

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

INFORME FINAL

REORDENAMIENTO DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA, CON LA IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS PRINCIPALES DE AGUA Y MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE METAS DE APROVECHAMIENTO DE CADA USO, ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS PARA IMPLANTAR EL USO EFICIENTE DEL RECURSO, PRIORIZANDO EL USO DE CONSUMO HUMANO

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Clave interna IMTA: HC1532.3

2015

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

REORDENAMIENTO DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA, CON LA IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS PRINCIPALES DE AGUA Y MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE METAS DE APROVECHAMIENTO DE CADA USO, ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS PARA IMPLANTAR EL USO EFICIENTE DEL RECURSO, PRIORIZANDO EL USO DE CONSUMO HUMANO.

Participantes Por el IMTA

Coordinación de Hidráulica

José Raúl Saavedra Horita.- Coordinador

Subcoordinación de Hidráulica Urbana

Petronilo E. Cortez Mejía.- Jefe de Proyecto
María Elena Riveros Bustos.- Especialista en Hidráulica
Jorge Arturo Casados Prior.- Especialista en Hidráulica
José Manuel Rodríguez Varela.- Subcoordinador

Subcoordinación de Tecnología Apropriada

Gema Alín Martínez Ocampo.- Especialista en Hidráulica

Subcoordinación de Hidráulica Ambiental e Hidrometría

Raúl Medina Mendoza.- Especialista en Hidráulica

Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua

Maricarmen Espinoza Bouchot.- Coordinadora

Subcoordinación de Hidrobiología y Evaluación Ambiental

Marco Antonio Mijangos Carro.- Especialista en Hidráulica
Rebeca González Villela.- Especialista en Hidráulica
Jorge Luis Izurieta Dávila.- Especialista en Hidráulica
Norma Ramírez Salinas.- Subcoordinadora

Subcoordinación de Tratamiento de Aguas Residuales

Violeta Eréndira Escalante Estrada.- Especialista en Hidráulica
César Guillermo Calderón Mólgora.- Subcoordinador

Coordinación de Hidrología

Mario López Pérez.- Coordinador

Subcoordinación de Planeación Hídrica

Cervando Castillo Romano.- Especialista en Hidráulica
Enrique Alejandro Sánchez Camacho.- especialista en Hidráulica
Alberto Güitrón de los Reyes.- Subcoordinador

Subcoordinación de Hidrología Superficial

Roberto Mejía Zermeño.- Especialista en Hidráulica

Subcoordinación de Hidrología Subterráneas

Edgar Yuri Mendoza Cázares.- Especialista en Hidráulica
Carlos Gutiérrez Ojeda.- Subcoordinador

Revisores Por la CONAGUA

Subdirección General Técnica

Víctor Hugo Alcocer Yamanaka.- Subdirector

Gerencia Ingeniería de Asuntos Binacionales del Agua

Alfredo Ranulfo Ocón Gutiérrez.- Gerente

Subgerencia de Regulación Técnica del Uso del Agua

Laureano Mendoza Camacho.- Subgerente
Samuel Herrera Maldonado.- Jefe de Proyecto

Gerencia de aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos

Horacio Rubio Gutiérrez.- Gerente

Noviembre del 2015

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

BORRADOR, EN REVISIÓN

REORDENAMIENTO DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA, CON LA IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS PRINCIPALES DE AGUA Y MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE METAS DE APROVECHAMIENTO DE CADA USO, ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS PARA IMPLANTAR EL USO EFICIENTE DEL RECURSO, PRIORIZANDO EL USO DE CONSUMO HUMANO

Contenido

1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	8
	Localización.....	8
	Clima	10
	Hidrología.....	11
	Fisiografía y Geomorfología	12
	Geología	13
	Estratigrafía	15
	Hidrogeología.....	20
	Uso de suelo y vegetación	22
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LA CUENCA.....	23
2.1.	Aguas Subterráneas.....	23
2.1.1.	Acuífero Costa de Hermosillo	23
2.1.2	Acuífero La poza	24
2.1.3	Acuífero Mesa del Seri-La Victoria	26
2.1.4	Acuífero Río Bacanuchi	28
2.1.5	Acuífero Río Bacoachi	30
2.1.6	Acuífero Río San Miguel.....	32
2.1.7	Acuífero Río Sonora.....	34
2.1.8	Acuífero Río Zanjón.....	35
2.1.9	Acuífero Sahuaral	37
2.1.10	Acuífero Santa Rosalía	38
2.2.	Potencialidades y Limitantes	39

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

2.2.1	Acuífero Costa de Hermosillo	39
2.2.2	Acuífero La Poza	45
2.2.3	Acuífero Mesa del Seri-La Victoria	49
2.2.4	Acuífero Río Bacanuchi	55
2.2.5	Acuífero Río Bacoachi	62
2.2.6	Acuífero Río San Miguel.....	68
2.2.7	Acuífero Río Sonora.....	73
2.2.8	Acuífero Río Zanjón.....	78
2.2.9	Acuífero Sahuaral	84
2.2.10	Acuífero Santa Rosalía	89
3.	USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	96
3.1.	Disponibilidad de aguas subterránea	97
3.1.1.	Acuífero Costa de Hermosillo	97
	Censo de aprovechamientos e hidrometría.....	97
	Balance de aguas subterráneas	98
	Disponibilidad	98
	Calidad del agua y Contaminación.....	98
3.1.2.	Acuífero La poza	99
	Censos de aprovechamiento e hidrometría.....	99
	Balance de aguas subterráneas	100
	Disponibilidad	100
	Calidad del agua y Contaminación.....	100
3.1.3.	Acuífero Mesa del Seri-La Victoria	100
	Censo de aprovechamientos e hidrometría.....	100
	Balance de aguas subterráneas	101
	Disponibilidad	101
	Calidad del agua y Contaminación.....	101
3.1.4.	Acuífero Río Bacanuchi	102
	Censo de aprovechamientos e hidrometría.....	102
	Balance de aguas subterráneas	103

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Disponibilidad	103
Calidad del agua y Contaminación	103
3.1.5. Acuífero Río Bacoachi	103
Censos de aprovechamiento e hidrometría	103
Balance de aguas subterráneas	104
Disponibilidad	104
Calidad del agua y Contaminación	104
3.1.6. Acuífero Río San Miguel.....	104
Censos de aprovechamiento e hidrometría	105
Balance de aguas subterráneas	105
Disponibilidad	105
Calidad del agua y contaminación.....	105
3.1.7. Acuífero Río Sonora.....	106
Censos de aprovechamiento e hidrometría.....	106
Balance de aguas subterráneas	106
Disponibilidad	106
Calidad del agua y Contaminación.....	107
3.1.8. Acuífero Río Zanjón.....	107
Censo de aprovechamientos e hidrometría.....	107
Balance de aguas subterráneas	108
Disponibilidad	108
Calidad del agua y Contaminación.....	108
3.1.9. Acuífero Sahuaral	109
Censos de aprovechamiento e hidrometría.....	109
Balance de aguas subterráneas	109
Disponibilidad	109
Calidad del agua y Contaminación.....	110
3.1.10. Acuífero Santa Rosalía	111
Censo de aprovechamientos e hidrometría.....	111
Balance de aguas subterráneas	111

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Disponibilidad	111
Calidad del agua y Contaminación	111
4. RESUMEN DE LOS VALORES DE BALANCE DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS 10 ACUÍFEROS.	112
5. RESUMEN DEL VALOR DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA.	113
6. PROGRAMA DE REORDENAMIENTO DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA... ..	115
6.2. Componentes del plan.....	115
6.2.1 Identificación de los usuarios de la cuenca del río Sonora, incluyendo el uso ecológico y/o ambiental.....	115
6.2.2. Análisis de los volúmenes concesionados con respecto a la eficiencia por uso y la disponibilidad de los recursos hídricos de la cuenca del río Sonora.	116
6.2.3. Análisis utilizando la base de datos del REPDA.....	118
6.2.4. Análisis con respecto a la posición geográfica.....	139
6.3. Estrategias.....	157
6.3.1. Estrategias en acciones geohidrológicas.....	157
7. CONCLUSIONES.....	159
BIBLIOGRAFÍA	163

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

REORDENAMIENTO DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA, CON LA IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS PRINCIPALES DE AGUA Y MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE METAS DE APROVECHAMIENTO DE CADA USO, ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS PARA IMPLANTAR EL USO EFICIENTE DEL RECURSO, PRIORIZANDO EL USO DE CONSUMO HUMANO

1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Localización

De acuerdo a la clasificación del Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas (SIGACU) de CONAGUA, la Cuenca Río Sonora se localiza al noreste-centro del estado de Sonora, dentro de la Región Hidrológica 9 Sonora Sur. Asimismo, tiene una extensión total de 38,994 km², abarca 28 municipios y cubre el 18.5% de la superficie estatal (CONAGUA, 2007). (Ilustración I-1).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

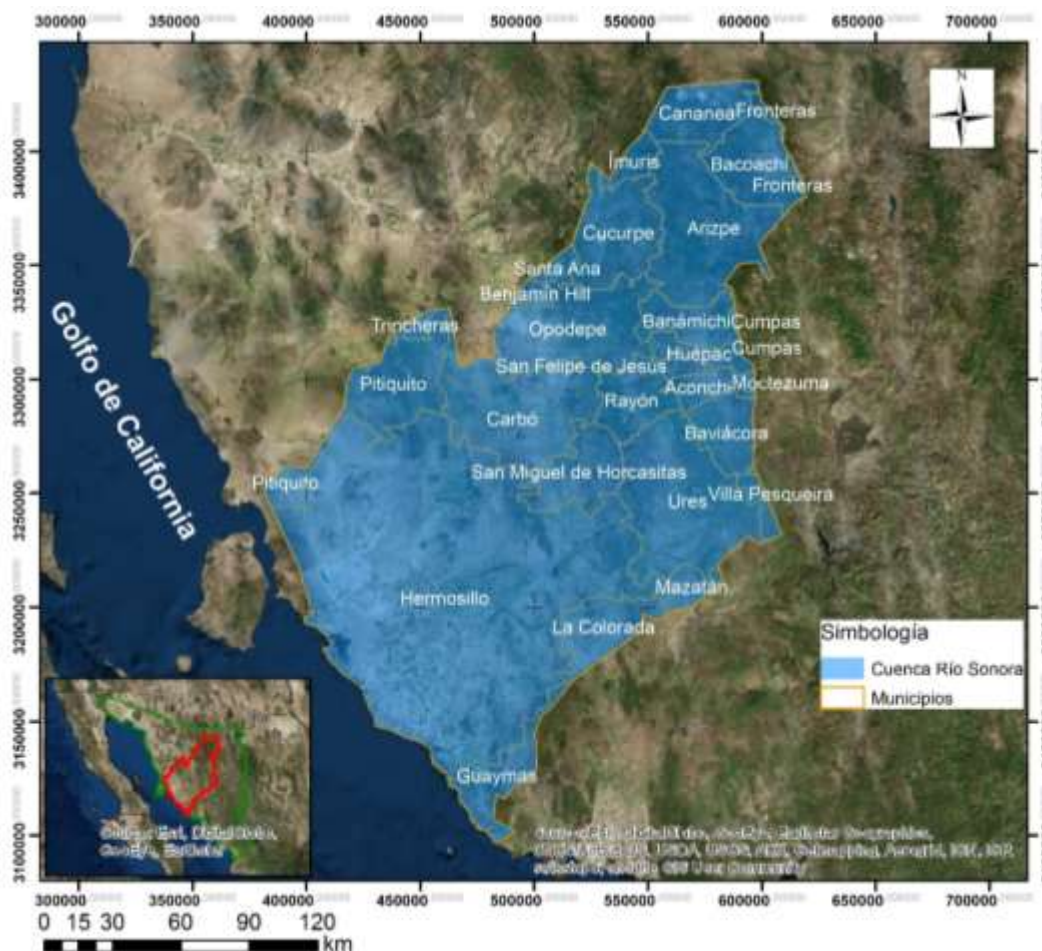


Ilustración I-1. Ubicación de la Cuenca Río Sonora.

De igual forma y de acuerdo al SIGACU, el área de estudio se divide en cuatro subcuencas: (1)Río Sonora 1, (2)Río Sonora 2, (3)Río Sonora 3 y (4)Río San Miguel (Ilustración I-2).

Convenio No. SGT-GIABA-DE-15-26-RF-AD

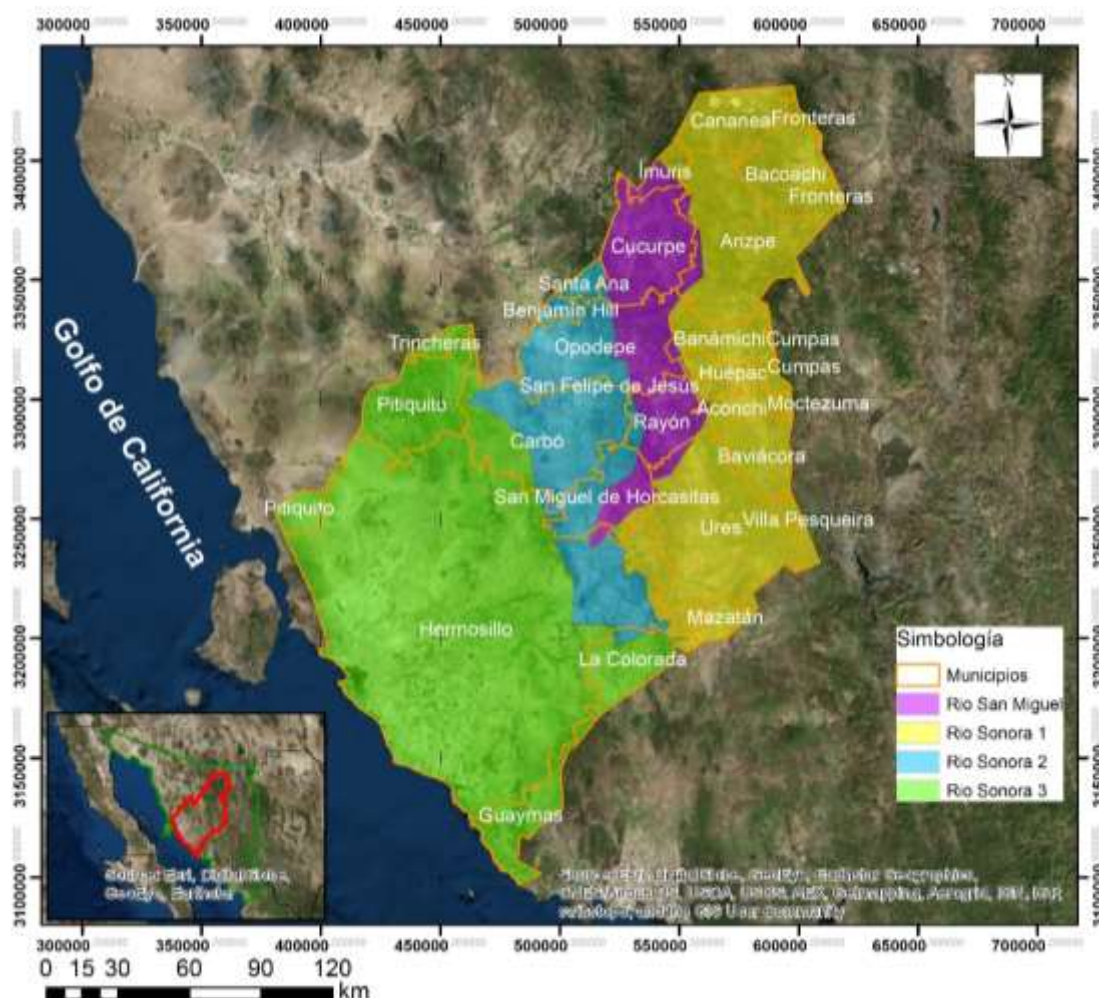


Ilustración I-2. Subcuencas de la Cuenca Río Sonora.

Clima

En el estado de Sonora, de acuerdo a la clasificación de Köppen y los datos vectoriales obtenidos a través del geoportal de INEGI, se observa que se tienen tres grupos de climas principalmente: cálido, seco y templado. Por su parte, en el área de estudio se tienen principalmente grupos de clima templado y seco, siendo este último el que mayor área abarca. De esta manera podemos encontrar subtipos que van de muy seco (BW) a semiseco (BS1); sin embargo, podemos observar climas templado (C(w)) y semifrío (C(E)), en las partes más altas de la cuenca (de 1200 a 2600 msnmm)(Ilustración I-3).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Asimismo, la zona cuenta con una temperatura promedio de 20 °C, con máximas de 49 °C y mínimas de -10°C en sus partes altas (CONAGUA, 2013).

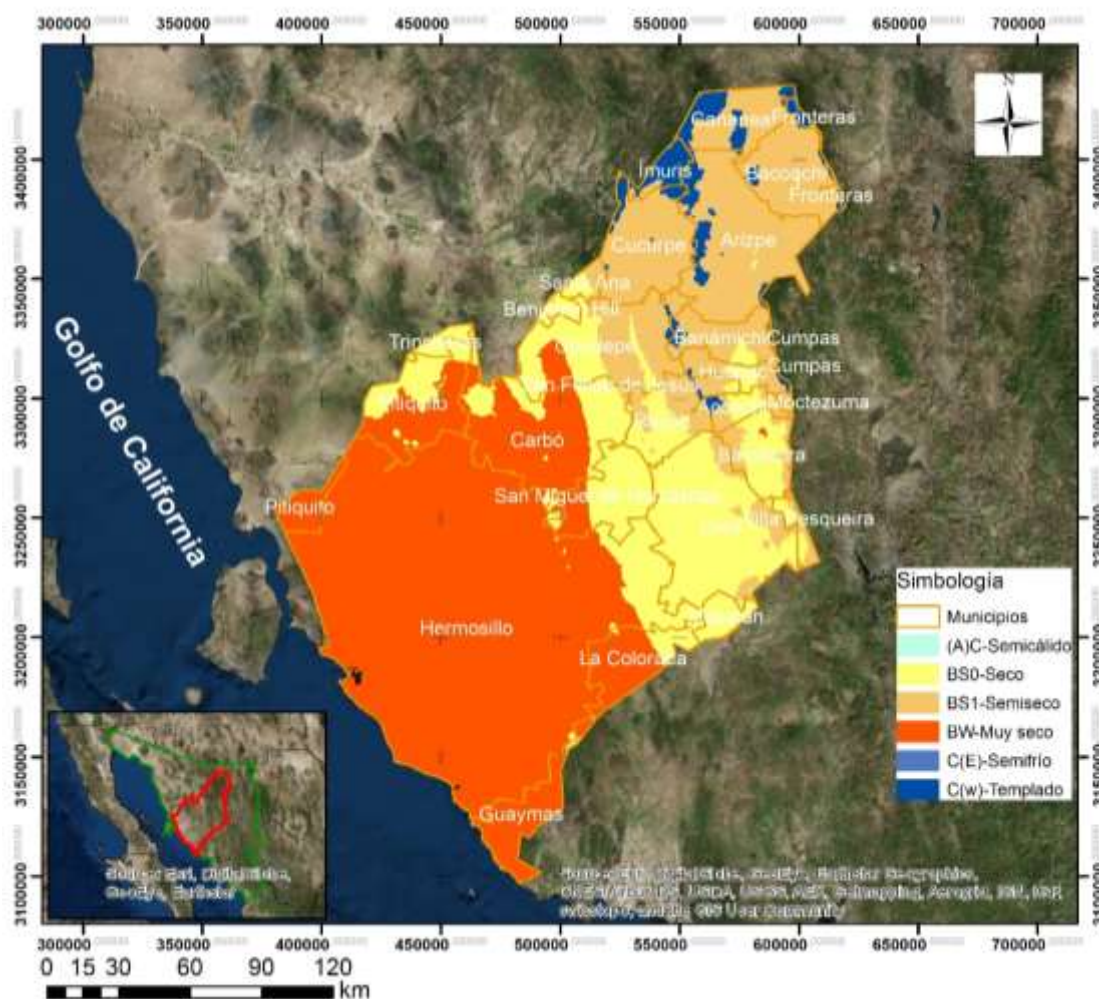


Ilustración I-3. Distribución de los climas predominantes de la Cuenca Río Sonora y sus variaciones. INEGI, 2015c (Elaboración propia).

Hidrología

Es importante mencionar que a la parte con escurrimientos superficiales muy definidos la CONAGUA la denomina Alto Río Sonora, asimismo, define Bajo Río Sonora al área que

tiene cauces menos definidos. El sitio que separa estas corrientes es el vertedor de la Presa Abelardo Rodríguez Luján, una de las obras hidráulicas más importantes de la región. Entre las corrientes superficiales principales se encuentran el Río Sonora que fluye en dirección N-S hasta Mazocahui, el Arroyo La Junta proveniente de la Sierra de Mazatán, el Río San Miguel que igualmente fluye en dirección N-S al principio para después cambiar de dirección Noreste-Suroeste y unirse con el Río Zanjón (también de gran importancia en la zona), el Arroyo la Poza que contribuye a un paleocauce de la continuación del Río Sonora y el Arroyo la Manga que tiene influencia sobre el paleocauce más reciente el cual termina en Bahía Kino (CONAGUA, 2013).

Fisiografía y Geomorfología

La cuenca del área de estudio es de tipo exorreica drenando sus aguas hacia la costa. Los sedimentos que se depositan en ella provienen de los ríos que bajan de la Sierra Madre Occidental y que desembocan en el Golfo de California. Estos ríos formaron deltas en la costa, siendo los más grandes los ríos Yaqui y Fuerte hacia el Norte y el Río Grande de Santiago hacia el Sur (Vega-Granillo et al., 2011).

Por otro lado, dentro de la zona de estudio se encuentran tres de las 15 provincias fisiográficas del país: (1) Provincia II *Llanuras Sonorenses*, la cual ocupa una superficie de 26,406.75 km², aproximadamente el 68% de la superficie total; (2) Provincia III *Sierra Madre Occidental*, ocupando una superficie de 12,375.2 km² y (3) Provincia IV *Sierras y Llanuras del Norte* que cubre un área de 0.12 km² del total de la cuenca (CONAGUA, 2013).

Entre las geoformas más significativas de la región se encuentran la *Llanura Aluvial*, cubriendo un 42.5% del total de la zona de estudio; le siguen la *Sierra Alta*, ocupando el 23.1%, la Sierra Baja con el 11.1%, el Valle Intermontado con Lomerío con el 8.9%, la Llanura Deltaica con 4.4%, el Lomerío con bajadas con el 4.3%, la Llanura Deltaica Salina con 2.2%, la Llanura Aluvial Salina con 0.4% y finalmente la Meseta Basáltica con piedras con el 0.2%. En la Ilustración I-4 se puede apreciar la topografía general de la zona de estudio.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

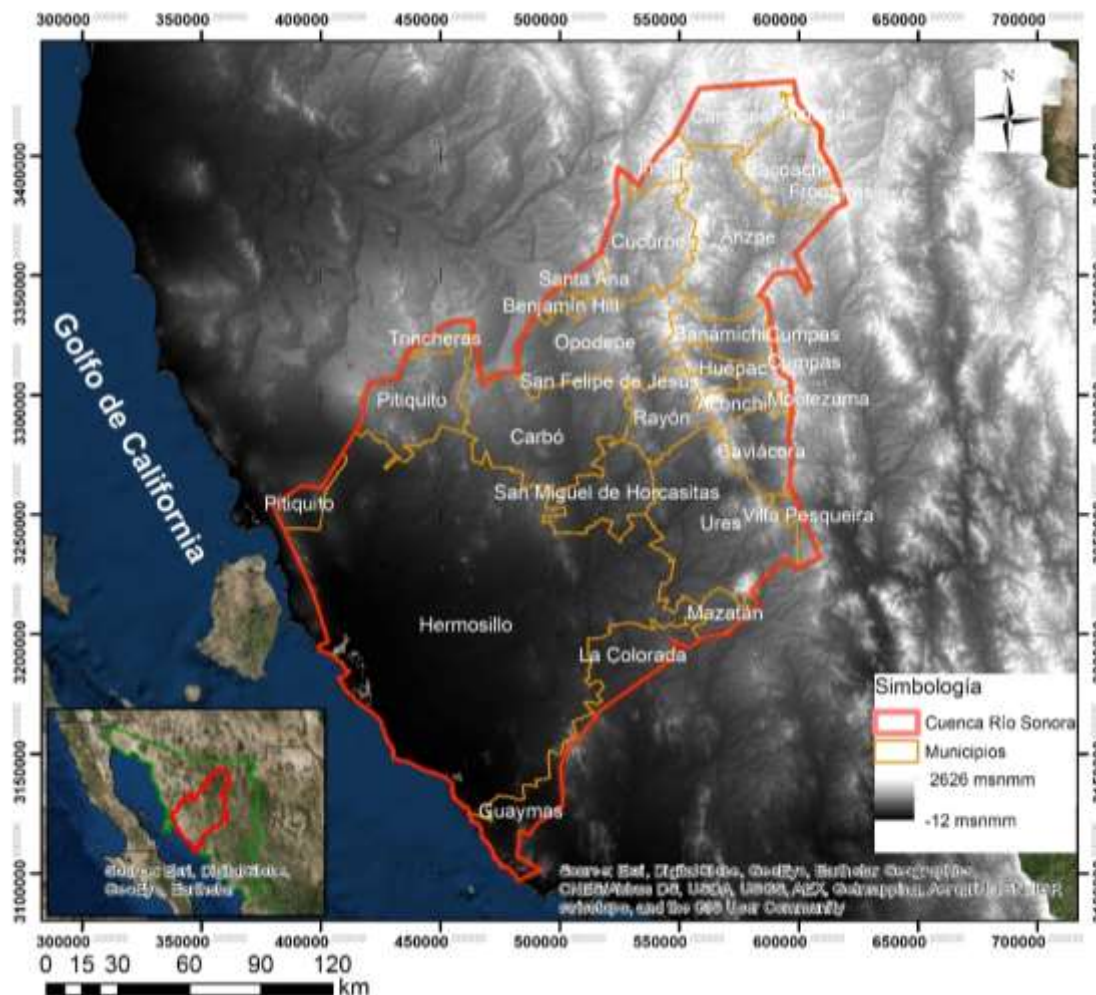


Ilustración I-4. Modelo Digital de Elevación del estado de Sonora donde se encuentra LA Cuenca del Río Sonora. INEGI, 2015b (Elaboración propia).

