



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO EL CARRIZAL (0322), ESTADO DE BAJA
CALIFORNIA SUR**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes.....	2
1.1 Localización.....	2
1.2 Situación administrativa del acuífero.....	4
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	5
3. FISIOGRAFÍA.....	6
3.1 Provincia fisiográfica.....	6
3.2 Clima.....	7
3.3 Hidrografía.....	7
3.4 Geomorfología.....	8
4. GEOLOGÍA.....	8
4.1 Estratigrafía.....	9
4.2 Geología estructural.....	12
4.3 Geología del subsuelo.....	14
5. HIDROGEOLOGÍA.....	15
5.1 Tipo de acuífero.....	15
5.2 Parámetros hidráulicos.....	16
5.3 Piezometría.....	17
5.4 Comportamiento hidráulico.....	17
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	17
5.4.2 Elevación del nivel estático.....	18
5.4.3 Evolución del nivel estático.....	19
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	20
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....	21
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	21
7.1 Entradas.....	22
7.1.1 Recarga vertical (Rv).....	22
7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh).....	23
7.1.3 Recarga por retorno de riego (Rr).....	24
7.2 Salidas.....	25
7.2.1 Evapotranspiración (ETR).....	25
7.2.2 Bombeo (B).....	25
7.2.3 Salidas subterráneas (Sh).....	25
7.3 Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$	26
8. DISPONIBILIDAD.....	27
8.1 Recarga total media anual (R).....	28
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	28
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	28
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	29
9. BIBLIOGRAFÍA.....	30

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 El Carrizal, definido con la clave 0322 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción suroeste del estado de Baja California Sur, tiene una superficie aproximada de 607 km². Colinda al norte con el acuífero La Paz, al sur con La Matanza y Cañada Honda, al este con Los Planes y al oeste con el acuífero Melitón Albañez (figura 1). En su porción suroccidental descarga hacia el mar a través del cauce del arroyo El Carrizal. Geopolíticamente se encuentra en el municipio de La Paz.

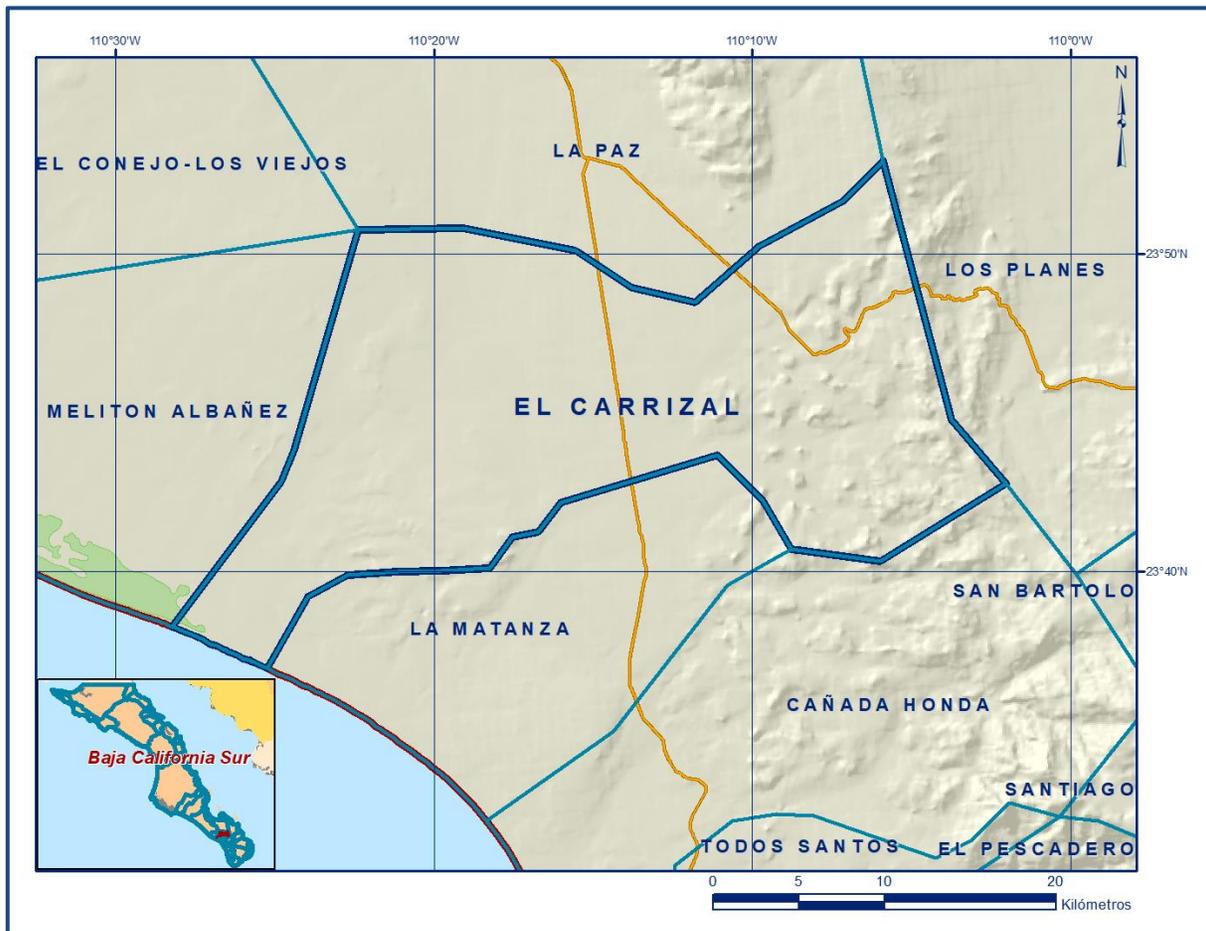


Figura 1. Localización del acuífero

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 0322 EL CARRIZAL							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	110	28	14.0	23	38	16.3	
2	110	24	48.9	23	42	49.3	
3	110	24	24.4	23	43	49.5	
4	110	22	22.7	23	50	46.5	
5	110	19	5.9	23	50	49.5	
6	110	15	32.8	23	50	7.2	
7	110	13	46.8	23	48	57.1	
8	110	11	48.1	23	48	30.1	
9	110	9	47.7	23	50	16.1	
10	110	7	6.4	23	51	42.1	
11	110	5	53.4	23	52	57.9	
12	110	3	44.0	23	44	47.1	
13	110	2	1.7	23	42	45.9	
14	110	5	58.2	23	40	20.4	
15	110	8	47.3	23	40	42.2	
16	110	9	39.3	23	42	12.9	
17	110	11	5.3	23	43	40.8	
18	110	16	1.4	23	42	10.3	
19	110	16	43.8	23	41	15.4	
20	110	17	33.2	23	41	5.8	
21	110	18	15.0	23	40	7.0	
22	110	19	46.3	23	40	1.2	
23	110	21	8.2	23	39	59.7	
24	110	22	42.9	23	39	53.5	
25	110	23	57.2	23	39	13.0	
26	110	25	14.3	23	36	57.3	DEL 26 AL 1 POR LA LINEA DE BAJAMAR A LO LARGO DE LA COSTA
1	110	28	14.0	23	38	16.3	

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero “El Carrizal” pertenece al Organismo de Cuenca I “Península de Baja California”. Su territorio se encuentra sujeto a las disposiciones del “Acuerdo que establece el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, declarando de utilidad pública la construcción de las obras que lo forman.” publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 2 de julio de 1954 y por el “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 6 de julio de 1954. Ambos decretos son de tipo III que permiten 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 2. El uso principal del agua subterránea es el agrícola. El acuífero forma parte del Consejo de Cuenca Baja California Sur instalado el 3 de marzo del 2000 y dentro de este se integra el Comité Técnico de Aguas Subterráneas La Paz-Carrizal instalado en julio de 1998.

