



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO SAN JUAN B. LONDÓ (0329), 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.....	7
3.1 Provincia Fisiográfica.....	7
3.2 Clima.....	7
3.3 Hidrografía.....	8
3.4 Geomorfología.....	8
4. GEOLOGÍA.....	9
4.1 Estratigrafía.....	9
4.2 Geología Estructural.....	11
4.3 Geología del subsuelo.....	11
5. HIDROGEOLOGÍA.....	12
5.1 Tipo de acuífero.....	12
5.2 Parámetros hidráulicos.....	13
5.3 Piezometría.....	13
5.4 Comportamiento hidráulico.....	13
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	13
5.4.2 Elevación del nivel estático.....	14
5.4.3 Evolución del nivel estático.....	15
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	17
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	20
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	21
7.1 Entradas.....	22
7.1.1 Recarga vertical (Rv).....	22
7.1.2 Recarga natural.....	22
7.1.3 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh).....	22
7.2 Salidas.....	24
7.2.1 Extracción por bombeo (B).....	24
7.2.2 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh).....	24
7.2.3 Cambio de almacenamiento (ΔVS).....	25
7.2.4 Evapotranspiración.....	26
8. DISPONIBILIDAD	27
8.1 Recarga total media anual (R).....	27
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	27
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	28
8.4 Rendimiento permanente.....	28
8.5 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	28
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 San Juan B. Londó, definido con la clave 0329 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción centro-oriental del Estado de Baja California Sur, entre los paralelos 26° 00' y 26° 21' de latitud norte y los meridianos 111° 22' y 111° 37' de longitud oeste. El valle de San Juan B. Londó es un valle intermontañoso ubicado a 8 kilómetros de la línea de costa. Su localización se presenta en la figura 1 y en la tabla 1 se muestran las coordenadas de la poligonal simplificada del acuífero.



Figura 1. Localización del acuífero

Las coordenadas de la poligonal simplificada del acuífero se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUÍFERO 0329 SAN JUAN B. LONDO							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	111	22	36.2	26	12	36.1	
2	111	22	43.9	26	12	7.5	
3	111	22	52.8	26	11	5.9	
4	111	22	29.1	26	10	10.6	
5	111	22	19.7	26	7	22.6	
6	111	22	23.6	26	5	54.5	
7	111	29	13.7	26	3	17.3	
8	111	30	21.7	26	1	54.9	
9	111	31	48.9	26	0	59.4	
10	111	32	43.4	26	0	13.9	
11	111	33	51.1	26	3	43.2	
12	111	32	59.4	26	4	30.4	
13	111	34	55.7	26	6	4.4	
14	111	37	41.6	26	18	54.9	
15	111	36	32.9	26	21	14.3	
16	111	31	14.0	26	20	35.0	
17	111	27	8.0	26	20	31.0	
18	111	25	8.3	26	20	53.2	DEL 18 AL 1 POR LA LINEA DE BAJ AMAR A LO LARGO DE LA COSTA
1	111	22	36.2	26	12	36.1	

1.2 Situación Administrativa del acuífero

Dentro del territorio que comprende el acuífero está en vigor la veda tipo III “Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur” publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 2 de julio de 1954, que se establece por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo para el control de la extracción, pues se considera que el incremento de la actividad agrícola pone en peligro al acuífero. De acuerdo con ella, la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite extracciones limitadas para los diferentes usos del agua. Excepto cuando se trate de alumbramientos de aguas para usos domésticos, a partir de la fecha de publicación de este acuerdo en el DOF, nadie podrá efectuar alumbramientos de aguas del subsuelo en la zona vedada, ni modificar los existentes, sin previo permiso por escrito de la Autoridad del Agua, la que sólo los expedirá en los casos en que de los estudios correspondientes se deduzca que no se causarán los daños que con el establecimiento de la veda tratan de evitarse.

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 extraída del acuífero es para abastecimiento de agua potable a la ciudad de Loreto, por lo que el Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del municipio es el usuario mayoritario. En menor proporción, está el uso agrícola y el doméstico-abrevadero.

El acuífero pertenece al Organismo de Cuenca Península de Baja California; así mismo forma parte del Consejo de Cuenca Baja California Sur instalado el 3 de marzo de 2003. Actualmente no cuenta con Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Entre los principales estudios técnicos realizados con anterioridad se distinguen los siguientes:

INFORME FINAL DEL ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PRELIMINAR DE “SAN JUAN B. LONDÓ” MUNICIPIO DE COMONDÚ, ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR, elaborado por la SARH dentro del Programa PIDER en el año de 1978. Corresponde a un estudio geohidrológico completo que incluye censo, nivelación de brocales, hidrometría, análisis químicos, pruebas de bombeo, exploraciones directas, geología, descripción climatológica, así como la descripción de la hidrología subterránea, incluyendo un balance de agua subterránea. Indica que, a partir del año de 1976, se intensifica la extracción de agua del subsuelo mediante la perforación de pozos con fines agrícolas. Existían, en esta fecha, 200 habitantes en el Valle de San Juan B. Londó. En el censo efectuado se registraron 62 aprovechamientos. En el balance de agua subterránea efectuado, se calculó una entrada por flujo subterráneo de 10.55 hm³/año y una salida subterránea de 2.55 hm³/año, con un cambio de almacenamiento negativo de 1.10 hm³/año y una recarga vertical calculada como incógnita en la ecuación de balance que resultó de 1.80 hm³/año. El abatimiento medio anual para la zona agrícola en el periodo 1977-1978, fue de 1.52 metros. La extracción estimada fue de 10.9 hm³/año mediante 39 obras activas, en tanto que la recarga fue de 12.35, correspondiendo 1.8 a la infiltración vertical y 10.55 a la entrada por flujo subterráneo (cifras en hm³/año). Se menciona también la existencia de termalismo e indica que la calidad del agua subterránea es en general buena, con menos de 1,000 ppm de sólidos totales disueltos.

Datos sobresalientes: Aprovechamientos: 62

Entrada por flujo subterráneo: 10.55 hm³/año

Salida subterránea: 2.55 hm³/año

Extracción: 10.9 hm³/año

Cambio de almacenamiento: -1.10 hm³/año

Recarga: 12.35 hm³/año

Abatimiento medio anual (zona agrícola): 1.52 metros

Mediante la realización de las actividades de campo consideradas en el estudio anterior, la ejecución de otras pruebas de bombeo y de sondeos geofísicos, se planteó la actualización del balance de aguas subterráneas para calcular la recarga media anual que reciben los acuíferos.

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO-GEOFÍSICO EN LA CUENCA DE SAN JUAN BAUTISTA LONDO, MUNICIPIO DE COMONDÚ, B.C.S., elaborado para la SARH, por el Instituto de Geofísica de la UNAM en el año de 1986. Presenta una descripción geológica de las rocas existentes a las cuales las divide en: Depósitos recientes (acuífero), Pleistoceno clástico (acuífero), Plio-pleistoceno volcánico (parcialmente confinante), Grupo Salada (acuífero), Formación Comondú (parcialmente confinante) y basamento granítico. Menciona que el Valle de San Juan B. Londó está constituido por tres fosas tectónicas principales que contienen un importante relleno sedimentario que conforma el acuífero. Se censaron 80 aprovechamientos de los cuales 41 corresponden a pozos. Se realizaron 10 pruebas de bombeo mediante las cuales se obtuvieron transmisividades entre 0.31 y $0.17 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$.

El coeficiente de almacenamiento estimado fue de 0.0022. Obtiene una recarga vertical aparente de $10 \text{ hm}^3/\text{año}$. La extracción de agua subterránea fue de $12.5 \text{ hm}^3/\text{año}$. Realizó un levantamiento geofísico que incluyó gravimetría, magnetometría y prospección eléctrica, mediante los cuales se obtuvo que estructuralmente el Valle de San Juan B. Londó corresponde a un hundimiento por fallamiento regional, con un basamento localizado entre 1.6 y 2.2 kilómetros de profundidad. Mediante la geofísica eléctrica se definió un acuífero libre superior, en los depósitos granulares superficiales.