Geología

Dentro de la zona de estudio es posible identificar material aluvial del cuaternario Q(al) como el más abundante cubriendo cerca de un 43.3% de la superficie total al suroeste de la cuenca; asimismo, se encuentran distribuidos principalmente en la llanura o en las zonas bajas. Le siguen los conglomerados del Cenozoico y Mesozoico C(cg) con el 20.3%, situándose mayormente en las zonas altas o lomeríos así como en el fondo de los valles. Rocas de tipo ígnea intrusiva ácida como granitos y granodioritas del Mesozoico M(Gr-Gd) cubren

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

aproximadamente un 10.3% y se ubican principalmente en la parte de las sierras del sureste de la cuenca. Finalmente, al noreste de la cuenca se encuentran aflorando rocas ígneas extrusivas ácidas e intermedias como son tobas ácidas, andesita - toba intermedia y andesitas del Cretácico (CONAGUA, 2013a).

En la Ilustración I-5 se puede apreciar la distribución geológica de la Cuenca Río Sonora.

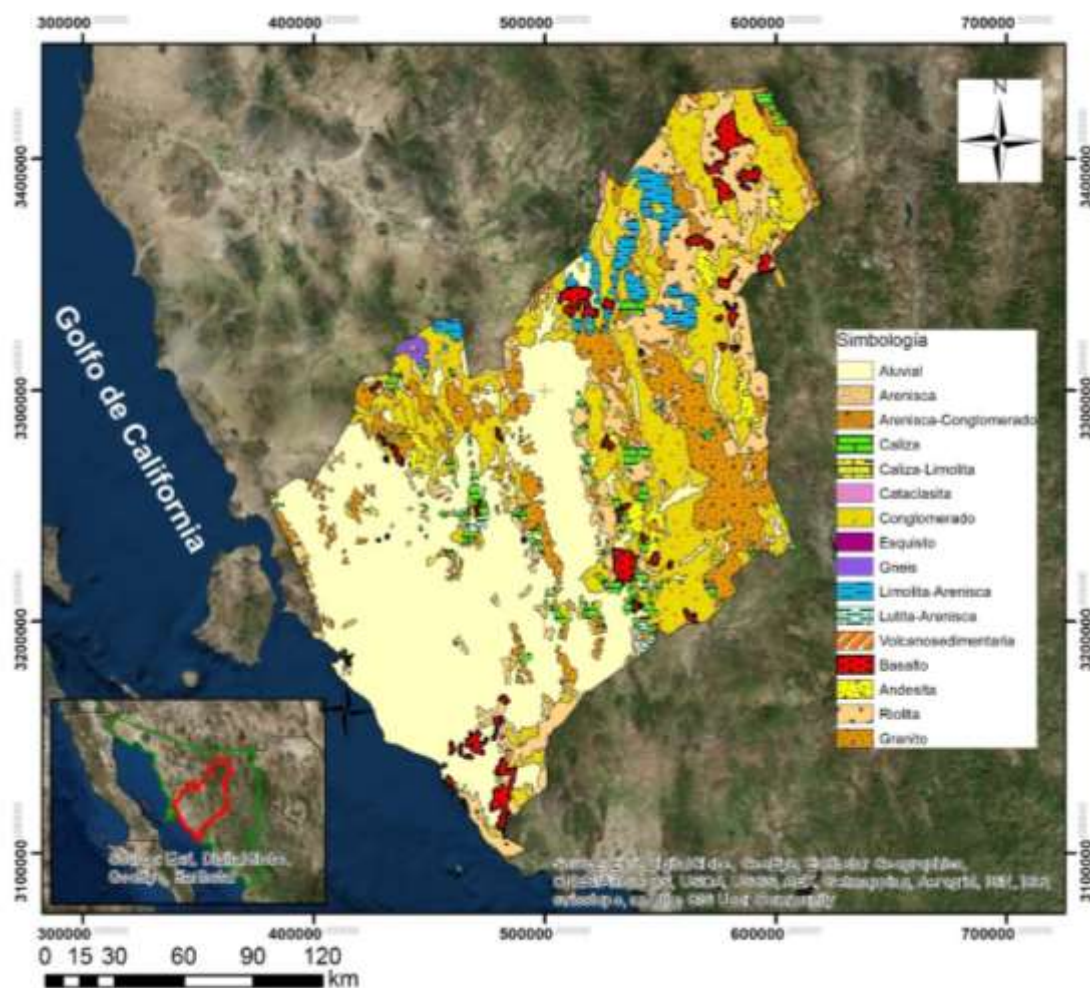


Ilustración I-5 Distribución geológica de la Cuenca Río Sonora (Elaboración propia, Fuente: INEGI, CONAGUA).

Asimismo, la cuenca se encuentra sobre un basamento precámbrico, caracterizado por rocas metamórficas (esquistos, gneiss y cuarcitas) e intrusivos calcialcalinos, que presentan un proceso geológico histórico complicado de deformación e intrusión y que fueron cubiertas por

rocas calcáreas de manera discordante al final del precámbrico (Roldán, 1982). Al noroeste del área de estudio se pueden observar pequeños afloramientos correspondientes a este eón, pertenecientes a rocas metamórficas de esquisto y gneiss a los que Roldán (1982) describe como esquistos de cuarzo y moscovita y gneiss de biotita.

Durante el Precámbrico Tardío al Paleozoico, sugieren la presencia de una plataforma continental que registra una historia de sedimentación continua de rocas sedimentarias químicas y clásticas. Estos depósitos se presentan de manera aislada por todo el estado de Sonora, donde la mayor presencia de estos depósitos sedimentarios se encuentra al oriente del municipio de Hermosillo, ubicados en la porción central del área de estudio y en la porción noroccidental.

A partir del triásico, el margen pasivo es interrumpido por un margen activo presentándose magmatismo de tipo bimodal y varios procesos de deformaciones hasta el Cretácico Tardío, en el que se depositan rocas volcánicas de composición básica a ácida, rocas ígneas intrusivas ácidas y volcanocásticas, que son deformadas por la acción de varios procesos, en las que destaca la acción de la orogenia Laramide. Estas rocas están representadas en la zona oriental del área de estudio, de acuerdo a la geología representada por INEGI (2015a) y CONAGUA (2013).

Las rocas más recientes pertenecen al Cuaternario y están representados por depósitos aluviales los cuales abarcan más del 40% de la geología superficial de la cuenca del Río Sonora, encontrándose en el margen occidental y central de la misma.

Estratigrafía

De manera general, dentro de la cuenca la estratigrafía varía de la siguiente manera, mostrándose desde la unidad más antigua a la más reciente (Mendoza-Mata, A. et al., 2012). Asimismo, en la Ilustración I-6 se muestra la columna estratigráfica general de la cuenca de acuerdo a su descripción.

Precámbrico

Dentro del precámbrico existen dos conjuntos litológicos bien definidos. El primero de ellos está constituido por rocas ígneas metamórficas del Precámbrico Temprano. Estas rocas metamórficas son llamadas por Longoria et al. (1978) como complejo Bámori conformado por esquistos, cuarcitas anfibolitas y gneises, cuyas edades fluctúan entre los 1800 y 1700 Ma (Anderson y Silver, 1979).

El segundo conjunto, está representado por una secuencia de rocas sedimentarias del Precámbrico Tardío que incluye a las Formaciones Pitiquito y Gamuza (Longoria y Pérez, 1978), constituidas por dolomías con abundantes estromatolitos, areniscas de cuarzo, lutitas y

calizas. Para estos sedimentos se tiene reportada una edad de 750 millones de años (INEGI, 1993).

Paleozoico

Existen dos dominios paleozoicos en la parte central de la cuenca que se diferencian en estratigrafía y paleografía. El primero corresponde a estratos carbonatos que se acumularon en un arrecife, con estratos de plataforma carbonatada en la cima del Misisípico tardío al Pérmico. El segundo está constituido generalmente por capas detríticas y carbonatadas de grano fino del Pensilvánico que reflejan ambientes de cuenca (Miller et al., 1992).

Asimismo, la secuencia carbonatada de plataforma (Cinturón Cordillerano) también llamada “arrecife carbonatado”, incluye sedimentos clásticos y carbonatados, depositados en un ambiente marino somero con abundante fauna que indican rangos de edad desde el Cámbrico hasta el Pérmico (Radelli, 1987). Estas rocas se ubican en diferentes localidades hacia el noreste, noroeste y centro de la cuenca, como son la Sierra del Tule, Sierra Agua Verde y Las Norias (Vega y Araux, 1987).

Por su parte, las rocas paleozoicas en el área de Moradillas, al suroeste de la cuenca, se encuentran como afloramientos aislados de meta-limolitas, mármol, capas de cuarzorenita y calizas dolomíticas que presentan metamorfismo de contacto, cuyo protolito posiblemente pudo haber sido un conjunto de rocas carbonatadas y clásticas de edad Pérmica Tardío (Abadie, 1981).

Las calizas marmolizadas del cerro La Campana, localizado en la ciudad de Hermosillo, son de color blanco, en capas hasta de un metro de espesor que contienen wollastonita y epidota. Es importante mencionar que aunque en primera instancia, las calizas se consideran poco permeables, cuando las calizas se encuentran alteradas y fracturadas constituyen zonas de recarga hacia los depósitos granulares que conforman los acuíferos subyacentes. Por ello, las exploraciones geofísicas le asignan buenas posibilidades para su explotación siempre y cuando sea a profundidad.

Mesozoico

Dentro de esta se encuentra el Grupo Barranca compuesto por rocas sedimentarias distribuidas en una franja orientada este-oeste en la parte central de la cuenca; los afloramientos más extensos y expuestos se localizan en el área de Santa Clara, estimándose un espesor superior a los 3000 m.

Asimismo, este grupo conforma la Formación Arrayanes, la Formación Santa Clara y la Formación Coyotes. La primera está compuesta por areniscas en diferentes tonos de grises de grano fino a medio con clastos subangulares a subredondeados de cuarzo así como por conglomerados que contienen clastos de dimensiones superiores a los 14 cm de areniscas de cuarzo color gris t café, pedernal, cuarzo lechoso y pedernal rojo. La segunda formación está constituida por intercalaciones de limolitas, lutitas, areniscas, conglomerados, lutitas

carbonosas y carbón las cuales se encuentran generalmente en megasecuencias de 100 a 300 m de espesor, pasando gradualmente de la secuencia de grano fino en la base a la secuencia de grano gruesa en la cima.

Por último, la Formación Coyotes en donde dominan las secuencias de conglomerados clasto sostenido con predominancia de guijarros angulares a subredondeados de cuarzo arenisca y pedernal en una matriz de arenisca fina a muy gruesa (Stewart y Roldán-Quintana, 1991).

Cretácico Superior

Conformada por la Formación Tarahumara y los Intrusivos Laramídicos. La primera comprende un conjunto de secuencias volcánicas y volcanosedimentarias, en donde se encontró la presencia de pseudoformas de fósiles en unos niveles de caliza intercalados con derrames volcánicos (Dumble, 1901). El poblado La Barranca, definido como la localidad tipo, está representado por una secuencia de flujos o derrames de lava, con niveles de aglomerados y brechas de composición andesítica a latítica que tienen intercalaciones de rocas sedimentarias (Wilson y Rocha, 1946). Finalmente, en su base existen derrames, brechas y aglomerados como anteriormente se describió, y en la parte media y superior se reporta niveles de toba riolítica y riolodácica, con intercalaciones de arenisca tobácea, lutita, caliza y pedernal (McDowell et al., 2001).

Por su parte, los Intrusivos Laramídicos abarcan un conjunto de rocas intrusivas que afloran a lo amplio de toda la cuenca intrusionando al Grupo Barranca y a la Formación Tarahumara. En este conjunto, se reportan plutones de diorita, granodiorita y granito en el centro y sur de la cuenca (Wilson y Rocha, 1946). Los cuerpos intrusivos más jóvenes corresponden a stocks dioríticos a cuarzodioríticos con edades de 59 a 40 Ma que afloran en la región oriental del batolito de Río Chico y cortan a la Formación Tarahumara (Amaya-Martínez et al., 1993).

Eoceno Tardío

Durante esta época ocurrió un evento de volcanismo félsico riolítico que se continuó hasta el Oligoceno entre 33 y 24 Ma (Coney, 1978). Se identifica un conjunto de tobas riolíticas y tobas con abundantes cristales, intercaladas con derrames de basaltos que sobreyacen en discordancia a la Formación Tarahumara.

Mioceno Medio

De esta época se encuentra la Formación Báucarit y la Formación Lista Blanca. La primera aflora principalmente en los valles del área de estudio donde forma su relleno clástico sedimentario que se formó durante la deformación de sierras y valles paralelos (Basin and Range). Está conformado por depósitos de conglomerados cuyos clastos reflejan la composición litológica de las sierras adyacentes, areniscas y en menor proporción limolitas.

Presenta también areniscas, areniscas arcillosas e intercalaciones de rocas volcánicas de composición basáltica y andesítica y en menor proporción volcanismo tipo félsico (King, 1939).

La segunda, la Formación Lista Blanca, está constituida por niveles de conglomerados, rocas piroclásticas félsicas y domos riódacíticos. Por su parte en el cerro Lista Blanca al oeste de San Marcial Sonora al que King (1939) le atribuye la edad Cretácica, estas rocas consisten en una secuencia de 48 m de espesor de riolitas, ignimbritas y areniscas tobáceas que sobreyacen de manera concordante los conglomerados de la Formación Báucarit. Asimismo, la Formación está sobreyacida en discordancia por basaltos de olivino recientes que forman mesetas (Roldán-Quintana, 2002).

Plioceno-Reciente

Esta época se caracteriza por rocas volcánicas que se encuentran expuestas en los valles de los ríos Sonora y Moctezuma. Están ampliamente distribuidos, ya que se sitúan en las zonas de inundación de los ríos antes mencionados, ocupando las porciones donde se encuentra el mayor número de captaciones. Presentan buena permeabilidad por lo que funcionan como transmisores de agua hacia estratos más profundos y un buen acuífero bajo el nivel de saturación.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Eoceno - Cuaternario	Báucarit		Tobs riolíticas, intercaladas con derrames de basaltos.
		Lista Blanca		Conglomerados, areniscos y limolitas con intercalaciones de rocas volcánicas de composición basáltica y andesítica.
		Tarahumara		Rocas volcánicas de alta permeabilidad
Mesozoico	Cretácico	Tarahumara		Niveles de caliza, intercalados con derrames volcánicos. Toba riolítica y radiodacítica con intercalaciones de arena
	Triásico	Arrayanes Sta. Clara Coyotes		Areniscos, conglomerados. Intercalaciones de limolitas, lutitas, areniscos, conglomerados y lutitas.
Paleozoico	Cámbrico - Pérmico	¿?		Sedimentos clásticos y carbonatados. Meta-limolitas, mármol, calizas dolomíticas y marmolizadas, capas de cuarzoarenita
Precámbrico	Superior - Inferior	Complejo Bámori		Esquistos, cuarcitas, anfíbolitas y gneis.
		Piquito Gamuza		Areniscos, lutitas y cuarzo

Ilustración I-6. Columna estratigráfica de la Cuenca Río Sonora (elaboración propia).

Hidrogeología

De manera general, los acuíferos más importantes de Sonora se asocian a los deltas que se encuentran cerca de los litorales. Los mayores espesores están conformados por sedimentos continentales y marinos, intercalados con derrames basálticos con alta porosidad y permeabilidad (Vega-Granillo et al., 2011).

Administrativamente, se localizan 10 acuíferos dentro de la Cuenca Río Sonora que se distribuyen de acuerdo a las subcuencas que se mencionaron anteriormente (Tabla I-1 e Ilustración I-7).

Tabla I-1. Distribución administrativa de los acuíferos de la zona de estudio dentro de la cuenca Río Sonora.

Cuenca	Subcuenca	Acuífero
Río Sonora	Río Sonora 1	Río Bacanuchi
		Río Bacoachi
		Río Sonora
		Santa Rosalía
	Río Sonora 2	Río Zanjón
		Mesa de la Seri-La Victoria
	Río Sonora 3	Costa de Hermosillo
		Sahuaral
		La Poza
	Río San Miguel	Río San Miguel

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

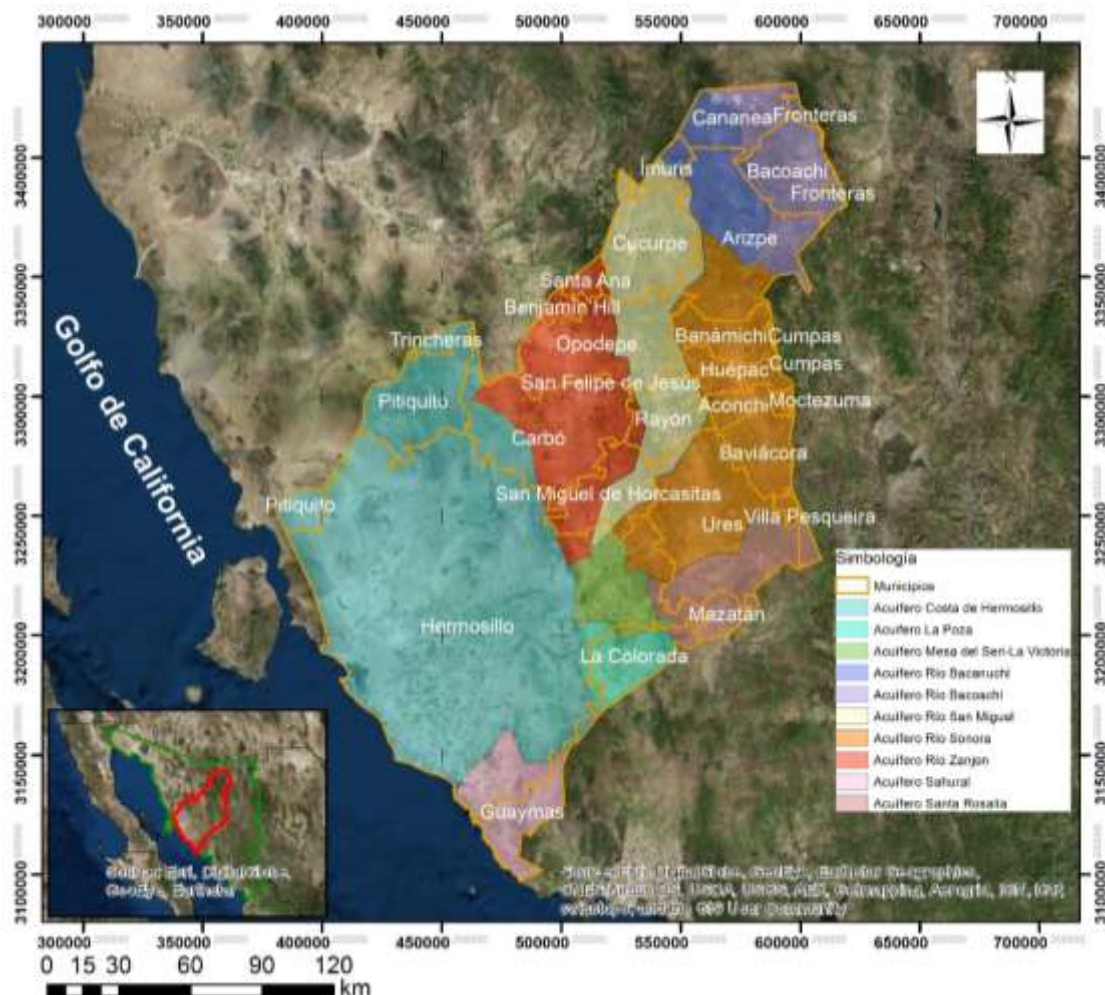


Ilustración I-7. Acuíferos de la Cuenca Río Sonora.

Por otra parte, en relación a su origen geológico, existen dos tipos de acuíferos dentro de la zona. Los primeros asociados a material no consolidado (mayormente aluviones) conformando acuíferos regionales como son el de Costa de Hermosillo, El Zanjón, Río San Miguel y el acuífero Mesa de Seri-La Victoria. Los segundos están asociados a material de relleno depositado en llanuras de inundación, tales como son los acuífero Río Bacoachi y Río Bacanuchi.

Los acuíferos de tipo regional son los de mayor importancia. En la llanura costera se forma el Acuífero Costa de Hermosillo, el cual se recarga por las contribuciones de los ríos Sonora y

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Bocoachito. Asimismo, el arroyo La Bandera y contribuciones del Arroyo El Bajío conforman el Acuífero El Sahuaral (CONAGUA, 2013a).

Uso de suelo y vegetación

De acuerdo con datos estadísticos de INEGI de 1970 a 2011, el uso de suelo y vegetación dentro de la Cuenca Río Sonora se distribuye como se muestra en la Tabla I-2, en donde se puede observar que el suelo se usa principalmente con fines agrícolas conformando un 8%, seguido del uso urbano con 0.3%. El resto de la superficie está ocupada mayormente por matorrales con un 48.4%, mezquitales con 21.4% y pastizales con 11.8%.

Tabla I-2. Uso del suelo y vegetación de la Cuenca Río Sonora (CONAGUA, 2013)

Tipo	Descripción	Superficie (ha)	Porcentaje
Uso de suelo	Acuicultura	15,629	0.4%
	Agricultura	311,702	8.0%
	Áreas sin vegetación aparente	6,276	0.2%
	Obras hidráulicas (presas o represos)	9,022	0.2%
	Urbano	12,485	0.3%
Vegetación	Bosque templado	286,241	7.4%
	Dunas costeras	1,880	0.04%
	Humedales costeros	62,463	1.6%
	Matorrales	1,877,143	48.4%
	Otro tipo de vegetación	828,146	21.4%
	Pastizales	456,972	11.8%
	Selva baja	1,543	0.03%
	Vegetación de desierto	336	0.006%
	Vegetación ribereña	8,370	0.2%
Total		3,878,207	100.0%

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LA CUENCA

2.1. Aguas Subterráneas

2.1.1. Acuífero Costa de Hermosillo

Localización

El acuífero Costa de Hermosillo se ubica al suroeste de la ciudad de Hermosillo entre las coordenadas $28^{\circ}14'$ y $28^{\circ}57'$ de latitud Norte y $111^{\circ}15'$ y $111^{\circ}45'$ de longitud Oeste y comprende una superficie estimada de 3200 km² formando una franja de aproximadamente 35 km x 55 km ligeramente paralela a la línea de costa (Ilustración II-1).

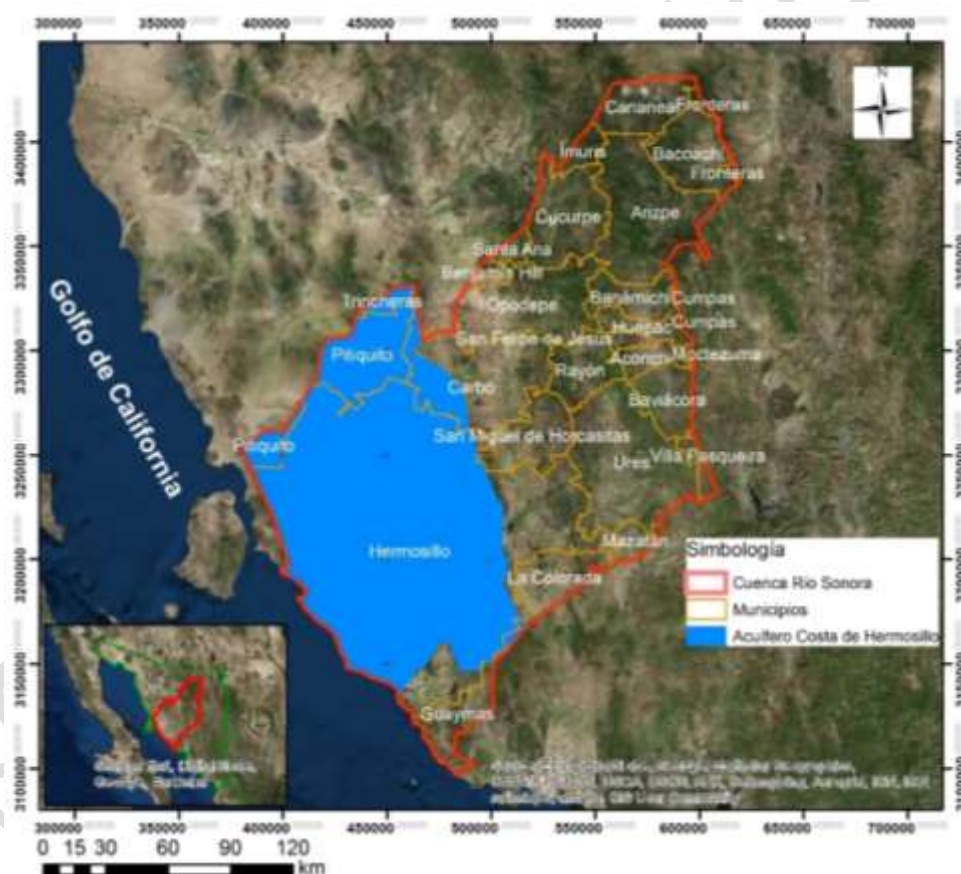


Ilustración II-1. Ubicación del acuífero Costa de Hermosillo.