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

ESTUDIO GEOFÍSICO EN LAS ZONAS DE LA PAZ, EL CARRIZAL, ARROYOS SAN JOSÉ DEL CABO Y SANTIAGO, EN EL TERRITORIO DE BAJA CALIFORNIA SUR. Elaborado por la empresa GEOFIMEX, S.A. en 1971, en las zonas de La Paz, El Carrizal, Arroyos San José del Cabo y Santiago; tuvo como finalidad definir la configuración del basamento para los valles de la Paz, Arroyo Cajoncitos y Arroyo San José del Cabo.

Para la zona de El Carrizal y Juan Márquez el objetivo fue la localización de los niveles de salinidad del acuífero y en la zona del Arroyo Santiago informar sobre la estructura de los terrenos permeables o impermeables del subsuelo del valle. Los resultados obtenidos para El Carrizal sugieren la presencia de aguas salobres superficiales entre los 10 y 15 m de profundidad; en tanto que por debajo de los 30 y 40 m el agua contenida presentaba buena calidad.

ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS DE LOS VALLES DE LA PAZ Y CARRIZAL, TERRITORIO DE BAJA CALIFORNIA. Elaborados por la empresa INGESA, Ingeniería y Geotecnia, S.A., en 1972 para la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Como parte de las actividades, se realizó la piezometría, censo de aprovechamientos, nivelación de brocales y muestreo de agua subterránea para análisis fisicoquímicos, cuya información el planteamiento de un balance de aguas subterráneas preliminar para el periodo 1970-1972.

CENSO DE CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEAS Y COLECCIÓN DE DATOS GEOHIDROLÓGICOS EN LA ZONA LA PAZ-EL CARRIZAL, B.C.S. Elaborado por la empresa ADI Construcciones, S.A. de C.V., para la Comisión Nacional del Agua, en 1997. El objetivo de este trabajo fue la actualización del conocimiento de las condiciones de funcionamiento de los acuíferos y, en particular, hacer un bosquejo de su geometría y fronteras con base en la información existente, así como actualizar el censo de captaciones de agua subterránea, la piezometría y aportar información hidrogeoquímica para el monitoreo y control permanente de la calidad del agua.

De los resultados obtenidos en este estudio destaca que en los valles la calidad del agua es de tipo sódico clorurado, lo que se atribuyó a la abundancia de sedimentos marinos en el subsuelo que ocupa el acuífero del Valle de la Paz. El contenido de sales varía dentro del rango de 430 hasta 3 900 ppm de STD y las concentraciones mayores de 1000 ppm de STD, se registran en las llanuras costeras.

Se determinó que los principales contaminantes corresponden a sales y diversos compuestos en solución derivados de las aguas excedentes del riego, así como de la aplicación de pesticidas y fertilizantes; contribuyen también los contaminantes orgánicos como inorgánicos que son acarreados por las aguas infiltradas en las zonas urbanas e industriales.

Reporta la existencia de una laguna de oxidación que se localiza entre la costa y el borde norte de la zona agrícola que aporta sus aguas para el riego de cultivos ubicados en la porción noroccidental del valle, y un relleno sanitario al oriente del valle, cercano a una de las baterías de pozos de agua potable que abastece a la ciudad de La Paz, que son fuentes potenciales de contaminación.

ESTUDIO DE GEORESISTIVIDAD ELÉCTRICA EN LAS INMEDIACIONES DEL ARROYO LAS GALLINAS Y ARROYO HONDO, MUNICIPIO DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR

realizado por EL Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de La Paz, B.C.S. a través de la empresa Andes Ingenieros, en el 2007. El objetivo de dicho estudio fue evaluar la potencialidad del espesor del acuífero y ubicar nuevas perforaciones con el enfoque a establecer la declaratoria para la reserva de aguas subterráneas para dicho Organismo Operador Municipal.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

La zona se encuentra localizada en la provincia fisiográfica conocida como llanura costera de Baja California, dentro de la subprovincia Purísima-Iray, la cual se caracteriza por la presencia de sierras de mediana altura en las que afloran sedimentos del Paleógeno-Neógeno marinos y rellenos aluviales hacia las partes más bajas y planas.

Se encuentra drenada por los arroyos de La Paz, San Pedro, El Carrizal y Datilar. El drenaje es de tipo dendrítico denso y predominan los escurrimientos perpendiculares a la línea de costa.

3.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de climas de Köppen, modificados por E. García (1964), el clima imperante dentro del área es del tipo BW (h') hw (x'), que corresponde a un clima muy seco o desértico, muy cálido y con régimen de lluvias en verano: BW – Muy seco; h' – Muy cálido con temperatura media anual superior a 18° C.

Para el análisis de las condiciones climáticas de la región, se analiza la información de la estación climatológica ubicada dentro de la localidad de El Carrizal, con un registro de 47 años que comprende el periodo 1961-2007.

De acuerdo con los registros de la estación El Carrizal, los valores de precipitación pluvial varían de 71 a 471 mm/año, con una media anual de 231 mm/año. Los valores máximos se presentan en los meses de septiembre y agosto y los mínimos en abril o mayo.

La temperatura media anual varía de 18.4° C a 23.1° C, los valores más altos se registran en el mes de agosto con un promedio de 30.5°C y los mínimos en enero con un promedio de 14.6° C. La temperatura media anual es de 21.5° C.

En lo que respecta al valor de la evaporación potencial media, se obtuvo un valor de 1,840 mm.

3.3 Hidrografía

El acuífero pertenece a la Región Hidrológica No. 3, Baja California Suroeste (Magdalena). Forma parte de la Cuenca A, correspondiente a la vertiente que drena hacia el Océano Pacífico.

El acuífero pertenece a la cuenca A “Arroyo Caracol-Arroyo Candelaria”, que incluye a los acuíferos de toda la porción suroeste de BCS, desde Las Pocitas-San Hilario hasta Migriño, y continúa al sur, casi hasta llegar a Cabo San Lucas.

La región se caracteriza por presentar condiciones de régimen de lluvias en verano con valores bajos de precipitación y escasez natural del agua, que ocasionalmente se ven alteradas debido a la presencia de huracanes. En ambos casos, los escurrimientos superficiales son de tipo intermitentes que generalmente desaparecen por infiltración hacia la planicie costera.

Los escurrimientos superficiales únicamente ocurren durante la temporada de lluvias, la corriente principal es el arroyo El Carrizal, el cual descarga hacia el Océano Pacífico.

Existen además numerosos arroyos de poca importancia que bajan de la sierra y se pierden en la planicie, como son el arroyo el Aguajito, Santa Rita, Hondo y El Caracol entre otros.

No existen estaciones hidrométricas, ni infraestructura hidráulica para el almacenamiento de las corrientes superficiales.

3.4 Geomorfología

Se distinguen 2 unidades geomorfológicas, (1) valles costeros y (2) sierras. Los valles tienen formas planas con ligera pendiente al mar, de dimensiones reducidas y drenaje denso de carácter intermitente, de tipo dendrítico y subdendrítico en las sierras y paralelo en los valles.

Esta zona presenta en su parte central una franja de terreno orientada de noreste a suroeste con morfología de llanura aluvial, que constituye los valles de los arroyos de La Paz y El Carrizal, los cuales están limitados al oriente por montañas de rocas ígneas y metamórficas y al poniente por lomeríos de origen volcánico y sedimentario. La llanura aluvial ha sido formada por la acumulación de sedimentos, en una posible depresión tectónica originada por fallas que tienen un fondo de materiales volcánicos.

