

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Río Chico (2645), Estado
de Sonora***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación
20 de abril de 2015*

Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
ESTADO DE SONORA							
2645	RÍO CHICO	11.7	0.0	0.015521	0.6	11.684480	0.000000

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales “3” y “4” de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.



Comisión Nacional del Agua
Subdirección General Técnica
Gerencia de Aguas Subterráneas
Subgerencia de Evaluación y
Ordenamiento de Acuíferos

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA
EN EL ACUÍFERO 2645 RÍO CHICO, ESTADO SONORA***

México, D.F. Mayo de 2009

CONTENIDO

1. GENERALIDADES	2
Antecedentes	2
1.1. Localización	2
1.2. Situación Administrativa del Acuífero	3
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	4
3. FISIOGRAFÍA	5
3.1. Provincia Fisiográfica	5
3.2. Clima	6
3.3. Hidrografía	7
3.4. Geomorfología	7
4. GEOLOGÍA	7
4.1. Estratigrafía	9
4.2. Geología Estructural	12
4.3. Geología del Subsuelo	12
5. HIDROGEOLOGÍA	13
5.1. Tipo de Acuífero	13
5.2. Parámetros Hidráulicos	14
5.3. Piezometría	14
5.4. Comportamiento Hidráulico	14
5.4.1. Profundidad al Nivel Estático	15
5.4.2. Elevación del Nivel Estático	15
5.4.3. Evolución del Nivel Estático	18
5.5. Hidrogeoquímica y Calidad del Agua	18
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	18
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	19
7.1. Entradas	20
7.1.1. Recarga Vertical (Rv)	20
7.1.2. Entradas por flujo horizontal (Eh)	20
7.2. Salidas	21
7.2.1. Evapotranspiración real (Ev)	21
7.2.2. Bombeo	22
7.2.3. Salidas por flujo horizontal	22
7.3. Cambio de almacenamiento	23
8. DISPONIBILIDAD	24
8.1. Recarga total media anual (Rt)	24
8.2. Descarga natural comprometida (DNCOM)	24
8.3. Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS)	25
8.4. Disponibilidad de aguas subterráneas (DAS)	25
9. BIBLIOGRAFÍA	26

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-2000 “Norma Oficial Mexicana que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.

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 concesionado vigente en el Registro Público de Derechos del Agua (REPD).

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 Río Chico, definido con la clave 2645 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción sur-oriental del Estado de Sonora, entre las coordenadas geográficas 27° 56' y 28° 40' de latitud, y 109° 00' y 109° 36' de longitud, cubriendo una superficie de 2734 km². Limita al norte con Río Bacanora y Río Sahuaripa, al este con Yécora y San Bernardo y al sur con el Acuífero Rosario-Tesopaco-El Quiriego (figura 1).

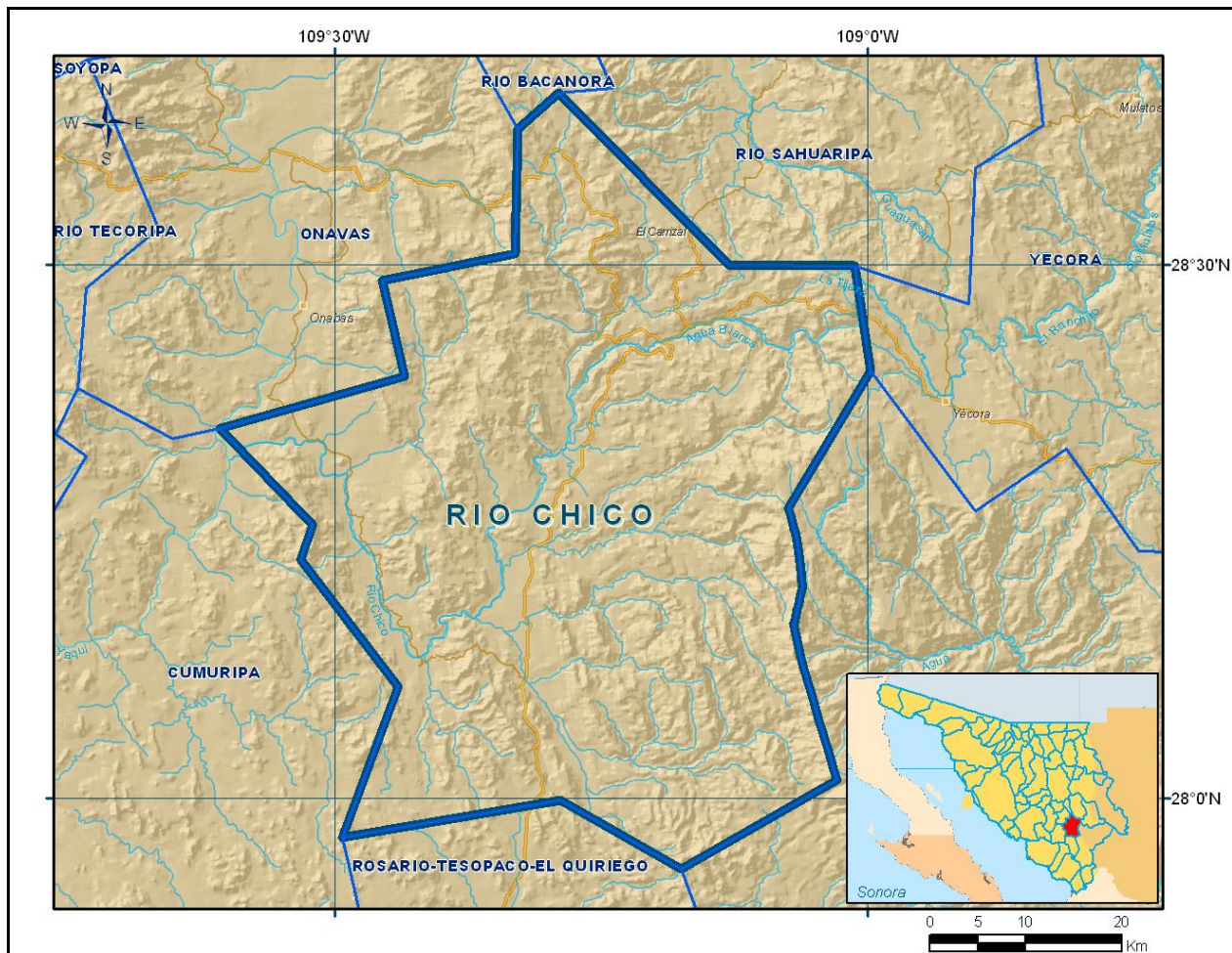


Figura 1. Localización del Acuífero

Geopolíticamente cubre parcialmente territorio de los municipios Rosario, Yécora, y en menor proporción los municipios Ónavas, Bacanora y Soyopa. La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

1.2. Situación Administrativa del Acuífero

El acuífero Río Chico pertenece al Organismo de Cuenca Noroeste. La superficie total que ocupa el acuífero Chico no se encuentra regido por ningún tipo de veda.

De acuerdo a la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (2009), el municipio de Ónavas se localiza en zona de disponibilidad 7 y los municipios de rosario y Yécora en zona 8.

