



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO SAN JOSÉ DE GUAYMAS (2636),
ESTADO DE SONORA**

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes.....	2
1.1. Localización.....	2
1.2. Situación Administrativa del acuífero.....	4
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	4
3. FISIOGRAFÍA.....	5
3.1 Provincia Fisiográfica	5
3.2 Clima	5
3.3 Hidrografía.....	5
3.4 Geomorfología.....	6
4. GEOLOGÍA.....	6
4.1 Estratigrafía	6
4.2 Geología del subsuelo	9
5. HIDROGEOLOGÍA.....	10
5.1 Tipo de acuífero.....	10
5.2 Parámetros hidráulicos.....	11
5.3 Piezometría.....	11
5.4 Comportamiento hidráulico	11
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	11
5.4.2 Elevación del nivel estático.....	11
5.4.3 Evolución del nivel estático	12
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea	12
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	15
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	15
8. DISPONIBILIDAD	16
8.1 Recarga total media anual (R)	17
8.2 Descarga natural comprometida (DNC)	17
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)	17
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	18

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 acuífero San José de Guaymas se localiza en la planicie costera del Estado de Sonora, se ubica al norte del puerto de Guaymas.

El acuífero está comprendido parcialmente dentro de los municipios de Empalme y Guaymas. En la región la población se concentra principalmente en las ciudades de Empalme y Guaymas, en el ejido San José de Guaymas y San Carlos Nuevo Guaymas. El censo de población y vivienda del INEGI (1995) reporta una población del orden de

los 132000 habitantes para esta zona.