Situación administrativa

La explotación del acuífero Costa de Hermosillo se inició en 1946 con 17 pozos y en el año 1965 alcanzó su máximo volumen de extracción con alrededor de 1100 millones de metros cúbicos por año (Monreal et al., 2001). Durante este periodo de tiempo, el acuífero ha sido numerosas veces motivo de veda para la explotación de aguas subterráneas. La primera de ellas fue decretada el 11 de julio de 1951, protegió una superficie muy pequeña de la Costa de Hermosillo comprendida en los municipios de Villa de Seris y Hermosillo. Tres años después se decretó la primera ampliación del área de veda que abarcó hasta los límites del Distrito de Riego. Finalmente y hasta el año de 1967 fue decretada la tercera ampliación de la veda en el acuífero debido a los drásticos cambios en los niveles de abatimiento debido a la sobreexplotación (CONAGUA, 2015a).

Clima

En la región se presenta un clima seco, predominando el subtipo seco semicálido con lluvias en verano. Las temperaturas medias anuales varían de los 22 a los 24°C. Las lluvias se presentan durante los meses de Junio a Septiembre, siendo los meses con mayor precipitación Julio y Agosto. Por su parte, la precipitación varía de los 75 a los 200 mm por año.

2.1.2 Acuífero La poza

Localización

El acuífero La Poza se localiza en la parte sur de la cuenca del Río Sonora. Sus coordenadas son 28° 50' y 29° 57' de latitud norte y los meridianos 109° 13' y 109° 09' de longitud oeste y abarca un área total de 970 km² (Ilustración II-2).

Colinda al norte con el acuífero Mesa del Seri - La Victoria, al occidente con el acuífero Costa de Hermosillo, al oriente con el acuífero Santa Rosalía y al sureste con el acuífero Valle de Guaymas. Comprende parcialmente los municipios de La Colorada y Hermosillo.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

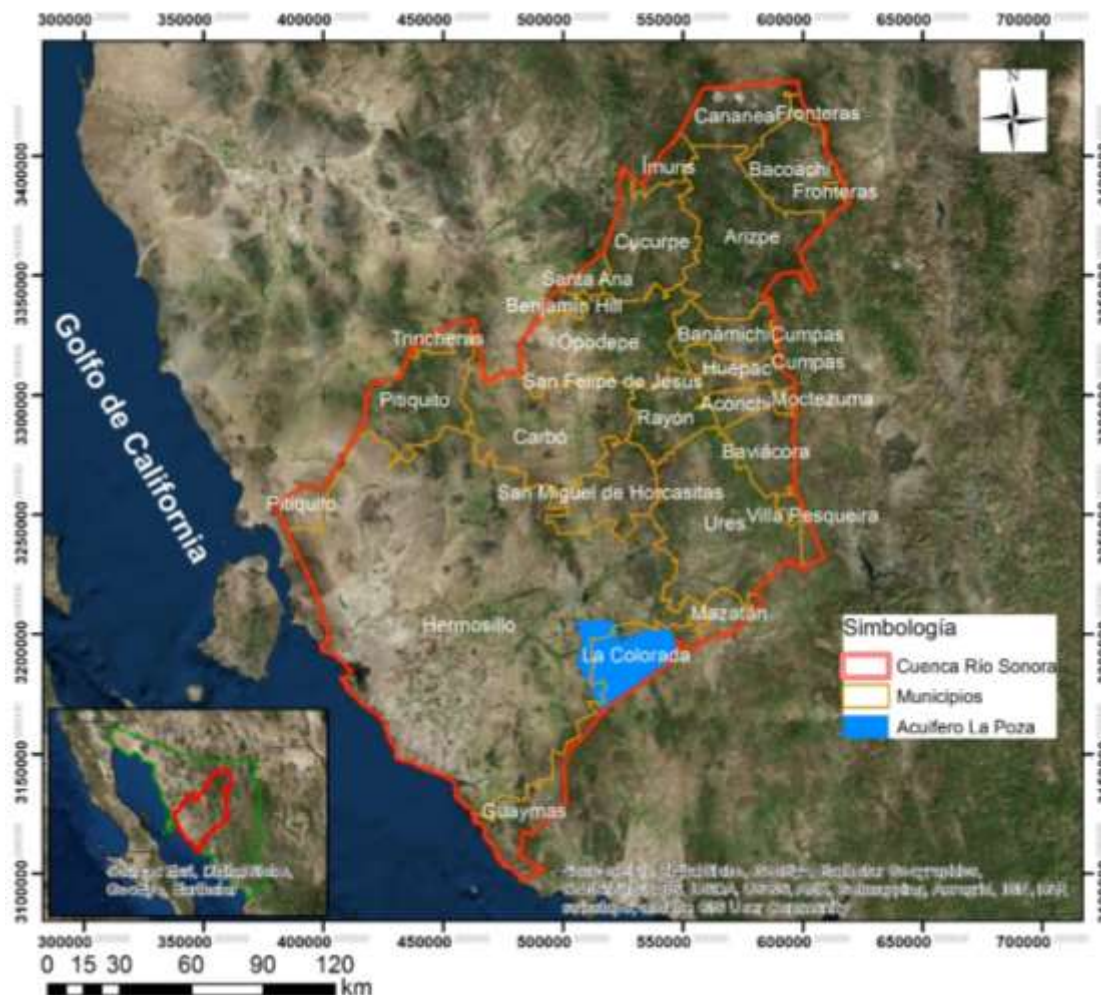


Ilustración II-2. Ubicación del acuífero La Poza.

Situación administrativa

El acuífero La Poza se encuentra dentro de la Región Hidrológico-Administrativa II Noroeste y está sujeto a las disposiciones del “Decreto por medio del cual se amplía la zona de veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la costa de Hermosillo, Son.” Publicado en el DOF el 2 de junio de 1967, con el propósito de evitar la sobreexplotación y el riesgo de contaminación por aguas salinas. Este Decreto no contempla los alumbramientos para uso doméstico (CONAGUA, 2015b).

El principal uso de este acuífero es el abrevadero y no se localiza Distrito de Riego o Unidad de Riego alguna.

Clima

Con base en la información del clima en la Cuenca del Río Sonora (INEGI, 2015c), al acuífero La poza, le corresponde dos tipos de clima: 1) Muy seco (BW), en la parte occidental (más del 90% del área total del acuífero), con lluvias en el verano y una temperatura media anual mayor a 22°C; 2) Seco (Bs0), ocupando un área menor en la zona oriental, con lluvias en invierno con una precipitación media anual de 10mm y una temperatura menor a 22°C.

2.1.3 Acuífero Mesa del Seri-La Victoria

Localización

El acuífero Mesa del Seri-La Victoria se localiza al este de la ciudad de Hermosillo, Sonora y abarca una superficie total de 1049 km². Sus coordenadas geográficas son 110° 45' y 110° 57' Longitud Oeste y 29° 01' y 29° 12' Latitud Norte (Ilustración II-3).

Colinda al norte con los acuíferos Río San Miguel y Río Zanjón, al oeste con el acuífero Costa de Hermosillo, al sur con el acuífero La Poza, y al este con los acuíferos del Río Sonora y Santa Rosalía; todos ellos pertenecientes al estado de Sonora (CONAGUA, 2015c).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

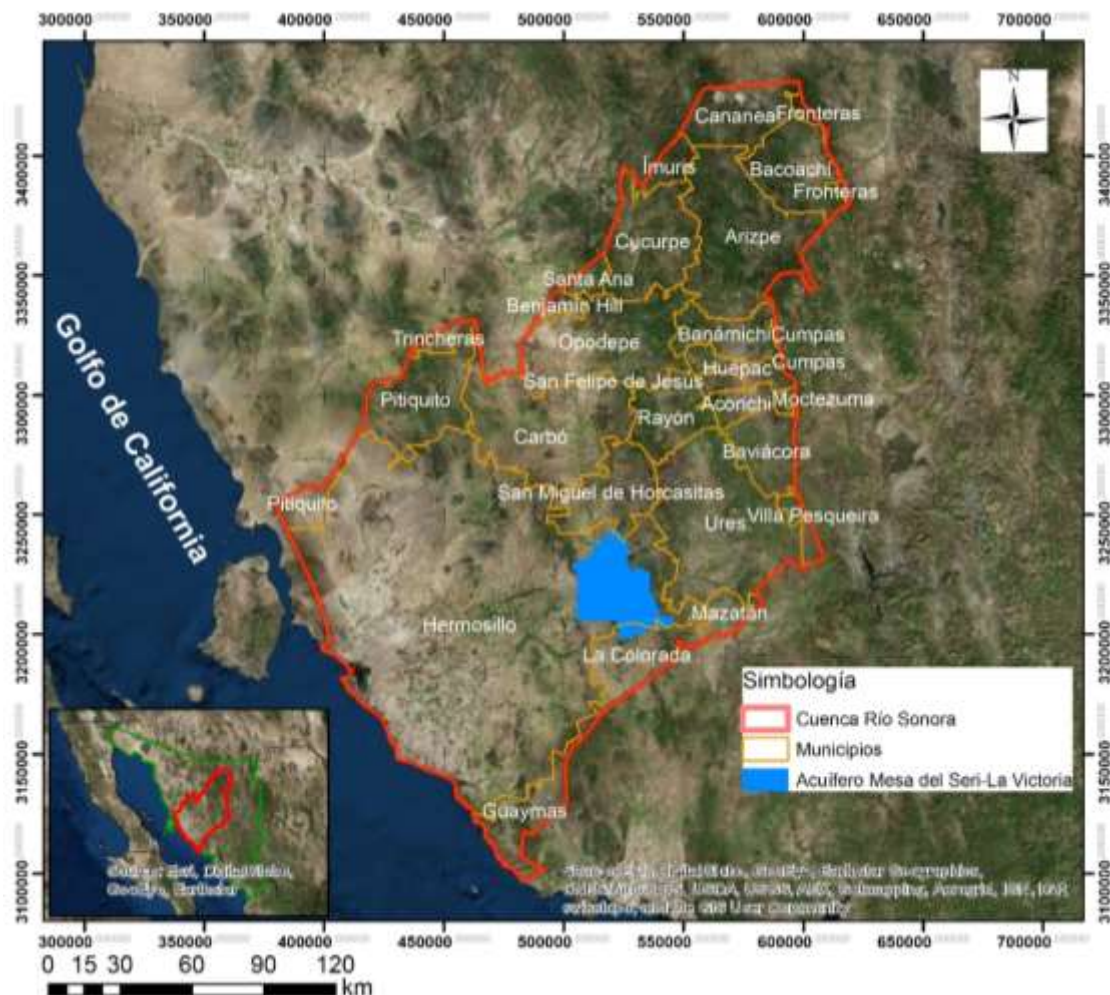


Ilustración II-3. Localización del acuífero Mesa del Seri-La Victoria.

Situación administrativa del acuífero

El acuífero en cuestión pertenece a la Región Hidrológica-Administrativa II Noroeste y al Consejo de Cuenca Alto Noroeste. Asimismo, esta región se considera como una tercera ampliación del Distrito de Riego Costa de Hermosillo.

Por su parte, esta zona fue decretada en veda para la perforación de nuevos aprovechamientos de aguas subterráneas desde el 2 de junio de 1967 a excepción de cuando se trate de alumbramientos destinados para uso doméstico.

Respecto al volumen concesionado, el principal usuario del agua subterránea es el organismo operador de agua potable del municipio de Hermosillo *Agua de Hermosillo para los*

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Hermosillenses (AGUAHH). De igual forma, desde el 22 de junio de 2001 se tiene constituido el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) de este acuífero (CONAGUA, 2015c).

Clima

De acuerdo a la clasificación utilizada por Köppen, modificada por E. García (1964), en la región domina el tipo de clima BW(h') hw(x'), el cual corresponde a B, grupo de climas secos; BW, subtipo muy seco o desértico; (h')h, con clima cálido y una temperatura media anual mayor a 22° C (CONAGUA, 2015c).

2.1.4 Acuífero Río Bacanuchi

Localización

El acuífero Río Bacanuchi se localiza en la parte norte del estado de Sonora y en la cuenca del Río Sonora, abarcando un área total de 1767 km². Asimismo, se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas 30° 18' y 30° 59' de latitud norte, y 110° 05' y 110° 34' de longitud oeste (Ilustración II-4).

Administrativamente, este acuífero colinda al norte con el acuífero Cuitaca, al noroeste con el acuífero Cocóspera, al occidente con el acuífero Río San Miguel, al oriente con el acuífero Río Bacoachi y al sur con el acuífero Río Sonora (CONAGUA, 2015d).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

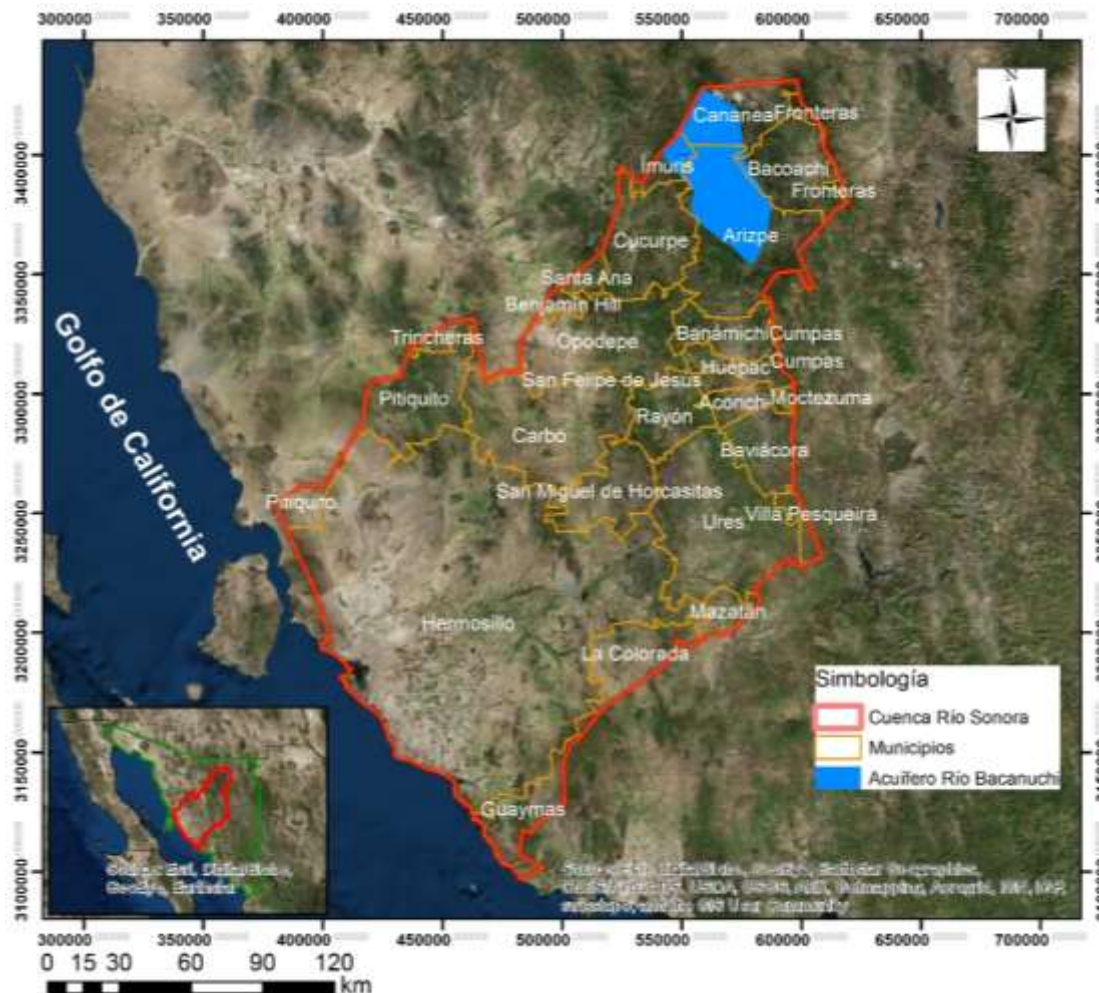


Ilustración II-4. Ubicación del acuífero Río Bacanuchi.

Situación administrativa

El acuífero Río Bacanuchi se encuentra dentro de la Región Hidrológico-Administrativa II Noroeste y está sujeto a las disposiciones de ampliación de la zona de veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la costa de Hermosillo decretado en 1967, con el propósito de evitar la sobre-explotación y el riesgo de contaminación por aguas salinas. Por lo tanto, este decreto solo permite nuevas extracciones para uso doméstico (CONAGUA, 2015d).

Por su parte, el principal uso de este acuífero es el pecuario y no se localiza Distrito de Riego o Unidad de Riego alguna.

Clima

Con base en la información vectorizada de clima en México (INEGI, 2015c) al acuífero La poza, le corresponde cuatro tipos de clima: 1) Semiseco (BS1), se encuentra dentro de la zona centro y sur del acuífero, ocupando la mayor área del acuífero comparado con los restantes (más del 60% del área total del acuífero), con lluvias en verano e invierno y precipitación media anual entre 400 y 600 mm. La temperatura media anual menor a 18°C. 2) Templado (C(w)], el segundo clima con mayor proporción en el área del acuífero perteneciente al subgrupo de Templado de los templados-Menos humedo, con registro de lluvias en verano y temperatura media anual entre 12 y 18°C. 3) Semifrío (C(E)), localizado en las partes altas de la sierra, al noroeste y noreste de la porción del acuífero pertenece al subgrupo de Templado de los templados-Más húmedo con registro de lluvias en verano y lluvias en invierno mayor a 10.2. La temperatura media anual es entre 12 y 18°C. 4) Seco (BS0), ocupa la menor proporción con los restantes climas (menor al 5%) del subgrupo de Semicalido con invierno fresco de los secos-Seco, con registro de lluvias en verano y una temperatura media anual mayor a 18°C.

2.1.5 Acuífero Río Bacoachi

Localización

El acuífero Río Bacoachi se localiza en la porción norte del estado de Sonora abarcando parcialmente los municipios de Cananea, Bacoachi y Arizpe. Sus coordenadas son 30° 18' y 31° 01' de latitud norte, y 109° 45' y 110° 21' de longitud oeste cubriendo una superficie total de 2324 km².

Colinda al norte con el acuífero Río San Pedro, al sur con Cumpas y Río Sonora, al este con Río Frontera y al oeste con el acuífero Río Bacanuchi (Ilustración II-5).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

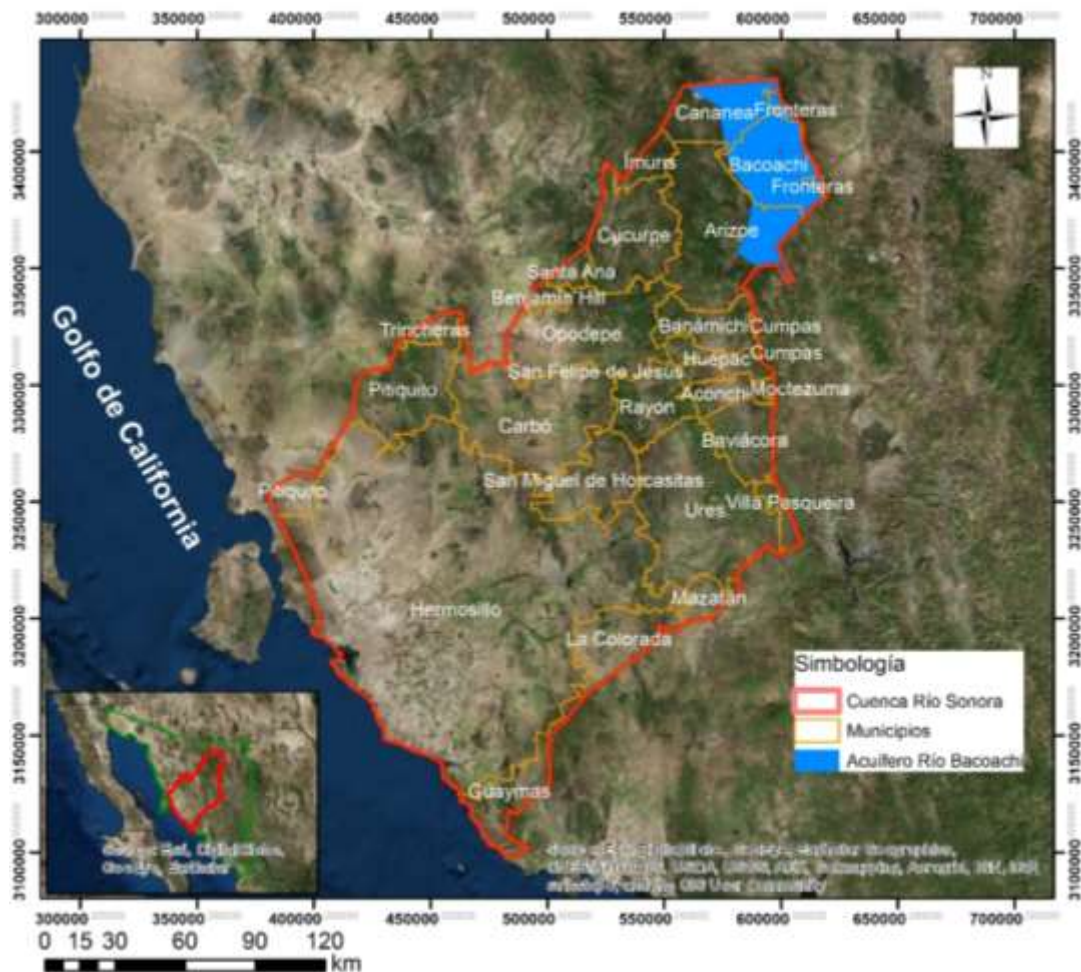


Ilustración II-5. Localización del acuífero Río Bacoachi.

Situación administrativa del Acuífero

De acuerdo con CONAGUA (2015e), el acuífero Río Bacoachi pertenece al Organismo de Cuenca “Noroeste” y la mayoría del territorio que cubre el acuífero está cubierto por dos decretos de veda. El primero de ellos rige en la porción oriental en donde se promueve la conservación del acuífero y el segundo rige la porción occidental ampliando la zona de veda para el alumbramiento de agua subterránea. Cabe mencionar que ambas vedas son tipo II, lo que significa que sólo se extraerá agua para uso doméstico. Sin embargo, los extremos noreste y sureste de la superficie no están regidos por ningún decreto de veda.

Clima

El clima del acuífero Río Bacoachi es mayormente del tipo BS1 Kw(x'): semiseco y templado con verano cálido y la temperatura media anual oscila entre los 12 y 18 °C. Sin embargo, en la región sur del acuífero domina el clima BSohw(x'): seco- semicálido con invierno fresco y una temperatura media anual mayor de 18 °C.

En cuanto a la temperatura, los meses en que se presentan los valores más altos de ella son junio, julio y agosto; mientras que de diciembre a enero se registran las temperaturas más bajas. Por su parte, la precipitación media anual en todo el acuífero es de 550 mm, siendo los meses más lluviosos los de julio, agosto y septiembre. Es importante mencionar que a pesar de que las cantidades precipitadas representan una recarga significativa para la alimentación de los acuíferos, el déficit de los mismos es elevado (CONAGUA, 2015e).