Dentro de los límites del acuífero no se localiza distrito o unidad de riego alguna, ni tampoco se ha constituido hasta la fecha el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

Tabla 1. Coordenadas de la Poligonal simplificada que delimita al acuífero

ACUÍFERO 2645 RÍO CHICO							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	109	7	50.6	28	30	1	
2	109	0	45.9	28	29	57.4	
3	108	59	51.4	28	24	3.3	
4	109	4	27.6	28	16	20.4	DEL 4 AL 5 POR EL LIMITE ESTATAL
5	109	1	45.5	28	1	4.9	
6	109	10	31.4	27	56	3.8	
7	109	17	18	27	59	53.7	
8	109	29	37	27	57	48	
9	109	26	28.5	28	6	16.6	
10	109	31	58	28	13	27.7	
11	109	31	15.4	28	15	21.2	
12	109	36	30.4	28	20	47.4	
13	109	26	6.7	28	23	42.9	
14	109	27	22	28	29	5.8	
15	109	19	53.9	28	30	37.6	
16	109	19	44.6	28	37	38.6	
17	109	17	25.9	28	39	39.3	
1	109	7	50.6	28	30	1	

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

La zona cuenta con estudios de corte regional realizados por el extinto Consejo de Recursos Minerales (COREMI), ahora Servicio Geológico Mexicano (SGM):

Los estudios realizados por COREMI se enfocan principalmente en hacer un informe técnico de las unidades litológicas que cubren el área de la carta geológica. Esta descripción sirvió como base para hacer la descripción de las unidades expuestas en la zona del acuífero.

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DEL ESTADO DE SONORA publicado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 1993.

El informe publicado por el INEGI hace referencia a las características hidrológicas de manera general de los acuíferos que existen en el Estado de Sonora, es importante mencionar que para el Acuífero Río Chico no existen estudios hidrogeológicos anteriores.

ACTUALIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LOS ACUÍFEROS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO YAQUI, MÁTAPE, ESTADO DE SONORA. Servicio Geológico Mexicano, en convenio con Comisión Nacional del Agua, 2008.

En este estudio se actualiza el conocimiento hidrogeológico de acuíferos serranos, entre ellos Río Chico, se lleva a cabo un censo de aprovechamientos, piezometría, hidrometría y pruebas de bombeo. Cabe mencionar que los resultados y conclusiones de este estudio fueron la base para la elaboración del presente documento, por lo que sus conclusiones y resultados se analizan en los apartados correspondientes.

3. FISIOGRAFÍA

3.1. Provincia Fisiográfica

El Acuífero Río Chico queda circunscrito fisiográficamente dentro de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental (Edwin Raisz, 1964), a su vez dentro de la Subprovincia Sierras y Valles del Norte, de la cual se desprenden tres fisiotipos de importancia en la zona:

Sierra Alta (IV-7-S1): Ubicado al límite occidente del acuífero, se caracteriza por presentar las mayores elevaciones topográficas de la zona, las cuales en función de su permeabilidad aportan flujos subterráneos al acuífero, al mismo tiempo que opera como barrera hidráulica entre los acuíferos Río Chico y Cumuripa.

Valle Intermontano (IV-8-V₃): Se localiza en la parte central del acuífero. Se trata de una estrecha zona de valle rellena por depósitos sedimentarios, en su mayoría lomeríos de material conglomerático cementado de edad Mioceno.

Sierra Baja (IV-3-S2): Este fisiotipo se localiza al extremo suroeste del acuífero, donde si bien se trata de una zona serrana, sus elevaciones topográficas son menores respecto al fisiotipo Sierra Alta.

La subprovincia de mayor presencia en la zona es Sierras y Cañadas del Norte, la cual se caracteriza por presentar dos fisiotipos principales:

Sierra Alta Con Cañadas (IV-8-S₁-V): Cubre toda la zona centro oriental del acuífero, se caracteriza por lomeríos y sierras altas escarpadas con numerables cañadas. Opera como una de las principales zonas de recarga al acuífero, con una variedad importante en cuanto a litología y características de permeabilidad.

Valle Intermontano con Lomerío (IV-7-V_{3L}): Constituye la zona de piedemonte del extremo occidente del acuífero. Se trata de una serie de pequeños valles estrechos delimitados por una serie de lomeríos.

El sureste del acuífero se caracteriza por estar dentro de la Subprovincia Gran Meseta y Cañones, definido por el fisiotipo *Sierra Alta con Cañones (IV-6-S₃)*. Se localiza en el extremo sureste del acuífero, formando la zona con topografía más alta con presencia de numerables escarpes que forman grandes cañones.

3.2. Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1981), para las condiciones de la República Mexicana, la zona se caracteriza por tener 3 tipos de climas. El clima que predomina en la zona es *Semiárido, semicálido (BS₁hw)*, donde la temperatura media anual es mayor a 18°C, la temperatura del mes más cálido es mayor a 22° C, presenta lluvias en verano y un porcentaje del 5% al 10% del total de precipitación en invierno, este tipo de clima se presenta desde el sur hasta la zona norte del acuífero, cubriendo prácticamente toda la zona central del mismo.

En la zona centro del acuífero predomina el clima *Semiárido cálido BS₁(h')w*, el cual tiene las siguientes características: la temperatura media anual es mayor a 22° C, por otro lado la temperatura del mes más frío es mayor a 18° C. Con lluvias en verano y del 5 al 10.2% de precipitación total en invierno.

En la parte oriente y norte del acuífero el clima que predomina es *Semicálido subhúmedo ((A)C(WO))*, con una temperatura media anual mayor a 18° C, la temperatura del mes más frío es menor a 18° C, mientras que el mes más cálido se caracteriza por temperaturas mayores a 22° C. El porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total.

En la zona se presentan los tipos de clima *Templado Subhúmedo C(W1)* y *Árido-Cálido BSo (h')(x')*, Los cuales tienen poca presencia dentro de los límites del acuífero.

El análisis climatológico de la zona fue elaborado con información de cuatro estaciones meteorológicas: Yécora, Ónavas, Tesopaco y Guisamopa, todas ellas ubicadas en las comunidades que llevan el mismo nombre.

La temperatura media anual para el Acuífero Río Chico es de 20.4° C, la precipitación media anual para la zona es de 766 mm/año y el valor de evapotranspiración potencial para la zona de acuerdo con datos obtenidos de las estaciones es de 2391 mm.

3.3. Hidrografía

La zona queda comprendida dentro la Región Hidrológica 9 Sonora Sur (RH-9), la cual se caracteriza por tener un relieve con fuertes contrastes altimétricos, donde la mayoría de sus corrientes nacen en la Sierra Madre Occidental. La zona se encuentra dentro de la Subregión Hidrológica Río Yaqui, enmarcada en la Cuenca del Río Yaqui, a su vez en la Subcuenca Río Chico. La corriente principal que cruza por la zona es el Río Chico, se trata de una corriente intermitente, la cual desemboca al Río Yaqui, al oeste de la zona.

La infraestructura hidráulica de este acuífero consiste principalmente de obras de captación de agua subterránea, preferentemente norias y en menor proporción pozos. El uso de los aprovechamientos es predominantemente pecuario y doméstico.

3.4. Geomorfología

La topografía de la zona se caracteriza por sierras en forma de mesetas, esta característica predomina en la parte noroeste del acuífero, donde el drenaje con mayor presencia es de tipo dendrítico, característico del conglomerado de la Formación Báucarit, así como de sierras de relieve abrupto.

En referencia a las elevaciones topográficas varían entre 600 y 1900 msnm, donde valores máximos se localizan al oriente del acuífero, en la Sierra La Laguna, la cual actúa como barrera hidráulica con el Acuífero Yécora. El tipo de drenaje que se observa en esta zona es de tipo paralelo, el cual es característico de rocas ígneas de composición ácida.

La zona centro del acuífero se caracteriza por tener dos pequeños valles separados por sierras con elevaciones promedio de 900 msnm. El origen de los valles está relacionado a la presencia de fallas normales escalonadas que tienden a formar bloques orientados preferentemente al noroeste. La zona donde se lleva a cabo la explotación acuífera se caracteriza por tener elevaciones de entre 600 y 1100 msnm, generalmente en forma de mesetas o lomeríos suaves, tal es el caso de los cerros Mochomos, Las Igualamitas y la Sierra El Vallecito.