4. GEOLOGÍA

La columna geológica de la zona está constituida por rocas ígneas intrusivas, metamórficas, areniscas y conglomerados, cuyo registro estratigráfico comprende edades que varían del Mesozoico (Jurásico) al Cenozoico (Cuaternario). La distribución de las diferentes unidades litológicas se presenta en la figura 2.

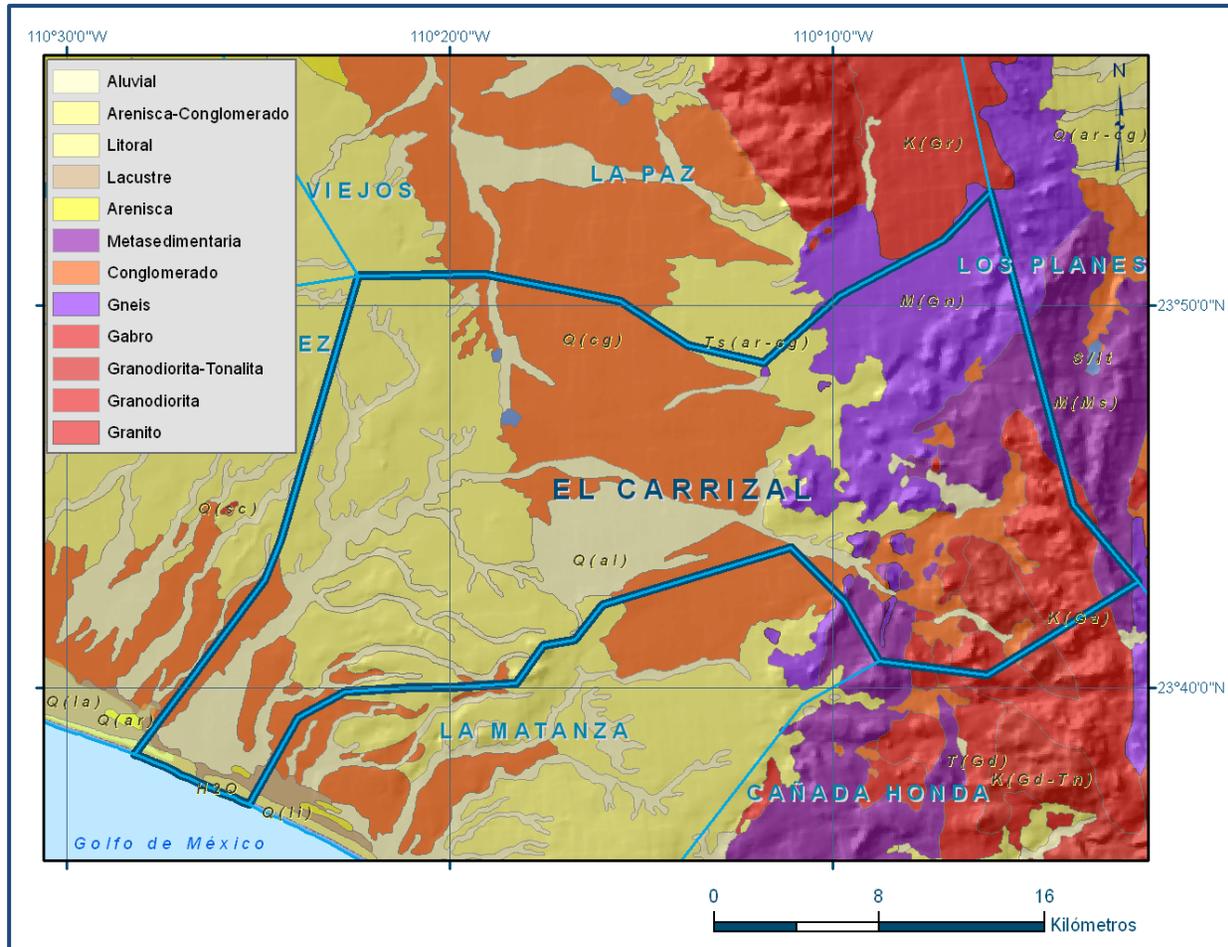


Figura 2. Geología general del acuífero

4.1 Estratigrafía

De acuerdo con la identificación de las unidades litológicas que afloran en la región, a continuación, se presenta la descripción de las distintas unidades cronoestratigráficas:

Rocas Metamórficas Jurásicas

Esta unidad corresponde a metasedimentos (rocas sedimentarias metamorfoseadas) de posible edad Jurásico Superior (?) que afloran principalmente en el valle de Todos Santos, donde constituyen la mayor parte de las elevaciones topográficas.

En el acuífero sus afloramientos se ubican en el centro del valle, hacia el límite con los acuíferos Todos Santos y La Matanza, en la parte alta de la cuenca.

Se trata de areniscas que fueron afectadas por metamorfismo regional de alta temperatura y baja presión, generando en algunos sitios un paragneis de anfibolita.

Las rocas tienen un aspecto bandeado, de coloración gris verdoso a café óxido; es cortada por diques y dique-estratos de pegmatita y aplita con presencia de turmalina. El bandeamiento que presentan las rocas refleja cambios en su composición y textura, los cuales se pueden apreciar a escala microscópica.

En la porción nororiental de Todos Santos afloran filitas El Cardonoso, cuya edad también puede ser posiblemente Jurásico Superior. No se observan relaciones de campo, pero se infiere un contacto discordante con la unidad anterior. Las rocas presentan una estructura semicompacta de color pardo rojizo, textura de grano fino y esquistosidad bien desarrollada. Esta unidad se orienta en una franja de rumbo NW-SE que tiene continuidad hacia el norte de Todos Santos.

Posiblemente también del Jurásico afloran anfibolitas y esquistos en la región de El Pescadero, cuyas relaciones de campo con las unidades anteriores están enmascaradas por la presencia de intrusivos, aunque se infiere un contacto discordante con las filitas jurásicas. Las rocas son de grano fino, textura granular y estructura compacta, con tonalidades que varían de color pardo a verde.

Dentro de esta unidad se alojan cuerpos lenticulares de caliza recristalizada que afloran en forma de crestones con rumbo NE e inclinaciones hacia el NW. Estos horizontes calcáreos por lo general siguen el rumbo de la foliación. Esta unidad, junto con la anfibolita y esquistos, se presentan como colgantes en granodioritas.

Granodioritas cretácicas

Son rocas intrusivas de composición granodiorítica, de estructura compacta que presentan colores variados, generalmente en tono pardo-gris y textura fanerítica de grano medio. Intrusiones de gabro, de la misma edad, afloran al NE de Todos Santos y al sureste de San Juan de Los Lagos. Estas rocas presentan estructura compacta, de color pardo con tonos verdes, y textura fanerítica a porfirítica. En el área del acuífero afloran en la parte topográficamente más alta.

Granitos cretácicos

Los afloramientos de estas rocas ígneas intrusivas se ubican en la parte alta de la cuenca, rodeando a las granodioritas y en el extremo oriental, en el límite con los acuíferos Santiago y San Bartolo, así como la parte alta de Todos Santos. Presentan estructura compacta y textura fanerítica.

Forman la mayor parte de las sierras del sur de la Península de Baja California y corresponden a un batolito que intrusionó a las granodioritas y rocas metasedimentarias preexistentes.

Rocas Sedimentarias

Formación Salada. (Nombre propuesto por Heim en 1922, considerando su localidad tipo en el arroyo que lleva el mismo nombre y que se localiza a 1.5 km al NE del Rancho La Salada, consiste en areniscas de grano fino a grueso de color café y gris así como conglomerados. El espesor medido por Heim es de 30 m.

Los principales afloramientos de esta Formación se restringen a las porciones altas ubicadas en la porción sur occidental del área, en lo que corresponde al extremo sur de la Sierra Filos del Treinta y Cinco.