2.1.6 Acuífero Río San Miguel

Localización

El acuífero San Miguel se encuentra ubicado al norte del centro del Estado de Sonora entre las coordenadas 29°16' a 30°44' de latitud Norte y 110°21' a 110°54' de longitud Oeste y abarca una superficie aproximada de 4057 km². Se encuentra limitando al norte con los acuíferos Magdalena y río Bacanuchi, al este con el acuífero Río Sonora, al sur con el acuífero Mesa del Seri La Victoria y al Oeste con los acuíferos La Tinaja y Río Zanjón (Ilustración II-6).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

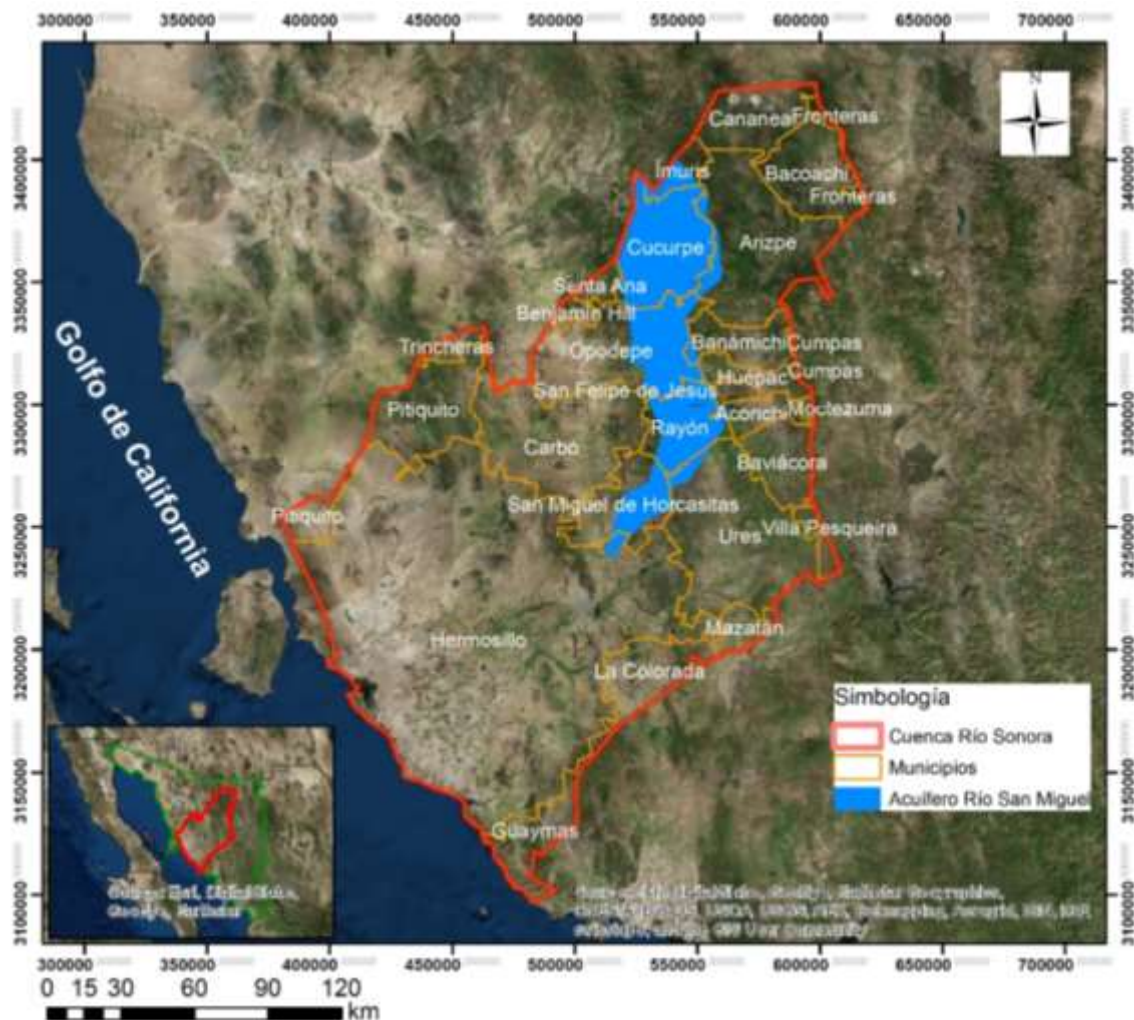


Ilustración II-6. Localización del acuífero Río San Miguel.

Situación administrativa

Administrativamente, el acuífero en cuestión pertenece al Organismo de Cuenca Noroeste. Debido al grado de explotación al que se encuentra sometido, el área total del acuífero se encuentra vedado bajo el decreto de veda de tipo II, en el cual, los recursos disponibles de los mantos acuíferos sólo son permitidos para uso doméstico. El uso que predomina dentro del acuífero es el del sector agrícola, (CONAGUA, 2015f).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Clima

En la región perteneciente al acuífero San Miguel se presentan cinco diferentes tipos de clima, el primero se trata de un clima de tipo seco con lluvias en verano y un porcentaje de precipitación invernal mayor a 10.2% el resto son climas de tipo semiseco con más de 10.2% de precipitación invernal. Se determinaron valores medios anuales para la precipitación y la temperatura los cuales son de 502.2 mm y 20.9 °C, respectivamente.

La evaporación potencial es de aproximadamente 1725 mm/año, mientras que la temperatura media anual más baja que se registró fue de 17.6 °C y la más alta de 24.7 °C.

2.1.7 Acuífero Río Sonora

Localización

EL acuífero Río Sonora se encuentra localizado en la parte norte-centro del Estado de Sonora. Abarca principalmente los municipios de Arizpe, San Felipe de Jesús, Aconchi, Banamichi, Huépac, Bavlácora, Ures y Hermosillo (Ilustración II-7).

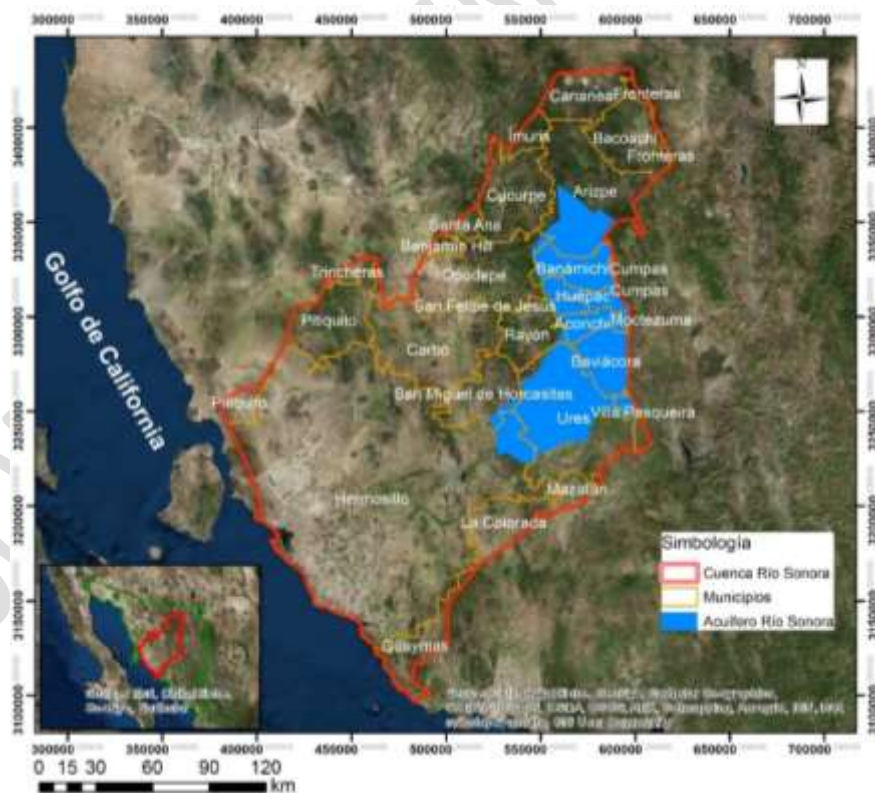


Ilustración II-7. Ubicación del acuífero Río Sonora.

Situación administrativa

El acuífero Río Sonora se encuentra actualmente en estado de veda, para la apertura de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, a excepción del municipio de Hermosillo, que se encuentra en la zona de disponibilidad 4, el resto de los municipios se encuentran en la zona de disponibilidad 6. El territorio del acuífero pertenece a la jurisdicción de los Distritos de Desarrollo Rural No 144.-Hermosillo y 142-Ures, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. El uso que mayor agua consume dentro del acuífero es el uso agrícola, seguido por el uso público urbano y finalmente por los usuarios del sector pecuario, (CONAGUA, 2015g).

Clima

De acuerdo con la información disponible para el periodo de 1960-1976, la temperatura media anual en el área varía de 17 °C en la cabecera de la cuenca del río Sonora, hasta 24 °C en la Ciudad de Hermosillo. De esta manera es posible apreciar que la temperatura va disminuyendo desde la planicie en la Mesa del Seri hacia la zona montañosa del acuífero.

Las temperaturas cálidas se presentan de Junio a Septiembre con temperaturas medias entre 27 y 31 °C y las temperaturas menores durante los meses de Diciembre y Enero, con temperaturas medias comprendidas entre 12.8 y 14.6 °C.

2.1.8 Acuífero Río Zanjón

Localización

El acuífero continental Río Zanjón se localiza gradiente arriba del acuífero Costa de Hermosillo, en la zona central del Estado de Sonora abarcando parcialmente los municipios de Santa Ana, Benjamín Hill, Opodepe, Carbó, San Miguel de Horcasitas y Hermosillo. Su superficie total es de 4,453km² (Ilustración II-8).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

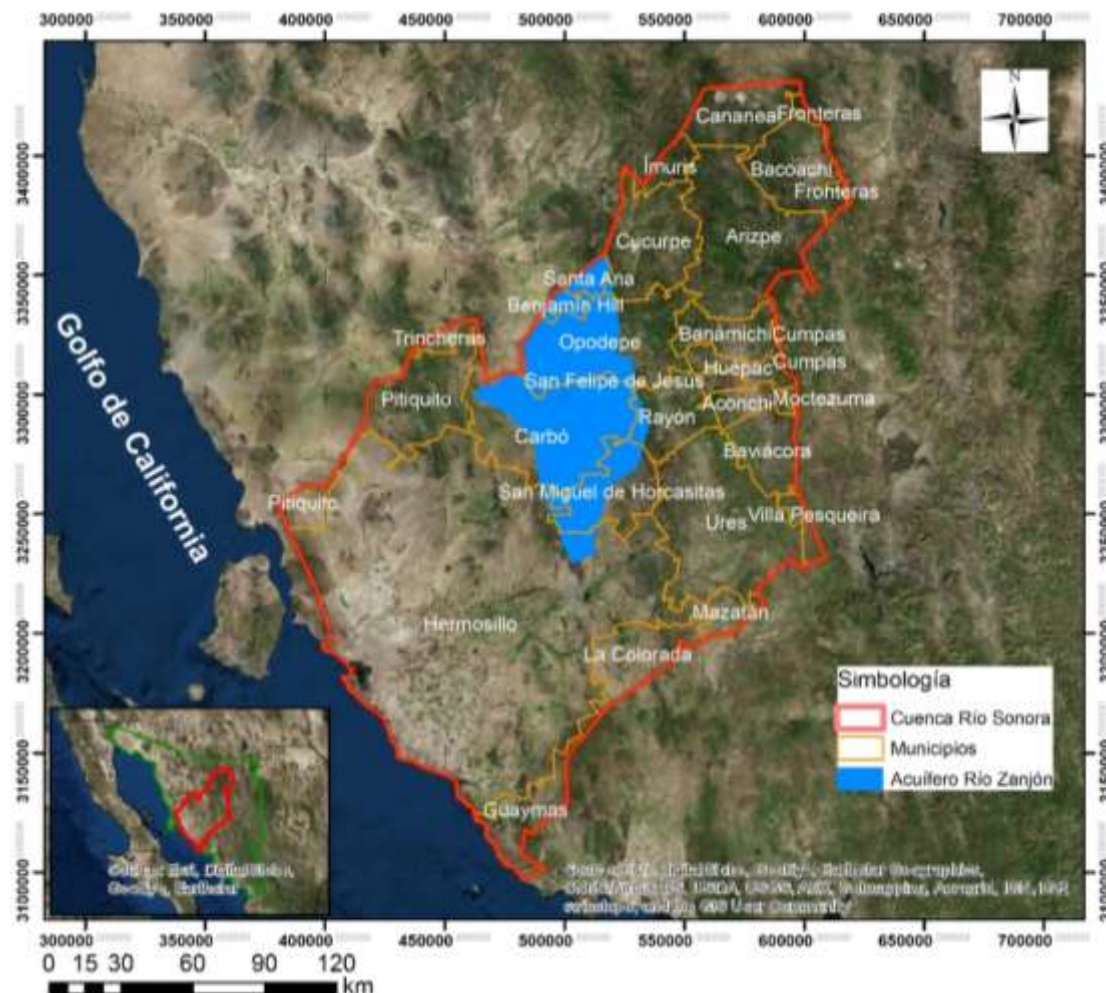


Ilustración II-8. Localización del acuífero Río Zanjón.

Situación administrativa del acuífero

El acuífero Río Zanjón se encuentra dentro de la zona de veda para la apertura de nuevos aprovechamientos de aguas subterráneas decretada en 1978 por el Diario Oficial de la Federación. Sin embargo, algunos de los municipios que abarca se encuentran dentro de las siguientes Zonas de Disponibilidad: Santa Ana, Benjamín Hill, Opodepe, Carbó, San Miguel de Horcasitas y Hermosillo.

Por su parte, el uso del agua subterránea se destina principalmente al sector agrícola, seguido por el uso público-urbano y finalmente para el sector doméstico y pecuario (CONAGUA, 2015h).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Clima

Dentro de la región hay dos climas predominantes: el primero es el BS0-Seco en la parte norte y en el flanco este del acuífero y el segundo, el BW-Muy seco en el flanco izquierdo y al sur de la zona. Asimismo, la temperatura media anual es de 21°C siendo los meses más cálidos de Junio a Septiembre y los más fríos de Diciembre a Enero. Finalmente la precipitación media anual es de 400.6 mm presentándose las más altas en las estación meteorológica de Mazatán con 542.6 mm, y las más bajas en la Presa Abelardo L. Rodríguez al sur del acuífero Río Zanjón con un valor de 273.3 mm (CONAGUA, 2015h).

2.1.9 Acuífero Sahuaral

Localización

El acuífero Sahuaral está localizado en la porción suroeste del Estado de Sonora, entre las coordenadas geográficas 27°59' y 28°34' de latitud Norte y 110°57' y 111°27' de longitud Oeste y abarca un área aproximada de 1,495 km².

Colinda al oeste con el golfo de California, al norte con el acuífero Costa de Hermosillo, al este con el acuífero Valle de Guaymas y al sureste con el acuífero San José de Guaymas (Ilustración II-9).

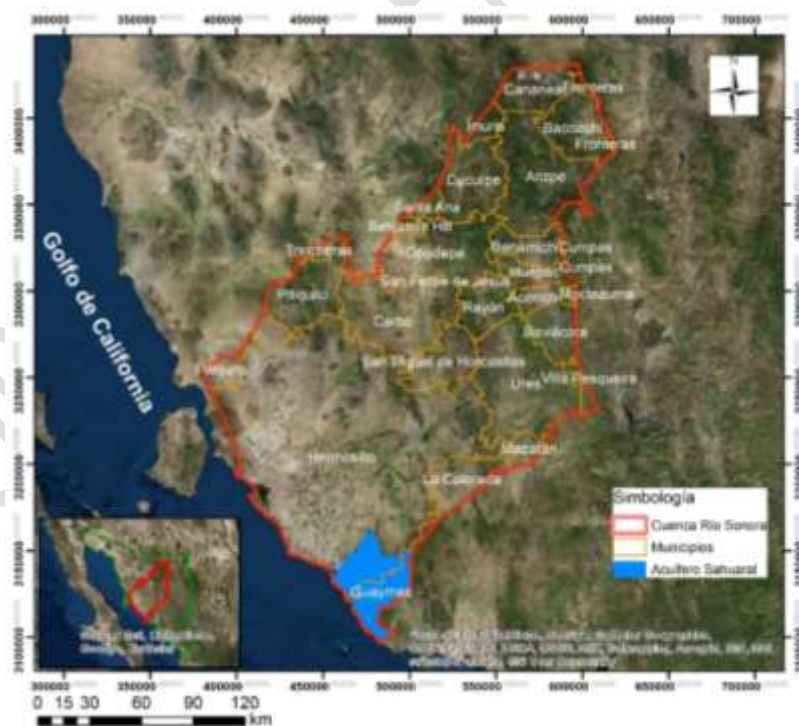


Ilustración II-9. Localización del acuífero Sahuaral.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

2.1.10 Acuífero Santa Rosalía

Localización

El Acuífero Santa Rosalía se localiza en la parte central del Estado de Sonora, entre las siguientes coordenadas geográficas 28°52' y 29°23' de latitud Norte y 109°52' y 110°37' de longitud Oeste y cubre una superficie aproximada de 1867 km². Se encuentra colindando al norte con el acuífero Río Sonora, al este con Río Moctezuma, al sur con Río Mátape y al oeste con Mesa del Seri- La Victoria (Ilustración II-10).

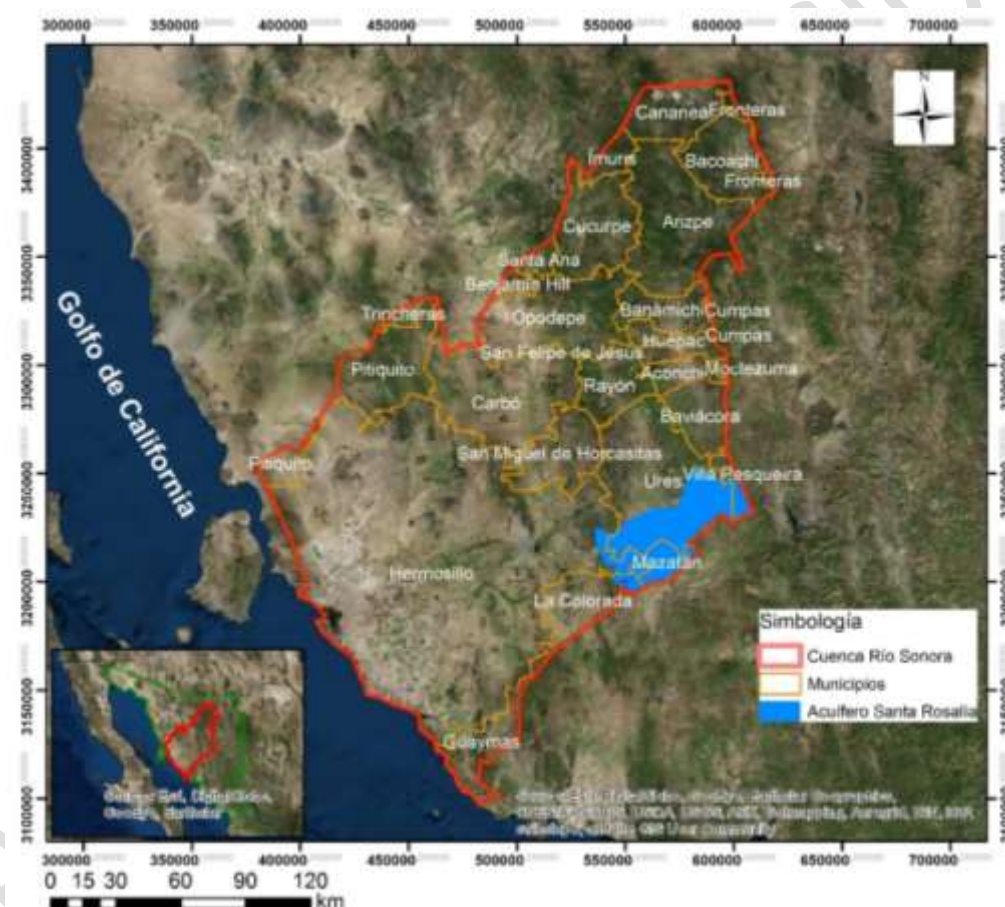


Ilustración II-10. Ubicación del acuífero Santa Rosalía.

Situación administrativa

Administrativamente, el acuífero Santa Rosalía pertenece al Organismo de Cuenca Noroeste. La mayor parte de su territorio se encuentra en estado de veda, este decreto se clasifica como

tipo II, en el cual solo se permiten alumbramientos para usos domésticos. Solo en la parte noreste no rige algún decreto de veda. (CONAGUA, 2015j).

Clima

El clima que predomina en el acuífero en cuestión, es un clima de tipo muy seco, seco y semi-seco. De acuerdo con los criterios de clasificación propuestos por INEGI en 1994, cada uno de los climas mencionados anteriormente se presentan en el acuífero con lluvias durante el verano.

2.2. Potencialidades y Limitantes

2.2.1 Acuífero Costa de Hermosillo

Hidrografía

Dentro del acuífero, la corriente superficial de mayor importancia es el río Sonora, el cual nace al sur de la sierra San José. Este río circula en dirección Norte-Sur pasando por las poblaciones de Arizpe, Baviacora, Ures y Hermosillo, desembocando finalmente en el Golfo de California. Cabe mencionar que el río solo conduce agua durante precipitaciones extraordinarias o cuando se efectúan desfogues de la presa Abelardo L. Rodríguez, una de las obras hidráulicas más importantes de la región (CONAGUA, 2015a).

Fisiografía

El acuífero Costa de Hermosillo se ubica dentro de la Llanura Sonorense así como de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses. Abarca un sistema de toposformas conformado por llanuras de diferente origen. Las llanuras aluviales formadas por depósitos aluviales provenientes de los lomeríos adyacentes, mismas que ocupan la mayor extensión territorial del Distrito de Riego y las llanuras deltáicas que presentan fase salina cubriendo sólo la parte más occidental. Asimismo, el relieve está formado por extensas planicies de 0 a 100 msnm y lomeríos muy localizados de 200 msnm (SSP, 1981).

Geología

La morfología de la zona litoral es producto de la tectónica defensiva de la Provincia del “Basin and Range Sonorense” (De Zcerna, 1988) y a la apertura del Golfo de California. Como resultado existen una serie de fosas tectónicas sedimentarias formadas por bloques caídos cuyo basamento cristalino regional está constituido por intrusivos de composición granítica

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

que forman parte del denominado Batolito Laramide de Sonora presentan numerosos “roof pendants” de rocas antiguas, cubiertos en discordancia, por rocas post-batolíticas y depósitos recientes (SARH, 1978; 1982; Morales, et al., 2000).

Cabe mencionar que desde el punto de vista hidrogeológico estas fosas representan canales de alta permeabilidad que facilitan el proceso de intrusión marina hacia el continente (Monreal, et al., 2001). Además, con base en datos gravimétricos de 1971, se obtuvo la profundidad del basamento cristalino el cual muestra el desarrollo de una alternancia de estas fosas (grabens) y bloques levantados (horst) ligeramente orientadas NW-SE y que presentan profundidades superiores a los 1500 m (Rangel-Medina, et al., 2003). Es importante mencionar que algunas de estas fallas han sido posiblemente reactivadas más recientemente al final del Neógeno e inicios del Cuaternario (Monreal et al., 2001).

En la siguiente Ilustración se muestra la geología del acuífero Costa de Hermosillo.

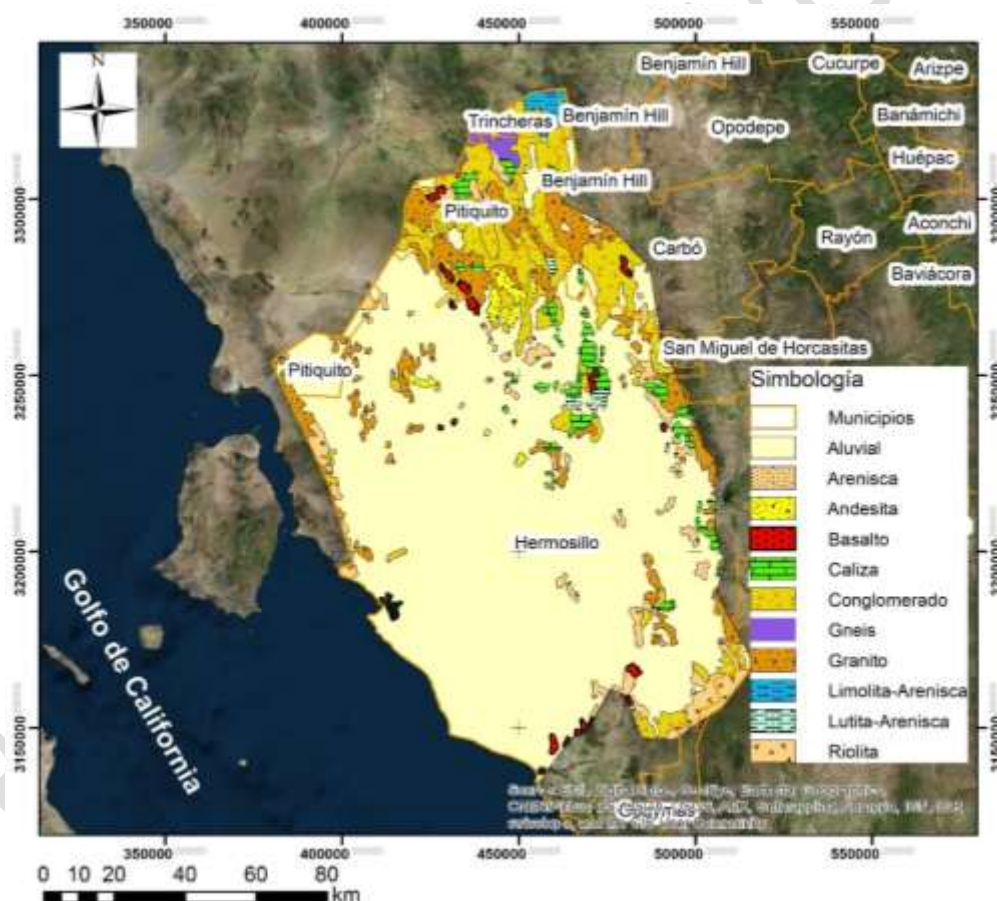


Ilustración II-11. Geología del acuífero Costa de Hermosillo (elaboración propia).

Estratigrafía

De manera general y con base en la información geofísica y litológica de pozos someros y profundos, Monreal et al., (2001), propone la presencia de tres unidades principales y un basamento: 1) Unidad Superior (aluviones del cuaternario); 2) Unidad Media (sedimentos marinos de edad miocénica); 3) Unidad Inferior (gravas y arenas miocénicas); y el Basamento cristalino (granitos y rocas volcánicas).

Asimismo, la descripción a detalle de las unidades estratigráficas que conforman el acuífero de la Costa de Hermosillo se describe a continuación de la unidad más antigua a la más reciente (Roldán-Quintana, 1982; CONAGUA, 2015a).

Paleozoico

Cámbrico-Pérmico

Los principales afloramientos del Paleozoico están definidos en su parte basal por calizas en capas silicificadas, mientras que en las partes media y superior son calizas con vetillas de calcita dentro de capas muy gruesas con presencia de algunos nódulos de pedernal. Dichas calizas descansan sobre granitos. Debido a la estructura laminar de esta unidad se considera impermeable y se le atribuye una función de frontera al flujo de agua subterránea en el sistema acuífero.