Datos sobresalientes:

Transmisividad: Entre 0.31 y $0.17 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

Coeficiente de almacenamiento: 0.0022.

Recarga vertical: $10 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Extracción de agua subterránea: $12.5 \text{ hm}^3/\text{año}$.

ACTUALIZACIÓN GEOHIDROLÓGICA DE LOS ACUÍFEROS DE SAN JUAN B. LONDÓ Y LORETO, B.C.S., elaborado para la Comisión Nacional del Agua en el 2006 por la empresa Lesser y Asociados, S.A. de C.V. Este estudio tuvo como objetivo actualizar el conocimiento de las condiciones geohidrológicas de los acuíferos con el objeto de establecer un diagnóstico de la evolución de los niveles del agua y contar con la

información geohidrológica necesaria para determinar la recarga media anual del agua subterránea. Las actividades realizadas durante este estudio incluyeron el censo de aprovechamientos, pruebas de bombeo, sondeos electromagnéticos y análisis fisicoquímicos a las muestras de agua subterránea. Sus resultados y conclusiones fueron la base para la elaboración del presente documento, por lo que serán discutidos en los capítulos correspondientes.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia Fisiográfica

La zona se localiza dentro de la Provincia Fisiográfica de Sierras de Baja California de acuerdo a la clasificación del Ing. Manuel Álvarez Jr. (1954) y dentro de la Subprovincia fisiográfica de la Sierra La Giganta de acuerdo a la clasificación del Sistema Geológico Mexicano (antes Consejo de Recursos Minerales). Esta provincia constituye prácticamente la mitad oriental del Estado de Baja California y comprende el macizo montañoso conocido como Sierra La Giganta formado por elevaciones prominentes y profundos cañones de paredes verticales que en muchos sitios terminan en acantilados abruptos sobre el Golfo de California.

Dentro de esta provincia se encuentran potentes espesores de rocas volcánicas que descansan en discordancia sobre sedimentos marinos del Cenozoico, así como rocas graníticas que constituyen un batolito.

3.2 Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por Enrique García para adaptarla a las condiciones climáticas de la República Mexicana, El clima de la región pertenece al tipo de clima semiárido desértico, con un valor de precipitación pluvial media anual de 143 mm obtenida a partir de un registro de precipitación que comprende de 1974 a la fecha. Se puede observar, que el valor máximo registrado es de 387 mm fue en el 1984 y está asociado a un evento ciclónico; únicamente en algunos años se ha superado la media anual y en el resto del periodo se hace evidente la escasez.

Durante los meses de agosto y septiembre se presentan las mayores precipitaciones, con un promedio de 35 y 45 mm; en general las lluvias que se presentan durante todos los años en los meses de diciembre a enero, se asocian a lluvias invernales ocasionados por la presencia de los frentes fríos, con valores promedio anuales de 10.5 a 16 mm, respectivamente.

Las máximas temperaturas se presentan durante los meses de junio, julio y agosto de 43° C y mínimas de 3° C durante los meses de diciembre a febrero, por lo que el clima se considera caluroso de tipo extremo.

Su evapotranspiración potencial es del orden de los 2,000 mm/año.

3.3 Hidrografía

El acuífero pertenece a la Región Hidrológica No. 6 (Baja California Sur-Este) y está limitado por los arroyos El Frijol y San Bruno, dentro de la vertiente del Golfo de California en un valle intermontano sobre las estribaciones de la sierra La Giganta, en donde se origina una serie de corrientes intermitentes que conforman un drenaje de tipo dendrítico que intersecta a la planicie aluvial y sale del valle a través de un estrechamiento que desemboca en las proximidades de los esteros.

El colector principal lo constituye el arroyo San Juan B. Londó que drena longitudinalmente a todo el valle y al cual se unen transversalmente los arroyos El Papiñi, San Vicente, El Descanso y San Antonio, aguas arriba de la carretera transpeninsular, y aguas abajo el arroyo El León; hasta descargar a la línea de costa al igual que el arroyo de Las Vinoramas que desemboca directamente sobre la margen derecha de la desembocadura de San Bruno.

3.4 Geomorfología

Respecto a la geomorfología, el área de San Juan B. Londó corresponde a un valle plano con ligera pendiente al SE, que se eleva a 80-40 metros sobre el nivel del mar. Está circundado por elevaciones topográficas que hacia el poniente corresponden a la Sierra La Giganta. De la sierra, bajan arroyos efímeros que cruzan el valle de oeste a este, los que se unen en un arroyo cuya traza se extiende paralela a la carretera federal, pasa por el poblado de San Juan y desemboca al sureste.

En la porción SE del valle, se presenta una franja angosta de valle, a través de la cual se comunica el Valle de San Juan B. Londó con el Mar de Cortés, en el área conocida como desembocadura de San Bruno. La Sierra La Giganta circunda el valle de San Juan B. Londó. Se eleva a más de 1200 msnm y presenta formas abruptas, con una gran cantidad de acantilados, ocasionados por una falla regional de tipo normal.

4. GEOLOGÍA

4.1 Estratigrafía

Dentro de la zona afloran rocas volcánicas, sedimentarias e ígneas intrusivas cuya secuencia estratigráfica se describe a continuación (figura 2).