Beal (1948), menciona que esta unidad está formada por areniscas de grano fino de color gris amarillento y calizas impuras, dentro de los materiales granulares es común la presencia de restos de fósiles marinos. Mina (1957) cita un espesor máximo probable de 500 m y finalmente Lozano en 1975, al norte de San Antonio mide un espesor de 80 m para esta formación.

El contacto inferior de esta Formación es de tipo discordante con la Formación Comondú, de igual manera el contacto superior con sedimentos continentales recientes se marca por medio de una discordancia erosional.

Las características litológicas de la unidad sugieren un ambiente de depósito asociado a zonas muy cercanas al mar, en donde las fluctuaciones del agua permitieron el depósito de materiales granulares. Se le asigna una edad correspondiente al Plioceno

Aluvión Cuaternario

A finales del Plioceno y durante el Pleistoceno, se depositaron discordantemente sedimentos que conforman terrazas continentales, constituidos por conglomerados polimícticos, semiconsolidados a consolidados.

El Holoceno está representado por arenas y conglomerados polimícticos, arenas y limos, depósitos de aluvión y litoral, distribuidos en las zonas topográficamente bajas y sobre la costa.

Los escurrimientos superficiales han disectado las elevaciones topográficas, formando valles de dimensiones reducidas que se abren hacia la línea de costa. Estos valles se encuentran rellenos de materiales aluviales entre los que predominan las arenas, producto de erosión de los granitos, conglomerados y limos. Hacia la línea de costa, se presenta una angosta planicie constituida por sedimentos granulares de litoral, esencialmente arenas.

4.2 Geología estructural

Desde el punto de vista estructural, la región está dominada por rasgos similares a los de la Península de Baja California y Golfo de California. Las estructuras principales son fallas normales con rumbo NW y echados al NE y SW y algunas componentes con rumbo NE-SW. El aspecto estructural es complejo sobre todo en las inmediaciones de la Falla La Paz, donde existen varios periodos de deformación, entre los que están las fallas de bajo ángulo parcialmente cizalladas, con longitudes de hasta 5 km y espesores variables de 10 a 80 m.

La historia tectónica del Golfo de California y provincias peninsulares es muy compleja debido al hecho de estar ubicadas sobre una margen continental que ha sido afectada por varios procesos de convergencia y divergencia. Sin embargo, dos importantes eventos tectónicos regionales están expuestos en la región. Uno corresponde a la Orogenia Laramide, responsable del movimiento compresivo producto del choque de la placa Farallón con la placa Norteamericana, lo que dio origen a la intrusión de grandes masas ígneas (parte del Batolito Peninsular).

Un segundo evento tectónico se desarrolló del Mioceno Medio al Plioceno Temprano, cuando ocurrió la configuración del límite entre la placa Pacífica y la placa Norteamericana, lo que dio origen a la formación de la Cuenca de California, por medio de movimientos oblicuos extensionales con orientación NW-SE, modelando de esta manera un relieve peninsular gobernado por bloques escalonados, con sensible basculamiento hacia el poniente y fallas laterales dextrales.

Este periodo es muy importante en la región, ya que se le asocia a la intrusión de estructuras tabulares de diferente composición.

Las estructuras que se encuentran presentes en el área son el resultado de la intensa actividad tectónica que se ha manifestado a lo largo del tiempo geológico. Esta actividad tectónica se ve claramente reflejada en dos principales fallas que corren a lo largo del acuífero de El Carrizal.

La primera se denomina Falla La Paz, corresponde al rasgo estructural de mayor relevancia y se encuentra en la porción oriental del área, con una orientación N-S. De acuerdo con los diversos autores que han estudiado su comportamiento, es un elemento estructural que presenta dos componentes principales, uno corresponde con un desplazamiento izquierdo y el otro con desplazamiento normal.

Esta falla ha definido un alto estructural ubicado en el bloque oriental de la falla, cuya expresión se encuentra definida por el borde occidental de la Sierra Las Calabazas. En su extremo norte, la Falla La Paz genera un sistema de lineamientos con orientación NW-SE que son distinguibles sobre las sierras La Pintada y La Palmillosa. El desarrollo de la falla se ve truncado hacia la porción sur del área, por un sistema de fallas con orientación NW-SE, que integran un sistema de lineamientos de rumbo W-E.

La segunda falla se denomina Falla La Giganta (Falla Carrizal para el Consejo de Recursos Minerales), se localiza en la porción oeste del acuífero estudiado y presenta una orientación NW-SE. Esta falla ha favorecido el desarrollo de la depresión estructural que conforma el valle de La Paz. Es un accidente estructural que presenta una componente de tipo normal con el bloque hundido hacia el oriente.

Su expresión topográfica está definida por el borde correspondiente a la Sierra Los Filos del 35. Como respuesta a este elemento estructural se ha generado fracturamiento y distintas bifurcaciones dentro de las cuales el conjunto de fallas presentes en el sector de Alfredo V. Bonfil ha dado origen al bajo estructural que define al Arroyo Garambullo. Otro rasgo morfoestructural definido en el área corresponde a la depresión tectónica en donde se desarrolla el acuífero El Carrizal, formado por las fallas mencionadas, que está delimitada por los bloques que corresponden con las sierras La Victoria y Filos del 35.

Esta fosa tectónica presenta una figura geométrica en forma de “V” cuyo vértice apunta hacia el sur, por lo que su eje central tiene una orientación de norte-sur.

4.3 Geología del subsuelo

De acuerdo con la información de los cortes litológicos de pozos, las evidencias de campo y los sondeos eléctricos realizados en la región es posible definir que el acuífero se aloja en los sedimentos aluviales, que han sido transportados por los escurrimientos superficiales y depositados en los cauces de los arroyos y en la planicie costera, así como también en los depósitos piroclásticos.

Su espesor varía de 50 a 250 m y conforma un acuífero de baja capacidad de almacenamiento.

El acuífero tiene como fronteras laterales y basamento las rocas metasedimentarias y gneises, así como los sedimentos arcillosos de la Formación Salada, que se localizan a mayor profundidad.

La información obtenida de la interpretación de cortes litológicos de algunos pozos existentes en la zona, indica que en su parte baja existe un contenido mayor de finos y espesor del orden de 50 m, en tanto que hacia el acuífero La Paz está constituido de gravas y boleos, con un espesor del orden de 250 m, asociados a depósitos de pie de monte.

Los aluviones gruesos hacia el norte, rellenan una depresión erosionada de fondo arcilloso, cuya pendiente es fuerte; por lo tanto el espesor de los aluviones gruesos varía, de 50 hasta 320 m en algunos sitios. Secciones geofísicas y geológicas en estudios anteriores han permitido conocer que el fondo impermeable del valle de El Carrizal con respecto al valle de La Paz, guarda un desnivel considerable.

Hacia el lado poniente, los aluviones gruesos están en contacto lateral con piroclásticos, los cuales presentan una estructura similar a los de la zona de La Paz, en donde se les ha considerado como una discontinuidad debida a falla, aunque en la zona de El Carrizal se presenta con menor desplazamiento. Los limos y arcillas que subyacen a los aluviones gruesos y que afloran al sur del valle, en los primeros 100 m son más arenosos y hacia abajo generalmente arcillosos, alcanzando un espesor total del orden de los 250 m, los cuales se adelgazan hacia el norte hasta desaparecer.

En el subsuelo de El Carrizal no se registra presencia de materiales volcánicos (aglomerados y lavas) como en la zona de La Paz, ya que las arcillas están directamente sobre piroclásticos, las perforaciones penetraron 150 m en este material sin lograr atravesarlo. En la figura 3 se muestra la sección geológica esquemática del acuífero, ubicada en la zona de mayor extracción, en donde fueron realizados los sondeos eléctricos verticales sobre el Arroyo El Carrizal.