Mesozoico

Triásico-Jurásico

A principios del Mesozoico, durante el Triásico tardío, en Sonora central se depositó en discordancia sobre rocas del Ordovícico, del Silúrico y del Pérmico, una secuencia de areniscas rojas, con intercalaciones de lutitas y carbón, pertenecientes al Grupo Barranca (King, 1939). Cretácico

Se encuentra representado principalmente por rocas de origen volcánico, conformadas por derrames andesíticos, tobas y conglomerados que (Dumble, 1900) definió como Formación Tarahumara. Dichos son derrames masivos que presentan fracturamiento impermeable.

Tobas riolíticas

Acompañadas de derrames riolíticos, descansan de manera discordante sobre andesitas de hornblenda que conforman un basalto gris cubierto por un conglomerado con clastos graníticos y volcánicos principalmente, con una matriz arcillo-arenosa. Se trata de una unidad con buenas condiciones de permeabilidad que presenta tubificaciones.

Basaltos

Unidad de rocas volcánicas pertenecientes al Terciario consistentes en derrames basálticos intercalados con brechas basales, las cuales descansan sobre conglomerados, andesitas y granitos.

Cenozoico

Cuaternario

Periodo representado por sedimentos con bajo grado de consolidación, compuestos principalmente por gravas, arenas y arcillas. Consiste en un grupo de depósitos al pie de monte, aluvial, fluvial, eólico, transicional, de playa y depósitos de barra. Se trata de una unidad de buena permeabilidad.

Rocas ígneas extrusivas

Conformadas por granitos y dioritas de color gris claro de, textura holocristalina, gradados de grano grueso a fino y con minerales característicos como la biotita y hornblenda. Fungen como basamento hidrogeológico, debido a su estructura.

Rocas metamórficas

Unidad representada por aureolas de metamorfismo de contacto, compuestas principalmente de tactitas y mármol, se distribuyen a lo largo de contactos de caliza con rocas de origen volcánico.

En la siguiente Ilustración se presenta de forma gráfica la descripción estratigráfica mediante una columna.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

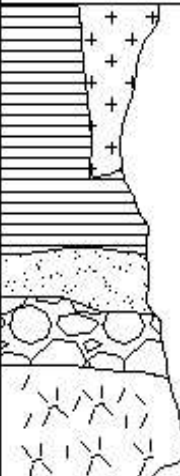
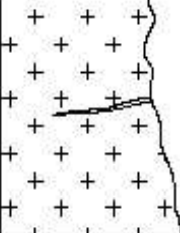
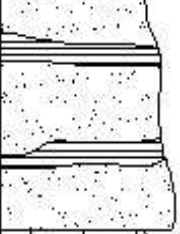
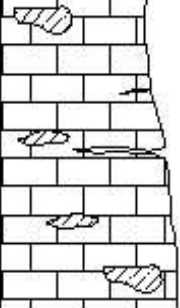
Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario			Rocas ígneas intrusivas (granitos, dioritas) Gravas, arenas, limos y arcillas Rocas metamórficas (aureolas de metamorfismo de contacto)
		Tarahumara		Derrames andesíticos, tobas andesíticas y escasas capas de toba riolítica, con fracturas, fallas y vetillas de cuarzo
	Triásico-Jurásico	Grupo Barranca		Secuencia de areniscas rojas, con intercalaciones locales de lutitas y carbón
Paleozoico	Cámbrico-Permiano			Caliza de color gris rosado, en capas silificadas en la base y color gris en la parte media y superior, con vetillas de calcita y nodulos de pedernal. Calizas marmolizadas con wollastonita y epidota. Estructura laminar.

Ilustración II-12. Columna estratigráfica del acuífero Costa de Hermosillo (Elaboración propia).

Hidrogeología

Tipo de acuífero

Dentro de la unidad hidrogeológica del acuífero Costa de Hermosillo, existen dos acuíferos interconectados entre sí denominados acuífero superior y acuífero inferior. El primero es considerado de tipo libre y está constituido por material aluvial del Reciente con un espesor medio de 600 m, caracterizado en sus últimas capas por un manto arcilloso de origen marino. A su vez, el acuífero inferior se encuentra semiconfinado por el estrato arcilloso ya descrito y se constituye por clásticos y rocas extrusivas permeables del Cenozoico Inferior, con espesores variables hasta los 700 m de profundidad (INEGI, 1993). El área suroeste es la zona de menor permeabilidad y el radio de influencia del bombeo es de 115 metros. Al noreste se encuentra una franja de mayor permeabilidad y el radio de influencia del bombeo es de 435 metros. La distribución de la transmisividad es mayor al centro y la parte noreste del acuífero, y disminuye hacia la línea de costa y al noroeste (Monreal, R., et al., 2001).

Parámetros hidráulicos y piezometría

A partir de la información obtenida de un estudio hidrogeológico de 1968, se realizó una conllustración de la transmisividad y del coeficiente de almacenamiento del acuífero superior. De las pruebas de bombeo realizadas puede inferirse que la transmisividad media era del orden de $4.5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ y que el coeficiente de almacenamiento medio era aproximadamente 1.1×10^{-3} .

Las pruebas de bombeo realizadas en la región mostraron que en ese tiempo el acuífero explotado (superior) tenía coeficientes de almacenamiento de entre 10×10^{-1} y 10×10^{-3} , característicos de los acuíferos semiconfinados, por lo cual debe admitirse que los 100 primeros metros de rellenos, medidos a partir de la superficie, constituidos por clásticos más finos, actúan como acuífero libre semiconfinante de relativamente baja permeabilidad, con un esquema de flujo predominantemente vertical (CONAGUA, 2015a).

A partir de 1965 se ha ido reduciendo la extracción de agua subterránea del acuífero superior hasta descender a un valor estimado en 400 millones de metros cúbicos por año en la actualidad. Sin embargo, la sobreexplotación previa propició que la pérdida de carga hidráulica de este acuífero originara un cono de abatimiento modificándose las líneas de flujo que en condiciones normales se dirigirían del continente hacia el mar. Ello invirtió el flujo del litoral hacia el centro de la planicie, creando la penetración de agua de mar (Monreal, R., et al., 2001).

2.2.2 Acuífero La Poza

Hidrografía

Al área del acuífero La Poza le corresponde la Región Hidrológica No.7 “Río Colorado”, limitada al norte y noroeste con la cuenca del Río Concepción – Arroyo Coco, al sur con la cuenca del Río Mátape, al este con la cuenca del Río Yaqui y al oeste con la cuenca del Río Bacoachi, (CONAGUA, 2013b).

Las corrientes superficiales en el acuífero son intermitentes y por este motivo en temporadas de estiaje no existe flujo en los arroyos. En época de lluvia el arroyo La Poza es el de mayor caudal, el cual nace en la sierra ubicada al norte del río La Colorada y recorre el acuífero atravesándolo en la parte centro sur.

Fisiografía

El acuífero La Poza se ubica dentro de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses. Abarca un sistema de topoformas conformado por lomeríos en bajada y abarcando la mayor parte del área del acuífero (70%), formado por depósitos aluviales provenientes de las sierras adyacentes y constituidos litológicamente por depósitos areno arcillosos y conglomeráticos. Por otro lado, también se presenta un sistema de sierras escarpadas y alargadas conformadas por rocas ígneas y sedimentarias cuyas edades varían del paleozoico al reciente (INEGI, 2015b).

Geología

La Geología presente en el acuífero La Poza es variada, en él se encuentran unidades litológicas sedimentarias e ígneas, cuyas edades varían del paleozoico al reciente; sin embargo, sólo se describirán las unidades litológicas más representativas del acuífero en cuestión.

De acuerdo con CONAGUA (2015b), la unidad volcánica está constituida por derrames volcánicos de composición intermedia a ácida (derrames andesíticos, toba andesítica y toba riolítica) con intercalación de depósitos sedimentarios. Asimismo, esta unidad volcánica corresponde a la Formación Tarahumara de edad Cretácica Superior – Paleoceno y se encuentra en el margen oriental del acuífero.

La unidad ígnea intrusiva corresponde al Batolito Laramide de Sonora y consiste en una secuencia de granito y granodiorita con textura fanerítica. Es producto de la evolución magmática durante el Cretácico Tardío–Paleógeno y se encuentra distribuido en todo el acuífero.

La unidad litológica del conglomerado polimíctico pertenece a la Formación Báucarit y está constituido por rocas ígneas extrusivas e intrusivas, con intercalaciones de arenisca, basalto,

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

grava y arena poco consolidados que cubren discordantemente a las litologías mencionadas anteriormente.

Finalmente la unidad litológica de aluvión, la cual representa la mayor superficie sobre el área del acuífero y cubre todas las unidades geológicas más antiguas. Está constituido por grava, arena, limo y arcilla sin consolidar llegando a formar espesores de hasta 50 m.

La Ilustración II-13 representa la geología superficial del acuífero La Poza.

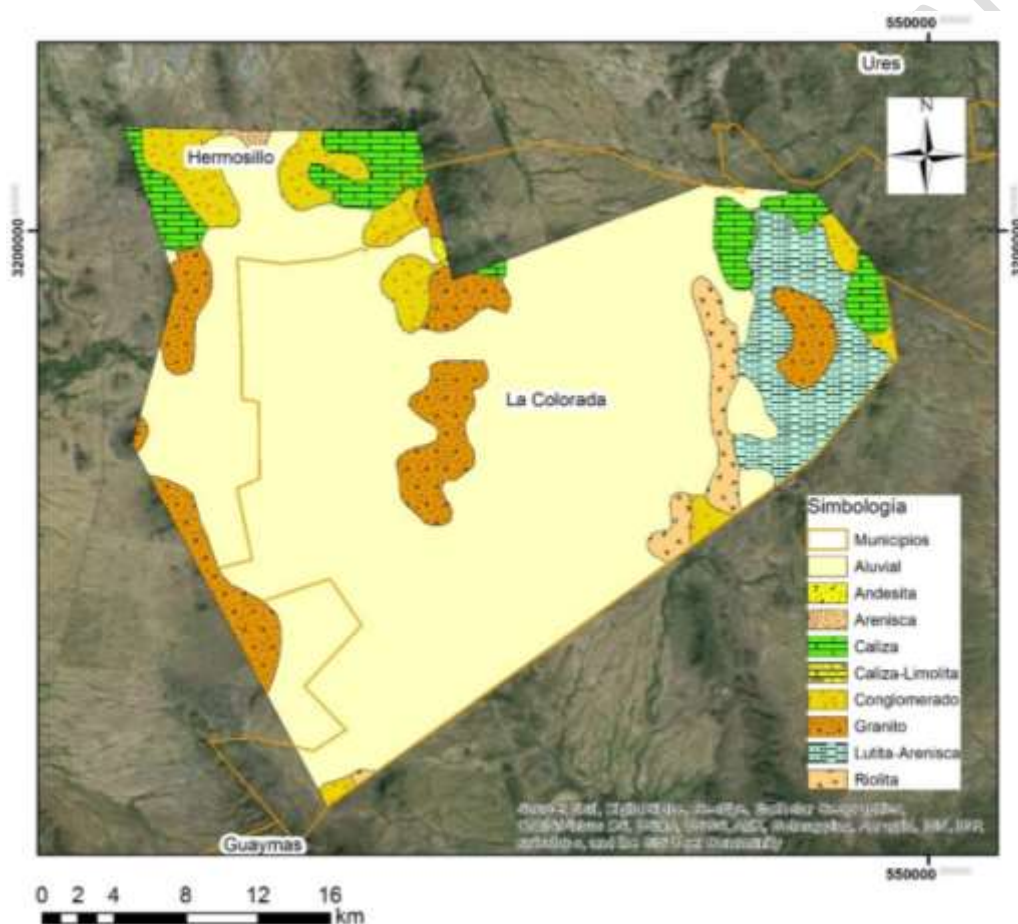


Ilustración II-13. Geología superficial del acuífero La Poza.

Por otro lado y de acuerdo con CONAGUA (2015b), la geología estructural a través del sistema de fallas *Basin and Range* generó las actuales sierras y valles en Sonora, las cuales presentan un rumbo NW 30° y un buzamiento mayormente al SW. Secuencias paleozoicas y mesozoicas se encuentran dispuestas en pliegues con orientación NW-SE, afectadas por fallas normales producto de una etapa tectónica distensiva. De este modo, las características más

sobresalientes son los cambios abruptos en la elevación representadas por sierras altas y alargadas, separadas por valles rellenos de material clástico provenientes de estas sierras.

Estratigrafía

A continuación se hace una descripción general de las unidades litológicas que conforman al acuífero, de la más antigua a la más reciente, con información obtenida del informe de disponibilidad, elaborado por (CONAGUA, 2015).

Paleozoico

Cámbrico – Pérmico

Conformado por unidades litológicas de los Grupos Guayacán y Tinajas y por las formaciones Vuelta, Colorada, Picacho Colorado y Mina México. Se presentan capas gruesas y medianas de caliza, arenisca, dolomía, mármol y pedernal. Presenta intenso plegamiento y fracturamiento con evidencias de disolución que le brinda una alta permeabilidad.

Mesozoico

Triásico

Conformado por unidades arcillosas correspondientes al Grupo Barranca, se trata de una alternancia de capas medianas y gruesas de cuarzo, limolita, y conglomerado.

Jurásico – Cretácico

Capas de limolita de color café y crema, conglomerado constituido por clastos de cuarcita, pedernal y caliza, cementado por sílice.

Cenozoico

Paleógeno – Neógeno

Conformada por rocas de la Formación Tarahumara, como andesitas y riolitas. Se presenta también una estructura compacta y masiva constituida por cuarzo, feldespato, plagioclasas, biotita, con presencia de oxidación. Se presenta también un conglomerado polimíctico arenoso mal clasificado, constituido principalmente por fragmentos de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, intercalados con areniscas y basaltos.

Cuaternario

Secuencia conformada por rocas volcánicas de la Formación Lista Blanca, sobreyacentes a la Formación Báucarit. Se trata de una serie de derrames de toba, ingimbrita, riolita y andesita. Dentro de la unidad también es posible apreciar una serie de depósitos conformados por gravas de talud y abanicos aluviales.

En la siguiente Ilustración se muestra la columna estratigráfica que representa el acuífero La Poza.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

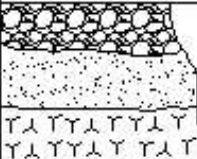
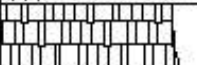
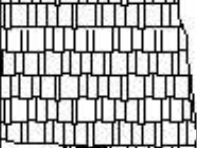
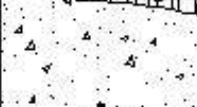

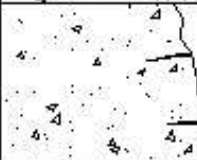
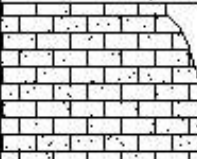
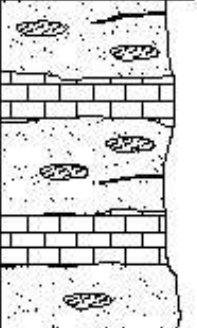
Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	Báucarit		Tobas riolíticas, dacita, andesita. Conglomerado polimítico
		Lista Blanca		
	Neógeno	Tarahumara		Derrames andesíticos, de textura variable de afanítica a porfídica. Granito y Granodiorita. Conglomerado polimítico - arenisca.
	Paleógeno			
Mesozoico	Cretácico	Grupo Barranca		Conglomerado mal clasificado constituido por clastos de cuarcita, pedernal y caliza
	Jurásico			Areniscas de cuarzo, limolita y conglomerado
	Triásico			Unidades areno-arcillosas
Paleozoico	Cámbrico - Pérmico	Vuelta Colorada Picacho Colorado Mina México		Capas gruesas y medianas de caliza, arenisca dolomía, mármol y pedernal con presencia de intenso plegamiento y fracturamiento relleno de calcita

Ilustración II-14. Columna estratigráfica del Acuífero La Poza (Elaboración propia).

Hidrogeología

Tipo de acuífero

Dentro de la unidad hidrogeológica del acuífero La Poza, se describe un comportamiento mayormente libre; sin embargo, la presencia de lentes arcillosos provoca un comportamiento semiconfinado de manera local y sirven como barreras de flujo vertical formando una superficie piezométrica somera (CONAGUA, 2015b).

El acuífero circula por unidades de tipo granular no consolidado y por rocas fracturadas. El medio granular correspondiente a gravas y arcillas tiene características heterogéneas y el medio fracturado corresponde a rocas calcáreas y rocas volcánicas de composición riolítica y andesítica. El basamento del acuífero es una unidad intrusiva de edad cretácica.

Cabe resaltar que el acuífero presenta una parte somera con profundidades de 5 a 30 m, así como un acuífero por debajo de él con un espesor de más de 400 m.

Parámetros hidráulicos y piezometría

La profundidades del nivel estático varían de 5 a 130 m en el año 2006 (CONAGUA, 2015b) y ésta profundidad está relacionada con las variaciones litológicas del control estructural de fallamiento regional.

A través de las Ilustraciones observadas en el informe de *Disponibilidad de agua en el acuífero La Poza* (CONAGUA, 2015b) se pudo observar un flujo subterráneo con dirección principal NE-SW, desplazándose de manera horizontal en los depósitos granulares y del medio fracturado hacia las zonas de descarga natural. Existen dos tipos de flujo en este acuífero, un flujo intermedio en las zonas de valle y profundidades menores del acuífero y un flujo intermedio provenientes de la recarga en las partes topográficamente altas que no es interrumpida por barreras naturales y que viaja hacia el acuífero profundo.

Con respecto a la evolución piezométrica se observa un cono de abatimiento durante el periodo 2005-2006, en la parte noroeste del área con una tasa de abatimiento de 3 m por año, el resto del área no tiene modificación alguna en el abatimiento del acuífero.

2.2.3 Acuífero Mesa del Seri-La Victoria

Hidrografía

En la zona donde se encuentra este acuífero la corriente principal es el río Sonora el cual tiene un área de captación de 21,900 km². En su parte baja confluye con el río San Miguel de Horcasitas y aguas abajo discurre por zonas planas hasta desembocar en el estero Tastiota del Golfo de California (CONAGUA, 2015c).

Por su parte, la estación hidrométrica más importante *El Orégano* se encuentra a 38 km al noreste de la ciudad de Hermosillo y presenta una superficie drenada de 11,600 km². Estudios realizados en esta estación concluyen que durante los meses de julio, agosto y septiembre se presentan los máximos gastos aforados; mientras tanto, el período de estiaje se presenta en los meses de abril, mayo y junio principalmente (CONAGUA, 2015c).

Fisiografía

De acuerdo con la clasificación de Raisz (1959) e INEGI (1989), el acuífero Mesa del Seri-La Victoria se encuentra ubicado fisiográficamente en la Subprovincia del Desierto Sonorense, dentro de la Provincia de Sierras Sepultadas. Esta provincia está limitada al oeste por la Provincia Desértica de Sonora, caracterizada a su vez por sierras aisladas y amplias planicies aluviales. Por su parte, al norte y este se extiende la Sierra Madre Occidental conformada por una meseta elevada y profundas barrancas; mientras que el límite sur está constituido por la Planicie Costera del Pacífico, la cual empieza en la margen sur-sureste de la sierra el Bacatete y contiene una planicie aluvial formada por la unión de las planicies deltaicas (CONAGUA, 2015c).

Geomorfología

Los afloramientos de rocas graníticas han generado domos, las rocas volcánicas han formado mesetas y las rocas carbonatadas han sido el origen de depósitos kársticos. Asimismo, las mayores elevaciones se presentan en la Sierra Espinazo Prieto (Bachoco) con un máximo de 700 msnm, mientras que la elevación promedio de los demás cerros es de aproximadamente 500 msnm.

Corrientes intermitentes situadas en patrones de drenaje integrado (patrón formado por una corriente principal con sus afluentes primarios y secundarios uniéndose libremente en todas direcciones), drena la zona de estudio ubicada a su vez en la vertiente del Pacífico. Por su parte, en los valles se presenta una erosión reciente en los depósitos del Cenozoico Inferior lo cual se evidencia por la presencia de pequeñas plataformas o mesas sedimentarias constituidas por los propios sedimentos de los ríos que corren por la región (CONAGUA, 2015c).

Geología

De acuerdo con CONAGUA (2015c), el área de estudio está constituida por afloramientos de rocas con edades que van desde el Paleozoico hasta el Reciente (Ilustración II-15). Por un lado, las rocas del Paleozoico son sedimentarias conformadas principalmente por areniscas, dolomías y calizas de plataforma que han sido sometidas a metamorfismo regional. Por otro, la secuencia Mesozoica está conformada por sedimentos rojos y conglomerados del Triásico-

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Jurásico asociados con depósitos de ambiente reductor generando condiciones favorables para la precipitación de grafito.

De igual manera las secuencias paleozoicas y mesozoicas se encuentran afectadas por cuerpos ígneos intrusivos de composición granítica y félsica, emplazados durante el Cretácico y el Cenozoico Inferior.

Asimismo, en el área también afloran rocas volcánicas del Cenozoico Inferior constituidas por riolitas y tobas riolíticas que son el resultado de la actividad volcánica de la Sierra Madre Occidental que se encuentra en la región.

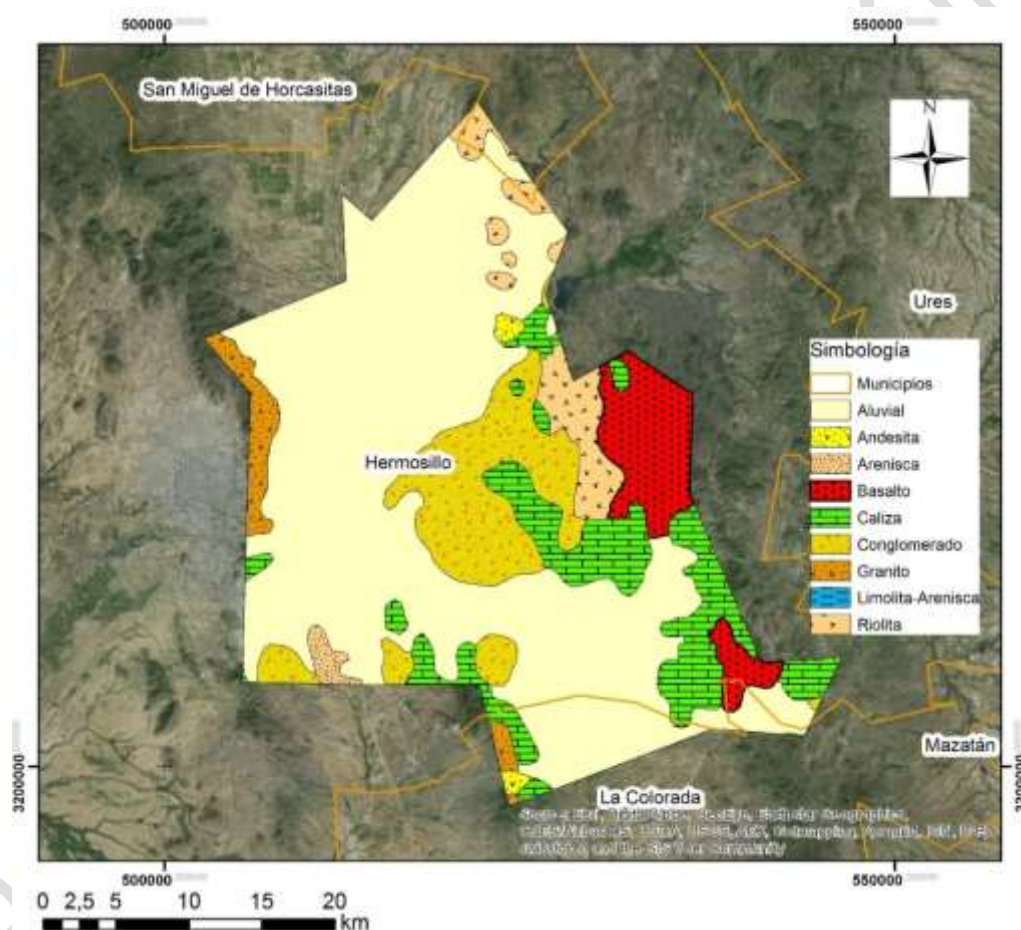


Ilustración II-15. Geología del acuífero Mesa del Seri-La Victoria

Con respecto al marco tectónico, la región se ubica en un sistema de graben “Basin and Range”, que se manifiesta por fallamiento en bloques. Este sistema junto con el emplazamiento de cuerpos intrusivos laramídicos causaron el arreglo morfoestructural que se presenta actualmente. Asimismo, este arreglo se manifiesta en forma de sierras y valles

alargados con una orientación NW–SE y N–S, cuyo origen está relacionado con la apertura del Golfo de California y a mecanismos de deformación discontinuos. Esto último se concluye al observar las fallas que limitan al graben así como el sistema de fracturamiento preferencial de la sierra Espinazo Prieto que posee una orientación NW – SE y N – S.

Otras manifestaciones de la deformación discontinua, es la presencia de estrías y brechas tectónicas, que son reportadas por Rodríguez J.L. (1981), en las cercanías de la estación EL Orégano. Cabe mencionar que el arreglo está delimitado al occidente por la sierra Espinazo Prieto y al oriente por el levantamiento (Horst) que conforman la Sierra Los Leyva, Cerro La Morena, Las Ánimas y Santa Gertrudis (CONAGUA, 2015c).