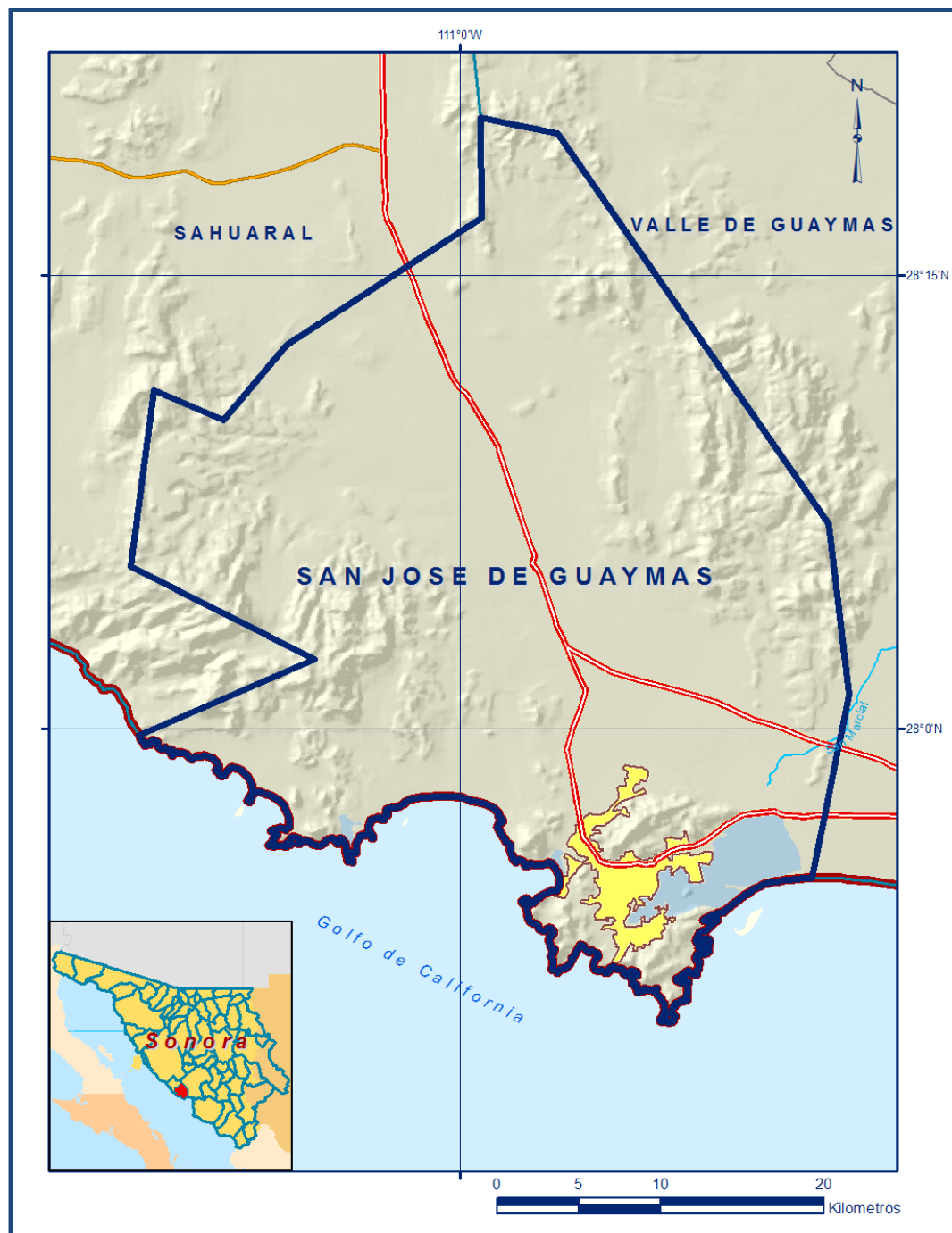


Figura 1. Localización del acuífero

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

Tabla 1. Coordenadas de la poligonal simplificada que delimita el acuífero

SAN JOSE DE GUAYMAS

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	110	48	22.7	27	55	4.9	DEL 1 AL 2 POR LA LINEA DE BAJAMAR A LO LARGO DE LA COSTA
2	111	10	34.5	27	59	48.7	
3	111	4	46.7	28	2	19.6	
4	111	10	51.1	28	5	23.5	
5	111	10	4.9	28	11	11.0	
6	111	7	48.2	28	10	13.9	
7	111	5	43.1	28	12	42.7	
8	110	59	17.5	28	16	53.3	
9	110	59	19.5	28	20	12.5	
10	110	56	46.9	28	19	40.5	
11	110	47	49.9	28	6	47.1	
12	110	47	10.0	28	1	9.3	
1	110	48	22.7	27	55	4.9	

1.2. Situación Administrativa del acuífero

El acuífero queda comprendido dentro de la zona de veda denominada de Guaymas, esta se decretó el 28 de noviembre de 1956 y entró en vigor el día de su publicación, el 20 de diciembre de 1956.

El aprovechamiento del acuífero se destina principalmente para los usos agrícola, pecuario, múltiples y uso público urbano. Solo los usuarios agrícolas se encuentran integrados en módulos de riego.

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

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Se tiene conocimiento de al menos tres donde se estudia el acuífero San José de Guaymas, estos son:

El elaborado por la Compañía Ariel Construcciones, S. A. (1968).

“Interpretación de Datos y Determinación del Potencial Actual del Acuífero en la Costa de Guaymas, Son.”, (1975), Técnicas Modernas de Ingeniería, S. A., (TMI).

Estudio geofísico en San José de Guaymas para el abastecimiento de agua potable de Guaymas, Empalme y San Carlos, (1986), S.A.R.H., Jefatura del Programa Hidráulico, de la Delegación en el Estado de Sonora.

El segundo de estos estudios sirvió de base para la elaboración de este documento, y se realizó entre otros propósitos para actualizar el primero de ellos.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia Fisiográfica

El valle de San José de Guaymas se ubica en la Provincia Fisiográfica “Zona Desértica de Sonora” (Manuel Álvarez Jr., 1958), o Planicie Costera Noroccidental (Ramiro Robles Ramos).

Esta provincia fisiográfica forma una franja de 1400km de largo, limitada al occidente por la Sierra Madre Occidental y al oriente por el Golfo de California.

El área en general es baja, ya que no excede los 1000m sobre el nivel del mar, presentando amplias superficies planas con suave pendiente hacia el mar, frente a las que destacan “cerros profundamente erosionados, colinas y bajas sierras rodeados de conos aluviales muy tendidos”.