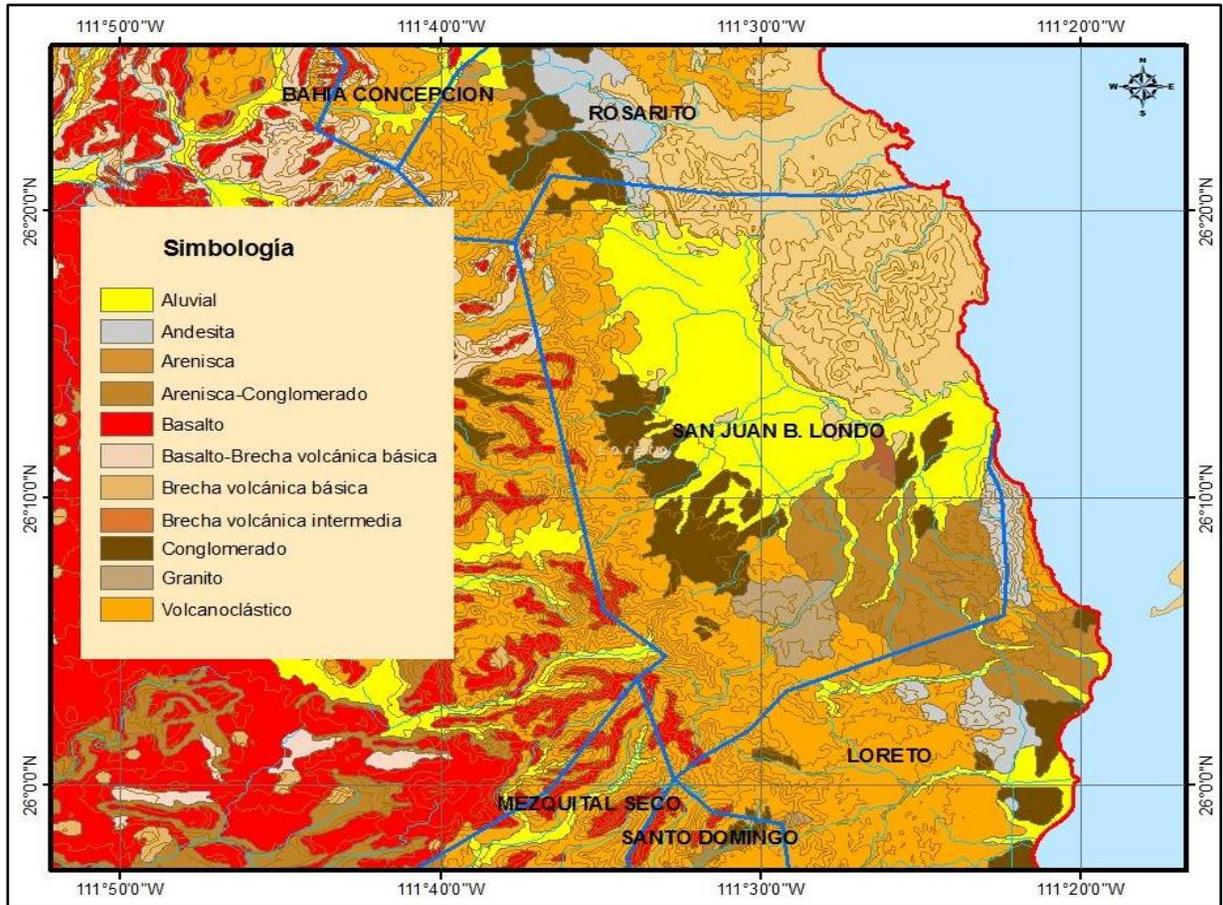


Figura 2. Geología general del acuífero

Rocas graníticas (Kgr). - Son las rocas más antiguas que afloran en el área de estudio. Corresponden a un intrusivo constituido por granitos y granodioritas que afloran al SW y W del poblado de San Juan B. Londó, donde afloran bloques de color rosa. La granodiorita es de color gris oscuro, generalmente se encuentra alterada.

La edad de esta roca se considera del Cretácico. Le sobreyace en forma discordante la Formación Comondú.

Formación Comondú (Tco). - La Formación Comondú (Heim, Arnold, 1922) está constituida por una alternancia de materiales volcánicos y sedimentarios. Incluye

areniscas, conglomerados, brechas volcánicas, andesitas y tobas. Las areniscas se presentan bien consolidadas y compactas, en varios sitios presentan estratificación cruzada. Tiene un color rojizo. Los conglomerados están constituidos por fragmentos redondeados, de origen ígneo, empacados en arenas.

Las areniscas y los conglomerados se encuentran complejamente interestratificados e intrusionados por diques de composición intermedia y básica. Las tobas y brechas presentan una composición predominantemente básica. Las brechas están constituidas por fragmentos de 0.3 a 40 cm de diámetro, empacadas en una matriz tobácea y se encuentran intrusionadas por diques. Constituye la mayor parte de las elevaciones topográficas que corresponden a la Sierra La Giganta. Presenta una estratificación casi horizontal, con una sensible inclinación hacia el poniente. Su espesor se estima en más de 1,000 metros. Se considera de edad Mioceno.

Formación Salada (Tps). - La Formación Salada (Heim, 1922) corresponde a un conjunto de sedimentos semiconsolidados de origen marino, del período Plioceno. Incluye horizontes de areniscas y conglomerados semiconsolidados, de color gris, de origen marino con fósiles. Se han reportado espesores de aproximadamente 1,000 m y una edad Plioceno Inferior. Presenta también limolitas en colores gris claro y amarillo que sobreyacen a las areniscas y conglomerados. Se le estima a este cuerpo un espesor de 200 m. Otro horizonte dentro de esta formación, corresponde a material calcáreo con depósitos de terrígenos. Afloramientos de este cuerpo se presentan al sur del poblado de San Juan B. Londó.

Terrazas y pie de montes (Qp). - Corresponde principalmente a conglomerados poco consolidados, empacados en arenas. Los clásticos son de rocas ígneas. Aflora en el flanco poniente del valle de San Juan B. Londó.

Aluviones (Qal). - Están formados por materiales granulares de diferentes tamaños, tales como arenas, limos, arcillas, gravas y cantos rodados, producto del intemperismo y erosión de las rocas que constituyen las elevaciones topográficas de la región.

En San Juan B. Londó corresponden a material transportado por corrientes fluviales procedentes de la sierra. Afloran en las partes planas del valle de San Juan B. Londó.

4.2 Geología Estructural

En el valle de San Juan B. Londó el rasgo estructural más importante es la fosa tectónica que se ha formado debido a la presencia de dos grandes fallas normales que limitan el graben, sobre el cual se depositaron los sedimentos aluviales que constituyen el acuífero. La Falla Loreto, se localiza al occidente y tiene continuidad hacia el acuífero Loreto.

Su desplazamiento con respecto al bloque caído que representa en valle es de 300 a 400 m, en tanto que la falla ubicada al oriente no es continua y su desplazamiento no es mayor a los 200 m. Existe además una gran cantidad de fracturas, fallas de menores dimensiones que las anteriores y diques de composición andesítica, que se presentan especialmente en las rocas volcánicas y sedimentarias de la Formación Comondú y en menor proporción sobre la Formación Salada.

4.3 Geología del subsuelo

La información derivada de las exploraciones geofísicas realizadas como parte de las actividades de los estudios de 1986 y 2006, así como los cortes litológicos de los pozos perforados, permiten definir la geometría del subsuelo. El acuífero alojado en el valle de San Juan B. Londó, como se comentó anteriormente, está alojado en una fosa tectónica delimitada por fallas normales; su dimensión es de aproximadamente 5 x 15 km y está orientado en dirección NW-SE. El espesor determinado supera los 300 m (UNAM, 1986, Lesser, 2006) sin llegar al basamento. Se considera que las fronteras y barreras al flujo subterráneo están representadas por las limolitas y areniscas de la Formación Salada, las rocas graníticas y las rocas de la Formación Comondú, cuando éstas no presentan permeabilidad secundaria.



5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

El acuífero corresponde a un valle intermontano constituido por materiales granulares depositados en una fosa tectónica, los cuales alcanzan espesores de más de 300 metros de acuerdo con exploraciones geofísicas. Estos materiales granulares presentan una permeabilidad media y permiten la formación de un acuífero de tipo libre con un nivel relativamente cercano a la superficie. La recarga se realiza principalmente en los extremos norte y sur del valle, a través de flujo subterráneo procedente de infiltración de agua de lluvia sobre las sierras. En los flancos oriente y poniente prácticamente no existe infiltración por flujo subterráneo (figura 3).

Las rocas de la formación Comondú, debido a que presentan fracturas y fallas, representan otra unidad acuífera susceptible de aprovecharse en el flanco occidental del valle, tal como sucede en el acuífero Loreto donde los mejores pozos de la zona fueron perforados en esta unidad. Lo árido de la región con sus temperaturas extremas, además del agua de mala calidad en el extremo norte del valle, han limitado su desarrollo agrícola. En la porción centro-norte del valle se encuentra una zona de riego que se reduce a la explotación de 10 pozos y otros de caudal reducido, concentrados en una pequeña extensión de terreno, los cuales provocan la formación de un cono piezométrico.

Por otra parte, en el extremo sur del valle se encuentran 4 pozos que se utilizan para el abastecimiento de agua potable a la Ciudad de Loreto a través de una conducción de casi 30 km de longitud. Estos 4 pozos están provocando la formación de una depresión piezométrica en la porción sur del valle. Aún y cuando la extracción de agua es reducida, ha existido abatimiento del nivel piezométrico, el cual ha invertido el gradiente hidráulico en el estrechamiento topográfico que une al Valle de San Juan B. Londó con la desembocadura al mar. Dicho estrechamiento, aunado al abatimiento, ocasiona que actualmente no exista salida por flujo subterráneo, del valle hacia el mar (San Bruno). La zona conocida como desembocadura de San Bruno tiene una extensión de terreno de 25 kilómetros cuadrados constituida por materiales granulares de permeabilidad baja y media, en los cuales se almacena agua subterránea. Su importancia es reducida debido a que tiene poca extensión, no tiene conexión hidráulica con el valle de San Juan B. Londó y presenta intrusión salina a lo largo de la línea de costa. Sin embargo, esta porción de terreno forma parte del mismo acuífero San Juan B. Londó.