Las estructuras geológicas más sobresalientes se encuentran en las rocas paleozoicas y mesozoicas. El primer grupo corresponde a un gran alto estructural que sobresale de manera regional en al noroeste del estado de Sonora y está asociado a la gran intrusión batolítica cretácica que elevó toda la región situada al occidente de la provincia geológica de la Sierra Madre Occidental. Esta estructura es conocida como “Cuenca Paleozoica de Sonora” (López Ramos, 1979).

El segundo grupo lo conforman los bloques afallados orientados NW-SE que se presentan en forma de escalones o bloques caídos por efecto de la gravedad desde el continente hasta el Golfo de California.

Finalmente, el último grupo de estructuras lo conforman los pliegues de las rocas paleozoicas, como consecuencia de los eventos compresivos y distensivos a los que estuvieron sometidas después de haber sido depositadas (CONAGUA, 2015c).

Estratigrafía

A continuación se presenta una descripción general de las secuencias litológicas que conforman el acuífero Mesa de Seri La Victoria, basada en el documento de Disponibilidad del agua, elaborado por (CONAGUA, 2013).

Paleozoico

Cámbrico – Pérmico

Conformado por una secuencia de rocas carbonatadas, intrusionadas por granitos. La parte basal está constituida por una caliza de color gris rosado dispuesta en capas silicificadas, mientras que hacia las partes media y superior la caliza es de color gris y se encuentra dispuesta en capas gruesas, con presencia de vetillas de calcita y nódulos irregulares de pedernal.

Mesozoico

Triásico – Jurásico

Secuencia conformada por rocas de origen sedimentario como conglomerado polimíctico y areniscas, así como también rocas de origen ígneo plutónico ácido como el granito.

Cretácico

Se encuentra representado por una secuencia de rocas de origen volcánico, constituidas por derrames andesíticos y tobas pertenecientes a la Formación Lista Blanca.

Se presenta también una unidad sedimentaria que consiste en una alternancia de areniscas y conglomerados. Dichos conglomerados contienen clastos de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, dicha unidad es perteneciente a la Formación Báucarit.

Existe también la presencia de derrames basálticos intercalados con brechas basales que descansan sobre conglomerados, andesitas y granitos posteriores a la Formación Báucarit.

Cuaternario

Periodo representado por sedimentos no consolidados compuestos principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas, los cuales se distribuyen principalmente en la planicie.

Se presenta también una unidad compuesta de rocas ígneas intrusivas como granitos y dioritas, de textura holocristalina.

También es posible apreciar rocas de origen metamórfico, representadas por aureolas de metamorfismo de contacto, compuestas por tactitas y mármol principalmente, se encuentran distribuidas a lo largo de los contactos de las rocas calizas con las rocas intrusivas.

A continuación se presenta una columna estratigráfica en la cual es posible apreciar de manera gráfica la información estratigráfica descrita anteriormente.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD




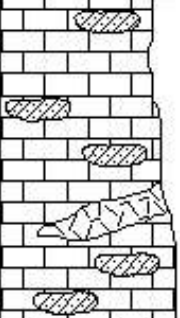
Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	Lista Blanca		Gravas, arenas, limos y arcillas. Rocas ígneas intrusivas, como granitos y dioritas de textura holocristalina. Rocas metamórficas, compuestas por tactitas y marmol.
				Alternancias de areniscas y conglomerados, tobas riolíticas, basaltos
	Triásico - Jurásico	Grupo Barranca		Conglomerado polimíctico, areniscas y granito
Paleozoico	Cámbrico - Pérmico	?		Secuencia de rocas carbonatadas intrusionadas por granitos, constituida por caliza en capas silificadas con presencia de vetillas de calcita y nódulos de pedernal, existe contenido de wollastonita y epidota

Ilustración II-16. Columna estratigráfica del acuífero Mesa del Seri-La Victoria (elaboración propia).

Hidrogeología

De acuerdo con CONAGUA (2015c), el acuífero Mesa del Seri-La Victoria se encuentra alojado en los sedimentos fluviales y aluviales depositados por el río Sonora y sus afluentes principales. Asimismo, está localizado en los materiales granulares que rellenan la cuenca tectónica, por lo que sus límites laterales los conforman las sierras El Bachoco al occidente y Los Leyva al oriente constituidas por material granítico al igual que el basamento; al norte no existe un límite definido, ya que este valle se extiende por varios kilómetros.

Tipo de acuífero

El sistema está constituido por varios horizontes que están intercomunicados entre sí a través de un flujo vertical descendente de agua y también a través de los pozos profundos de tubería ranurada.

Asimismo, el acuífero es de tipo libre; sin embargo, en algunas zonas se comporta como semiconfinado debido a la presencia de lentes arcillosos y/o rocas volcánicas interestratificadas. Su explotación se localiza en el cauce del río Sonora y arroyos tributarios, así como en la planicie de inundación. Por su parte, el lecho del río Sonora está conformado por arenas de alta permeabilidad (CONAGUA, 2015c).

Parámetros hidráulicos y piezometría

Según estudios previos realizados por la Comisión Nacional del Agua, el valor de la transmisividad varía de 0.5 a $83 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, con un promedio de entre 1 y $15 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Por su parte, la conductividad hidráulica horizontal y vertical varían de 6 a 90 m/d y de 0.1 a 17 m/d respectivamente; y el coeficiente de almacenamiento de 0.005 a 0.000005 y el rendimiento específico oscila entre 0.05 y 0.25.

Otro punto importante es el comportamiento de la elevación del nivel estático, el cual en 1998 mostró valores que variaban entre 250 y 220 msnm con una dirección preferencial paralela a la del río Sonora, desde la presa el Molinito hacia la presa Abelardo L. Rodríguez

2.2.4 Acuífero Río Bacanuchi

Hidrografía

De acuerdo con CONAGUA (2015d) la cuenca del Río Bacanuchi tiene un área de captación de 1431 km^2 y su origen se encuentra situado en el parteaguas con el Río Bacoachi el cual es el primer afluente del Río Sonora. El río mantiene una orientación NW-SE hasta el rancho

Santa Elena donde posteriormente cambia con rumbo N-S, hasta su desembocadura con el río Sonora. La cuenca tiene un drenaje de tipo dendrítico subparalelo.

Cabe mencionar que el uso de esta agua superficial está destinada principalmente para uso pecuario.

Fisiografía

De acuerdo con CONAGUA (2015d), al acuífero Río Bacanuchi le corresponde la Región Hidrológica No.9 “Sonora Sur” en la subcuenca Río Bacanuchi.

Asimismo, este acuífero se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental, más específicamente dentro de la Subprovincia Sierras y Valles del Norte. Encontrándose en un sistema de topoformas conformado por sierras caracterizado por depósitos volcánicos ácidos y, un valle intermontañoso en la porción central del acuífero con orientación N-S y NW-SE caracterizado por rocas clásticas como conglomerados de edad Paleógeno-Neógeno (INEGI, 2013b). En la porción sur del acuífero se puede apreciar una pequeña área de lomerío.

Geología

La Geología superficial presente en el acuífero Río Bacanuchi es variada, en este acuífero se encuentran unidades litológicas sedimentarias e ígneas, cuyas edades varían del mesozoico al reciente, en el que se destaca la mayor presencia de rocas ígneas.

La presencia de rocas ígneas está relacionado con las últimas manifestaciones del arco continental en la región y de acuerdo con Cochemé y Demant (1991), el magmatismo de arco continental en la zona se encuentra relacionado al sistema de subducción de las placas Farallón-Norte América que continuó activo al término del Oligoceno y principios del Mioceno presentándose numerosas manifestaciones volcánicas distribuidas ampliamente sobre el estado de Sonora (Gómez, 2015) y en el área del acuífero. En el área del acuífero, la extensión mayor de rocas ígneas lo ocupa la unidad litológica de rocas volcánicas ácidas (riolita) que se distribuye ampliamente sobre todo el área del acuífero asociado al último evento magmático bimodal.

En la porción central del área, correspondiente a la topoforma de valle intermontañoso, se puede apreciar un depósito conglomerático del Mioceno de la Formación Báucarit.

Asimismo, CONAGUA (2015d) especifica que hay dos rasgos estructurales principalmente, uno correspondiente a un gran alto estructural elevado por un gran cuerpo intrusivo del Cretácico (batolito) al poniente de la Sierra Madre Occidental. Por otra parte, el segundo grupo estructural principal está conformado por bloques afallados alineados en dirección NW-SE, que caen de manera escalonada del continente hacia el Golfo de California debido a fallas normales.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

A continuación se presenta el mapa geológico superficial del acuífero Río Bacanuchi.

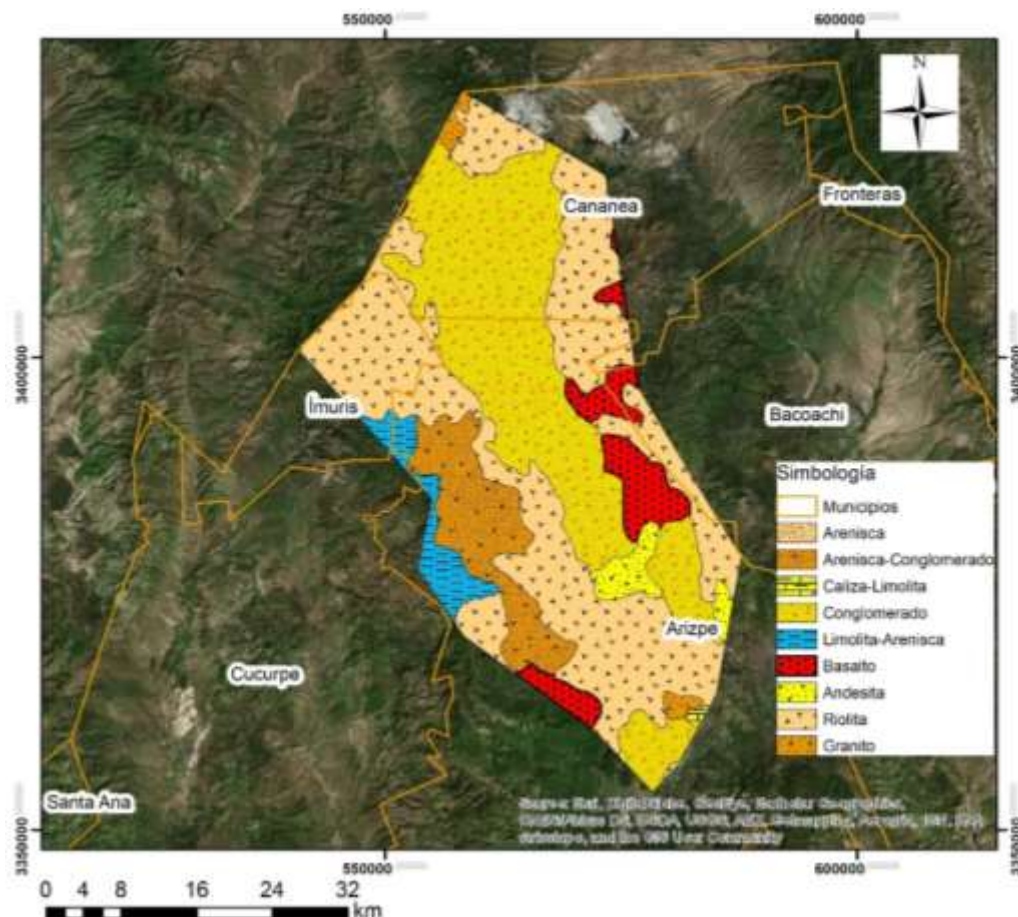


Ilustración II-17. Geología superficial del acuífero Río Bacanuchi.

Estratigrafía

A continuación se hace una breve descripción de las formaciones expuestas en el área correspondiente al acuífero, desde la unidad estratigráfica más antigua a la más reciente, así como la era, periodo, formación y litología correspondientes.

Paleozoico

Cámbrico - Ordovícico

En términos generales esta era está representada en la zona de estudio por una secuencia detrítico carbonatada depositada en un ambiente de plataforma somera. Dentro de los periodos

del Cámbrico al Ordovícico las facies de plataforma presentan una graduación la cual va desde plataforma externa al norte del estado a facies de plataforma interna al sur (Rangin, 1978). Se aprecia cierta discordancia con las rocas mesozoicas en el límite superior y las rocas precámbricas con el límite inferior a lo largo de la secuencia paleozoica. Se reporta una secuencia conformada por areniscas y calizas del Cámbrico.

Carbonífero - Pérmico

De acuerdo con (Cendeja, 1972), en la sierra de Los Ajos existe una secuencia que consiste en calizas dolomitizadas y arcillosas con presencia de lentes de pedernal y arenas, la cual se correlaciona con la Formación Arrojos. Se presentan también secuencias calcáreas con una mayor homogeneidad en las facies de depósito a lo largo del estado. Se reporta una secuencia conformada por lutitas, areniscas y calizas apreciables hasta el Pérmico temprano.

Mesozoico

En el territorio de Sonora el Mesozoico está representado por una secuencia de origen marino con depósitos calcáreos y arenosos con componentes arcillosas y otra secuencia continental de origen areno-conglomerático, así como afloramientos de rocas ígneas de composición ácida intermedia.

Triásico

En la sierra Caracahui existe una secuencia conformada por calizas, areniscas y lutitas correspondientes al Jurásico Inferior, dicha secuencia da origen a la formación Caracahui (Flores, 1929).

Jurásico

En el Jurásico inferior existe una secuencia compuesta por riolitas y riodacitas (Gilmont, 1978). Se reporta también una secuencia metamórfica que consiste principalmente en esquito, filita, cuarcita y gneis, pertenecientes al Jurásico medio, dicha secuencia es nombrada como el complejo metamórfico Santa Ana (Salas, 1968).

En los límites del Jurásico Superior y el Cretácico Inferior se encuentra una formación Conglomerática, definida como Formación La Colgada, la cual consiste en lutitas, areniscas, calizas y rocas volcánicas (Rodríguez, 1986).

Cretácico

En la parte inferior de este periodo se encuentra conformado por un conglomerado cuya matriz es arenosa, se identificaron también dolomitas y fragmentos de cuarcitas. Dichos materiales guardan una buena correlación con el grupo Bisbee, el cual se encuentra en la mayoría de las áreas donde afloran rocas del Cretácico inferior. Se encuentra también la formación El Tuli, la cual, de acuerdo con (Rodríguez, 1994) está compuesta por tobas ignimbríticas y conglomerado del cretácico superior y que es correlacionable con algunas rocas que afloran al Sw y NE de Bacanuchi. Al mismo tiempo, en el Cretácico Superior se tiene la presencia de

dos secuencias, una de origen volcánico compuesta por andesitas, riolitas y tobas principalmente, y otra compuesta por areniscas, limonitas, lutitas y conglomerado principalmente.

Así mismo, de acuerdo con la Carta Geológica de Recursos Minerales del 2002, en el acuífero aflora una secuencia conformada por andesitas, tobas, calizas y areniscas del Cretácico Superior, esto es debido a la gran actividad magmática a la que fue sometido el acuífero en esta época, dando como origen granito con textura hipidiomórfica hidrocrystalina con cuarzo, microclina y ortoclasa.

Cenozoico

Paleoceno

De acuerdo con (Rangin, 1978), esta época está caracterizada por una serie de eventos volcánico plutónicos localizados en la región centro de Sonora. Estos afloramientos representan más del 60 % del acuífero y son constituidos principalmente por rocas de origen volcánico como riolitas e ignimbritas, también se reportan rocas sedimentarias clásticas conformadas por conglomerados polimícticos y areniscas.

Neógeno

En esta época, (Dumble, 1900) reporta dos secuencias conglomeráticas, una compuesta principalmente por conglomerados polimícticos con fragmentos de rocas volcánicas, plutónicas y sedimentarias, en una matriz arenosa con intercalaciones de basaltos, denominada Formación Báucarit. Como resultado de esta formación se tienen grandes lomeríos y grandes acantilados.

La otra secuencia está formada por areniscas y conglomerados polimícticos, acompañados de riolitas cubiertas por basalto; origen de un evento volcánico del Mioceno-Pleistoceno.

Cuaternario

Compuesto principalmente por depósitos aluviales de composición y granulometría muy variada. Existen franjas de piedemonte constituidas principalmente por gravas, arenas y limos, constituyentes de la zona de recarga del acuífero, como resultado de ello, se tienen en la zona terrazas aluviales, producto de eventuales rejuvenecimientos.

Se tienen grandes depósitos de sedimentos continentales, con presencia de esporádicos derrames basálticos y aparatos volcánicos, constituidos principalmente por basalto de olivino, andesitas basálticas y conglomerados.

Asimismo, en la parte central afloran algunos conglomerados, limos y arenas poco consolidadas.

En seguida se presenta una columna estratigráfica del acuífero, diseñada con información obtenida a partir del informe de disponibilidad del agua, elaborado por CONAGUA.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario			Depósitos aluviales, derrames volcánicos y aparatos basálticos
	Neógeno	Báucarit		Secuencias conglomeráticas, fragmentos de rocas volcánicas
	Paleógeno Paleoceno	Tarahumara		Eventos vulcano-plutónicos. Ignimbrita, toba y brecha
Mesozoico	Cretácico	El Tuli El Chanate El Chorro		Conglomerado de matriz arenosa, tobas y calizas
	Jurásico	Caracahui Glance La Colgada		Riolitas, secuencia metamórfica de esquistos y conglomerado
	Triásico			Areniscas, calizas, limonitas y microconglomerados
Paleozoico	Pérmico	Arrojos		Secuencias calcáreas con facies más homogéneas
	Carbonífero			
	Ordovícico			
	Cámbrico			Secuencia depositada en un ambiente de plataforma somera

Ilustración II-18. Estratigrafía del acuífero Río Bacanuchi.

Hidrogeología

La dirección del flujo subterráneo en el acuífero Río Bacanuchi, a través del diagrama de flujo presentado por CONAGUA (2015d), describe una dirección preferencial NW-SE, paralelo al Río Bacanuchi y flujos laterales provenientes de las sierras circundantes.

Tipo de acuífero

Con base en el marco geológico descrito para este acuífero y con CONAGUA (2015d), es posible afirmar que el acuífero presenta un comportamiento heterogéneo y anisotrópico de tipo libre con comportamientos locales de semiconfinado.

Las rocas más favorables almacenadoras de agua son las rocas clásticas no consolidadas del Mioceno al reciente, conglomerados polimícticos de la Formación Báucarit.

Por su parte, el acuífero está conformado en su porción superior por rocas sedimentarias clásticas y en su porción inferior por rocas sedimentarias y volcánicas fracturadas que en conjunto forman un espesor promedio de 150 m (CONAGUA, 2015d).

Parámetros Hidráulicos y piezometría

CONAGUA (2015d) menciona que se realizaron pruebas de bombeo en el año de 1970 a las cercanías del acuífero Río Bacanuchi, más específicamente en el acuífero Río Bacoachi; las cuales arrojaron valores de transmisividad que varían de 0.01 a 0.05 m²/s.

Por otra parte, las profundidades del nivel estático varían de 5 a 130 m en el año 2006 (CONAGUA, 2015d) ésta profundidad está relacionada con las variaciones litológicas del control estructural de fallamiento regional.

A través de las Ilustraciones observadas en el informe de *Disponibilidad de agua en el acuífero Río Bacanuchi* (CONAGUA, 2015d) se pudo observar un flujo subterráneo con dirección principal NE-SW, desplazándose de manera horizontal en los depósitos granulares y del medio fracturado hacia las zonas de descarga natural. Existen dos tipos de flujo en este acuífero, un flujo intermedio en las zonas de valle y profundidades menores del acuífero y un flujo intermedio provenientes de la recarga en las partes topográficamente altas que no es interrumpida por barreras naturales y que viaja al acuífero profundo.

Con respecto a la evolución piezométrica se observa un cono de abatimiento durante el periodo 2005-2006, en la parte noroeste del área con una tasa de abatimiento de tres metros por año, el resto del área no tiene modificación alguna en el abatimiento del acuífero.

2.2.5 Acuífero Río Bacoachi

Hidrografía

La corriente principal del acuífero Río Bacoachi es el río Sonora, el cual es de tipo detrítico y nace a la altura de Cananea presentando escurrimientos la mayor parte del año tanto en algunos lugares, como en la zona norte de la región de Bacoachi. Este río mantiene un régimen intermitente hacia la parte final de la cuenca que escurre sólo en época de lluvias y mantiene un rumbo NW-SE paralelo al río Bacanuchi. En cuanto a la trayectoria del río, éste llega a la población de Bacoachi, ubicada en la parte central de la subcuenca para posteriormente cambiar de rumbo en dirección NE-SW y llegar a la población de Buena Vista. Es importante mencionar que los almacenamientos de agua superficial principales son las presas de jales ubicadas al SE de la ciudad de Cananea y el resto son represas.

Fisiografía

El acuífero se ubica dentro de las Provincias Sierras Sepultadas de Sonora, Sierras y Valles y Sierra Madre Occidental. De igual manera y dentro de esta última, Río Bacoachi se encuentra en las *Subprovincias de Planicies y Montañas Residuales y Sierras Volcánicas Paralelas* (CONAGUA, 2015e).

Geomorfología

Geomorfológicamente, la región se encuentra ubicada en la vertiente del pacífico y drena sus aguas a través de corrientes intermitentes que muestran patrones de drenaje integrado. Asimismo, en los valles es posible diferenciar la presencia de mesas y plataformas sedimentarias recientes (terrazas aluviales) típicas de un ambiente fluvial las cuales se han formado por los mismos sedimentos del río que se han depositado en los lados del cauce principal en donde la pendiente se hace menor por lo que es difícil que siga sucediendo el arrastre. A medida que incrementan los sedimentos, la terraza se va depositando en forma escalonada hasta llegar a un nivel subyacente.

Geología

La geología dentro del área en donde se encuentra el acuífero Río Bacoachi es bastante diversa, mostrando rocas que van desde el Precámbrico hasta el Reciente (Ilustración II-19). Por ejemplo, del precámbrico es posible localizar rocas metamórficas constituidas por esquistos y gneis, mientras que del Paleozoico se encuentran secuencias de calizas y areniscas depositadas durante el Pérmico y hasta el Devónico.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Asimismo, existen afloramientos de rocas mesozoicas constituidas por secuencias de calizas, areniscas y lutitas, así como afloramientos de rocas intrusivas granodioríticas y graníticas junto con rocas volcánicas de composición riolítica, andesítica y también tobas ácidas.

Por su parte, el Cenozoico inferior está representado tanto por rocas intrusivas graníticas y granodioríticas, como por rocas volcánicas de tipo andesita e ignimbrita. Las rocas sedimentarias también están presentes en forma de conglomerados provenientes de la Formación Báucarit.

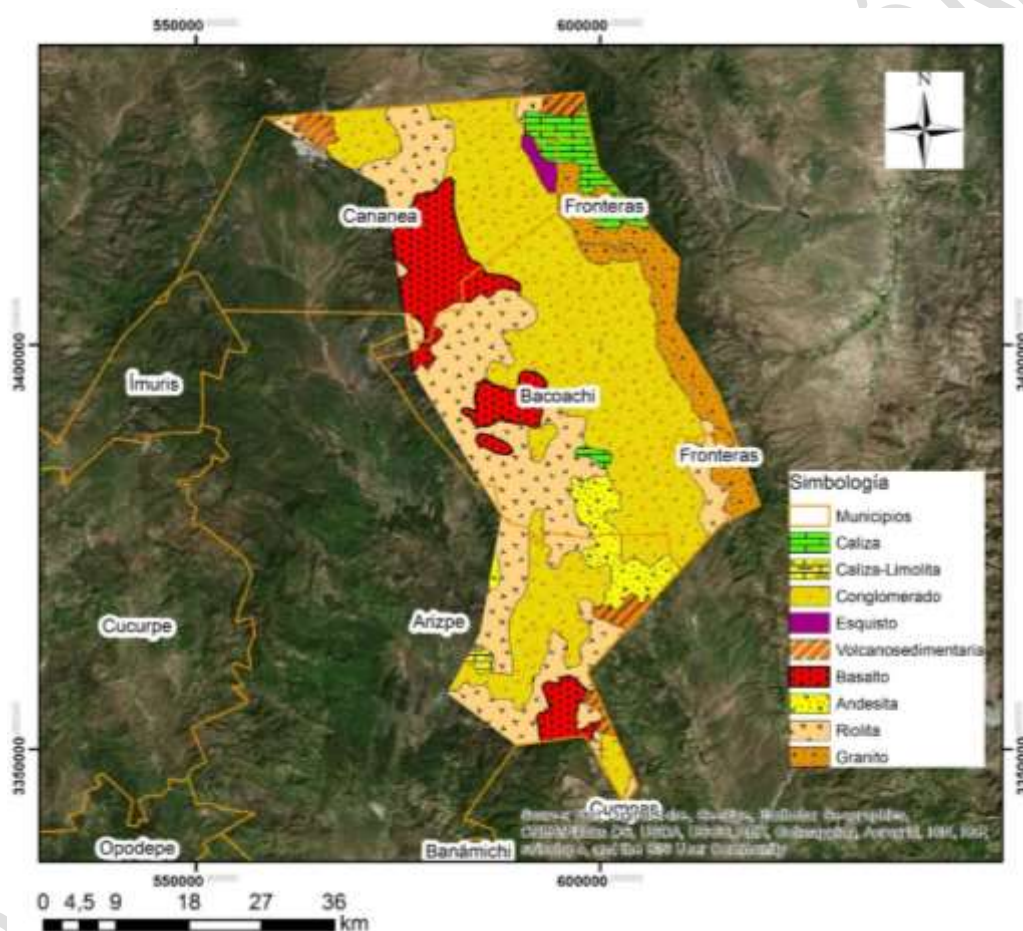


Ilustración II-19. Geología del acuífero Río Bacoachi.