4. GEOLOGÍA

En el Acuífero Río Chico afloran unidades litoestratigráficas que varían en edad del Paleozoico al Reciente y están representadas por rocas ígneas intrusivas, volcánicas y rocas sedimentarias cuya distribución se observa en la Figura 2.

Las rocas intrusivas cubren una gran parte de la zona central del acuífero, su composición varía de granito a granodiorita y corresponden al Cretácico. La Formación Báucarit también tiene una

amplia distribución dentro de la zona, esta Formación agrupa varios tipos de litología, entre ellos: conglomerado polimíctico constituido por rocas volcánicas e intrusivas, e intercalaciones de arenisca y basalto. Las rocas volcánicas fueron definidas por Dumble (1990) como la Formación Lista Blanca que está constituida por una secuencia intercalada de tobas riolíticas, ignimbritas, dacitas, riolitas y aglomerados de depósitos vulcanosedimentarios. A esta unidad se le ha asignado una edad del Mioceno Superior.

El conglomerado polimíctico del Pleistoceno está constituido por riolitas, andesitas e ignimbritas, está poco consolidado y es de matriz arenosa, forma valles así como el pie de monte. El aluvión del Holoceno está constituido por grava, arena, limo y arcilla sin consolidar, los espesores de éste son variables, alcanzan hasta 80 m; se encuentra en las zonas bajas y sobreyacen a las unidades más antiguas. A continuación se hace una breve descripción de las unidades litológicas, en orden cronológico, de la más antigua a la más reciente.

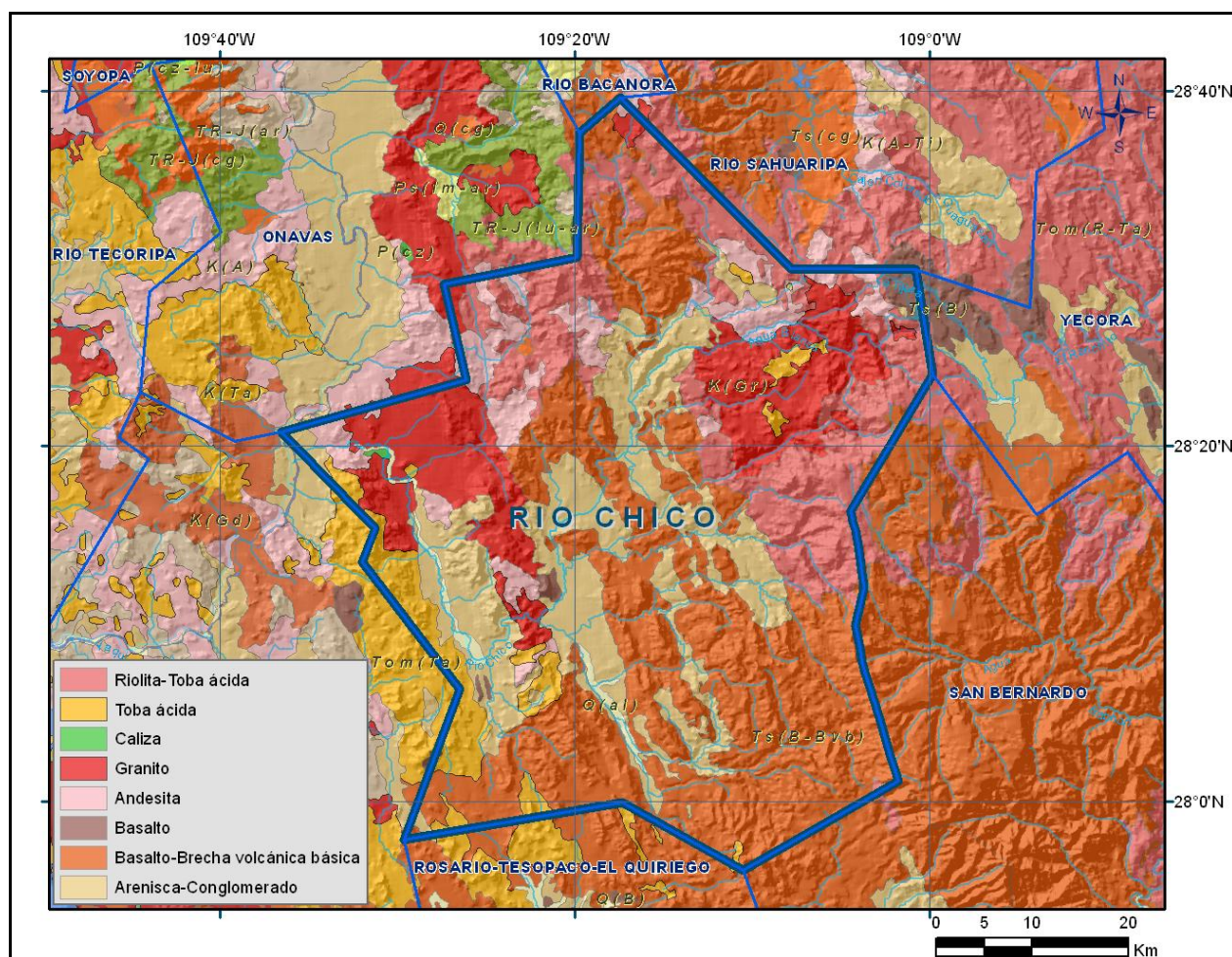


Figura 2. Mapa Geológico

4.1. Estratigrafía

La secuencia de rocas expuestas en la región se menciona a continuación, de la unidad más antigua a la más reciente.

Paleozoico Inferior

Lutitas-Calizas (Empo Lu-Cz). Al norte del acuífero se encuentran expuestas rocas del Paleozoico, compuestas por lutitas y Calizas de edad Cámbrico-Ordovícico. Afloran en la Sierra El Encinal, cerca de los ranchos Los Ángeles y Rancho Nuevo. El espesor de esta unidad se estima en alrededor de 400 m, a la vez que está formada por lutitas negras, limolitas y calizas con pedernal.

Triásico Superior

Areniscas-Lutitas (T_{RS} Ar-Lu). Esta unidad se le conoce como Grupo Barranca, está formada por tres unidades distribuidas de la siguiente manera: en la base se encuentra la Formación Arranes, en la parte media la Formación Santa Clara y en la cima la Formación Coyotes. Su litología principal se compone de areniscas de cuarzo, limolitas y conglomerado con clastos de cuarcita y pedernal, generalmente se presenta en estratos delgados. La unidad aflora al norte de la poligonal, en la Sierra El Date, cerca del Rancho el Encino. Debido a que presenta lutitas, esta unidad es de permeabilidad baja.

Cretácico

Andesita-Toba Andesítica (Ks A-TA, Ks A-Ar). Se le conoce a esta unidad como Formación Tarahumara, está constituida por rocas volcánicas de composición andesítica, dacítica y rocas volcanosedimentarias, tiene una amplia distribución en la zona a partir de la parte centro y en dirección al norte. La Sierra El Vallecito está formada por esta unidad así como la sierra que está al oeste del poblado La Querma, también el Cerro San Ignacio que se encuentra al noroeste del acuífero está constituido por esta unidad.

El color de estas rocas es gris y café, variando a tonalidades rojizas en superficie de intemperismo, su textura varía de afanítica a porfídica, cuando tiene esta textura se pueden observar plagioclasas, hornblenda, piroxenos y biotita. Hidrogeológicamente esta unidad se le considera con una permeabilidad baja, lo anterior debido a su escaso fracturamiento.