3.2 Clima

El clima imperante en la región es de tipo semidesértico y con lluvias deficientes en todas las estaciones del año. La temperatura media anual oscila entre 15° C y 30.5° C, presentándose la temperatura cálida de junio a septiembre.

Thorntwaite clasifica el clima como EdA'b provincia de humedad E árida, con vegetación del desierto. Humedad deficiente en todas las estaciones. Provincia de temperatura A' tropical. Subprovincia de temperatura b, concentración en el verano entre 35% y 49%.

La precipitación media anual es de 320 mm, en tanto que la evaporación potencial media anual es del orden de 2600 mm, la cual representa ocho veces más el valor de la precipitación.

3.3 Hidrografía

El valle de San José de Guaymas se localiza en la porción sudoccidental del Estado de

Sonora, pertenece a la Región Hidrológica No. 9, Sonora sur “Cuencas de los ríos Sonora – Yaqui – Mayo”.

La principal corriente de agua superficial la constituye el arroyo San José de Guaymas, que desemboca en el estero El Rancho. Su cuenca es de 100 km².

La cuenca del arroyo San José de Guaymas está limitada al norte, por la sierra Tinaja del Carmen, de 600 m de elevación; hacia el oeste se encuentra la sierra de la Perinola, con una elevación similar a la de Tinaja del Carmen; hacia el sur queda limitada por el cerro del Vigía, de 400 m sobre el nivel del mar; y por el estero o Rancho o Laguna de Empalme.

3.4 Geomorfología

La morfología esta representada relieves topográficos de pendiente fuerte sin llegar a ser abruptas, como en la cuenca del valle de Guaymas. El drenaje del arroyo de San José de Guaymas es dendrítico, siendo su principal afluente el arroyo del Tigre, el cual confluye al de San José, a la altura del rancho El Valiente, donde se unen para formar un solo arroyo hasta desembocar en el estero del Rancho.

4. GEOLOGÍA

4.1 Estratigrafía

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

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

MESOZOICO

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

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

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

Andesitas. Casi contemporáneas al granito, fueron emitidas probablemente por fracturas muy profundas emplazadas en la cabecera de la cuenca durante el Cretácico, las lavas andesíticas que representan las rocas extrusivas más antiguas dentro del valle de San José de Guaymas.

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

TERCIARIO

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

Las rocas sedimentarias de este período, corresponden a conglomerados continentales producto de la erosión de las extrusivas anteriores.

Andesitas, Riolitas y Alternancia de Tobas y Derrames Basáltico-andesíticos. Entre los derrames volcánicos, las rocas de este grupo, son las que cubren la mayor superficie de la cuenca, estando distribuidas en ella de la siguiente forma: en la porción occidental se encuentran formando la parte alta de la Sierra de la Ventana, La Sierra

de Santa Ursula, la Sierra de la Pasión, la Sierra de la Perinola al Oeste del Valle de San José de Guaymas, el Cerro del Vigía al Norte de la Ciudad de Guaymas, el Cerro Picacho de San Rafael y los Cabos e islas situados al Sur de la misma.

Las rocas pertenecientes a este grupo muestran un sistema de fallas y fracturas, cuyo rumbo preferencial es Norte - Sur. Los planos de pseudoestratificación o inclinación de los derrames están inclinados hacia el Valle de San José.

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

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

CUATERNARIO

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

Los sedimentos correspondientes a este período, se encuentran formando la mayor superficie de afloramientos de la zona estudiada. Consisten en sedimentos clásticos no consolidados, como boleas, gravas, arenas, arcillas y limos, derivados de las formaciones geológicas preexistentes que han sido erosionadas, siendo transportados y depositados por corrientes fluviales en las antiguas depresiones que actualmente constituyen el valle de San José de Guaymas. Forman por tanto la planicie aluvial y

fluvial de la cuenca, pudiéndose distinguir en ella, diversas estructuras secundarias, como conos aluviales, llanuras de inundación, dunas, barras, etc.

La depositación de estos materiales se inició en el Pleistoceno y continúa en el Reciente, habiéndose acumulado en este tiempo espesores promedio de 160 metros.