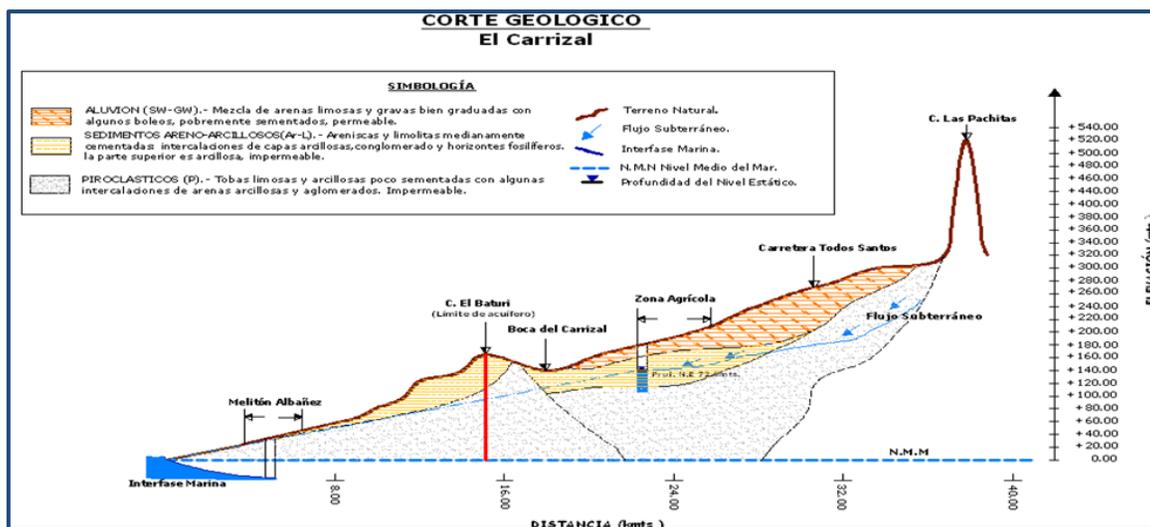


Figura 3. Sección geológica esquemática

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

De acuerdo con la información geológica y piezométrica, es posible identificar que el acuífero es de tipo libre y está constituido por sedimentos aluviales depositados tanto en los subálveos de los arroyos como en la planicie costera, así como depósitos piroclásticos. Localmente se presentan condiciones de semiconfinamiento debido a la presencia de lentes irregulares de materiales arcillosos. La granulometría de estos materiales varía de gravas a arcillas y su espesor fluctúa entre 50 y 250 m, conformando un acuífero de poca capacidad de almacenamiento.

La permeabilidad de los sedimentos aluviales es media en tanto que los depósitos piroclásticos presentan permeabilidades bajas, que ocasionalmente se pueden incrementar debido a la presencia de fracturamiento.

La recarga que recibe el acuífero procede de la infiltración directa de la lluvia sobre el valle y desde la Sierra La Laguna, así como por la infiltración del agua superficial que escurre a través de los arroyos intermitentes, durante las lluvias. La descarga se produce de manera natural por flujo subterráneo hacia el mar y por evapotranspiración en pequeñas zonas que presentan niveles freáticos someros; de manera artificial se efectúa por medio de la extracción que se lleva a cabo por medio de las captaciones.

Aunque el valor de la precipitación pluvial media anual es bajo, la presencia ocasional de los huracanes tiene un efecto muy importante sobre la recarga de los acuíferos, siendo evidente en muchos casos la rápida recuperación de los niveles del agua subterránea.

5.2 Parámetros hidráulicos

Para el caso de este acuífero, se tomó en cuenta la información de 16 pruebas de bombeo realizadas en estudios previos durante las décadas de los 70's y 80's, las cuales se realizaron tanto en etapa de abatimiento como de recuperación, teniendo una duración de 12 horas en cada etapa. Sólo en una de las pruebas se contó con pozo de observación.

Los valores extremos de transmisividad obtenidos varían de 0.06 a $30.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; sin embargo los valores promedio oscilan entre 2.0 y $10.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; en tanto que el valor del coeficiente de almacenamiento (rendimiento específico) obtenido fue de 0.09 .

Además, en el acuífero vecino al sur, "Cañada Honda" se cuenta con información de 10 pruebas: 2 del estudio realizado en 1974 por TMI S.A. y 8 del estudio realizado en 1981 por ACUAPLAN, S.A, ambos para Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). Adicionalmente, como parte de las actividades realizadas en el estudio de 2007, se ejecutaron 5 pruebas de bombeo en los acuíferos de la región suroccidental de Baja California Sur, una de la cuales en el acuífero Cañada Honda.

De esta manera, los valores obtenidos de transmisividad varían de 2.6 a $84.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, para los acuíferos del suroeste de B.C.S considerados en el estudio realizado en el 2007, son consistentes con los reportados por las pruebas realizadas en estudios previos, las cuales reportan valores extremos que oscilan entre 0.1 y $77.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Pozo N° (SARH)	Transmisividad (x10 ⁻³ m ² /s)		T promedio (x10 ⁻³ m ² /s)
	Abatimiento	Recuperación	
61	1.5	X	1.5
57	X	1.58	1.58
99	X	30.34	30.34
103	X	1.75	1.75
65	0.78	X	0.78
I	0.96	3	1.98
2	0.15	X	0.15
IV	20.91	X	20.91
44	2.08	X	2.08
102	X	5.94	5.49
43	0.92	X	0.92
S/N	0.064	X	0.064
101	1.82	2.81	2.315
63	X	4.88	4.88
40-R	1.06	1.83	1.445
ZA-III	1.03	6.8	3.915
51	1.9	15.1	8.5
PROMEDIO	2.76	7.40	5.21

5.3 Piezometría

Para el análisis piezométrico del acuífero El Carrizal se cuenta con la información para el periodo 1997- 2008 recabada durante por la Dirección Local en Baja California Sur durante los “paros de bombeo”, que se lleva a cabo al final del ciclo primavera-verano, principalmente en los pozos para uso agrícola.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

La configuración de profundidad al nivel estático para el año 2008 muestra un rango de valores, de 20 a 110 m, de acuerdo con la topografía del terreno.

Los valores más someros se registran al sureste del poblado “El Carrizal” y hacia la región costera del acuífero, en tanto que los más profundos se presentan en la porción oriental del acuífero, conforme se asciende topográficamente. En la zona de extracción para uso agrícola se registran valores de 40 a 60 m (figura 4).