Batolito Laramide

Intrusivos Porfídicos Secundarios (Kstpa GrGd, ToPMz, ToPR, ToPA, To PRd). El Batolito Laramide de Sonora definido por Damon (1983), se observa al noreste del acuífero, en los alrededores de los poblados San Nicolás, Santa Ana y Santa Rosa, también se encuentra expuesto al occidente del acuífero, en la Sierra El Vallecito, la cual tiene una orientación preferente noroeste-sureste. Fuera de los límites del acuífero se observa al poniente, en las

inmediaciones del Rancho San José. Generalmente se encuentra cubierto por rocas volcánicas y conglomerados más recientes.

En esta unidad se agrupan cuerpos intrusivos que se pueden observar en el norte del acuífero, cerca del Rancho Potrerillo y del poblado San Nicolás. De manera general se presenta con color gris claro a crema, es compacto, en superficie se presenta intemperizado, teniendo coloración ocre, la textura que presenta es porfídica. Esta unidad opera como basamento hidrogeológico.

Oligoceno

Toba Riolítica – Riolitas (To TR-R). Unidad compuesta por rocas volcánicas representadas por tobas riolíticas, ignimbritas, riolitas y riolacitas. En el área forma largas mesetas con una orientación preferencial noroeste-sureste, se le relaciona con parte del evento volcánico Oligo-Miocénico que dio origen a la Sierra Madre Occidental.

En la zona se observa en los flancos oriente y poniente, formando una de las principales zonas de recarga al acuífero, a la vez actuando como barrera hidráulica entre acuíferos vecinos. Su estructura es compacta, aunque presenta fracturamiento medio, lo cual hace que su permeabilidad varíe de media a baja.

Andesitas-Basaltos (ToA-B). Unidad volcánica básica compuesta por andesitas basálticas, basaltos, aglomerados basálticos y andesitas del Oligoceno, en la zona sólo existe un pequeño afloramiento al oriente del poblado Los Tarahumaris. La coloración que presenta es gris oscura, posee forma compacta masiva con alto grado de fracturamiento aunque éste se encuentra relleno por hematita. Geohidrológicamente esta unidad actúa como zona de recarga para el acuífero, aunque su aporte es mínimo.

Secuencia Volcánica Bimodal (TomB-TR, Tom TR-B, TomB-A). Se le llama así a una serie de rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición basáltica-andesítico-basáltico de color gris oscuro con intercalación de tobas riolíticas e ignimbritas. En la zona se localizan en el límite este, formando parte del Cerro La Palma y en las cercanías del poblado Mesa de Abajo, se encuentra sobreyaciendo a la unidad To TR-R. Geohidrológicamente actúa como unidad de recarga para el acuífero.

Formación Báucarit (TmCgp Ar, TmCgp-B, TmB-A). Definida por King en 1939, es una secuencia de areniscas, arcillas y conglomerados de composición polimíctica, bien estratificados y bien consolidados. En su parte inferior existen derrames de basaltos intercalados con aglomerados basálticos.

Dentro de esta formación se agrupa una secuencia volcánica intermedia y básica, intercalada con el material conglomerático en su base y parte superior, de igual forma se agrupa a un conglomerado polimíctico con clastos de basalto y andesitas basálticas. Esta unidad tiene una amplia distribución en la zona, sus afloramientos más importantes son en las sierras Natochi, Cordón, El Mezquite y Loma Las Carpetas, y en los cortes de la carretera en las inmediaciones de la comunidad Rosario Tesopaco. Esta unidad es el basamento hidrogeológico del material sedimentario reciente, opera como confinante entre material granular que rellena la zona de valle y material fracturado de composición volcánica.

Formación Lista Blanca (TmTR-R). La Formación Lista Blanca consiste en una secuencia volcánica y conglomerática, la edad asignada a esta unidad es del Terciario, (Bertollini et al 1991). Sobreyace de manera concordante al conglomerado de la Formación Báucarit, en la zona se encuentra al límite suroeste del acuífero, específicamente en los cerros El Crestón y Los Amoles, así como en las inmediaciones de los ranchos Palma Cuata, Rancho De En Medio y Huacaporo. Fuera del área se encuentra expuesta al noroeste del acuífero, cerca de los poblados Cuba y Rosario.

La unidad se compone principalmente de tobas riolíticas, aglomerados, andesitas, ignimbritas, basaltos y andesitas basálticas. La permeabilidad de esta unidad varía de media a baja, lo anterior debido al intenso fracturamiento, aunque éste no es constante.

Conglomerados Recientes Limos, Arenas y Gravas (Qpt-Cgp). Los conglomerados recientes están definidos por unidades conglomeráticas polimícticas mal consolidadas con escasos horizontes de limos y arenas. Los clastos que forman los conglomerados están por lo general bien redondeados. Esta unidad tiene una pequeña distribución dentro del área, se encuentran formando terrazas, cerca del poblado de Las Ánimas. Debido a su litología se considera que tienen una permeabilidad alta, siendo parte importante en la recarga del acuífero.

Aluvión (Qhoal). Los sedimentos del Holoceno son producidos por el intemperismo de rocas preexistentes, a la vez que son depositadas como abanicos aluviales y fluviales. Se encuentran a lo largo de ríos, arroyos y planicies de inundación activas y están constituidas por gravas de diferentes litologías, arenas y limos, y aunque tienen una permeabilidad alta su espesor es reducido. La mayoría de los aprovechamientos se encuentran perforados en esta unidad. Por su escaso grado de compactación, esta unidad se caracteriza por tener una permeabilidad alta.

4.2. Geología Estructural

La zona tiene como característica una sucesión de sierras altas y de escarpes pronunciados, lo anterior predomina al oriente del acuífero. En relación a la orientación de las sierras, éstas tienen un rumbo preferente noroeste-sureste, a la vez que están afectadas por una serie de fallas normales con la misma dirección, generando así una serie de bloques escalonados, como el Graben Yaqui. Las fallas fueron originadas por esfuerzos compresivos debidos a la Orogenia Laramide, así como por procesos distensivos de origen más reciente que están relacionados con la apertura del Golfo de California.

En la zona es notable el fallamiento normal con orientación noroeste-sureste, este fallamiento se ve truncado y desplazado por otro sistema de falla noreste- suroeste, las cuales se pueden observar en las escasas zonas de valle de la zona. Existe también un sistema de fracturamiento que sigue la dirección noroeste- sureste. Es a través de este sistema de fracturas que gran parte del agua subterránea se desplaza en el subsuelo, de igual forma opera como uno de los principales medios por donde el agua viaja para recargar al sistema acuífero.

El rasgo más importante del que se tiene evidencia de la orogenia Laramide es la presencia del batolito granítico, el cual tiene una amplia distribución en la zona este del acuífero.

4.3. Geología del Subsuelo

El acuífero se encuentra en una zona serrana compleja, de tal modo que no existe una zona de valle que defina un área granular en particular, pues se trata de varias zonas de valle de dimensiones reducidas, estos valles fueron originados por un sistema de fallas escalonadas, donde se encuentran depósitos de material reciente: gravas, arenas y limos. En este material se encuentran perforados la mayoría de los aprovechamientos y aunque se considera tienen valores altos de permeabilidad y transmisividad, se ven limitados en su espesor ya que éste no llega a ser mayor de 30 m.