En cuanto al marco tectónico, la morfología que presenta la región es resultado de la tectónica compresiva y distensiva que han sufrido las rocas a lo largo de su historia geológica. Esto ha provocado la generación de fallas y fracturas que han influenciado a los ríos principales del área para seguir una dirección preferencial. Asimismo, la zona se localiza sobre un valle

intramontañoso el cual se forma por la depresión que se forma dentro de una montaña. En este caso, el valle se encuentra delimitado por sierras ligeramente paralelas entre sí con una orientación NW-SE.

Estratigrafía

A continuación se presenta una breve descripción estratigráfica de las principales unidades litológicas que conforman al acuífero, tomando como base la información contenida en el documento de disponibilidad del agua elaborado por (CONAGUA, 2013).

Precámbrico

De acuerdo con los afloramientos que se presentan en la zona esta unidad está constituida principalmente por esquistos micáceos, filitas, anfibolitas, cuarcitas, mármol y gneis. La textura que presentan estas rocas es en general una textura esquistosa lepidoblástica con cuarzo, muscovita, sillimanita, clorita, epidota, zircón, piritita y hematita.

En el Precámbrico medio se localiza un granito porfídico en conjunto con un gneis milonítico.

Paleozoico

Cámbrico - Pérmico

De manera general el paleozoico está conformado por una secuencia detrítico-carbonatada depositada en un ambiente de plataforma somera, que representa parcialmente a todos los periodos, dicha secuencia está compuesta por calizas y areniscas y tiene correlación con la Formación Horquillas.

Mesozoico

Triásico – Jurásico

Representado por una secuencia marina, con depósitos calcáreos esparcidos parcialmente, depósitos arcillo-arenosos y una secuencia areno-colglomerática. Se presentan también rocas ígneas intrusivas y extrusivas de composición ácida e intermedia. En el Jurásico superior se aprecian afloramientos de andesitas y areniscas. La principal Formación a la que se asocia, es la Formación Basomari.

Cretácico

Representado en la parte inferior por una secuencia de calizas y lutitas en el extremo noreste del acuífero, mientras que al suroeste se encuentra representado por una secuencia de areniscas y calizas.

En la parte superior es posible apreciar secuencias de andesitas y tobas ácidas en el flanco suroeste, mientras que al oeste se aprecia una secuencia de origen volcánico que consiste en riolitas y tobas riolíticas principalmente.

A partir del Cretácico se presenta también una serie de rocas ígneas de composición granítica, resultado de una profunda actividad magmática ocurrida en la cuenca del Río Sonora.

Cenozoico

Paleógeno

De acuerdo con (Rangin, 1978), este periodo da inicio a partir de la actividad magmática mencionada en el Cretácico y está constituido principalmente por rocas volcánicas como riolitas, ingimbritas, andesitas y rocas plutónicas, como monzogranitos.

De acuerdo con (Dumble, 1900) y (King, 1939) existen también rocas clásticas correspondientes a conglomerados polimícticos, y algunos afloramientos de areniscas.

Cuaternario

Compuesto por secuencias correspondientes a depósitos aluviales, cuya variación granulométrica es de acuerdo a la cercanía o lejanía con la roca madre. Dichas secuencias se encuentran constituidas principalmente por gravas, arenas y limos, que han permitido el desarrollo de terrazas aluviales, estas secuencias descansan de manera discordante sobre rocas más antiguas.

En seguida se presenta una columna estratigráfica elaborada a partir de la información anterior.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario			Depósitos aluviales, derrames volcánicos y aparatos basálticos
	Neógeno	Báucarit		Secuencias congloméráticas, fragmentos de rocas volcánicas
	Paleógeno Paleoceno	Tarahumara		Eventos vulcano-plutónicos. Ignimbrita, toba y brecha
Mesozoico	Cretácico	El Tuli El Chanate El Chorro		Conglomerado de matriz arenosa, tobas y calizas
	Jurásico	Caracahui Glance La Colgada		Riolitas, secuencia metamórfica de esquistos y conglomerado
	Triásico			Areniscas, calizas, limonitas y microconglomerados
Paleozoico	Pérmico	Arrojos		Secuencias calcáreas con facies más homogéneas
	Carbonífero			
	Ordovícico			
	Cámbrico			Secuencia depositada en un ambiente de plataforma somera

Ilustración II-20. Columna estratigráfica del acuífero Río Bacoachi.

Hidrogeología

Tipo de acuífero

De acuerdo con CONAGUA (2015e) el sistema acuífero es de tipo libre, sin embargo, al igual que algunos otros acuíferos dentro de la Cuenca del Río Sonora, en algunas partes se comporta como semiconfinado debido a la presencia de lentes arcillosos. De igual modo, al acuífero lo conforman dos horizontes característicos: el primero, con un espesor aproximado de 100 m, es un medio granular en la parte más somera constituido por depósitos aluviales y conglomerados del Paleógeno-Neógeno y Cuaternario ocasionalmente intercalado con basaltos, así como de aluviones y depósitos eólicos, su permeabilidad es de media a alta y conforman el acuífero libre regional que actualmente se explota.

Por su parte, el segundo, a más profundidad y con un espesor promedio de 130 m, es un medio fracturado que está formado por rocas sedimentarias, vulcanosedimentarias como tobas (las cuales son formadas por rocas de origen volcánico con material sedimentario incorporado), metamórficas, y rocas volcánicas del Cenozoico inferior (riolitas y andesitas) de permeabilidad media a baja. Al mismo tiempo, estas rocas afloran al este, oeste y sur del acuífero, conformando las sierras que lo delimitan.

El basamento, lo conforman las mismas rocas graníticas, riolíticas y volcánicas cuando su fracturamiento desaparece y su permeabilidad se vuelve nula.

Parámetros hidráulicos y piezometría

Para este acuífero, los valores de transmisividad varían de 0.2 a $5.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, para el medio granular, y de 6.6 a $11.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ para el medio fracturado. Asimismo, los valores de conductividad hidráulica oscilan entre 2.3×10^{-7} a $7.1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

La profundidad del nivel estático presenta valores que varían de 1.5 a 26 m, los cuales se incrementan por efecto de la topografía desde el cauce hacia las estribaciones de las sierras que conforman el límite del acuífero. Finalmente, la dirección preferencial del flujo subterráneo muestra una trayectoria de norte a sur, con alimentaciones laterales que provienen de las sierras circundantes (CONAGUA, 2015e).

2.2.6 Acuífero Río San Miguel

Hidrografía

El acuífero Río San Miguel se encuentra dentro de la Región hidrológica RH-9, denominada Sonora Sur, dentro de la cuenca del Río Sonora.

Dentro de los principales Ríos de mayor influencia al acuífero se encuentra el Río Sonora, su cuenca colinda por el norte con la de los ríos Gila y San Pedro, mientras que al norte y al oriente colinda con las cuencas de los ríos Bavispe y Moctezuma y al suroeste con la subcuenca del Río Bacoachi. La confluencia del Río San Miguel y el Río Zanjón dan origen al área de captación que delimita a la subcuenca del Río San Miguel, cuya área es de aproximadamente 8427 km² y su curso general es hacia el sur. De acuerdo con datos de la estación hidrométrica El Cajón, el escurrimiento medio anual es de 37.5 hm³ (CONAGUA, 2015f).

Fisiografía

El territorio del acuífero está comprendido dentro de dos provincias fisiográficas (INEGI, 1997), la porción norte y centro del acuífero se encuentra en la provincia Sierra Madre Occidental, Subprovincia Sierras y Valles del Norte, limitadas por valles extensos rellenos por conglomerados bien consolidados, pertenecientes a la formación Báucarit. Mientras que la región sur se localiza en la Provincia Fisiográfica Llanura Sonorense, Subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses, caracterizadas por abruptas pendientes.

Geología

La geología del acuífero Río San Miguel, al igual que toda la geología del estado de Sonora tiene una historia bastante compleja, resultado de varios eventos geológicos, conducidos por fenómenos vulcanotectónicos y de erosión-depósito.

En la zona perteneciente al acuífero floran rocas de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, cuyas edades de formación van desde el precámbrico hasta el cuaternario, con representaciones parciales de algunos periodos.

De acuerdo con (INEGI, 1993) en la zona afloran rocas antiguas, gracias a los proceso erosivos de la zona, o bien, porque no fueron cubiertas totalmente por los derrames volcánicos del Cenozoico. El precámbrico está representado principalmente por rocas de origen metamórfico que fungen como basamento, mientras que el Paleozoico y el Mesozoico se encuentra conformado de manera general por calizas y rocas detríticas, en algunas ocasiones con cierto grado de metamorfismo. En la Ilustración se muestra un mapa geológico del área donde se encuentra el acuífero Río San Miguel.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

En el siguiente mapa se puede observar la geología que predomina en la zona donde se encuentra el acuífero Río San Miguel.

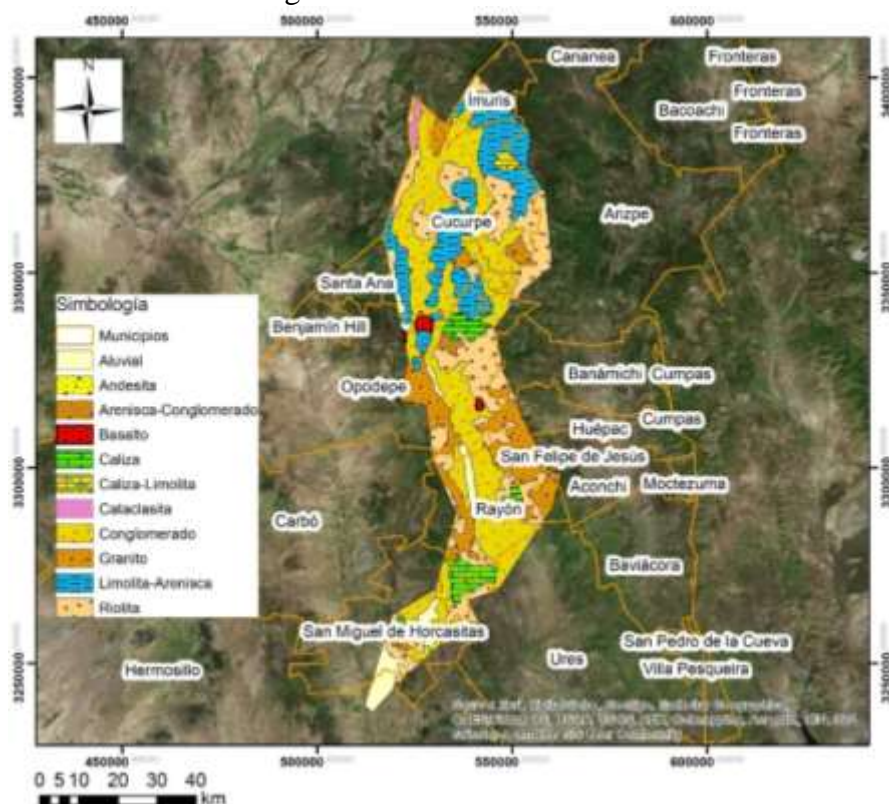


Ilustración II-21. Geología del acuífero Río San Miguel.

Estratigrafía

A continuación se describe la disposición estratigráfica de las diferentes unidades geológicas presentes en el acuífero a través de un seguimiento cronológico general en el que se considera una breve reseña de las rocas.

Paleozoico

Cámbrico-Pérmico

Los principales afloramientos del Paleozoico están definidos en su parte basal por calizas en capas silicificadas, mientras que en las partes media y superior son calizas con vetillas de calcita dentro de capas muy gruesas con presencia de algunos nódulos de pedernal. Dichas calizas descansan sobre granitos.

Debido a la estructura laminar de esta unidad se considera impermeable y se le atribuye una función de frontera al flujo de agua subterránea en el sistema acuífero.

Mesozoico

Triásico-Jurásico

A principios del Mesozoico, durante el Triásico tardío, en Sonora central se depositó en discordancia sobre rocas del Ordovícico, del Silúrico y del Pérmico, una secuencia de areniscas rojas, con intercalaciones de lutitas y carbón, pertenecientes al Grupo Barranca (King, 1939).

Cretácico

Se encuentra representado principalmente por rocas de origen volcánico, conformadas por derrames andesíticos, tobas y conglomerados que (Dumble, 1900) definió como Formación Tarahumara. Dichos son derrames masivos que presentan fracturamiento impermeable.

Tobas riolíticas

Acompañadas de derrames riolíticos, descansan de manera discordante sobre andesitas de hornblenda que conforman un basalto gris cubierto por un conglomerado con clastos graníticos y volcánicos principalmente, con una matriz arcillo-arenosa.

Se trata de una unidad con buenas condiciones de permeabilidad que presenta tubificaciones.

Basaltos

Unidad de rocas volcánicas pertenecientes al Terciario consistentes en derrames basálticos intercalados con brechas basales, las cuales descansan sobre conglomerados, andesitas y granitos.

Cenozoico

Cuaternario

Periodo representado por sedimentos con bajo grado de consolidación, compuestos principalmente por gravas, arenas y arcillas. Consiste en un grupo de depósitos al pie de monte, aluvial, fluvial, eólico, transicional, de playa y depósitos de barra. Se trata de una unidad de buena permeabilidad.

Rocas ígneas extrusivas Conformadas por granitos y dioritas de color gris claro de, textura holocristalina, gradados de grano grueso a fino y con minerales característicos como la biotita y hornblenda. Fungen como basamento hidrogeológico, debido a su estructura.

Rocas metamórficas

Unidad representada por aureolas de metamorfismo de contacto, compuestas principalmente de tactitas y mármol, se distribuyen a lo largo de contactos de caliza con rocas de origen volcánico.

En la Ilustración II-22 se presenta de forma gráfica la descripción estratigráfica mediante una columna.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

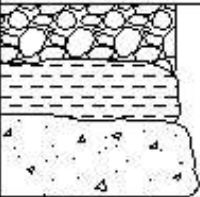

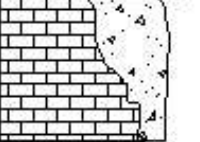
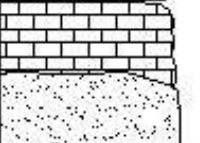
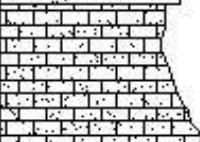
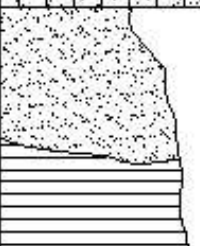
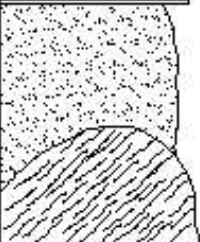
Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	Báucarit		Conglomerados polimícticos poco consolidados, depósitos aluviales, como gravas y arenas
	Paleógeno	Báucarit		Riolitas y tobas riolíticas. Andesitas y areniscas con escasos horizontes de caliza arenosa
Mesozoico	Cretácico	¿?		Secuencia de calizas, areniscas, limolitas y conglomerados en la base
	Jurásico	Tarahumara		Secuencia de andesitas y areniscas y de areniscas y calizas
	Triásico			Areniscas y calizas con pelecípodos
Paleozoico	Cámbrico - Pérmico	¿?		Calizas y areniscas depositadas en un ambiente de plataforma.
Precámbrico	Precámbrico medio	¿?		Gneis cuarzo-feldespáticos de biotita, granito porfídico. Secuencia formada por areniscas y calizas con presencia de plegamiento

Ilustración II-22. Columna estratigráfica del acuífero Río San Miguel (Elaboración propia).

Hidrogeología

Tipo de acuífero

De acuerdo con diversos estudios de caracterización hidrogeológica llevados a cabo en el territorio del acuífero, es posible definir a este último como un acuífero de tipo libre heterogéneo y anisotrópico, conformado en la parte superior por un medio de tipo granular y en la parte inferior por un medio fracturado.

De manera general, el medio poroso se está conformado por depósitos no consolidados y semi-consolidados de material clástico en conjunto con conglomerados de granulometría variada y la permeabilidad de este medio es de media a alta. El medio fracturado se compone de rocas de tipo sedimentario, volcánicas y vulcanosedimentarias, así como de rocas de origen ígneo intrusivo que presentan un grado de porosidad secundaria debido al grado de fracturación que las caracteriza.

Parámetros hidráulicos y piezometría

Durante los estudios realizados durante el periodo de 2005-2008, se llevaron a cabo nueve pruebas de bombeo de corta duración, tanto en etapas de abatimiento como de recuperación. De acuerdo con los resultados obtenidos se determinó que los valores de transmisividad varían de 150×10^{-3} a $9.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, correspondiendo los valores más altos a los depósitos aluviales de granulometría gruesa. La conductividad hidráulica, de acuerdo con el espesor saturado varía de 0.000837 a 0.015 m/s. Debido a que ninguna de las pruebas de bombeo realizadas contó con pozos de observación, no fue posible la estimación del coeficiente de almacenamiento, (CONAGUA, 2015f).

La información que se consideró al momento de llevar a cabo el análisis de la información piezométrica corresponde al periodo del 2005-2008. Debido a la ubicación geográfica del acuífero, los niveles del agua subterránea responden de manera positiva a la recarga natural llevada a cabo gracias a la infiltración de los escurrimientos. Para el año 2008 la profundidad del nivel estático era de aproximadamente 60 m en promedio.

Por otro lado la elevación del nivel estático para el año 2008 generó registros que van desde los 1200 los 250 msnm, presentando variaciones de acuerdo al comportamiento topográfico. De esta manera, la evolución del nivel estático para el periodo de 2005-2008, registra valores tanto de abatimiento como de recuperación, sin presentarse manifestación alguna del flujo natural del agua subterránea que puedan dar indicios de la presencia de conos de abatimiento. Por ello es posible concluir que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sido de gran relevancia durante este periodo, haciendo nulo algún cambio en el almacenamiento.

2.2.7 Acuífero Río Sonora

Hidrografía

El acuífero Río Sonora se encuentra localizado hidrográficamente dentro de la Región Hidrológica RH-8, la cual lleva por nombre Sonora Norte. La subregión a la cual pertenece el acuífero es la denominada 8D-Río Sonora. (CONAGUA, 2015g).

El sistema de drenaje principal es el río Sonora, el cual surge a una altura de 2400 msnm, en la Sierra de Magallanes, donde recibe como único afluente de relevancia al Río Bacanuchi. Aguas abajo, a una elevación de aproximadamente 270 msnm se une por la margen izquierda del arroyo La junta.

El gasto máximo instantáneo para este río es de 955 m³/s y el mínimo de 0. Mientras que el volumen medio anual escurrido es de aproximadamente 98.7 hm³, con un máximo de 270.6 hm³ por año y un mínimo de 16.57 hm³/año, dando como resultado un coeficiente de variación del volumen escurrido muy elevado, del orden de 0.57.

Durante el periodo de estiaje el volumen medio escurrido es de 0.8 hm³/año. El volumen de flujo base que contribuye al escurrimiento anual es del 1.6% del escurrimiento superficial.

En cuanto a la infraestructura hidráulica que se tiene dentro del acuífero, esta consiste principalmente en norias, pozos someros, manantiales, y obras de toma directa del río.

Fisiografía

Fisiográficamente, la Cuenca alta del Río Sonora se encuentra en las provincias fisiográficas de la Zona Desértica de Sonora y la Sierra Madre Occidental y cubre una superficie aproximada de 21195 km², que comprende las cuencas hidrográficas de los ríos Sonora, San Miguel y Zanjón.

En la zona existe la presencia de cadenas montañosas longitudinales, separada por valles paralelos intermontañosos. Dichas cadenas montañosas están conformadas principalmente por rocas de origen metamórfico y sedimentario, con intrusiones graníticas y plutónicas en las crestas. Los valles se encuentran cubiertos por material conglomerático del Mesozoico y material aluvial del Cuaternario.

El marco estructural define un bajo tectónico en el cual se encuentra el valle del Río San Miguel. Continuando hacia el occidente se encuentra el graben del Río Zanjón entre las sierras La Cobriza, Méndez, Cerro Tabique y La Pala.

Las principales formas morfológicas dentro del área del acuífero se encuentran representadas por valles, sierras y terrazas principalmente.

Geología

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

La geología del acuífero está caracterizada de acuerdo a la complejidad del número de unidades que afloran en la zona, las cuales comprenden un rango desde el precámbrico hasta el cuaternario (Ilustración II-23).

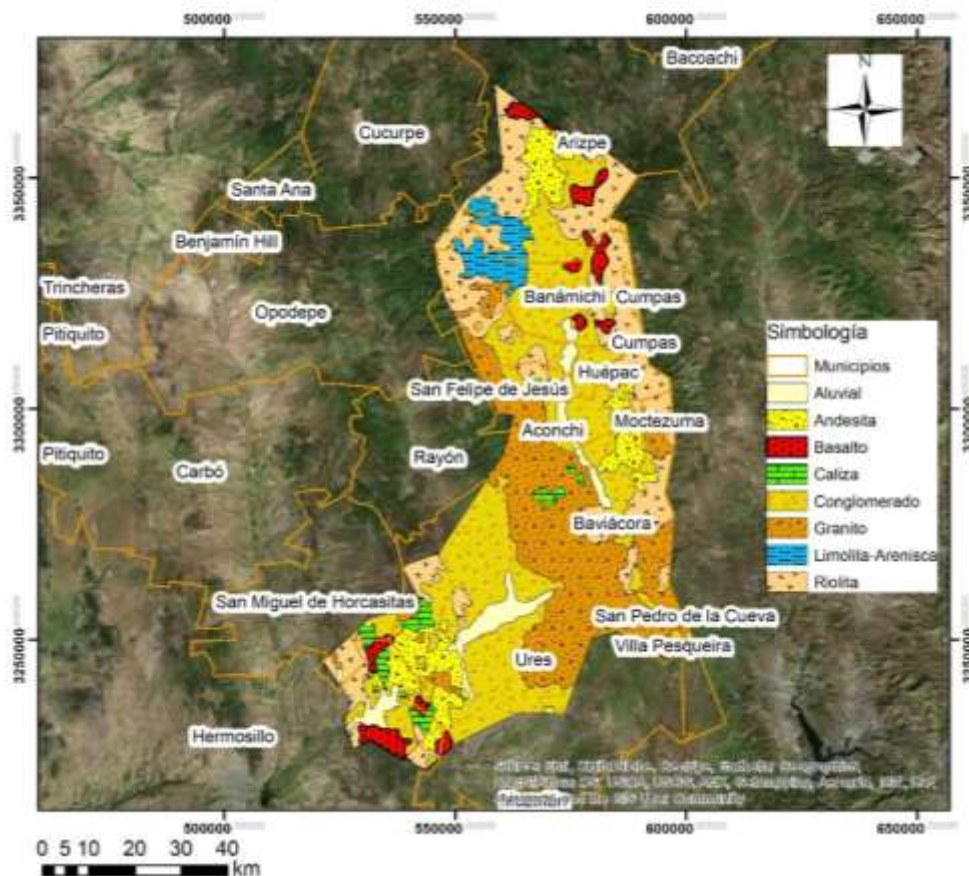


Ilustración II-23. Geología del acuífero Río Sonora.

El precámbrico temprano se encuentra determinado por rocas de origen ígneo metamorfoseadas, conformadas principalmente por esquistos, cuarcitas, anfibolitas y gneises. Se presenta un segundo conjunto representado por una secuencia de rocas sedimentarias pertenecientes al Precámbrico tardío, constituido por dolomías, areniscas de cuarzo, lutitas y calizas principalmente.

El Paleozoico se encuentra caracterizado por una secuencia detrítico-carbonatada, compuesta por calizas, lutitas y cuarcitas, depositadas en un ambiente marino de aguas someras.

Las unidades litológicas del Paleozoico poseen una permeabilidad baja ya que responden de manera negativa al flujo y almacenamiento del agua subterránea.

Las rocas representativas del Mesozoico se encuentran representadas principalmente por una secuencia de lutitas, areniscas, limolitas y lodolitas con presencia de fósiles. La permeabilidad de las rocas del Mesozoico varía de baja a media- baja, debido al grado de fracturamiento que presentan.

Para la Era Cenozoica, las rocas representativas están constituidas por una extrusión de grandes volúmenes de rocas volcánicas, resultado del episodio magmático que dio inicio a finales del Cretácico, las principales rocas de esta era son andesitas, y riolitas principalmente, las cuales se encuentran cubiertas parcialmente por una secuencia de depósitos aluviales, constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas.

Estratigrafía

Se presenta a continuación una breve descripción estratigráfica de las unidades hidrogeológicas que componen al acuífero, empleando la información obtenida por (CONAGUA, 2015g).

Paleozoico

Cámbrico – Pérmico

Unidad conformada por cuarcitas y calcarenitas con determinado grado de metamorfismo, que da como resultado un grado de marmolización en las calcarenitas. De acuerdo con (Carl Fries Jr., 1962) hace referencia a capas de caliza, con pedernal e intercalaciones de cuarcita y rocas pizarrosas. Se hace referencia a una a trazas de falla y fracturamiento.

Mesozoico

Triásico

Unidad subyacente a las rocas del Paleozoico, conformada por sedimentos clásticos del Grupo Barranca.