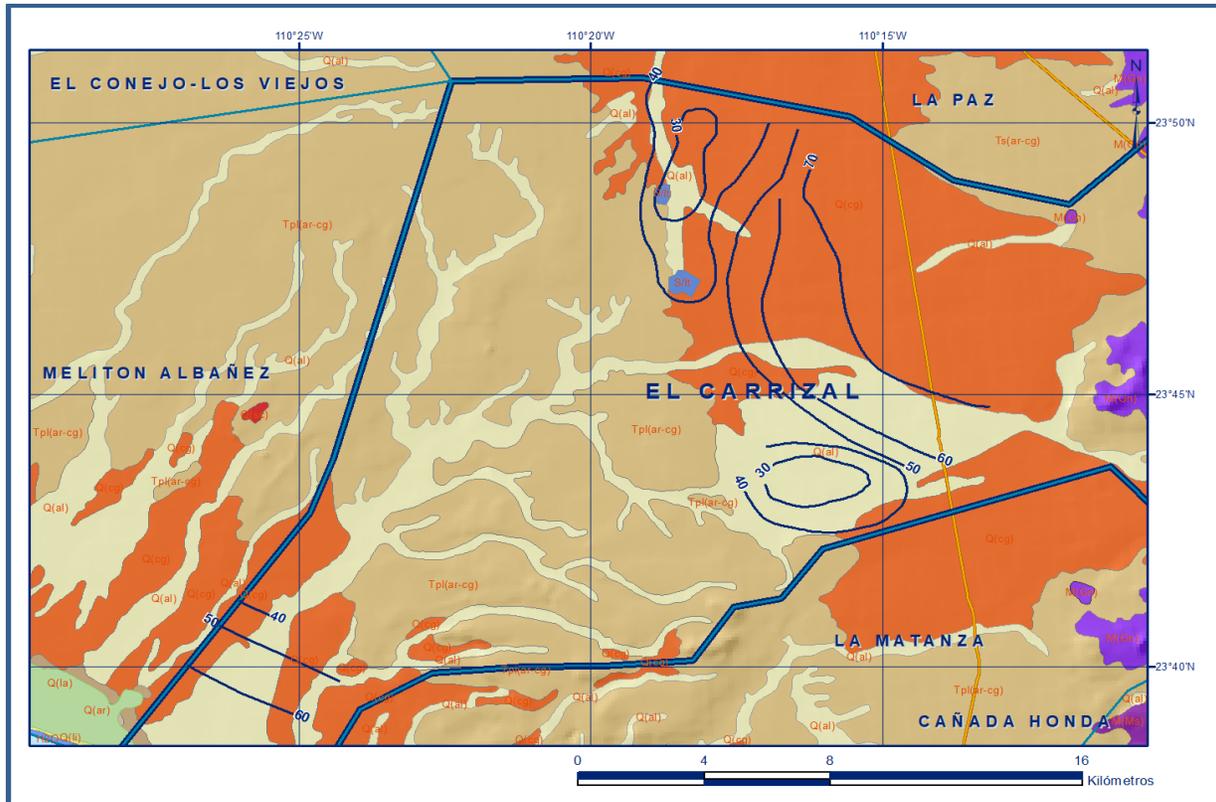


Figura 4. Profundidad al nivel estático en m (2008)

5.4.2 Elevación del nivel estático

Con respecto a la elevación del nivel estático para el año 2008 mostrada en la figura 5, se observa que sus valores, al igual que la profundidad al nivel estático, presenta claramente el reflejo de la topografía, evidenciando de esta manera que el flujo subterráneo no ha sufrido modificaciones causadas por la concentración de pozos o del bombeo, mostrando una trayectoria preferencial en dirección este-oeste.

Aunque no existe información en la parte costera, es de esperar que en ella se registre valores desde algunos metros y estos se incrementan hacia el centro y este del acuífero, por efecto de la topografía. En la zona de explotación los pozos muestran valores extremos de 106 y 310 msnm.

Los valores más bajos se ubican en la zona de mayor extracción para uso agrícola y los más altos hacia la porción oriental del acuífero. No existen evidencias de inversión del gradiente hidráulico.

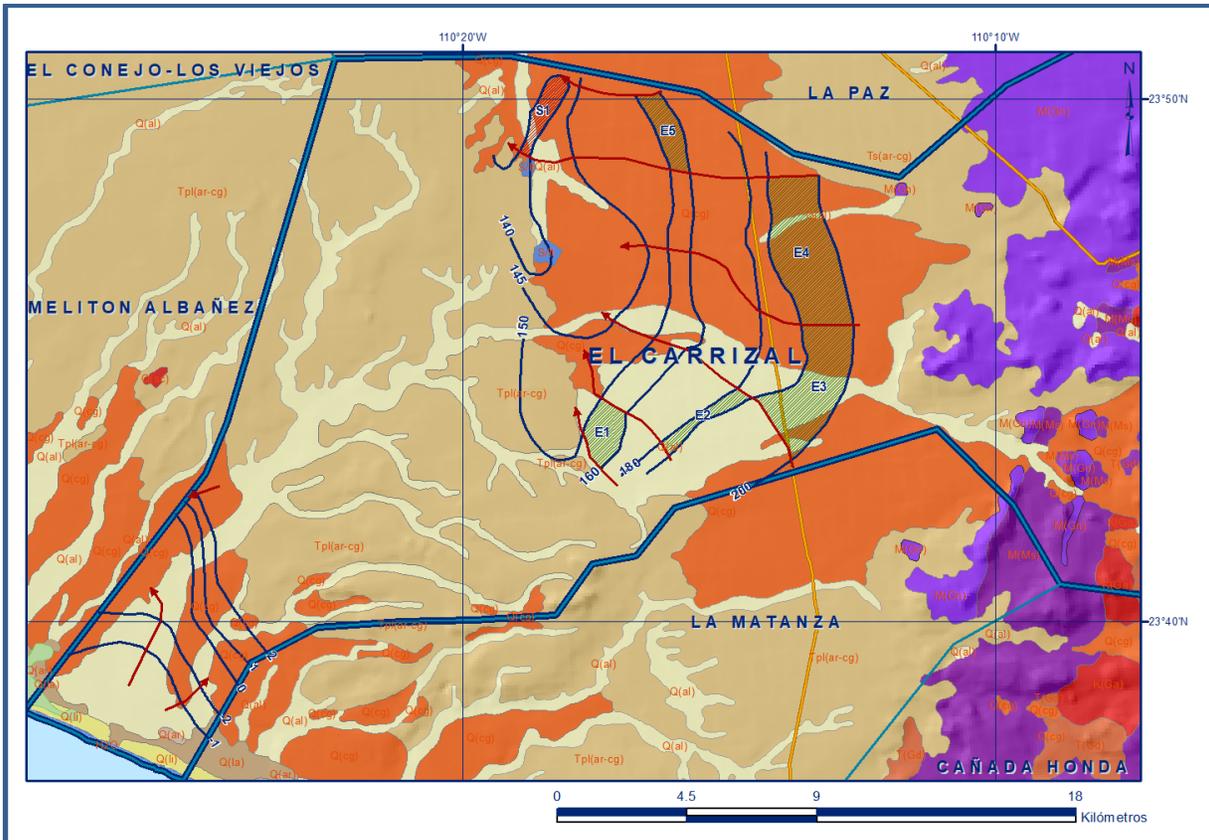


Figura 5. Elevación del nivel estático en msnm (2008)

5.4.3 Evolución del nivel estático

Con respecto a la evolución del nivel estático para el periodo 1997-2008, presentada en la figura 6, se puede observar que se registran descensos de hasta 14 m en los aprovechamientos localizados hacia la porción central del área de balance, en la zona de mayor extracción para uso agrícola, que representan un ritmo anual de abatimiento de hasta 1.3 m.

El abatimiento promedio en esta zona es de 1 m anual. Como es de esperar, hacia la porción oriental del acuífero, cercana a la carretera La Paz-Cabo San Lucas, se registran valores de recuperación del orden de los 10 m, representan 0.9 m anuales, debido a que en esta región la extracción es incipiente.