Además de las reducidas zonas de valle, otra limitante del acuífero es la amplia presencia del conglomerado cementado de la Formación Báucarit, el cual se caracteriza por una permeabilidad nula, operando como confinante entre el escaso material granular y el material fracturado (Figura 3). Si bien algunos aprovechamientos se encuentran perforados en esta unidad, ya que a través de fallas pudiese tener cierto potencial, estos aprovechamientos son de bajo gasto y rápido abatimiento, de hecho en época de estiaje llegan a abatirse por completo.

Los basaltos que se localizan al oriente del acuífero actúan como una zona de recarga al acuífero, ya que se trata de una de las unidades con mayor permeabilidad en la zona, se compone por tobas riolíticas y riolitas, las cuales se encuentran formando una serie de sierras que flanquean el acuífero. Para el acuífero Río Chico la unidad que actúa como basamento hidrológico es el intrusivo Laramídico, encontrándose expuesto en las zonas oriente y poniente.

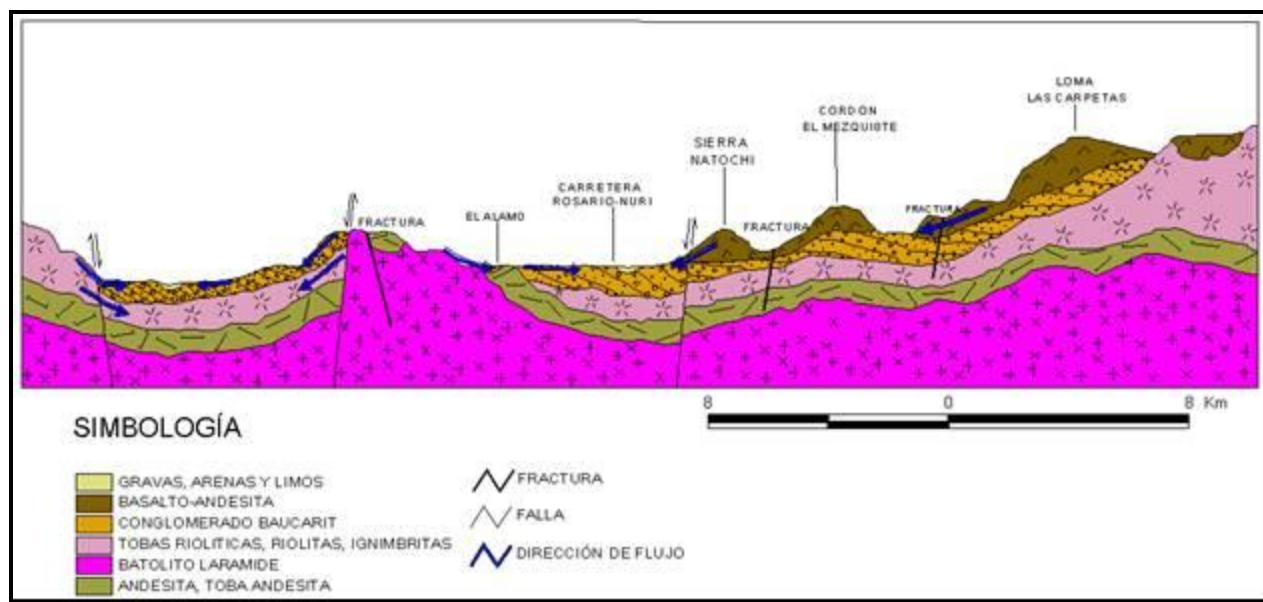


Figura 3. Sección Esquemática del Acuífero Río Chico

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1. Tipo de Acuífero

El Acuífero Río Chico se caracteriza por el escaso depósito de materiales granulares en zona de valles estrangulados por el comportamiento estructural de la zona. Es un acuífero de tipo libre, en el que la recarga principal ocurre a través de rocas fracturadas en las sierras, donde el agua se infiltra a través de fracturas y circula hasta llegar a las zonas topográficamente bajas, en este caso valles formados por material granular no consolidado (conglomerados, gravas, arenas y limos). Estos materiales se encuentran distribuidos en los cauces de los principales arroyos, pueden alcanzar un espesor máximo de 50 m, y es donde se encuentran ubicados la mayoría de los aprovechamientos de la zona.

Rocas volcánicas como riolitas, tobas riolíticas, basaltos y andesitas constituyen las unidades de recarga debido a que presentan fracturamiento, aunque la recarga es escasa al considerar que en gran parte de los afloramientos el fracturamiento se encuentra relleno. Representan unidades de recarga cuando se encuentran en las partes altas y pueden llegar a formar parte del acuífero cuando se encuentran en las zonas bajas, siendo acuíferos pobres ya que los aprovechamientos que se encuentran en estas unidades se abaten rápidamente, lo cual se refleja drásticamente en época de estiaje.

5.2. Parámetros Hidráulicos

Durante la campaña de censo de aprovechamientos desarrollada en el estudio de 2008, se observó que no existe una infraestructura adecuada en los aprovechamientos para llevar a cabo una prueba de bombeo. Esta razón impidió la ejecución de pruebas de bombeo.

Mediante recorridos de campo y observaciones geológicas se estimaron valores promedio de los parámetros hidráulicos representativos del acuífero. Se asignó una transmisividad de 130 m²/día ($1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$), al considerar que la mayoría de los aprovechamientos están perforados sobre material granular poco consolidado y que por debajo de este material se encuentra el conglomerado de la Formación Báucarit, el cual no representa un buen acuífero. Esto se ve reflejado en los bajos caudales de extracción que se obtienen de apenas 1 a 4 lps.

5.3. Piezometría

Para el análisis y la configuración de niveles piezométricos, así como la determinación del funcionamiento acuífero, se utilizaron datos piezométricos recabados por SGM (2008) en 57 aprovechamientos de agua subterránea, de los cuales 56 corresponden a norias y 1 pozo.

En el Acuífero el volumen de extracción es bajo y los niveles piezométricos observados en los aprovechamientos son someros (1 a 14 m), lo anterior debido a que en su gran mayoría fueron perforados al margen de arroyos y son utilizados para uso preferentemente pecuario, inclusive algunos aprovechamientos sólo se usan esporádicamente. La mayoría de los aprovechamientos se encuentran sobre el cauce de los arroyos o en las cercanías de éstos, motivo por el cual los valores de profundidad son someros, mientras mayor sea la cercanía con corrientes superficiales, menor será la profundidad del agua.

5.4. Comportamiento Hidráulico

El Acuífero Río Chico tiene varias zonas de recarga provenientes de una serie de sierras que cubren aproximadamente un 90% del área, tal es el caso de las sierras Laguna, El Vallecito, El Encinal, El Date, entre otras. El resto del área corresponde a 2 pequeños valles que se localizan en la parte central y occidente del acuífero. Cabe mencionar que la mayoría de los aprovechamientos se localizan en las márgenes de los arroyos ó en las cercanías a los mismos.

El agua que se infiltra en las sierras circula por el medio fracturado hasta llegar a las partes topográficamente bajas, donde la dirección del agua subterránea sigue el patrón que tienen los arroyos, la cual está orientada preferentemente en dirección este – oeste. La extracción de agua subterránea del acuífero es mínima, dado que los aprovechamientos que existen tienen

poca profundidad; por lo mismo cuando se presenta el periodo de estiaje algunas norias se ven reducidas en su operación al presentar abatimientos rápidos y algunas otras se llegan a secar.

