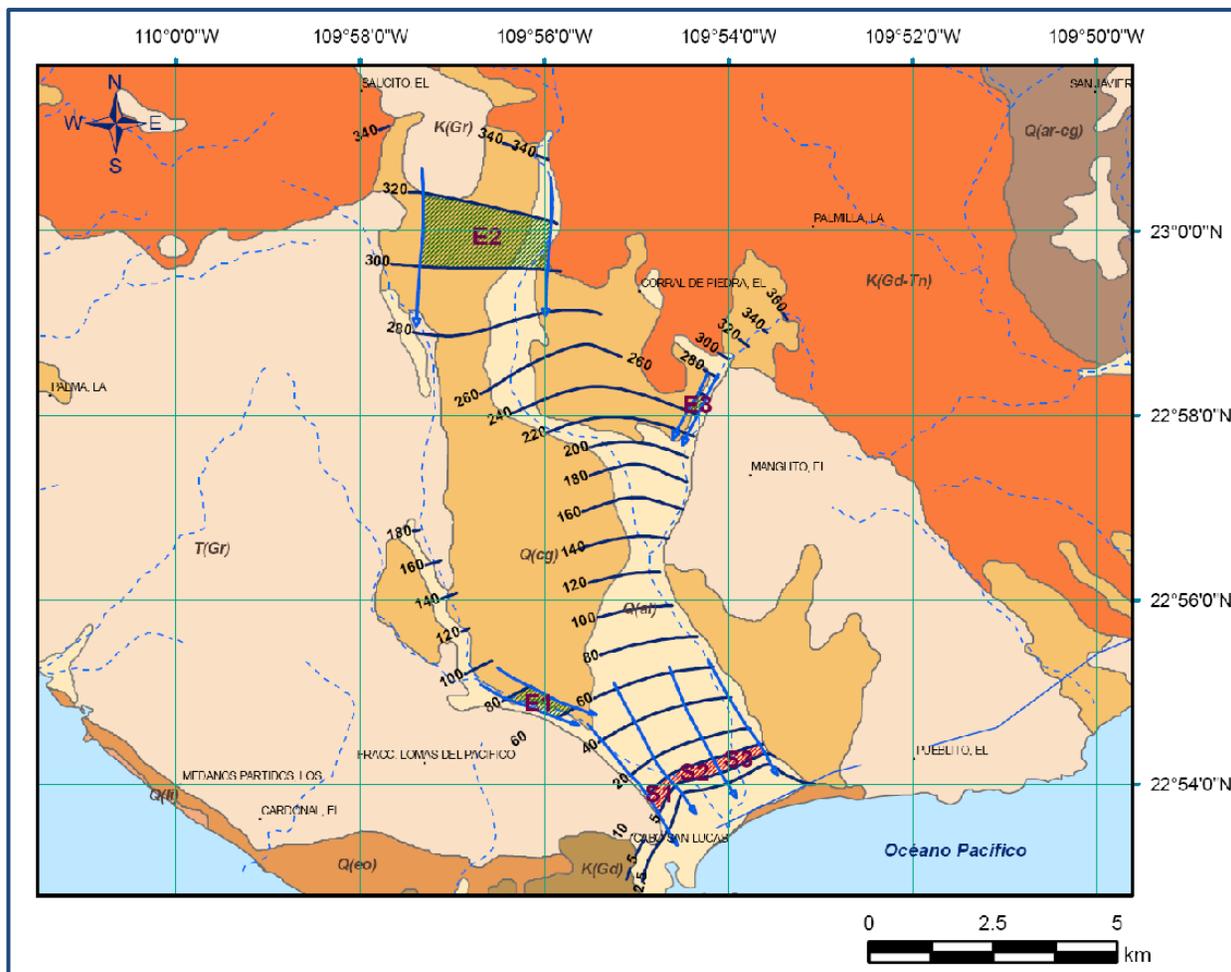


Figura 5. Elevación del nivel estático en msnm (2010)

### 5.4.3 Evolución del nivel estático

Las configuraciones de elevación del nivel estático no demuestran alteraciones del flujo natural del agua subterránea que indiquen la presencia de conos de abatimiento causados por la concentración de pozos.

En el periodo 2009-2010 las evoluciones negativas fueron sobresalientes en la zona de Cabo San Lucas con valores de -0.77 a 0.09, para la zona San Cristóbal las evoluciones desfavorables predominaron sin embargo se en el aprovechamiento 47 se registró una ligera evolución favorable de 0.04m, como se muestra en la figura 6 donde se puede apreciar de igual forma la evolución presentada en la zona el Tule, donde los valores evolución en los aprovechamientos fluctuaron de -0.48 a -1.19m.