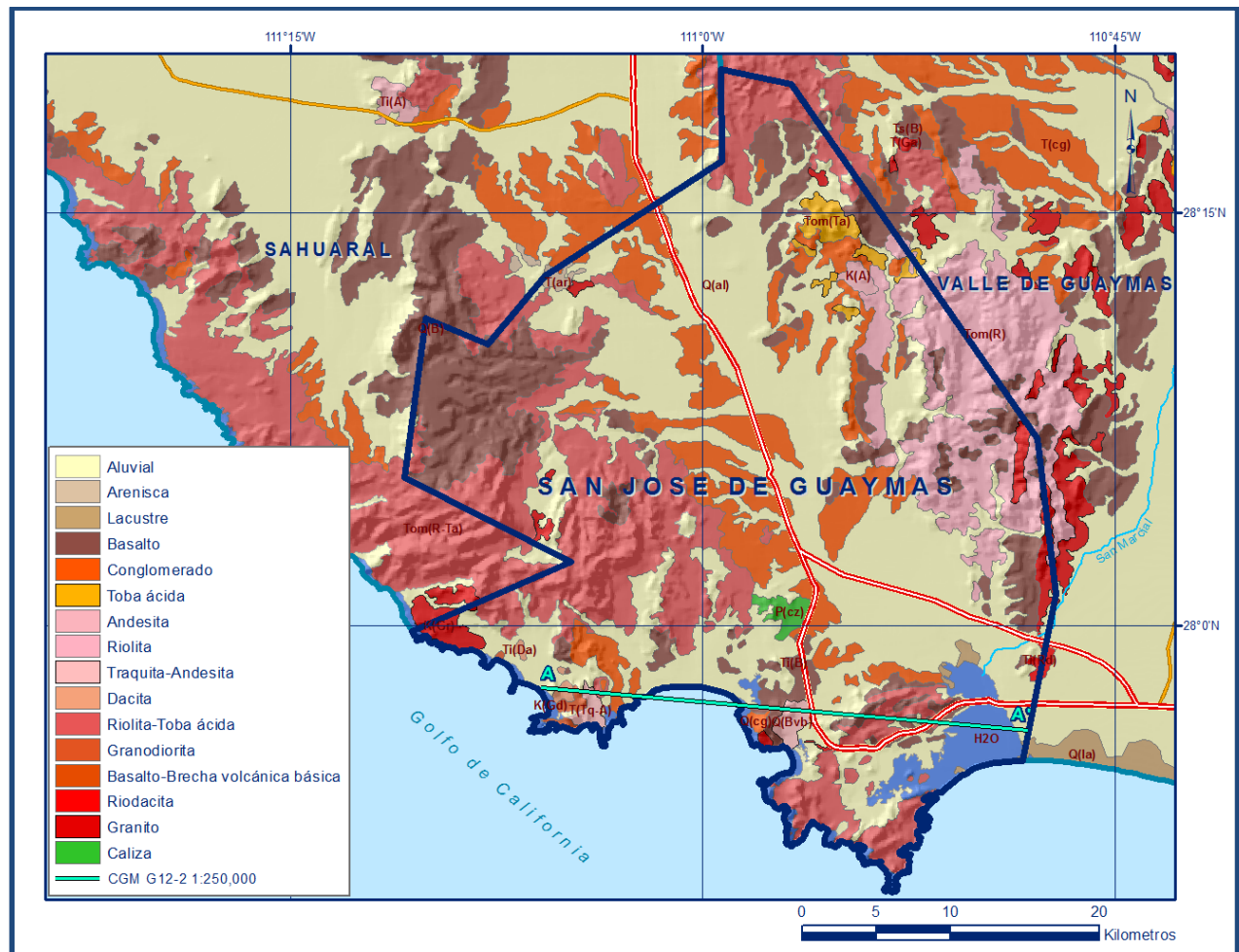


Figura 2. Geología general del acuífero

4.2 Geología del subsuelo

En el año de 1975, la S.A.R.H. llevó a cabo un estudio geohidrológico en la zona de San José de Guaymas, a través de la compañía Técnicas Modernas de Ingeniería, S. A., (TMI). Como parte de este estudio, se realizaron sondeos eléctricos verticales. A continuación se detallan las conclusiones.