El modelo conceptual de funcionamiento del acuífero en explotación soporta un sistema donde el agua penetra en las partes altas, donde existen condiciones adecuadas de permeabilidad que permitan la infiltración, después circula a través del medio fracturado compuesto por rocas volcánicas de composición ácida (riolitas e ignimbritas), además de sierras que están compuestas por material volcánico básico (andesitas y material basáltico). Posteriormente el agua llega a las partes bajas donde circula a través del material aluvial, que consiste en conglomerado reciente poco consolidado, gravas y arenas localizadas al piedemonte y en los márgenes de los arroyos. Este material aluvial forma la parte superficial del acuífero, que es el que está actualmente en explotación. Éste sobreyace al conglomerado de la Formación Báucarit, mismo que opera como basamento hidrogeológico de la zona granular, separándola del material fracturado.

5.4.1. Profundidad al Nivel Estático

Los niveles de profundidad al nivel estático del acuífero son someros, en su mayoría varían de 0.3 a los 7 m. Estos niveles someros se generan debido a que los aprovechamientos se encuentran perforados en las márgenes de los arroyos, en materiales granulares recientes poco consolidados. Los aprovechamientos que se localizan en los dos pequeños valles que existen en la zona, donde se encuentran los Poblados de Nuri y Cuba, también tienen profundidad al nivel estático somera, pues varían de 1 a 5 como máximo (Figura 4).

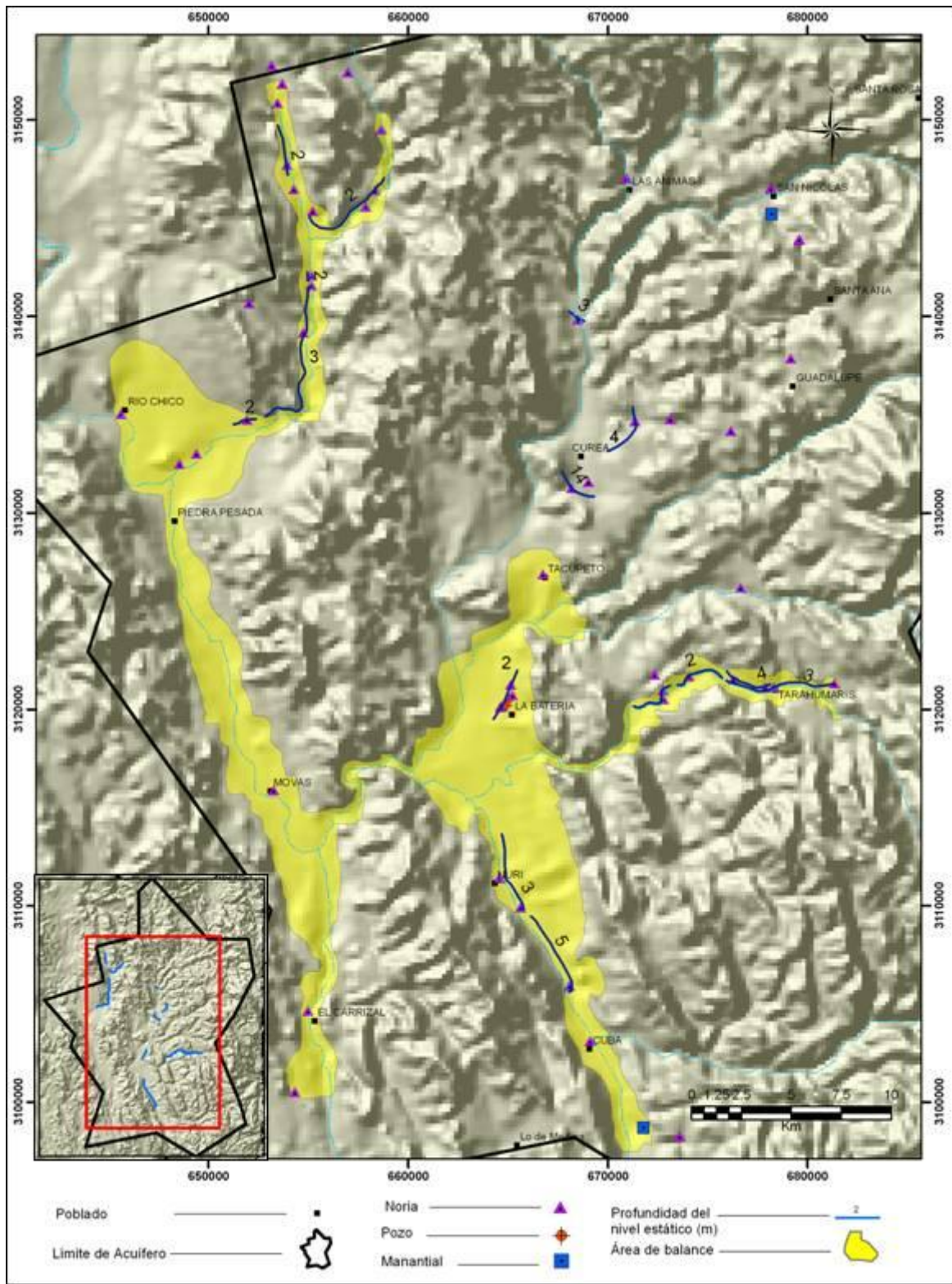
La profundidad del nivel estático máxima (14 m) fue registrada en la población El Llano. Cabe mencionar que esta profundidad no refleja el comportamiento piezométrico del acuífero, sino bien es una condición particular de la zona, la cual se encuentra en una pequeña loma donde el efecto de la topografía genera una profundidad mayor al promedio.

5.4.2. Elevación del Nivel Estático

Los máximos valores de elevación del nivel estático en el Acuífero Río Chico se presentan al oriente de la zona, en las cercanías del poblado Los Tarahumaris, con valores de hasta 650 msnm, los cuales van disminuyendo en dirección al occidente hasta llegar a dos pequeños valles donde se encuentran las comunidades Nuri y Cuba, con 390 y 400 msnm respectivamente.

La parte norte del acuífero manifiesta valores de elevación del nivel estático del orden de 500 msnm, éstos van disminuyendo conforme se avanza hacia el sur. Valores mínimos de elevación

entre 170 y 160 msnm se registran en los alrededores del poblado Río Chico, zona donde se ubica la salida natural del acuífero (Figura 5).