5.2 Parámetros hidráulicos

En la zona que comprende el acuífero se han realizado poco más de 20 pruebas de bombeo de corta y larga duración, tanto en etapas de abatimiento como de recuperación. Los métodos de interpretación han sido distintos (Neuman, Jacob, Cooper y Jacob) pero, de manera general, no representan variaciones significativas en sus valores estimados de conductividad hidráulica y transmisividad. Los valores de transmisividad varían entre 0.19 y $40.97 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. El caudal específico determinado en algunos de los aprovechamientos dentro del acuífero, varía de 5.2 a 32.8 lps/m y los valores del coeficiente de almacenamiento, determinados a partir de pruebas de bombeo mediante el método de Cooper y Jacob oscilan entre 17×10^{-6} y 0.012.

5.3 Piezometría

Aunque la información piezométrica es en general escasa, desde la década de los 80 ´s se ha recabado de manera sistemática, aunque dispersa. Para el planteamiento del balance de aguas subterráneas se considera que el periodo 1979-2006 representa de mejor manera las condiciones promedio de las variables que en él intervienen.

5.4 Comportamiento hidráulico

La descripción de las configuraciones del nivel estático incluidas en este documento, únicamente se refieren al comportamiento de los niveles del agua subterránea observados en el 2006 y sólo para el caso de la evolución del nivel estático se compararon con las lecturas de profundidad registradas en 1979.

5.4.1 Profundidad al nivel estático

La configuración de la profundidad al nivel estático se muestra en la figura 4, observándose que los valores varían de 20 a 50 metros. Los valores más bajos se presentan alrededor del poblado de San Juan B. Londó y se profundizan hacia el poniente.

Se hace notar que los principales pozos en operación, tanto los de la zona de riego localizada al norte del valle y los de agua potable que opera FONATUR ubicados al sur, son los que presentan las mayores profundidades al nivel estático, debido a que su régimen de extracción es más intensivo. En la zona de la desembocadura de San Bruno, los valores medios son del orden de los 10 m, los cuales descienden conforme se acercan al litoral del Golfo de California.

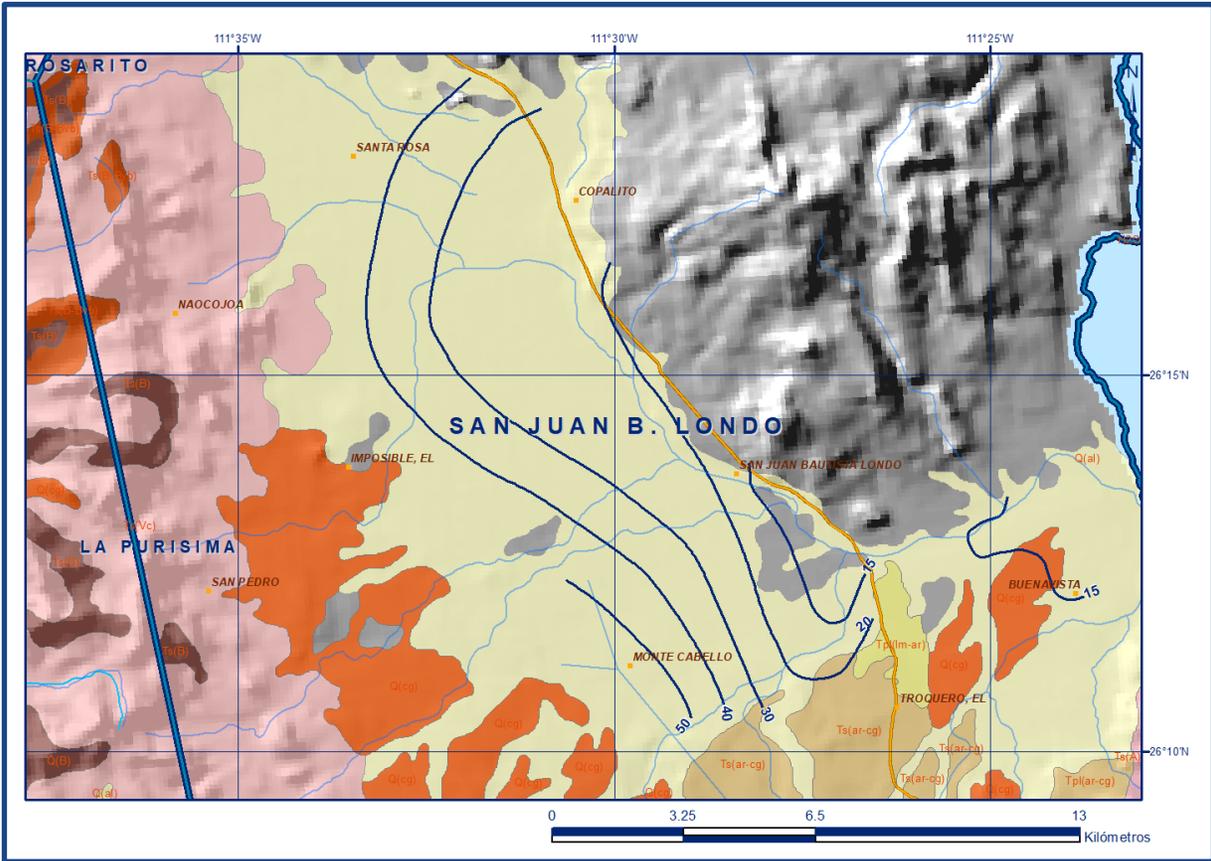


Figura 4. Profundidad al nivel estático en m (2006)

5.4.2 Elevación del nivel estático

La configuración de la elevación del nivel estático para el año del 2006 se muestra en la figura 5, observándose que los valores mayores corresponden a 30 msnm y se ubican en las estribaciones de las sierras; disminuyen hacia la parte sur del valle donde presentan 25 msnm. Hacia el norte se encuentra una suave depresión piezométrica entre las curvas 27 a 22 msnm. En la parte sur se encuentran suaves depresiones piezométricas que tienden a formar un cono cerrado. Al oriente del estrechamiento topográfico de San Bruno, se trazaron curvas que van de 2 a 10 msnm y que se considera son independientes del esquema de flujo del Valle de San Juan B. Londó.