En este valle la información sobre geología del subsuelo es muy escasa; se restringe a solo 4 pozos de exploración, perforados por la S.A.R.H. en 1968. Estos pozos son: PGO-16, PGB-17, PGB-18 y PGB-19.

Desafortunadamente de estos cuatro pozos, solo fue posible lograr la identificación en el campo del primero de los pozos mencionados (PGO-16); no obstante, la información de las tres exploraciones restantes permitió conocer regionalmente la geología del subsuelo en este valle.

Esta exploración (PGO-16) fue utilizada, como pozo de calibración en los sondeos geoeléctricos realizados en el valle, para su interpretación correspondiente. Con estos sondeos se formaron tres perfiles, a partir de los cuales y de las exploraciones directas mencionadas, la geología del subsuelo del valle de San José puede describirse como sigue:

Existe un depósito de aproximadamente 115 m de espesor de materiales de relleno, formados por una alternante de gravas, arenas y arcillas, que sobreyacen a una capa cuyo espesor medio es del orden de 20 m, formada por arcilla verde con fósiles marinos. Por debajo de esta capa arcillosa, según el corte litológico del pozo PGO-16, existe un cuerpo de gravas y arcillas cuyo espesor reportado es de cuando menos 120m. Sin embargo, los cortes litológicos de los pozos de exploración PGB-17, PGB-18 y PGB-19, consignan en la parte final de su desarrollo la existencia de un cuerpo de conglomerado.

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

El acuífero San José de Guaymas ocupa un área de 1214.27 km², su zona de captación tiene una extensión de 1214.27 km².

El acuífero se forma por depósitos cuaternarios que constituyen un acuífero de medios granulares que regionalmente funciona como acuífero libre.

Aunque se cuenta con poca información sobre la “arcilla azul”, es de esperarse, según el pozo de exploración PGO-16 y los sondeos geoeléctricos realizados, que este cuerpo se extienda por debajo del valle, separando dos depósitos de materiales granulares.

5.2 Parámetros hidráulicos

Las pruebas de bombeo permiten determinar las propiedades hidráulicas de un acuífero: transmisividad, coeficiente de almacenamiento, gasto específico, etc.

En su estudio (1975), la empresa TMI llevó a cabo doce pruebas de bombeo de corta duración. La mayoría de estas fueron realizadas en norias, poco profundas, por lo que es probable que los coeficientes de transmisividad sean representativos de la capacidad superior de los rellenos, y no de la totalidad de su espesor.

Siete de las pruebas se interpretaron con el método de Papadopulus, tres con el de Hantush, una con el de Jacob y otra no fue interpretable por ningún método. Una de las pruebas se realizó con etapas de abatimiento y recuperación, las restantes solo dentro de la etapa de recuperación.

De las pruebas se observa que la transmisividad varía entre 5.0×10^{-3} m²/s y 1.5×10^{-2} m³/s, aumentando de aguas abajo hacia aguas arriba. El coeficiente de almacenamiento varía entre 0.12 y 0.15.

5.3 Piezometría

Para el estudio de 1975, TMI contó con información referente a los niveles del agua subterránea, de julio y octubre de 1975, a continuación se hace un resumen de las conclusiones.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

Con información obtenida a través del Distrito de Riego No. 184 Guaymas – Empalme, se hizo la configuración de la profundidad del nivel estático para noviembre de 1996. Revisando esta se encuentra que:

La profundidad varía de 5 a 30 m, las mínimas profundidades se encontraban hacia ejido San José de Guaymas y hacia el estero El Rancho. Las máximas se encuentran rumbo al noroeste, rumbo al rancho El Valiente.

5.4.2 Elevación del nivel estático

Para julio de 1968, la configuración muestra elevaciones desde 8 m sobre el nivel del mar, hasta 4 m bajo el nivel del mar. Por lo que se aprecia en la configuración toda la

parte central del valle tiene elevación del nivel estático bajo el nivel del mar, la elevación del nivel estático se hace positiva hacia el noroeste. Se observa que el flujo subterráneo seguía sensiblemente la dirección del noroeste – sureste.