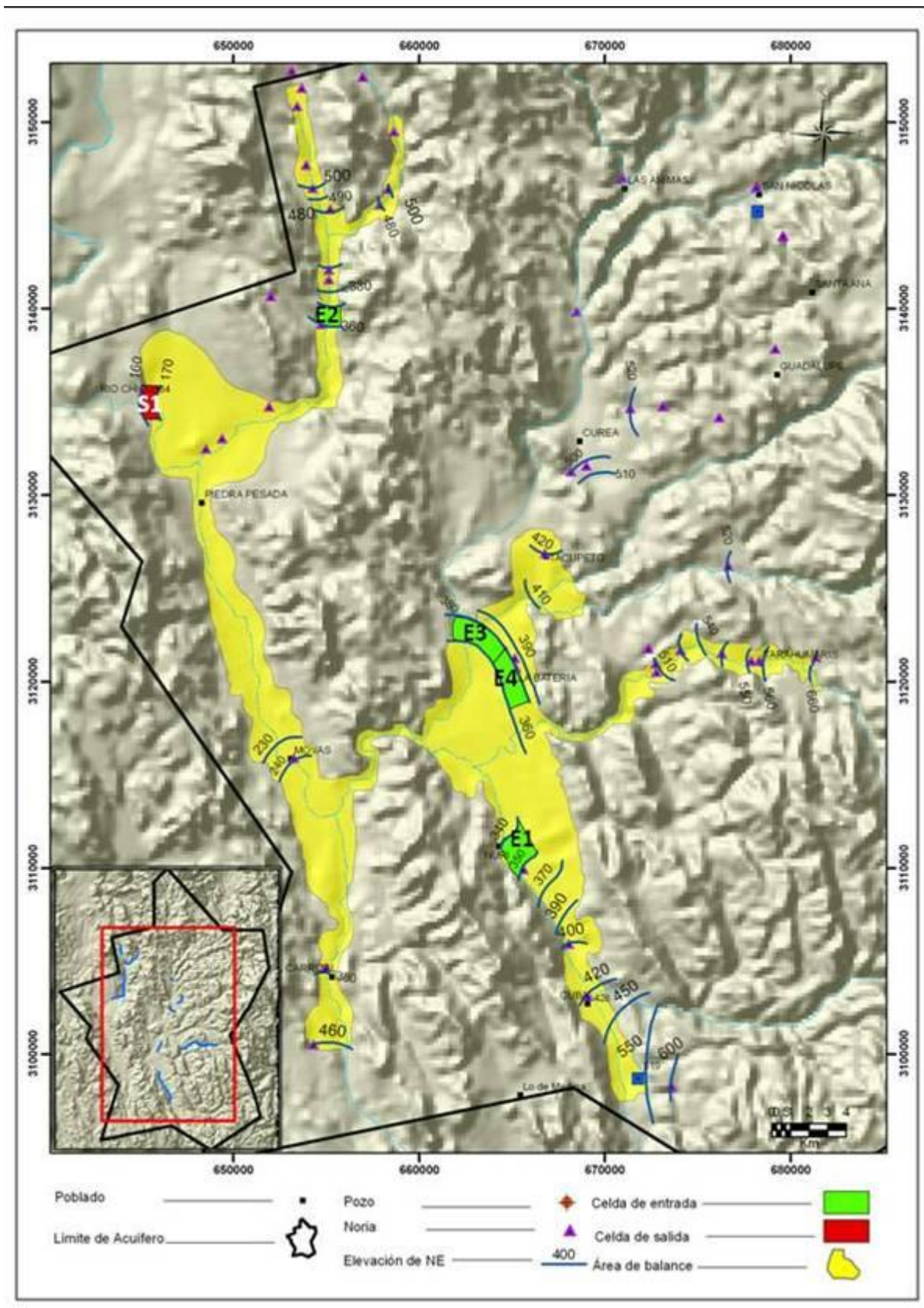


Figura 5. Elevación del nivel estático (msnm), 2008

5.4.3. Evolución del Nivel Estático

Con respecto a la evolución del nivel estático, no se cuenta con información piezométrica histórica que permita su configuración, debido a la falta de estudios hidrogeológicos previos, por lo que no fue posible establecer una evolución de niveles piezométricos. Aunado a esto, la configuración de la elevación del nivel estático no demuestra alteraciones del flujo natural del agua subterránea que indiquen la presencia de conos de abatimiento causados por la concentración de pozos y/o del bombeo, ya que el volumen de extracción es muy bajo.

Por estas razones, se puede afirmar que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo.

5.5. Hidrogeoquímica y Calidad del Agua

Dentro de las actividades realizadas en 2008, de una forma paralela al censo de aprovechamientos y medición de niveles estáticos, se llevó a cabo toma de parámetros físico químicos del agua subterránea (pH, Eh, STD, CE y Temperatura). Como resultado de esta actividad se tiene que los valores de pH para la mayoría de los aprovechamientos varía de 6 a 7, sólo 2 aprovechamientos presentaron valores de pH 4. Esto debido a que se encuentran influenciados por una zona de intensa mineralización al norte del acuífero, específicamente en los alrededores del Rancho La Barcelona, cerca del poblado San Nicolás. En referencia a valores de Sólidos Totales Disueltos, éstos varían entre 300 y 500 mg/l.

Lo anterior permite proponer un acuífero dinámico, donde prácticamente toda el agua extraída está asociada a reciente infiltración y por ende de calidad aceptable. Cabe mencionar que no se descarta la presencia de metales pesados, en su caso, su presencia sería de manera puntual y asociada a procesos geológicos y su mineralización.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

Del censo realizado en 2008 se tiene como resultado un total de 63 aprovechamientos, de los cuales 59 son norias, 2 son pozos y 2 manantiales. Cabe mencionar que de las norias 4 se encuentran inactivas, de igual forma un pozo.

La morfología de la zona impide que se desarrolle la actividad agrícola a gran escala, por lo cual se destina para este fin sólo un aprovechamiento, en este caso un pozo que representa el 1.6% de los aprovechamientos censados; de igual manera el 49.21% es de uso pecuario, el 22.22%

opera como uso mixto (pecuario y doméstico), mientras que un 14.28% es de uso público, un 3.17% es de uso doméstico y el 9.52% de los aprovechamientos se encuentra fuera de servicio.

La campaña de hidrometría efectuada en 2008 determina que el valor de extracción de agua subterránea asciende a 0.6 hm³/año, de los cuales 0.0399 hm³ corresponden a uso pecuario, 0.0556 hm³ a uso pecuario/doméstico, 0.5120 hm³ a uso público y 0.0021 hm³ a uso doméstico.

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. El balance de aguas subterráneas se definió para una superficie de 265 km², que corresponde a la zona donde se localizan gran parte de los aprovechamientos de agua subterránea.

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 del acuífero:

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

Para este caso particular, dado que se carece de estudios geohidrológicos previos, fue considerado un cambio de almacenamiento nulo, por lo cual se optó por calcular la recarga natural considerándola como incógnita de la ecuación de balance.

De esta manera la ecuación de balance propuesta es la siguiente

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

Donde:

E_h: Entradas por flujo horizontal

R_v: Recarga vertical

R_i: Recarga inducida

B: Bombeo

S_h: Salidas por flujo horizontal

ETR: Evapotranspiración real

ΔV(S): Cambio en el volumen almacenad

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, un pequeño volumen por retorno de riego agrícola y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo horizontal subterráneo (Eh).

De manera inducida, la infiltración de los excedentes del riego agrícola y del agua residual de las descargas urbanas y de la infiltración de las pérdidas de las redes de distribución de agua potable, constituyen otra fuentes de recarga al acuífero. Estos volúmenes se integran en la componente de recarga inducida (Ri). Para este caso, dado que no existen poblaciones urbanas importantes, y el riego agrícola es incipiente, no existe recarga inducida.

7.1.1. Recarga Vertical (Rv)

Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que el cambio de almacenamiento (ΔV) no tiene valores históricos de profundidad al nivel estático, el valor de la recarga vertical fue despejado de la ecuación de balance definida por la siguiente expresión.

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

De esta manera, despejando la recarga vertical:

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

7.1.2. Entradas por flujo horizontal (Eh)

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 2008 (Figura 5) y de los valores de transmisividad que para este caso fueron asignados:

$$Q = BiT$$

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 (m^2/s) en el canal de flujo.

Al norte, oriente y sureste del acuífero fueron generadas cuatro celdas que representan las entradas horizontales al acuífero, enumeradas del uno al cuatro, mismas que se observan en la Figura 5, donde se utilizó un valor de transmisividad de $150 \text{ m}^2/\text{día}$, mismo que fue asignado de acuerdo a las características hidrogeológicas de las rocas.

Las celdas utilizadas se muestran en la Figura 5, mientras que el cálculo de volúmenes de entrada se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Cálculo de entradas horizontales

CANAL	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	h_2-h_1	Gradiente i	T	CAUDAL Q	VOLUMEN
			(m)		(m^2/s)	(m^3/s)	($\text{hm}^3/\text{año}$)
E1	1524	570	10	0.0175	0.0017	0.0463	1.5
E2	2900	1112	10	0.0090	0.0017	0.0451	1.4
E3	1315	1046	20	0.0191	0.0017	0.0435	1.4
E4	2837	1020	20	0.0196	0.0017	0.0962	3.0
Total entradas							7.3

Como resultado del análisis de celdas de flujo se obtuvo un valor de **$7.3 \text{ hm}^3/\text{año}$** que representa las entradas horizontales a la zona de influencia del balance de aguas subterráneas.