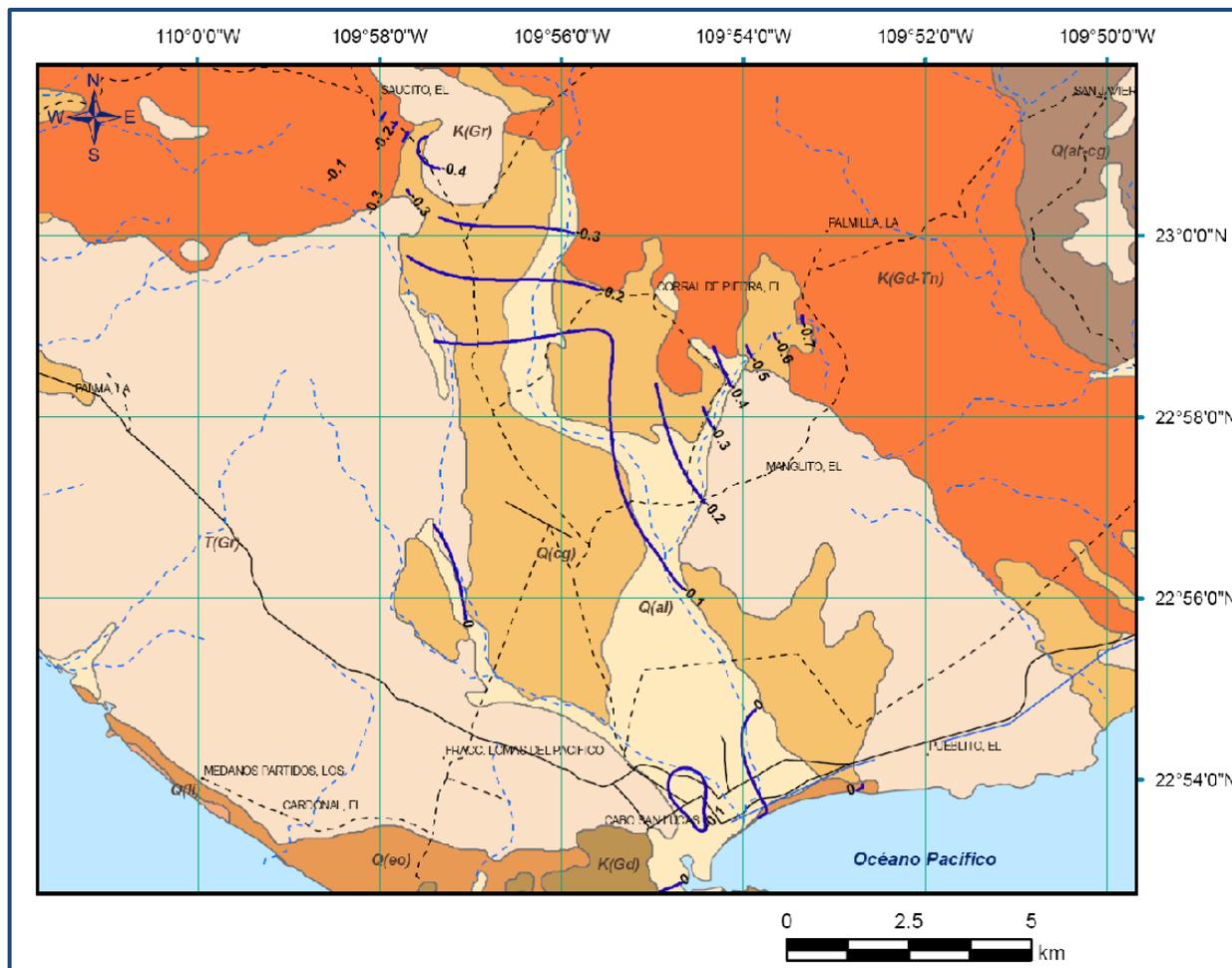


Figura 6. Evolución del nivel estático en msnm (2009-2010)

### 5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Como parte de los trabajos de campo del estudio realizado en el año 2010, se tomaron 15 muestras de agua subterránea en aprovechamientos distribuidos en las zonas de explotación (2 pozos 13 norias), para su análisis fisicoquímico correspondiente. Las determinaciones incluyeron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, iones mayoritarios, temperatura, conductividad eléctrica, pH, Eh, Nitratos, dureza total, sólidos totales disueltos, Fe, Mn, coliformes fecales y totales, etc, para identificar los procesos geoquímicos o de contaminación y comprender el modelo de funcionamiento hidrodinámico del acuífero.