Para el mes de octubre de 1975 la elevación del nivel estático es inferior a la del mar, casi en la totalidad del valle. Las elevaciones extremas se dan en las cercanías de San José de Guaymas (-3 m). Se observa un flujo de los alrededores del valle hasta este punto.

5.4.3 Evolución del nivel estático

Comparando los resultados obtenidos en la medición del nivel estático en noviembre de 1996, con respecto a la piezometría realizada un año antes, podemos observar que se presentó un abatimiento generalizado del nivel estático.

La evolución varió de -1.17 m (rancho el Toro, al noreste de San José de Guaymas), a 1.05 m (rancho la Reforma, al noroeste de San José). La variación promedio del nivel en ese período de un año fue de -0.06 m.

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

El área donde se realiza la explotación de agua subterránea en el valle de San José de Guaymas, y las condiciones geológicas en sus límites, y consecuentemente en los rellenos derivados de las sierras que se encuentran en los flancos, no propician cambios notables en la calidad química del agua subterránea.

De acuerdo con la condición anterior, el estudio hidrogeoquímico de TMI (1975), se orientó hacia el conocimiento del efecto de la intrusión salina que se manifiesta en forma evidente. En ese año, TMI tomó muestreos de agua en 22 aprovechamientos del valle.

Sólidos totales disueltos (STD). Se observa que los sólidos en solución alcanzan concentraciones máximas, en las zonas más próximas al litoral de 400 mg/l, encontrándose los valores mínimos en el extremo noroccidental con 400 y 500 mg/l.

Las concentraciones máximas en general, se localizan en los extremos sur y sureste del área en explotación, condición atribuible a que el régimen de bombeo ha inducido el avance de la intrusión salina, lo que ha afectado a los pozos de las partes más cercanas a la costa.

Por otra parte, los valores bajos de los flancos norte sugieren que el agua que alimenta a las formaciones acuíferas, debe llegar en parte de las sierras que limitan lateralmente al valle.

Los pozos que actualmente son utilizados para el suministro de agua potable, aparentemente empiezan a manifestar efectos de intrusión, pues contienen más de 1000 ppm de STD.

En la porción sur del valle, existe agua de calidad diferente a profundidades también diferentes.

Sulfatos y cloruros en meq/l.

En esencia existe una semejanza entre el comportamiento de sulfatos y cloruros, con respecto a los sólidos totales disueltos, condición que era de esperarse, pues el efecto modificador de la calidad química del agua en el valle, es la sugerida intrusión salina, debiéndose considerar que también influye incrementando los contenidos de los aniones que se analizan.

La situación anterior, permite confirmar el hecho de que la interfase salina ha avanzado tierra adentro, afectando a los pozos más próximos a la costa, fundamentalmente los que se ubican en el extremo sureste del valle de San José de Guaymas.

También se observan las diferencias que fueron atribuidas, a la profundidad variable de los pozos muestreos, sugiriéndose en este punto, que el avance de la intrusión es mayor en el acuífero localizado entre los 25 y 50 m de profundidad, posiblemente por una mayor permeabilidad de ese estrato.

Los contenidos de sulfato varían entre 1.5 y 10 meq/l, mientras que las de cloruros alcanzan valores de 2 a 50 meq/l.

Sodio y magnesio en meq/l.

Las configuraciones correspondientes, muestran semejanza notable con lo descrito anteriormente, condición que no modifica las sugerencias hechas y permite confirmarlas con esa base.

Respecto a los contenidos encontrados, se tiene que el sodio disuelto varía entre 3 y 35 meq/l, mientras que el magnesio lo hace de 0.3 a 3 meq/l.

Un hecho al cual hasta ahora no se le ha dado importancia, es el que se refiere a que en general el agua muestreada en el extremo noroeste, es de mejor calidad que la del lado noreste, habiéndose considerado ambas zonas, como áreas por donde se recibe parte de la alimentación que llega al acuífero San José de Guaymas. Esta situación establece dos posibilidades, la primera sería que la alimentación que llega por el flanco noreste, es de agua relativamente más salada que la del lado opuesto, situación difícil de aceptar por las características geológicas semejantes del reducido valle, y la segunda que se considera la más aceptable, es que la intrusión, como es de esperarse, debe tener una gran área de difusión y afectar aún en pequeña escala, a los pozos cercanos a los que se han considerado como indicadores definitivos, del efecto nocivo que se ha propiciado con el bombeo.