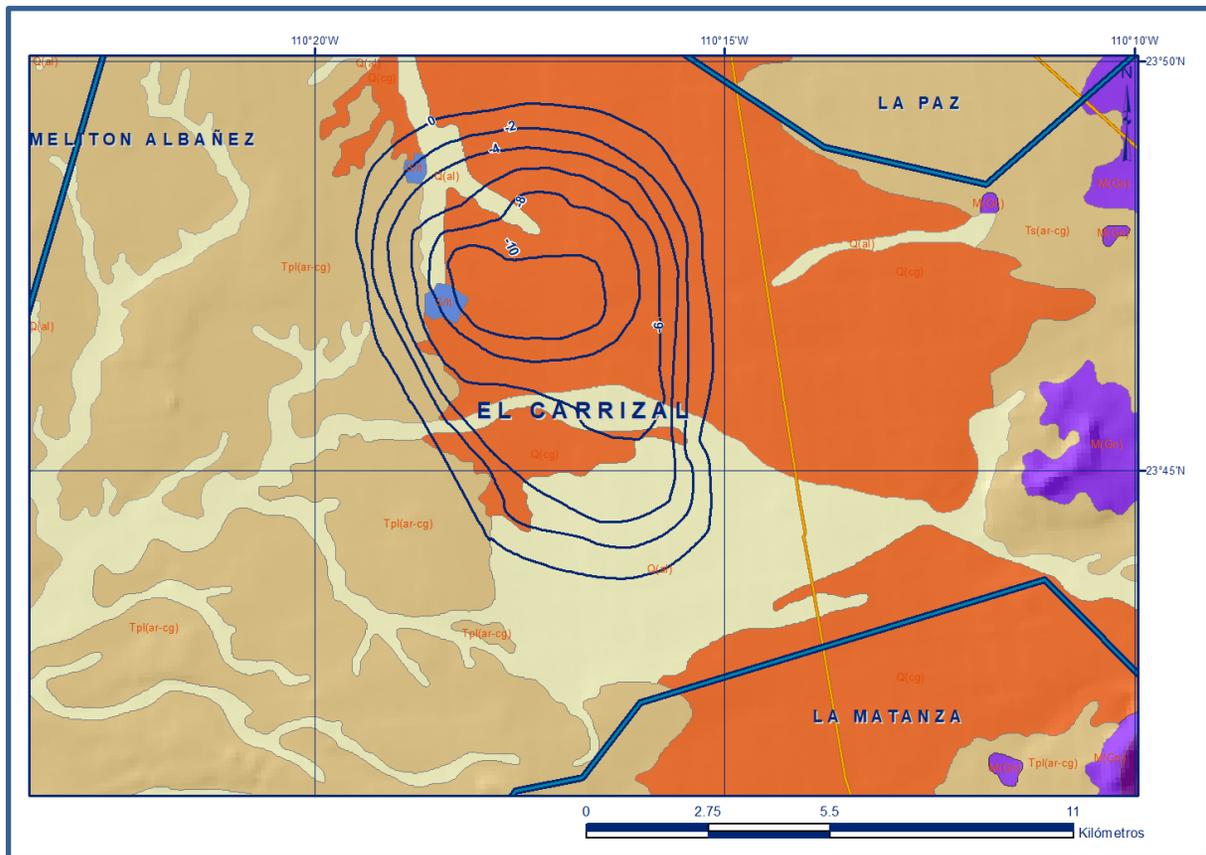


Figura 6. Evolución del nivel estático en m (1997-2008)

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

De acuerdo con los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en estudio previos, en general, con respecto a la calidad del agua, las concentraciones de sólidos totales disueltos (STD) varían en el rango de 500 a 1,500 ppm.

En términos generales, los acuíferos alojados en los valles contienen agua de baja salinidad (menor de 1,000 ppm), característica resultante de la corta permanencia del agua en el subsuelo, debido a su rápida circulación a través de materiales de alta permeabilidad. Concentraciones salinas mayores a 1,500 ppm, se registran en los acuíferos de compleja geología. Esta característica química es determinada por varios factores tanto naturales como antropogénicos: permanencia prolongada en el subsuelo, causada por largas trayectorias de flujo y/o por su circulación a través de materiales de baja permeabilidad; presencia de agua salobre atrapada en sedimentos de origen marino; existencia de rocas con minerales muy solubles y por la influencia de las actividades humanas.

Con respecto a las familias del agua predomina el agua de tipo sódico-clorurado en la mayor parte del acuífero. Esto se atribuye a la abundancia de sedimentos marinos en el subsuelo, que forman parte de los acuíferos o constituyen acuitardos que alimentan en forma natural o bajo los efectos del bombeo. El movimiento del agua en el subsuelo, a través de los acuíferos La Paz y El Carrizal, sugiere la transición del tipo de agua en el sentido del flujo subterráneo, de sódico-bicarbonatado a sódico-clorurado.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

De acuerdo con el último censo de aprovechamientos realizado en el acuífero en 2007, se registraron un total de 178 pozos, de los cuales 74 son para uso pecuario, 57 para uso agrícola, 34 para uso doméstico- abrevadero, 5 más para uso doméstico, 5 para uso público- urbano y los 2 restantes para uso de servicios.

El volumen de extracción conjunto asciende a los **10.5 hm³ anuales**, de los cuales 10.1 hm³ (96.2%) son para uso agrícola, 0.3 hm³ (2.9%) para satisfacer las necesidades de uso doméstico-abrevadero y el 0.1 hm³ restante (0.9 %) para abastecimiento de agua potable a los centros de población. La extracción para usos doméstico-abrevadero y agrícola se cuantificó con los datos obtenidos en el censo (tiempos de operación y gastos instantáneos) o medidor de flujo en su caso; para uso pecuario se utilizaron los consumos medios para cada especie animal.

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El balance de aguas subterráneas se planteó para el periodo 1997-2008, en una superficie de 150 km², que corresponde a la zona donde se tiene información piezométrica y en la que se localiza la mayoría de los aprovechamientos subterráneos. 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 en un acuífero:

7.1 Entradas

De acuerdo con el modelo conceptual definido para el acuífero, las entradas están integradas por la recarga natural que se produce por efecto de la infiltración de la lluvia que se precipita en el valle y a lo largo de los escurrimientos (R_v) y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo horizontal subterráneo (E_h).

De manera inducida, la infiltración de los excedentes del riego agrícola y del agua residual de las descargas urbanas, constituyen otras fuentes de recarga al acuífero. Estos volúmenes se integran en la componente de recarga inducida (R_i).

7.1.1 Recarga vertical (R_v)

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

$$R_v + E_h + R_i - B - S_h - ETR = \pm \Delta V(S) \quad (1)$$

Donde:

R_v : Infiltración por lluvia

R_i : Recarga inducida

E_h : Recarga por flujo horizontal

B : Bombeo

S_h : Salidas por flujo horizontal

ETR : Evapotranspiración real

$\Delta V(S)$: Cambio en el volumen almacenado

De esta manera, despejando la recarga vertical:

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

7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

Las entradas horizontales subterráneas están representadas por una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas altas del área, la cual 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. La recarga al acuífero tiene su origen en la precipitación pluvial sobre el valle y en la infiltración de los escurrimientos superficiales.

El cálculo de entradas por flujo horizontal se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático para el año 2008 (figuras 5)

De acuerdo con la ecuación de Darcy para medios porosos, tenemos que:

$$Q = V * A$$

Considerando una sección, con una longitud (B) y ancho (a), con una diferencia de alturas de (Δh). El área de la sección quedará definida por:

$$A = B * a$$

Mientras que la velocidad será:

$$V = K * i$$

Donde:

K= Coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica.

i = Gradiente hidráulico ($\Delta h / \Delta L$) Δh y ΔL son la diferencia y distancia respectivamente entre las equipotenciales (h) que conforman el canal de flujo.