De manera general, las concentraciones de los diferentes iones y elementos no sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la Norma Oficial Mexicana, para los diferentes usos.

La concentración de sólidos totales disueltos (STD) presenta valores que varían de 135.0 a 552.8 ppm, que no sobrepasan el límite máximo permisible de 1000 ppm establecido la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 “Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo del 2022. Las menores concentraciones se registran en los aprovechamientos localizados hacia las partes topográficamente más altas.

De acuerdo con el criterio de Wilcox, que relaciona la conductividad eléctrica con la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), del agua extraída se identifica tres clases: salinidad media C2, C3 y C4, lo que indica que se puede utilizar para su uso en riego con precaución, se puede utilizar con un buen drenaje y con exceso de agua para lograr un buen lavado. Con respecto a las concentraciones de elementos mayores por ion dominante, se identificó como familia dominante Clorurada-Sódica.

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

De acuerdo con la información del censo de aprovechamiento realizado como parte del estudio llevado a cabo en el 2010, se registró la existencia de 48 aprovechamientos, de los cuales 13 son pozos y 35 norias; de ellos 37 están activos (12 pozos y 25 norias) y 11 inactivos (1 pozo y 10 norias).

El volumen de extracción se ha estimado en **0.7 hm<sup>3</sup> anuales**, de los cuales 0.35 hm<sup>3</sup> (50 %) se destinan al uso público-urbano, 0.20 hm<sup>3</sup> (29 %) para el abastecimiento de servicios, 0.1 hm<sup>3</sup> (14 %) para cubrir las necesidades de la actividad pecuaria, 0.03 hm<sup>3</sup> (4%) para el uso doméstico y los 0.02 hm<sup>3</sup> restantes (3 %) para satisfacer las actividades industriales.

## **7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

El balance de aguas subterráneas se planteó para el año 2010, en un área de 38.99 km<sup>2</sup> del acuífero que corresponde a la zona donde se cuenta con información piezométrica y en la que se localizan la mayor concentración de 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 como sigue:

$$\text{Entradas (E) – Salidas (S) = Cambio de masa}$$

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:

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

## **7.1 Entradas**

De acuerdo con el modelo conceptual del funcionamiento hidrodinámico del acuífero, la recarga total que recibe (R) ocurre por dos procesos naturales principales: por infiltración de agua de lluvia en el valle, por infiltración de los escurrimientos a lo largo de los arroyos principales, que en conjunto se consideran como recarga vertical (Rv), y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo subterráneo (Eh).

De manera inducida, la infiltración de los excedentes del agua destinada al uso agrícola (Rr), que representa la ineficiencia en la aplicación del riego en la parcela, y del agua residual de las descargas urbanas, constituyen otra fuente de recarga al acuífero. Estos volúmenes se integran en la componente de recarga inducida (Ri), que para este caso se da por medio de la baja eficiencia de conducción del acueducto que transporta agua de San José del Cabo a Cabo San Lucas.

### **7.1.1 Recarga vertical (Rv)**

En las regiones áridas y semiáridas los dos principales mecanismos de recarga natural se producen a través de la infiltración a lo largo de los cauces de los escurrimientos superficiales y la recarga de frente de montaña. 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:

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

Donde:

**Eh**= Entrada por flujo subterráneo horizontal;

**Rv**= Recarga vertical;

**B**= Bombeo;

**Sh**= Salidas por flujo subterráneo horizontal;

**ETR**= Evapotranspiración real;

**$\Delta V(S)$** = Cambio en el volumen almacenado;

De esta manera, despejando la recarga vertical:

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

### 7.1.2 Entradas por flujo subterráneo 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 alimentan la zona de explotación.

Para su cálculo se utilizó la configuración de elevación del nivel estático correspondiente al año 2010, mostrada en la figura 5. Con base en esta configuración se seleccionaron canales de flujo y se aplicó la ley de Darcy para calcular el caudal “Q” en cada uno de ellos, mediante la siguiente expresión:

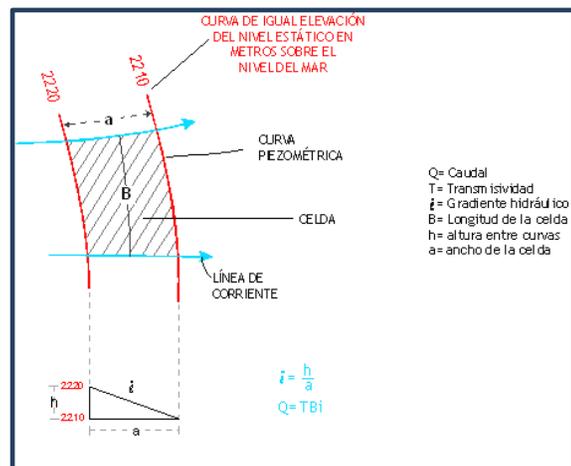
$$Q = B * i * T$$

Donde:

**B**: Largo del canal de flujo;

**i**: Gradiente hidráulico;

**T**: Transmisividad;



Los valores de T utilizados para el cálculo de entradas y salidas subterráneas se obtuvieron de los promedios obtenidos de la interpretación de pruebas de bombeo realizadas, adaptadas al espesor saturado de la región donde se localizan las celdas.

El cálculo de las entradas subterráneas por flujo horizontal se observa en la tabla 3, en donde la recarga total por flujo horizontal es la suma de los caudales de cada una de las celdas establecidas.

Tabla 3. Cálculo de entradas subterráneas por flujo horizontal

CELDA	LONGITUD B (m)	Gradiente i	T (m <sup>2</sup> /s)	CAUDAL Q (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> /año)
E1	434.212	0.020	0.001	0.005	0.200
E2	2403.584	0.016	0.001	0.023	0.700
E3	190.731	0.047	0.001	0.005	0.200
<b>TOTAL</b>					<b>1.1</b>

El volumen total de entradas por flujo subterráneo ascienden a **1.1 hm<sup>3</sup>/año**.

## 7.2 Salidas

Las descargas en el acuífero ocurren principalmente por evapotranspiración (ETR), bombeo (B), salidas por flujo subterráneo (Sh) hacia el mar.

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

Las salidas subterráneas fueron calculadas de la misma manera como se evaluaron las entradas subterráneas, a partir de la configuración de elevación del nivel estático mostrada en la figura 5. Las celdas de salida se localizaron en la parte más baja del área de explotación, hacia el mar. El valor estimado para el año de análisis se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Cálculo de salidas por flujo subterráneo

CELDA	LONGITUD B (m)	Gradiente i	T (m <sup>2</sup> /s)	CAUDAL Q (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> /año)
S1	574	0.011	0.0	0.008	0.200
S2	906	0.018	0.0	0.026	0.800
S3	911	0.019	0.0	0.028	0.900
<b>TOTAL</b>					<b>1.9</b>

El valor total de las salidas por flujo subterráneo asciende a **1.9 hm<sup>3</sup>/año**.

### **7.2.2 Evapotranspiración (ETR)**

La evapotranspiración es la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas, por lo tanto es considerada una forma de pérdida de humedad del sistema.

Existen dos formas de evapotranspiración: la que considera el contenido de humedad en el suelo y la que considera la etapa de desarrollo de las plantas (evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real), el escurrimiento y el volumen de evapotranspiración real (ETR). En la zona de estudio la transpiración de la flora no es significativa por el tipo de vegetación. Aunque el valor de la evapotranspiración se estima que es pequeño en este acuífero, dada la escasez natural del agua, se consideró importante estimar su valor para incluirlo en la recarga total que recibe el acuífero.

Para la obtención de este parámetro se puede utilizar la ecuación empírica de Turc, sin embargo, la limitación teórica para la utilización de esta fórmula es que la precipitación no debe ser menor a la relación  $0.31L$ . Entonces debido a que la precipitación resultó menor que la relación  $0.31L = 493.27$ , el valor de la evapotranspiración real debe despreciarse, ya que su valor resulta mayor valor de la precipitación.

El fenómeno presente en el área es la evaporación directa del agua freática somera, debido a la escasa presencia de cobertura vegetal. Para la observación del comportamiento del fenómeno de evapotranspiración se considera el tanque evaporímetro expresado como un porcentaje de evapotranspiración, donde la evaporación es comparativamente más alta, en los niveles freáticos <100 cm de la superficie del suelo, posteriormente disminuye hasta hacerse despreciable, para las zonas donde los niveles freáticos son >300 cm, según White citado por Keith (1973), figura 6.