7.2. Salidas

Se trata de los volúmenes de agua, ya sean naturales o extraídos, que pierde el sistema acuífero. Para el Acuífero Río Chico las descargas están representadas por Salidas Horizontales (Sh), bombeo (B) y descarga por evapotranspiración (Ev).

7.2.1. Evapotranspiración real (Ev)

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).

La evapotranspiración fue estimada al considerar un valor de evapotranspiración media anual de 675 mm, obtenido por el método de Turc, que involucrarlo con el área del intervalo de las curvas de 0 a 4 m y con el porcentaje de evapotranspiración se obtiene una evapotranspiración real de **$9.0 \text{ hm}^3/\text{año}$** . En la Tabla 3 se muestra un resumen para el cálculo de evapotranspiración. Cabe mencionar que esta metodología considera niveles someros donde la evapotranspiración tiene influencia en los primeros 4 metros de profundidad, esto en función del

tipo de vegetación y la profundidad de las raíces, donde los porcentajes utilizados corresponden al volumen de agua evapotranspirado, el cual disminuye en función de la profundidad.

Tabla 3. Cálculo de evapotranspiración real

Intervalo curvas (m)	Profundidad (m)	Area (km ²)	%	ETR (m)	Vol ETR (hm ³ /año)
0.1 a 1	1.5	2.5	0.625	0.675	1.1
1 a 2	2	12.4	0.5	0.675	4.2
2 a 3	2	4.6	0.5	0.675	1.6
3 a 4	3	13.3	0.25	0.675	2.2
Total					9.0

7.2.2. Bombeo

De acuerdo con el censo de aprovechamientos realizado en el estudio del 2008, se cuantificó el volumen de extracción de agua subterránea de manera directa cuando el equipo de extracción cuenta con medidor de flujo, o través de la información recabada en campo durante el censo: tiempo de operación, superficie regada, láminas de cultivo y estimaciones de acuerdo a las características de las obras. Se calculó un volumen total de extracción de **0.6 hm³** al año.

7.2.3. Salidas por flujo horizontal

Existe una salida natural del acuífero en forma de flujo subterráneo horizontal, ésta se mantiene gracias a las condiciones hidrogeológicas de la zona y debido a que no existe sobreexplotación que pueda invertir las direcciones de flujo subterráneo.

Las salidas subterráneas (hacia el Acuífero Cumuripa) fueron calculadas de la misma forma que se calcularon las entradas a partir de la configuración del nivel estático para 2008. El valor estimado es de **2.1 hm³/año**, fue calculado en la sección noroeste del acuífero. Cabe mencionar que para determinar el valor de salidas horizontales fue utilizado un valor de transmisividad de $3.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, (275 m²/día) asociado a la granulometría observada en campo en la zona de salidas.

Las celdas de flujo utilizadas para estimar la salida horizontal se observan en la Figura 5 y el cálculo del caudal se resume en la Tabla 4.

Tabla 4. Cálculo de salidas horizontales

CANAL	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	h_2-h_1	Gradiente i	T	CAUDAL Q	VOLUMEN
			(m)		(m ² /s)	(m ³ /s)	(hm ³ /año)
S1	1815	895	10	0.0112	0.0032	0.0650	2.1
Total salidas							2.1

7.3. Cambio de almacenamiento

Como se menciona en el apartado de evolución del nivel estático, no se dispone de información piezométrica histórica para elaborar la configuración de la evolución del nivel estático para un periodo de tiempo. Por otra parte, debido a que el volumen de extracción es menor a la recarga que recibe el acuífero, todavía no se registran alteraciones en la dirección natural del flujo subterráneo ni conos de abatimiento.

Bajo estas consideraciones, se tiene que la posición del nivel del agua subterránea no ha sufrido alteraciones importantes y el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo $\Delta V(S) = 0$.

Solución a la ecuación de balance

Una vez calculados los valores de las componentes de la ecuación de balance, el único parámetro de los que intervienen y que falta por determinar es la infiltración por lluvia (R_v), por lo que despejando este término de la ecuación definida, se tiene:

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

Sustituyendo valores:

$$R_v = 2.1 + 0.6 + 9.0 - 0.0 - 7.3 - 0.003$$

$$R_v = 4.4 \text{ hm}^3/\text{año}$$

Por lo tanto la recarga total es igual a $R_t = R_v + E_h + R_i$

$$R_t = 4.4 + 7.3 + 0.003$$

$$R_t = 11.7 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento establecido la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, que establece la Metodología para calcular la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$DAS = Rt - DNCOM - VCAS \quad (3)$$

Donde:

DAS = Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica.

R = Recarga total media anual.

DNCOM = Descarga natural comprometida.

VCAS = Volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA.

8.1. Recarga total media anual (Rt)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (Rt), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso particular, su valor es de **11.7 hm³/año**.

8.2. Descarga natural comprometida (DNCOM)

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 ser sostenidas para no afectar a los acuíferos adyacentes. Para el caso del Acuífero Río Chico no se consideró el volumen de agua que se obtuvo del cálculo de salidas de agua subterránea, lo anterior debido a que el cálculo fue hecho lejos de la zona de salida, además que en el extremo norte del Acuífero Cumuripa no existen aprovechamientos que la pudiesen aprovechar.

El volumen de los manantiales se considera despreciable, por lo cual el valor de la descarga natural comprometida es cero.

8.3. Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS)

El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa), de la Subdirección General de Administración del Agua, con fecha de corte al 31 de marzo del 2009, es de **15,521 m³/año**.

8.4. Disponibilidad de aguas subterráneas (DAS)

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 Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDa.

De acuerdo a la expresión (3), se tiene que:

$$DAS = 11.7 - 0.0 - 15,520$$

$$DAS = 11'684,480 \text{ hm}^3/\text{año}$$

La cifra indica que existe un volumen adicional de **11'684,480 m³** anuales para otorgar nuevas concesiones.

Cabe hacer la aclaración de que el cálculo de la recarga media anual que recibe el acuífero, y por lo tanto de la disponibilidad, se refiere a la porción del acuífero granular en la que existen aprovechamientos del agua subterránea e información hidrogeológica para su evaluación. No se descarta la posibilidad de que el valor sea mayor, sin embargo, no es posible en este momento incluir en el balance los volúmenes de agua que circulan a mayores profundidades que las que actualmente se encuentran en explotación, ni en las rocas fracturadas que subyacen a los depósitos granulares. Conforme se genere mayor y mejor información, especialmente la que se refiere a la piezometría y pruebas de bombeo en pozos cercanos a los piedemonte, se podrá hacer una evaluación posterior.

9. BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua, 1994. Manual para Evaluar Recursos Hidráulicos Subterráneos, México, Distrito Federal.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Estudio Geohidrológico del Estado de Sonora, 1993.

Servicio Geológico Mexicano, 2007. Estudio Geohidrológico del Acuífero Río Sahuaripa. Convenio de Colaboración con Comisión Nacional del Agua, Organismo de Cuenca del Noroeste.

SRH. Región Hidrológica No.9, Cuenca de los Ríos Sonora Yaqui-Mayo. Boletín Hidrológico No. 40, Tomo I, México, D.F., Subsecretaría de Planeación, 1970.

Villanueva Martínez, M., Iglesias López, A., 1985. Pozos y Acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Ed. ITME, Madrid.