Relación bicarbonatos a cloruros + sulfatos en meq/l.

Del análisis efectuado, ha resultado evidente que el efecto modificador de la calidad del agua, que más influencia ha tenido en el valle de San José de Guaymas, es la intrusión salina propiciada por el bombeo.

Con el fin de confirmar las aseveraciones hechas, y verificar el avance de la intrusión salina, se decidió incluir y analizar la configuración correspondiente a la relación bicarbonatos y cloruros, mas sulfatos. Elementos, los dos últimos, abundantes en solución en el agua de mar.

Los valores más altos de esta relación se presentan en las partes altas del valle, donde en las configuraciones anteriores no se detectó afectación, aspecto que se confirma con el anterior comentario.

En los pozos que se localizan en la porción sur, en las áreas más próximas a la costa, las curvas varían en un valor entre 0.05 y 0.1, confirmándose que los iones predominantes en esa zona son los que abundan en el agua de mar, y que la elevada salinidad del agua subterránea en esa parte se debe a la intrusión salina.

En el extremo suroeste se observa la posibilidad de que el estrato localizado entre 25

y 30 m, tenga influencia del avance de la intrusión salina.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

Como parte de su estudio, TMI (1975) realizó un censo de aprovechamientos. Se censaron 148 captaciones, de las cuales 25 fueron pozos y 123 norias. Del total de captaciones censadas, 112 estaban en operación y las 36 restantes estaban sin equipo o inactivas.

De las obras activas, 65 se utilizaban para la agricultura, 2 para abastecimiento de agua potable y el resto para uso doméstico y abrevadero.

El volumen anual de extracción en ese tiempo era de **15 hm³**.

Consultando la base de datos del REPDA (abril del 2000), se encontró lo siguiente

Usos	No. Aprov.	Volumen (m ³)
Agrícola	64	6,820,000.00
Doméstico	3	10,876.00
Múltiple	23	820,051.00
Pecuario	9	60,367.00
Público Urbano	90	426,659.14
Total	189	8,137,953.14

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

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

En 1975, TMI realizó el balance del acuífero como parte de su estudio.

En condiciones naturales, la totalidad del agua que recibía el acuífero era descargada subterráneamente al mar; en otras palabras, la recarga natural era equivalente al caudal subterráneo que salía originalmente del valle. Para estimar este caudal, se aplica la ley de Darcy a los datos de la evolución del nivel estático, suponiendo que el gradiente hidráulico es igual al topográfico. La descarga resultante es de **0.5 hm³/año**, cifra que de acuerdo con lo antes expuesto, es también representativa de la recarga natural del acuífero.

Al desarrollarse la agricultura en el valle, el riego aportó cantidades adicionales de agua al acuífero. Por comparación con otras zonas agrícolas donde se han hecho estimaciones de los retornos de riego, se cree que en el valle de San José de Guaymas, alrededor del 30% del agua aplicada en el riego regresa al acuífero. Puesto que el volumen de agua extraído con fines agrícolas es del orden de 15 hm³/año, resulta que el acuífero recibe una alimentación anual de unos **4 hm³/año** por este concepto. Para determinar la disponibilidad, podemos hablar de una **recarga promedio de 4.5 hm³/año**.

De todo lo anterior se desprende que existe una sobreexplotación anual de 8 Mm³, que está provocando el minado gradual del almacenamiento subterráneo y el avance del agua del mar tierra adentro. A la fecha, la intrusión salina ha afectado ya a numerosas captaciones.

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:

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

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, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero San José de Guaymas, en el Estado de Sonora es de **4.5 hm³/año**.

8.2 Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero San José de Guaymas, en el Estado de Sonora, no existe una descarga natural comprometida.

DNC=0.0 hm³/año

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 **18,501,400 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 **20 de febrero del 2020**.

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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 4.5 - 0.0 - 18.501400 \\ \text{DMA} &= -14.001400 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **14,001,400 m³ anuales** que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.