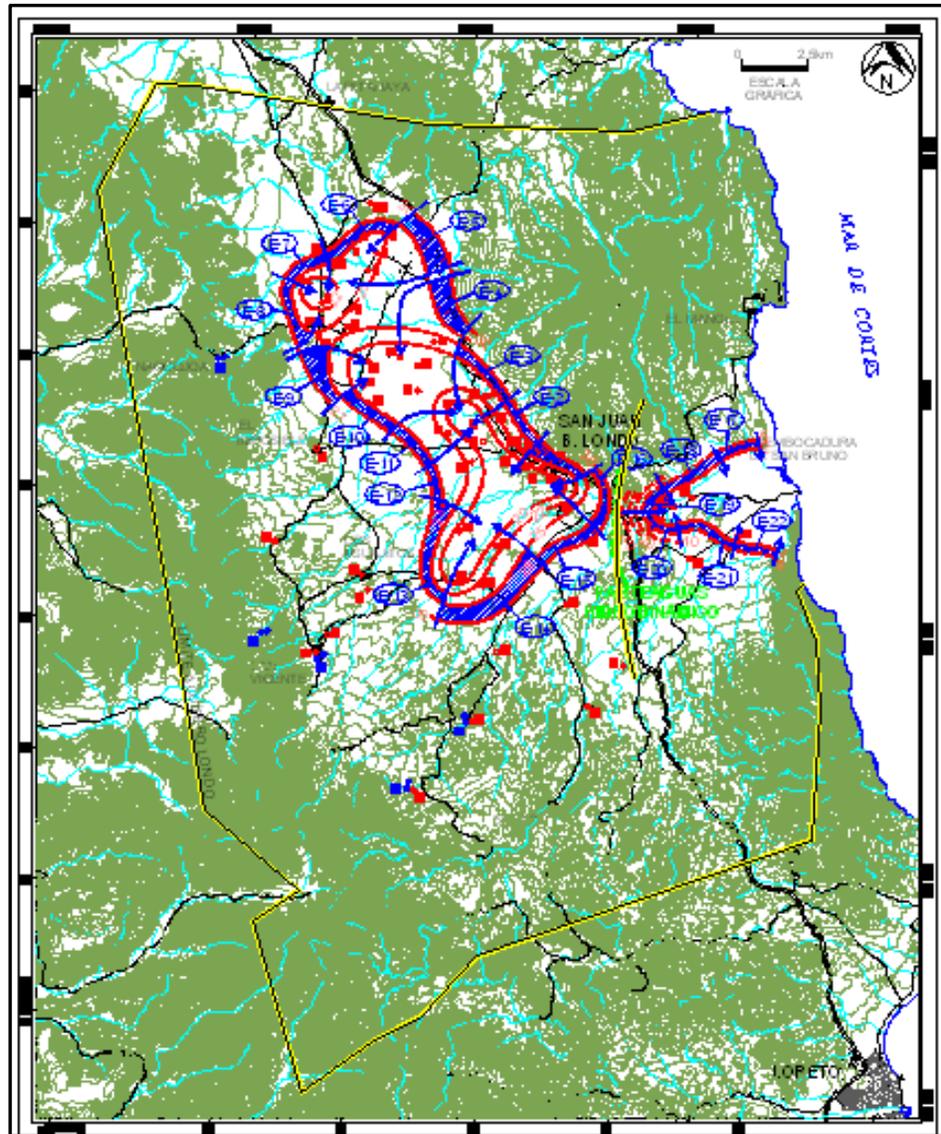


Figura 5. Elevación del nivel estático msnm (2006)

5.4.3 Evolución del nivel estático

De acuerdo con la información registrada en el año de 1978 (SRH), se indica una evolución media anual entre -1 y -2 metros en la porción norte del valle, lo cual indica que desde dicha fecha ya existía sobreexplotación en esta porción.

La información piezométrica histórica presenta el mayor apoyo para la estimación de abatimientos; a partir de ella se dedujo una evolución del nivel estático en el período de 1979-2006, con un abatimiento de entre -6 y -8 metros, lo que equivale a un ritmo anual de abatimiento de 20 a 30 centímetros (figura 6).

Con el objeto de comparar los valores de abatimiento anual para un periodo más reciente se elaboró la configuración de la evolución 2005-2006, obteniéndose abatimientos anuales entre 0.5 y 1.0 metros en zonas localizadas al norte del valle y alrededor del poblado de San Juan B. Londó (figura 7).

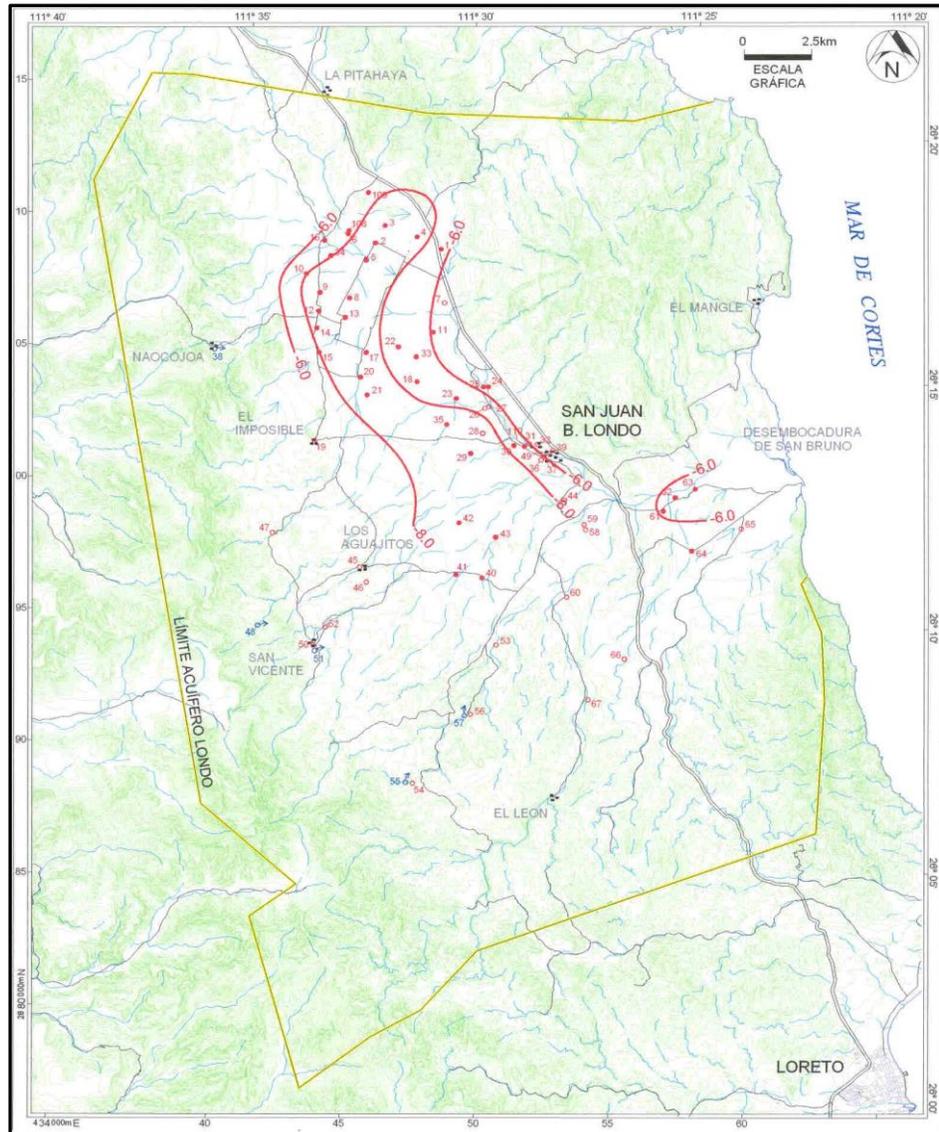


Figura 6. Evolución del nivel estático (1979-2006)