Sustituyendo en la ecuación de continuidad tenemos que:

$$Q = B * a * K * i$$

Ya que la transmisividad $T = K * a$, la ecuación queda reducida a:

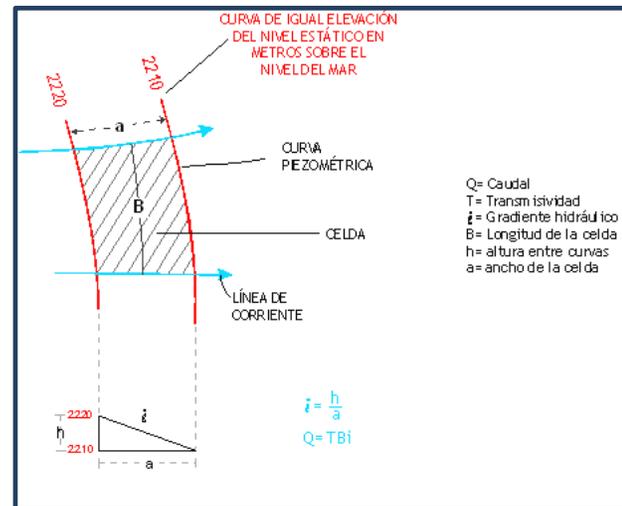
$$Q = T * B * i$$

Donde:

T = Transmisividad en m² /s.

B= Longitud de la celda en metros.

i = Gradiente Hidráulico, en metros.



Los valores estimados de las celdas de flujo subterráneo para el año 2008 se presentan en la siguiente tabla, en la se puede observar que el valor total de entradas por flujo subterráneo es de **12.6 hm³/año**.

Tabla 3. Entradas subterráneas horizontales (2008)

CANAL	LARGO B (m)	ANCHO a (m)	h ₂ -h ₁ (m)	Gradiente i (m)	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN (hm ³ /año)
E1	2400	1100	10	0.0091	0.002	0.0436	1.4
E2	3700	900	10	0.0111	0.001	0.0411	1.3
E3	4600	1900	10	0.0053	0.002	0.0484	1.5
E4	4900	2000	10	0.0050	0.003	0.0735	2.3
E5	3850	1000	10	0.0100	0.005	0.1925	6.1
Total entradas							12.6

Los valores de T utilizados para el cálculo de las entradas y salidas subterráneas fueron tomados de los resultados promedio de las pruebas de bombeo realizadas por estudios previos en acuíferos del suroeste de Baja California Sur, adaptados al espesor saturado del acuífero de El Carrizal. Adicionalmente existe información de los caudales específicos promedio de pozos en explotación en el acuífero La Matanza.

7.1.3 Recarga por retorno de riego (Rr)

En esta variable se incluyen los volúmenes de infiltración de agua que se producen exclusivamente por concepto de los excedentes del riego ya que en la región no existen asentamientos humanos importantes cuya infraestructura hidráulica pueda generar fugas en los sistemas de abastecimiento de agua potable y/o de alcantarillado.

Esta componente de recarga debida a la infiltración de los excedentes del riego agrícola se estimó considerando una superficie de 983 hectáreas (9.8 km²) de cultivos de tomate, chile, sorgo, maíz, alfalfa, cítricos y frutales, obtenida a través de imágenes de satélite, la cual se multiplicó por una lámina promedio de riego de 1.0 m y por un coeficiente de infiltración de 0.10. Con esto, se obtuvo un volumen de infiltración por retornos de riego de **1.0 hm³/año**, que equivale al 10 % del volumen para uso agrícola.

7.2 Salidas

Las salidas representan básicamente la descarga del acuífero, la cual ocurre principalmente por bombeo (B), debido a las salidas subterráneas horizontales (Sh) y evapotranspiración (ETR).

7.2.1 Evapotranspiración (ETR)

Este parámetro 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) es un parámetro utilizado para la recarga potencial de infiltración. Debido a que en la zona de balance los niveles freáticos se localizan por debajo de los 30 m de profundidad, no se presenta la evapotranspiración. Por lo tanto **ETR = 0**.

7.2.2 Bombeo (B)

Como se mencionó en el apartado de censo e hidrometría, el valor de la extracción por bombeo asciende a **10.5 hm³/año**, destinando casi en su totalidad al uso agrícola.

7.2.3 Salidas subterráneas (Sh)

Las salidas subterráneas fueron calculadas de la misma manera como se evaluaron las entradas subterráneas, a partir de la configuración de elevación del NE presentada en la figura 5. El valor estimado para el año 2008 es de 6.4 hm³ anuales, tal como se muestra en la tabla 3. Las salidas subterráneas, tienden a dirigirse hacia el acuífero vecino al norte de La Paz, pero son ahora interceptadas por la extracción que se realiza en el área del Rancho “La Campana”.

Tabla 4. Salidas subterráneas horizontales (2008)

CANAL	LARGO B (m)	ANCHO a (m)	h_2-h_1 (m)	Gradiente i (m)	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN (hm ³ /año)
S1	2700	800	10	0.0125	0.006	0.2025	6.4
Total salidas							6.4

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

Con respecto a la evolución del nivel estático para el periodo 1997-2008, se observa que se registran valores de -3 a -12 m, que representan un ritmo anual de abatimiento de 0.3 a 1.1 m. Con base en la configuración de curvas de igual evolución del nivel estático, y considerando un coeficiente de almacenamiento $S = 0.09$ (Clarión, S.A., 1980), se determinó la variación del almacenamiento con la siguiente expresión:

$$\Delta VS = S * A * h$$

Donde:

ΔVS : Cambio de almacenamiento en el período analizado

S: Coeficiente de almacenamiento promedio de la zona de balance

A: Área entre curvas de igual evolución del nivel estático (km²)

h: Valor medio de la variación piezométrica en el período (m)

Como consecuencia de la explotación del recurso la posición del nivel piezométrico ha descendido, propiciando una variación negativa del almacenamiento, que en este caso es poco significativa.

El volumen de sedimentos drenados en el intervalo de tiempo de 11 años, fue de 29.8 hm³, que equivale a **2.7 hm³/año** (tabla 4).

Tabla 4 Evolución del nivel estático (1997-2008)

Evolución (m)	Abatimiento promedio (m)	Area (km ²)	S	$\Delta V(S)$ (hm ³ /a)
0 a -2	-1.0	9.8	0.09	-0.9
-2 a -4	-3.0	14.5	0.09	-3.9
-4 a -6	-5.0	15.4	0.09	-6.9
-6 a -8	-7.0	10.6	0.09	-6.7
-8 a -10	-9.0	7.5	0.09	-6.1
-8.0	-8.0	0.5	0.09	-0.3
-10.0	-10.0	5.6	0.09	-5.0
Total promedio anual				-29.8 -2.7

Solución a 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:

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

$$R_v = 6.4 + 10.5 + 0.0 - 2.7 - 12.6 - 1.0$$

$$R_v = 0.6 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

De esta manera la recarga total media anual estará definida por la suma de la recarga vertical, las entradas horizontales subterráneas y la recarga inducida.

$$R = R_v + E_h + R_r$$

$$R = 0.2 + 12.6 + 1.0$$

$$R = 14.2 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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 **14.2 hm³/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 este caso, a pesar de que las salidas subterráneas tienden a dirigirse hacia el acuífero La Paz, la zona de concentración de la extracción que se lleva a cabo en el área del Rancho “La Campana” intercepta el flujo. Por lo tanto, se considera que no existen descargas naturales comprometidas **DNC = 0.0 m³ 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 **13,486,624 m³ 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 14.2 - 0.0 - 13.486624 \\ \text{DMA} &= 0.713376 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **713,376 m³ anuales**.

9. BIBLIOGRAFÍA

Secretaría Recursos Hidráulicos, 1971. Estudio Geofísico en las Zonas de La Paz, El Carrizal, Arroyos San José del Cabo y Santiago, en el Territorio de Baja California. Elaborado por la empresa GEOFIMEX, S.A.

Secretaría Recursos Hidráulicos, 1972. Estudios Geohidrológicos de los Valles de La Paz y El Carrizal, Territorio de Baja California. Elaborado por la empresa INGESA Ingeniería y Geotecnia, S.A.