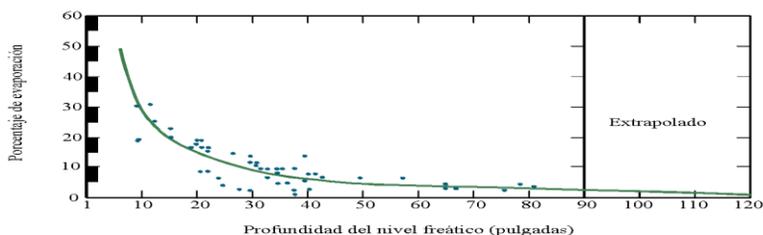


Figura 6. Evaporación del AS expresada en % como una función de la profundidad y del nivel freático (White)

De esta manera, la estimación del valor de la evaporación se calculó multiplicando el área donde tiene lugar el fenómeno (profundidad al NE menor a 3 m, dentro del área de balance) por una lámina de agua equivalente a una fracción de la evaporación potencial media en las estaciones climatológicas (2,351 mm CONAGUA, Dirección Local en Baja California Sur). El valor de esa fracción varía entre un máximo de uno, cuando el nivel freático aflora, y cero cuando éste se halla a profundidades mayores a la altura de la franja capilar de los materiales predominantes entre la superficie del terreno y el nivel freático.

De la figura 5 se deduce que para una profundidad al NE de 2 m (80 pulgadas) el % de evaporación es del 2%.

En la tabla 5, se muestran los porcentajes respecto al volumen de evapotranspiración, para las profundidades de 1, 2 y 3 m.

De acuerdo a lo anterior, se estima que el valor de evapotranspiración promedio asciende a **0.3 hm<sup>3</sup> anuales**; como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Volumen de evapotranspiración respecto al porcentaje estimado

PROFUNDIDAD MEDIA AL NIVEL ESTÁTICO (m)	ÁREA (km <sup>2</sup> )	LÁMINA DE ETR (m)	% ETR (ESTIMADO GRAFICA DE WHITE)	VOLUMEN ETR (hm <sup>3</sup> /año)
1	0.725	2.351	0.1000	0.17
2	0.68	2.351	0.0700	0.11
3	0.343	2.351	0.0400	0.03
<b>TOTAL</b>				<b>0.3</b>

### 7.2.3 Bombeo (B)

Como se menciona en el apartado de censo e hidrometría, el valor de la extracción por bombeo asciende a **0.7 hm<sup>3</sup> anuales**.

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

Para la estimación del cambio de almacenamiento se utilizó el software Surfer V.8.01, a partir de la configuración de la evolución del nivel estático para el periodo de 2009-2010 (figura 6).

El valor del cambio de almacenamiento asciende a  **$\Delta V(S) = - 0.2 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$** .

### Solución de la ecuación de balance

Una vez calculadas las componentes de la ecuación de balance, procedemos a evaluar la recarga vertical por lluvia e infiltraciones, mediante la expresión (2), que fue establecida con anterioridad:

$$R_v = S_h + B + ETR - E_h - R_i \pm \Delta V(S) \quad (2)$$

$$R_v = 1.9 + 0.7 + 0.3 - 1.1 - 0.6 - 0.2$$

$$R_v = 1.0 \text{ hm}^3/\text{año}$$

Por lo tanto el valor de la recarga total (R) es igual a la suma de todas las entradas:

$$R = R_v + E_h + R_i$$

$$R = 1.0 + 1.1 + 0.6$$

$$R = 2.7 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

## 8. DISPONIBILIDAD

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

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

Donde:

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

**R** = Recarga total media anual

**DNC** = Descarga natural comprometida

**VEAS** = Volumen de extracción de aguas subterráneas

### 8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso, su valor es de **2.7 hm<sup>3</sup>/año**, todos ellos son de recarga natural.

### 8.2 Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero.

Para el caso del acuífero Cabo San Lucas se considera que el valor de la descarga natural comprometida es de 2.2 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 1.9 hm<sup>3</sup> corresponden a la salida por flujo subterráneo hacia el mar para mantener la posición de la interface marina y 0.3 hm<sup>3</sup> a la evaporación que debe comprometerse para preservar el ecosistema costero. Por lo tanto, **DNC = 2.2 hm<sup>3</sup> anuales**.

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

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

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

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **24,569,610 m<sup>3</sup> anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022**.

#### **8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)**

La disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 2.7 - 2.2 - 24.569610 \\ \text{DMA} &= -24.069610 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **24,069,610 m<sup>3</sup> anuales**.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

Comisión Nacional del Agua, 2010. Reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico de los acuíferos Cabo Pulmo, Cabo San Lucas, Mezquital Seco, La Purísima, Santa Águeda y Santa Rosalía, B.C.S. Elaborado por la empresa Sanx Ingeniería Integral, S.A. de C.V.