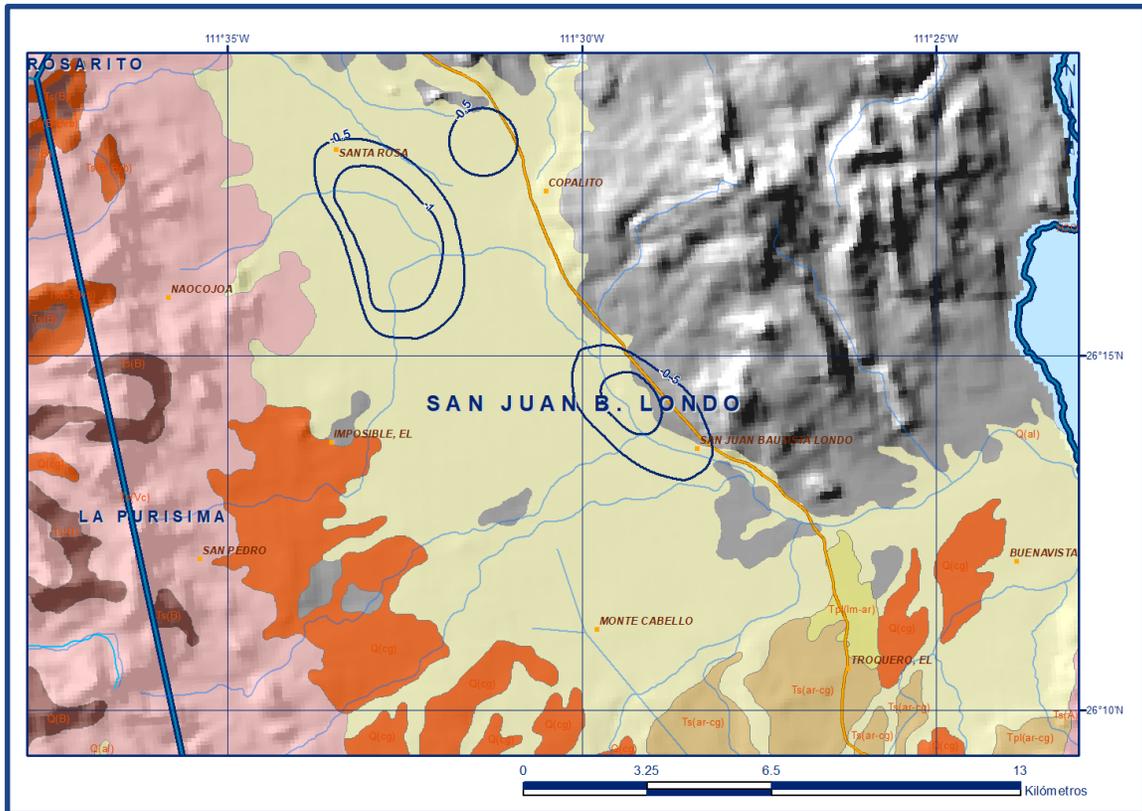


Figura 7. Evolución del nivel estático (2005-2006)

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

La conductividad eléctrica del agua es una medida indirecta de su salinidad. Los valores registrados en el valle de San Juan B. Londó varían de 600 mmhos/cm (micro-mhos/centímetro) en el sur y poniente, hasta 4000 mmhos/cm en el norte y más de 2000 mmhos/cm en el estrechamiento localizado al sureste. Con respecto a las concentraciones de Sólidos Totales Disueltos (STD) (figura No. 8), se pueden observar y diferenciar tres zonas: 1) Norte del Valle de San Juan B. Londó; 2) Sur del Valle de San Juan B. Londó y; 3) Desembocadura de San Bruno.

En la porción norte del Valle de San Juan B. Londó el agua presenta concentraciones medias de sales representadas por valores de STD entre 600 y 1500 mg/l. En la parte sur del valle el agua se considera en general de bajo contenido salino, con concentraciones mayores a 600 mg/l y finalmente, en la desembocadura del valle hacia el Mar de Cortés (área que se conoce como San Bruno-Buenavista), se presentan los valores de STD más altos, los cuales fluctúan entre 1,000 y 3,000 mg/l.

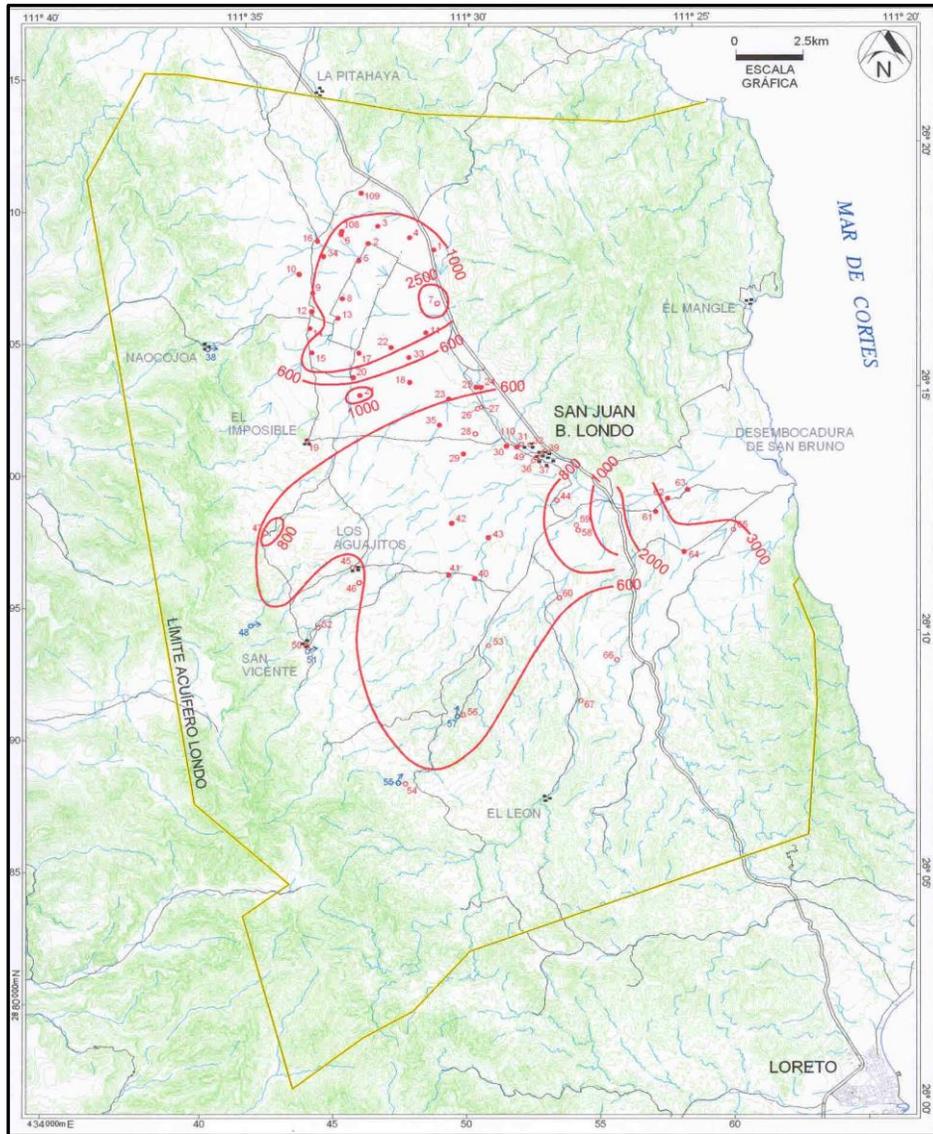


Figura 8. Sólidos totales disueltos

El sodio se presenta en concentraciones mayores de 200 mg/l en el norte del Valle de San Juan B. Londó; en concentraciones entre 100 y 200 mg/l en la parte central del valle y con valores menores de 100 mg/l en el extremo sur del mismo.

Hacia la desembocadura de San Bruno los valores se incrementan a 200 y 500 mg/l. Por lo que se refiere a los cloruros, estos se encuentran en las porciones norte con 200 mg/l, en el centro entre 50 y 100 mg/l y en el sur del valle en concentraciones menores de 100 mg/l respectivamente, mientras que en la desembocadura de San Bruno se presenta entre 300 y 500 mg/l.

Los sulfatos se encuentran en concentraciones mayores de 100 mg/l en la zona agrícola ubicada al norte del Valle de San Juan B. Londó, en concentraciones menores de 50 mg/l en la parte central y sur del valle y, en más de 700 mg/l hacia la desembocadura de San Bruno.

Por lo que respecta al arsénico, este fue detectado en concentraciones ligeramente por arriba del límite permisible en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 “Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua”, la cual establece un límite máximo de 0.025 mg/l. De 27 muestras de agua analizadas en el valle, 4 de ellas presentan valores por arriba del límite permisible, con concentraciones que van de 0.043 a 0.161 mg/l en pozos y 2.315 mg/l en una noria.

El boro fue otro parámetro determinado en los análisis realizados. Llegó a detectarse en concentraciones entre 1 y 8 mg/l en la zona agrícola ubicada en la parte norte del Valle de San Juan B. Londó y en concentraciones del orden de 0.30 mg/l en la porción central y sur.

En los análisis realizados, aproximadamente el 50% de las muestras no cumple con los lineamientos establecidos de acuerdo a 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.. Los principales pozos utilizados para abastecimiento de agua potable, presentan buena calidad

Cabe destacar que en algunos pozos del norte del valle de San Juan B. Londó, fue detectado arsénico en concentraciones ligeramente por arriba del límite permisible. De 27 muestras de agua analizadas en el valle, 4 de ellas presentan valores por arriba de dicho límite, con concentraciones que van de 0.043 a 0.161 mg/l en pozos y 2.315 mg/l en una noria.

Por lo que respecta a la calidad del agua para riego, se clasificó ésta utilizando el método de Wilcox, en el cual se cataloga al agua de acuerdo a la salinidad total expresada como conductividad eléctrica y al contenido de sodio expresado como relación de adsorción de sodio.

De acuerdo con diagrama de Wilcox, el agua para riego se clasifica como de baja, media, alta y muy alta salinidad (C1, C2, C3 y C4) y de bajo, medio, alto y muy alto contenido de sodio intercambiable (S1, S2, S3 y S4).

Para las muestras analizadas, el 70% de ellas corresponden a los tipos C2-S1 y C3-S1, la cual puede utilizarse en riego prácticamente sin restricción alguna. El 30% restante de las muestras analizadas se clasifica como C3-S2, C2-S1 y C4-S4 que corresponde a agua con alto contenido salino y alta proporción de sodio intercambiable, la cual para ser utilizada en riego implica llevar a cabo prácticas de control de la salinidad.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

De acuerdo con el censo de aprovechamientos realizado en el 2006, de las 70 obras censadas 37 corresponden a pozos, 28 norias y 5 a manantiales. En la tabla 2 se muestran los usos a que se destina el agua de los aprovechamientos en este acuífero, destacando que 16 de ellos se utilizan para riego, 4 de uso potable, 12 en abrevadero, y los 38 restantes no tienen uso o bien no se obtuvo información.

El volumen de extracción calculado es de 427.4 hm³ anuales, de los cuales 258.6 hm³ (60.5 %) son para uso agrícola, 132.9 hm³ (31.1 %) para uso público-urbano, 11.6 hm³ (2.7 %) para uso industrial, 2.7 hm³ (0.6 %) para uso doméstico y pecuario, 2.5 hm³ (0.6 %) para servicios y 19.1 hm³ (4.5 %) para usos múltiples.

Tabla 2.- Tipo de aprovechamiento por usos

Tipo	Total	Abrevadero	Potable	Agrícola	Sin uso	Sin información
Pozos	37	2	4	12	18	1
Norias	28	9	0	4	12	3
Manantiales	5	1	0	0	1	3
Suma	70	12	4	16	31	7

Se realizó el cálculo de los volúmenes de agua subterránea extraída en la zona que comprende al acuífero San Juan B. Londó. Para ello, se tomó en cuenta el caudal de extracción y el tiempo de operación de cada aprovechamiento. Se hace la observación de que existen pocos pozos realmente productores, correspondiendo 4 de ellos a los del agua potable que es conducida a Loreto y sólo 10 principales pozos de riego. El volumen de extracción se obtuvo tomando en cuenta los caudales de los pozos medidos en el campo y su tiempo de operación deducido tanto de la información verbal de campo como por superficies de riego.

Se efectuó un análisis minucioso de dichas extracciones debido a que, como se observará posteriormente, los pozos activos son muy pocos.

En el Valle de San Juan B. Londó, la extracción en los pozos de riego del norte asciende a 1.784 hm³/año, en la porción central del valle es de 0.438 hm³/año, en los pozos de agua potable del sur asciende a 3.561 hm³/año y en el resto del área de 0.338 hm³/año; por lo que la extracción total es de 6.12 hm³/año, con la siguiente distribución por usos: 2.4 hm³/año (39%) se destinan al uso agrícola, 3.5 más (58%) para abastecimiento de agua potable y los 0.2 hm³/año (3%) restantes para uso doméstico abrevadero. Adicionalmente, se extraen 0.2 hm³/año de la zona de la desembocadura de San Bruno, para uso agrícola.

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga), y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero, en el periodo de tiempo definido.

La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

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

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 el acuífero:

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

Considerando que la demanda de la extracción de agua subterránea se ha incrementado y que la información piezométrica confiable disponible corresponde a los años de 1986, 2005 y 2006, se decidió plantear el presente balance para el periodo 1986-2006. Para ello, se definió un área de balance de 688 km² que comprende tanto al valle de San Juan B. Londó como la zona de la desembocadura de San Bruno, zona donde se tiene información piezométrica y en la que se localiza la mayoría de los aprovechamientos subterráneos. Con el objeto de hacer un balance integral que comprenda tanto al valle de San Juan B. Londó como a la zona de la desembocadura

de San Bruno, se realizaron balances individuales en cada zona después se sumaron los valores para cada una de las componentes de la ecuación.

7.1 Entradas

La recarga total (R) que recibe el acuífero está integrada básicamente por las entradas subterráneas (Eh) y la recarga vertical por lluvia y por los escurrimientos a lo largo del cauce del río San Juan y los arroyos afluentes (Rv).

7.1.1 Recarga vertical (Rv)

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

$$Eh + Rv - B - Sh - ETR = \pm \Delta V(s) \quad \text{----- (1)}$$

De esta manera:

$$Rv = Sh + B + ETR - \Delta V(s) - Eh \quad \text{----- (2)}$$

Donde:

- Rv:** Recarga Vertical
- Eh:** Entradas subterráneas por flujo horizontal
- B:** Bombeo
- Sh:** Salidas subterráneas por flujo horizontal
- $\Delta V(S)$:** Cambio de almacenamiento
- ETR:** Evapotranspiración

7.1.2 Recarga natural

Esta recarga está constituida por la infiltración de una parte del agua precipitada en el área del valle, de las infiltraciones a lo largo de los arroyos y de la recarga por flujo horizontal subterráneo que se presenta a través de las zonas de pie de monte.

7.1.3 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

Una fracción del volumen de lluvia 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 pie de monte,

para posteriormente llegar a recargar al acuífero en forma de flujos subterráneos que alimentan la zona de explotación localizada en el valle.

En el acuífero San Juan B. Londó la recarga por flujo horizontal de aguas subterráneas ocurre en las zonas de pie de monte que se localizan en los flancos montañosos que limitan el valle, tal como se aprecia en la Figura No. 5 de curvas de igual elevación del nivel estático para el año 2006. Con base en esta configuración se seleccionaron canales de flujo y se aplicó la ley de Darcy para calcular el caudal “Q” que recarga al acuífero. La recarga total por flujo horizontal es la suma de los caudales de cada uno de los canales establecidos. En la tabla No.3 se pueden observar los valores obtenidos en cada celda y el total de 5.1 hm³/año, de los cuales 4.0 hm³/año ocurren en el valle de San Juan B. Londó y los 1.1 hm³/años restantes en la zona de la desembocadura de San Bruno.

$$Q = B * i * T$$

Donde:

B: Ancho (m) del canal de flujo

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

T: Transmisividad (m²/s) en el canal de flujo.

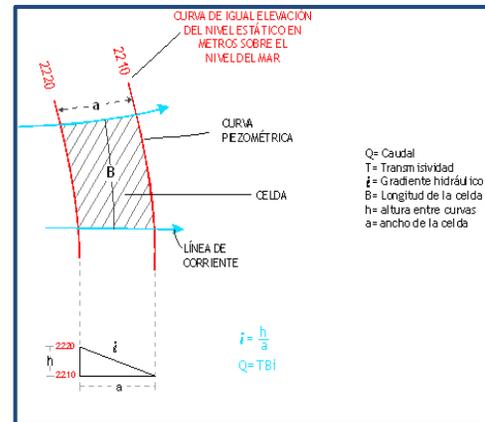


Tabla 3 Entradas subterráneas por flujo horizontal

Valle de San Juan B. Londó						
CELDAS	LARGO (L) m	ANCHO (B) m.	GRADIENTE HIDRAULICO (i)	TRANSMISIVIDAD (T) m ² /s	CAUDAL m ³ /seg Q=TBi	VOLUMEN x 10 ⁰⁶ m ³ /año
E - 1	500.	2100	0.0100	0.0001	0.002100	0.07
E - 2	450	2000	0.0044	0.0001	0.000889	0.03
E - 3	450	2650	0.0044	0.0001	0.001178	0.04
E - 4	1000	2400	0.0030	0.0004	0.002880	0.09
E - 5	1100	2500	0.0027	0.0005	0.003409	0.11
E - 6	500	2600	0.0040	0.001	0.010400	0.33
E - 7	500	1800	0.0040	0.001	0.007200	0.23
E - 8	400	2700	0.0050	0.001	0.013500	0.42
E - 9	600	2100	0.0033	0.0005	0.003500	0.11
E - 10	500	2250	0.0040	0.0005	0.004500	0.14
E - 11	450	2000	0.0044	0.0008	0.007111	0.22
E - 12	400	1200	0.0050	0.0008	0.004800	0.15
E - 13	700	4000	0.0071	0.001	0.028571	0.90
E - 14	700	4700	0.0071	0.001	0.033571	1.06
E - 15	450	2500	0.0044	0.0005	0.005556	0.16
E - 16	400	2350	0.0050	0.0002	0.002350	0.07
TOTAL						4.0
Desembocadura de San Bruno						
CELDAS	LARGO (L) m	ANCHO (B) m.	GRADIENTE HIDRAULICO (i)	TRANSMISIVIDAD (T) m ² /s	CAUDAL m ³ /seg Q=TBi	VOLUMEN x 10 ⁰⁶ m ³ /año
E - 17	400	1500	0.0075	0.0004	0.004500	0.14
E - 18	400	2500	0.0075	0.0004	0.007500	0.24
E - 19	400	1100	0.0075	0.0004	0.003300	0.10
E - 20	350	1450	0.0086	0.0004	0.004971	0.16
E - 21	350	2300.	0.0086	0.0004	0.007886	0.25
E - 22	350	1650	0.0086	0.0004	0.005657	0.18
TOTAL						1.1

Los valores de T utilizados para el cálculo de las entradas y salidas subterráneas son promedio de los obtenidos en las pruebas de bombeo realizadas durante los estudios de 1986 Instituto de Geofísica de la UNAM) y 2006 (CONAGUA).

7.2 Salidas

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B), las salidas subterráneas hacia el mar (Sh) y la evapotranspiración (ETR). No existen manantiales ni descarga de flujo base a lo largo del río San Juan.

7.2.1 Extracción por bombeo (B)

La extracción de agua subterránea en el área ha variado a través del tiempo y de acuerdo con la estimación más reciente, es del orden de 6.3 hm³/año, de los cuales 6.1 hm³/año se extraen del valle de San Juan B. Londó y los 0.2 hm³/año restantes de la zona de la desembocadura de San Bruno. Este volumen se emplea principalmente para abastecimiento de agua potable a la ciudad de Loreto y para uso agrícola.

7.2.2 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

Las salidas subterráneas ocurren como descarga hacia el mar a través de la desembocadura de San Bruno, ya que esta se encuentra separada del valle de San

Juan B. Londó mediante un parteaguas hidrodinámico. Considerando las componentes del balance planteado para la zona de la desembocadura de San Bruno, considerando la recarga total es de $1.4 \text{ hm}^3/\text{año}$ (1.1 de entrada subterránea E_h y 0.3 de infiltración vertical R_v), que el bombeo (B) es de $0.2 \text{ hm}^3/\text{año}$ y un coeficiente de almacenamiento cero, se tiene que:

$$E_h + R_v = S_h + B$$

Donde

$$S_h = E_h + R_v - B = 1.1 + 0.3 - 0.2$$
$$S_h = 1.2$$

Por lo tanto, el valor estimado para S_h es de **1.2 hm^3 anuales.**

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

Para el cálculo del cambio de almacenamiento se tomó en cuenta la evolución del nivel estático registrada para el periodo 1979-2006 (Figura No. 6), considerando un coeficiente de almacenamiento $S = 0.1$; el valor obtenido fue de sólo -0.8 hm^3 anuales, para el caso del valle de San Juan B. Londó (tabla No. 4). En la zona de la desembocadura de San Bruno el cambio de almacenamiento es nulo.

Con base en la configuración de la evolución del nivel estático, la variación del almacenamiento se determina mediante la siguiente expresión:

$$\Delta V(S) = S * A * h$$

Donde:

$\Delta V(S)$: Cambio de almacenamiento en el período analizado

S : Coeficiente de almacenamiento promedio de la zona de balance

A : Área de influencia de curvas de igual evolución del nivel estático (km^2)

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

Se hace esto para cada área entre dos curvas de diferente evolución y al final se suman todos los valores obtenidos.

Tabla 4 Cálculo del cambio de almacenamiento

Evolución (m)	Abatimiento	Área (Km ²)	S	AV (S) (hm ³ /a)
<0	0	610	0.1	0
-6	-6	29	0.1	-17.4
-8	-2	14	0.1	-2.8
<-8	-1	14	0.1	-1.4
	Área balance	674	Total	-21.6
			Promedio anual	-0.80

Determinación de la Recarga Vertical.

Una vez calculadas las componentes de la ecuación de balance, procedemos a evaluar la recarga vertical por lluvia y por las infiltraciones a lo largo del cauce del río, mediante la expresión (2):

$$Rv = Sh + B + ETR - \Delta V(s) - Eh \quad \text{----- (2)}$$

$$Rv = 1.2 + 6.3 + 0.0 - 0.8 - 5.1$$

$Rv = 1.6 \text{ hm}^3$ anuales, de los cuales 1.3 hm^3 corresponden al valle de San Juan B. Londó y los 0.3 hm^3 restantes a la desembocadura de San Bruno.

De esta manera la recarga total media anual $Rt = Rv + Eh$

$R = 6.7 \text{ hm}^3$ anuales (de los cuales 5.3 corresponden al valle de San Juan B. Londó y los 1.4 hm^3 a la zona de la desembocadura de San Bruno).

7.2.4 Evapotranspiración

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). Este parámetro es utilizado para la recarga potencial de infiltración.

En toda el área de balance los niveles estáticos se encuentran a profundidades mayores a 10 m de profundidad, por lo que se considera que no existe salida por este concepto.

ETR = 0.0

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:

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

Donde:

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

R = Recarga total media anual

DNC = Descarga natural comprometida

VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

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, tanto en forma de recarga natural como inducida. Para este caso, su valor es de **6.7 hm³/año**.

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 San Juan B. Londó, sólo existen descargas por concepto de flujo subterráneo hacia el mar, y de los 1.2 hm³/año calculados se estimó que al menos 1.0 hm³/año deben dejarse escapar para mantener la posición de la interfase salina. Por lo tanto, **DNC= 1.0 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 **8,277,248 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 Rendimiento permanente

El rendimiento permanente es la recarga total media anual menos la descarga natural comprometida.

Por lo tanto, para este caso el rendimiento permanente es de **5.7 hm³ anuales.**

8.5 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 6.7 - 1.0 - 8.277248 \\ \text{DMA} &= -2.577248 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **2,577,248 m³ anuales.**

9. BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua, 1993. Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. LIBRO V.3.2.1. Prospección Geoeléctrica y Registros Geofísicos de Pozos.

Comisión Nacional del Agua, 2006. Actualización Geohidrológica de los Acuíferos San Juan B. Londó y Loreto, B.C.S.