Jurásico

Unidad compuesta por calizas y areniscas, expuestas en el extremo noreste de la cuenca.

Cretácico

Presencia de rocas plutónicas representadas por granitos y granodioritas que intrusionan a las unidades del Paleozoico, sobre estas se depositó una columna de sedimentos del Cenozoico que selló las fracturas de los granitos y las calizas.

Cenozoico

Paleógeno – Neógeno

Unidad constituida por rocas sedimentarias y volcánicas. Estas últimas conformadas por emisiones lávicas de naturaleza ácida e intermedia que dieron origen a riolitas y andesitas

presentes en la zona. Las rocas sedimentarias están conformadas por emisiones de piroclásticos finos que dieron lugar a tobas volcánicas. También se encuentran conglomerados de tipo continental pertenecientes a la Formación Báucarit, conformada también por arenas, arcillas y conglomerados poco consolidados en la parte superior y conglomerados bien consolidados en la parte inferior. La parte superior también se encuentra conformada por materiales arcillosos.

Cuaternario

Depósitos aluviales y fluviales, constituyentes de un acuífero libre de alta transmisividad.

Se presenta en la Ilustración II-24 una descripción gráfica de manera general, en la cual es posible apreciar las unidades litológicas mencionadas anteriormente.

BORRADOR, EN REVISIÓN

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

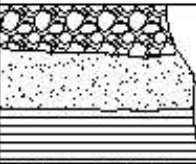


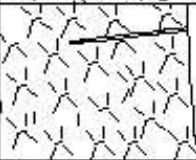
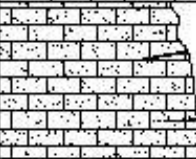

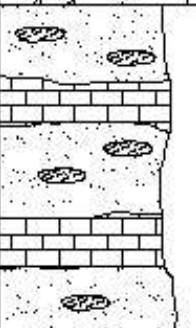
Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	??		Depositos aluviales y fluviales; bolsones, gravas, arenas, arcillas y limos
	Neógeno	Báucant		Riolitas y andesitas.
	Paleógeno			Tobas volcánicas. Conglomerados continentales poco consolidados en la parte superior. Arenas arcillas y conglomerados bien consolidados en la parte inferior.
Mesozoico	Cretácico	Grupo Barranca		Granitos y granodioritas con presencia de fracturamiento
	Jurásico			Calizas y areniscas con presencia de fracturamiento
	Triásico			Sedimentos clásticos
Paleozoico	Cámbrico - Pérmico	??		Calcarenitas con cierto grado de metamorfismo, capas de calizas con pedernal e intercalaciones de cuarcita, y rocas pizarrosas

Ilustración II-24. Columna estratigráfica del acuífero Río Sonora (Elaboración propia)

Hidrogeología

Tipo de acuífero

El acuífero Río de Sonora consiste en medio con un buen grado de permeabilidad y porosidad, dichas características se atribuyen a que se encuentra constituido por depósitos aluviales no consolidados, restringidos a los principales ríos y arroyos que dejan a su paso sedimentos de buena permeabilidad, regularmente bien clasificados.

El acuífero es de tipo libre y las fronteras laterales que lo delimitan corresponden a rocas de origen ígneo intrusivo del tipo granítico y extrusivas del tipo riolítico ya andesítico.

El espesor del basamento impermeable es aproximadamente de 15 metros en las zonas más estrechas hasta los 200 m en las zonas menos estrechas.

Parámetros hidráulicos y Piezometría

La Comisión Nacional del Agua ha realizado diversos estudio piezométricos en la parte baja del acuífero, aun así la información piezométrica del acuífero es escasa e incompleta.

Existen dos unidades hidrológicas que constituyen acuíferos, la primera de ellas corresponde a los depósitos aluviales del Cuaternario, la otra unidad se compone por materiales conglomeráticos del Mesozoico.

La parte del acuífero constituida por conglomerados tiene sus principales aprovechamientos en las áreas más bajas. En los materiales del Cuaternario los niveles de agua se encuentran a una profundidad que varía entre 1 y 30 metros, siendo en las partes más bajas donde el agua se encuentra a menos profundidad.

En los materiales conglomeráticos del Mesozoico, los niveles de profundidad del agua van desde los 15 hasta los 6° metros. En estas áreas, los niveles históricos desde 1970 a la fecha han variado entre 5 y 12 metros aproximadamente.

Las direcciones del flujo subterráneo en el subsuelo muestran que el agua sigue trayectorias normales a las curvas de igual elevación del nivel estático y van en el sentido en el que decrece la carga hidráulica. El flujo subterráneo es muy similar a las direcciones que sigue el escurrimiento superficial. Las elevaciones del nivel estático varían entre 685 msnm en la cabecera del valle, a 215 msnm en la confluencia de los Ríos Sonora y San Miguel.

2.2.8 Acuífero Río Zanjón

Hidrografía

El acuífero Río Zanjón se localiza dentro de la subregión hidrológica Río Sonora ubicada en la RH-9 Sonora Sur.

Las corrientes superficiales más importantes en el área de estudio es el río Zanjón el cual tiene su origen en la Proción Norte del estado de Sonora con una orientación N-S. Este río es

producto de los escurrimientos originados en el flanco occidental de la sierra de la Madera a partir del cerro Cucurpe. Por su parte, los principales afluentes son el arroyo El Pinto que se le une por la margen derecha a la altura de Carbó y el arroyo Moreno que se le une por la margen izquierda a 18 km aproximadamente aguas arriba de la estación Zamora. Finalmente se le une al río San Miguel haciendo un recorrido total de 130.4 km hasta esta unión y recorriendo 22.3 km más después de este punto hasta desembocar en la presa Abelardo Rodríguez Luján (UNISON, 2015).

Fisiografía

El acuífero Río Zanjón limita al norte, con las Sierras Azul, El Manzanal, Los Ajos y Buenos Aires; al sur, con la Presa Abelardo L. Rodríguez y Las Sierras Santa Teresa y Mazatán; al este con las Sierras Cobriza, Cucurpe, Madera y Méndez y al oeste con el intrusivo granítico Espinazo Prieto.

Fisiográficamente, este acuífero se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica Desierto Sonorense, la cual colinda en el extremo noroeste con la Península de Baja California, en el oriente con La Sierra Madre Occidental y en el sur con La Llanura Costera del Pacífico. Asimismo, la Provincia se divide en dos subprovincias en las que, en una de ella se encuentra el acuífero Río Zanjón. Esta subprovincia es la de *Sierras y Llanuras Sonorenses*, comprende un área de 81,661km² y está formada por sierras bajas separadas por llanuras que representan las barreras geohidrológicas (INEGI, 1993; CONAGUA, 2015h).

Geomorfología

La geomorfología del área la representan valles constituidos por material de relleno del Neógeno y Cuaternario; sierras conformadas por rocas intrusivas, sedimentarias, volcánicas y metamórficas; y terrazas que contienen conglomerados provenientes de la Formación Báucarit (King, 1939). Los lomeríos y sierra de la periferia son paralelas entre sí con orientación NE-SW y se encuentran separadas por valles angostos.

Geología

El acuífero Río Zanjón se encuentra sobre un valle alargado orientado NW-SE que es producto de la tectónica “Bassin and Range” que originó cerros aislados y una gran serie de valles fallados y escalonados (De Cserna, 1988). Asimismo, al igual que los acuíferos aledaños, presenta una geología con edades que varían desde el Precámbrico hasta el Reciente con una gran heterogeneidad litológica en donde predominan las rocas ígneas intrusivas del Cretácico de composición granítica y granodiorítica que afloran en varias localidades al poniente del acuífero. Cabe mencionar que todas estas rocas pertenecen al Batolito Laramídico de Sonora.

Los valles centrales, por su parte, están rellenos de depósitos sedimentarios recientes como entre los que destacan los aluviones (UNISON, 2015).

De igual forma, algunas sierras se encuentran sepultadas por los rellenos sedimentarios que se correlacionan con las formaciones Báucarit, Maune y Fuerte, depositadas en otras cuencas como son las de la Costa de Hermosillo y las de los ríos Yaqui, Fuerte y Mayo (CONAGUA, 2015h).

Por su parte, las marcas de drenaje que se observan en los flancos de las sierras que limitan al acuífero, son principalmente de tipo enrejado el cual es de origen subsecuente producto del afloramiento de rocas volcanosedimentarias, sedimentarias y volcánicas que forman estratos de diferente resistencia con corrientes tributarias cortas fluyendo desde las crestas de los lomeríos o sierras hacia los valles centrales constituidos por rocas más débiles o fácil de erosionar.

Dentro del marco tectónico, las últimas pulsaciones de la formación Laramide durante el Eoceno-Oligoceno, provocaron el asentamiento y nuevo afallamiento de los bloques tectónicos que se habían producido durante el Cretácico Superior formándose así el graben de la subcuenca del Río Zanjón y los bajos tectónicos en donde posteriormente correrían los ríos San Miguel y Sonora. Después de esto vinieron los depósitos del Mioceno que después fueron llamados Formación Báucarit la cual marca el fin de los efectos de la Formación Laramide. Finalmente durante el Plioceno se depositaron las últimas litologías producto de las emisiones volcánicas de la periferia las cuales están constituidas por tobas riolíticas y andesíticas (CONAGUA, 2015h).

En la siguiente Ilustración se muestra la geología de la región en donde se encuentra el acuífero Río Zanjón.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

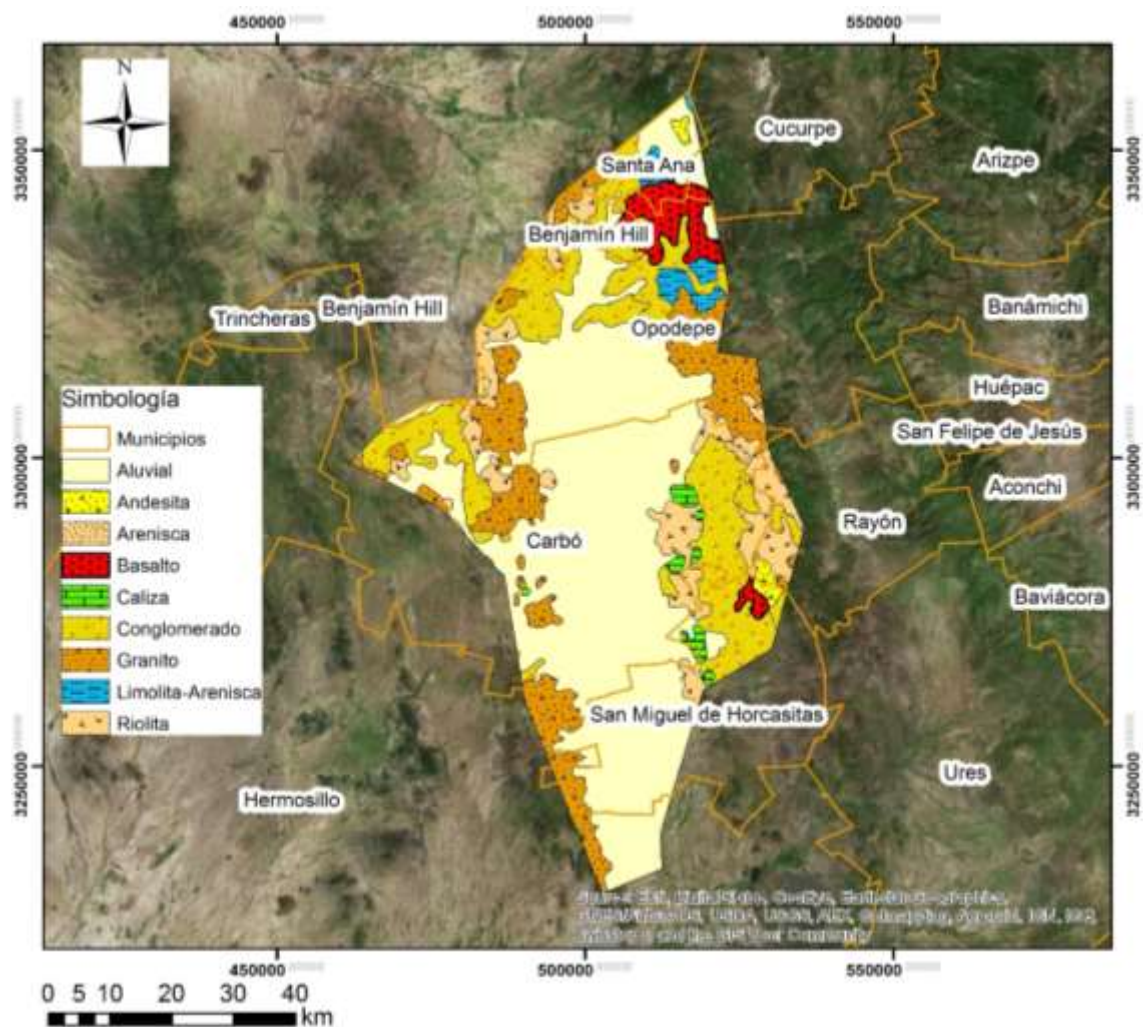


Ilustración II-25. Geología del acuífero Río Zanjón.

Estratigrafía

De acuerdo con (CONAGUA, 2013) se presenta a continuación la descripción estratigráfica generalizada del acuífero Río Zanjón, respetando el orden cronoestratigráfico. Asimismo se muestra en la Ilustración II-26 su representación gráfica.

Paleozoico

Cámbrico – Pérmico

La gran mayoría de las rocas correspondientes a estos periodos se encuentran cubiertos por depósitos más jóvenes. Son rocas identificadas como cuarcitas y calcarenitas metamorfoseadas parcialmente. De acuerdo con (Carl Fries Jr., 1962), se encuentran también algunas capas de calizas con pedernal e intercalaciones de cuarcita y rocas pizarrosas correspondientes al Cámbrico. En cuanto a la permeabilidad de estas rocas, debido a sus características físicas de capacidad, dicha permeabilidad es nula.

Mesozoico

Triásico

En este periodo afloran rocas de origen sedimentario, las cuales consisten principalmente en calizas, limonitas y algunos conglomerados pertenecientes al Grupo Barranca.

Jurásico

Conformado por un grupo de rocas de origen volcánico de naturaleza intrusiva, cuya composición varía desde granito hasta granodiorita.

Cretácico

Secuencia vulcano-sedimentaria conformada por andesitas con horizontes de calizas, areniscas y sedimentos clásticos.

Cenozoico

Paleógeno – Neógeno

Conformada por rocas de origen ígneo, producto de emisiones lávicas de naturaleza ácida e intermedia como son riolitas y andesitas. Se presentan también emisiones de piroclásticos finos que dieron lugar a la formación posterior de tobas volcánicas. Se presentan también unidades conglomeráticas de la Formación Báucarit y de acuerdo con (King, 1930) la sobre yacen una unidad conformada por arenas y arcillas y la subyace un conglomerado bien consolidado.

Cuaternario

Consiste en depósitos aluviales y fluviales conformados por boleos, arenas, arcillas y limos. Dichos materiales constituyen un acuífero libre de alta transmisividad.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

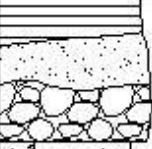


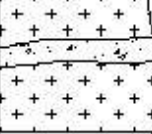


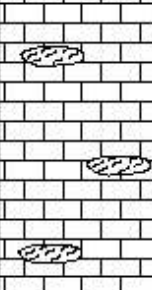
Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario			Depositos aluviales y fluviales; boleos, gravas, arenas, arcillas y limos
	Neógeno	Báucant		Emisiones lávicas de naturaleza ácida e intermedia como riolitas y andesitas.
	Paleógeno			Tobas volcánicas. Conglomerado polimítico, areniscas y arcillas
Mesozoico	Cretácico	Grupo Barranca		Andesitas, areniscas y sedimentos clásticos
	Jurásico			Granitos, granodioritas y areniscas
	Triásico			Calizas y areniscas
Paleozoico	Cámbrico - Pérmico			Capas de caliza con pedernal e intercalaciones de cuarcita, rocas pizarrosas y clásticas carbonatadas

Ilustración II-26. Columna estratigráfica del acuífero Río Zanjón (Elaboración propia).

Hidrogeología

Tipo de acuífero

Esta zona se caracteriza por la presencia de un sistema hidrológico compuesto por tres acuíferos: el primero denominado acuífero superior, se considera de tipo libre y está conformado por depósitos aluviales recientes, cuya granulometría varía de grava y arena a limo y arcilla. El segundo se denomina acuífero inferior se comporta como semiconfinado y está conformado por terrazas de conglomerados antiguos (Neógeno) que pertenecen a la formación Báucarit. Finalmente, el tercer y último acuífero está constituido por materiales clásticos como grava y arenas, pertenecientes de igual manera a la Formación Báucarit pero que se encuentra confinado por facies arcillosas características de dicha formación. Los espesores del material del Cenozoico Inferior pueden exceder los 500 m, mientras que los depósitos del Reciente apenas sobrepasan los 50 (INEGI, 1993).

Parámetros Hidráulicos y piezometría

Los valores de transmisividad para este acuífero varían de 2×10^{-4} a 2×10^{-2} m²/seg y el principal aporte de agua subterránea para los acuíferos subyacentes proviene del acuífero superior (acuífero libre).

En cuanto a los valores de profundidad del nivel estático están que para el Acuífero Superior los valores varían entre 5 y 15 metros. Para el Acuífero Inferior el nivel del agua subterránea se encuentra a profundidades entre 20 y 40 metros en las terrazas, mientras que en los conglomerados este valor varía entre 20 y 30 metros. Finalmente para el Acuífero Confinado la profundidad del nivel estático varía mucho oscilando entre los 7 y 27 m, este último dato localizado en las partes más altas de la subcuenca (INEGI, 1993).

Es importante señalar que las piezometrías que se han realizado en los últimos años, indican que los niveles estáticos han continuado un descenso progresivo sobre todo en las zonas donde se ha concentrado el bombeo, las cuales corresponden a las zonas cultivadas principalmente en las cercanías de Pesqueira en donde se encuentran cultivos de vid (CONAGUA, 2015h). En esta área, los niveles del agua descendieron entre 1 y 10 metros en un periodo de 7 años (1970-1977) y la velocidad media de abatimiento se estima que es de 43 cm/año.

2.2.9 Acuífero Sahuaral

Hidrografía

Hidrográficamente, el acuífero Sahuaral se encuentra en la Región Hidrológica 9, denominada Sonora Sur. Forma parte de la cuenca del Río Sonora y de la subcuenca Arroyo La Bandera.

No existen grandes aprovechamientos de aguas superficiales debido a la aridez de la Cuenca baja del Río Sonora.

Debido a los bajos niveles de precipitación, el agua escurre hacia las partes bajas formando diferentes cauces e infiltrándose en las arenas del desierto (CONAGUA, 2015i).

Fisiografía

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, el acuífero Sahuaral se encuentra dentro de la Provincia Fisiográfica Llanura Sonorense y en la Subprovincia de Sierras y Llanuras Sonorenses, en las cuales existe predominación de rocas ígneas intrusivas ácidas, con rocas metamórficas, calizas y conglomerados del Cenozoico.

Las principales formas fisiográficas dentro de la zona son Gran Bajada con Lomerío, Sierra Escarpada Compleja y Llanura Aluvial Salina, las cuales abarcan el 46%, 30%, y 11% del área total del acuífero respectivamente.

Geología

La geología regional se encuentra conformada por unidades que varían desde el Paleozoico hasta el Cuaternario tal como se puede observar en la Ilustración II-27.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

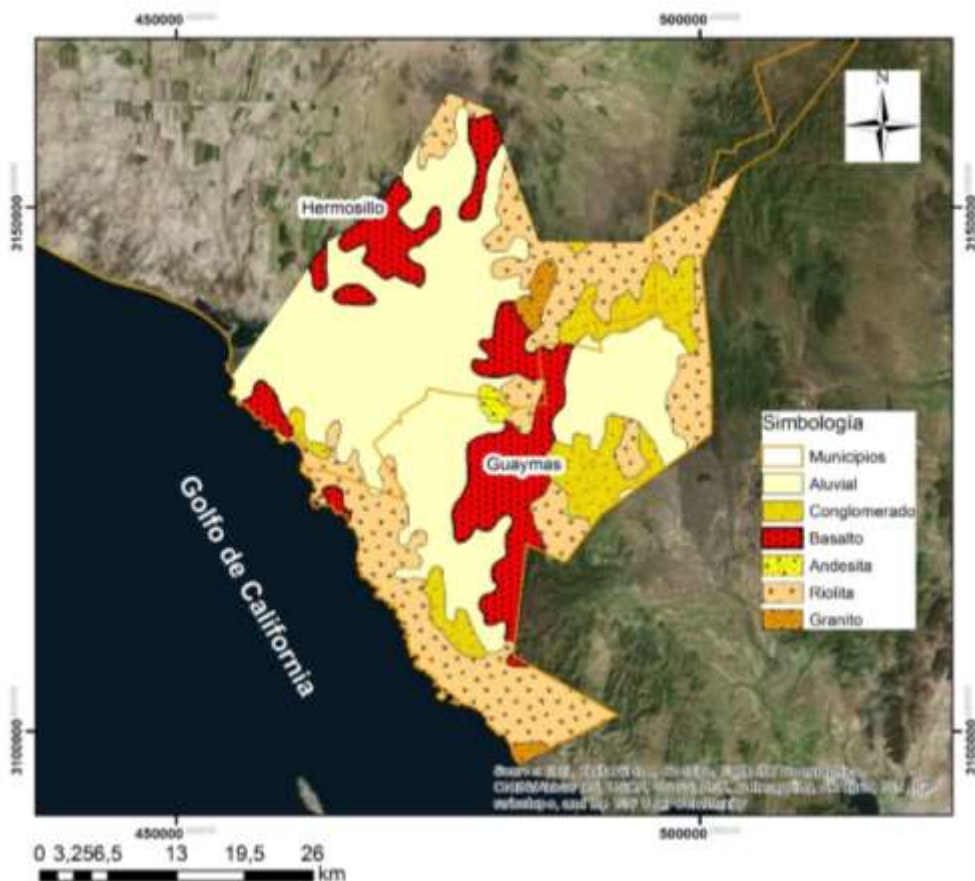


Ilustración II-27. Geología del acuífero Sahuaral.

Las rocas más antiguas se encuentran representadas por secuencias carbonatadas que consisten en intercalaciones no rítmicas de calizas, dolomías, areniscas y lutitas que fueron depositadas en ambientes de cuenca profunda, debido al abundante contenido fosilífero.

En cuanto al periodo Mesozoico, este se encuentra conformado por grandes cuerpos ígneos intrusivos de composición ácida, tales como el granito y la granodiorita.

Durante el Cenozoico se presentan secuencias de rocas volcánicas y sedimentos clásticos continentales. En general consta de tobas riolíticas, riolitas e ingimbitas asociadas a la formación de la Sierra Madre occidental. Posteriormente, durante el Mioceno ocurrió un fuerte evento de distensión, el cual provocó el origen de grandes fosas tectónicas y bloques levantados que después de una deformación estructural, depositan sus sedimentos clásticos en el interior de dichas fosas para dar origen a los sedimentos de la Formación Báucarit.

Finalmente, en el Cuaternario se presentan conglomerados polimícticos, generados en ambientes aluviales rellenando los valles y planicies costeros de la Zona.

Estratigrafía

A continuación se hace una descripción estratigráfica general de las unidades litológicas que conforman al acuífero, de acuerdo con el informe de disponibilidad de (CONAGUA, 2013).

Paleozoico

Cámbrico – Pérmico

Unidad caracterizada por un conjunto de rocas sedimentarias, principalmente carbonatadas. En algunas regiones se encontraron fragmentos de fósiles del Paleozoico Superior. En el Pérmico se encuentran secuencias estratificadas depositadas en un ambiente marino muy somero y de plataforma continental. Las principales rocas son caliza, arenisca, caliza arcillosa, conglomerado, lodolita y dolomía.

Mesozoico

Triásico – Jurásico

Secuencias vulcanosedimentarias de tobas y tobas andesíticas con alteración propiolítica. Cerca de los límites administrativos del acuífero, es posible apreciar afloramientos de cuerpos intrusivos.

Cenozoico

Paleógeno - Neógeno

Constituido por secuencias volcánicas de composición dacítica y riolítica. También se aprecia una unidad basáltica y brechas basálticas. Existe una unidad representada por un conglomerado Polimíctico y areniscas.

Cuaternario

Constituida por conglomerados-brecha mal clasificados, depósitos fluviales aluviales y sedimentos de arroyos.

En la Ilustración II-28 es posible apreciar de forma gráfica, mediante una columna estratigráfica la información mencionada en los párrafos anteriores.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

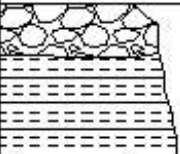


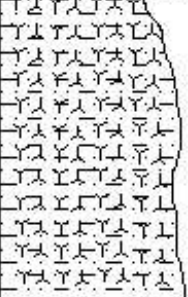
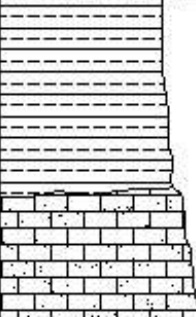
Era	Periodo Época	Formación	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	¿?		Depósitos aluviales - fluviales
	Neógeno	Báucant		Secuencias volcánicas de composición dácitica-riolítica. Basaltos y brechas basálticas.
	Paleógeno			Conglomerado polimíctico y arenisca
Mesozoico	Cretácico	Tarahumara		Granito y granodiorita intrusivos
	Jurásico	¿?		Secuencias de andesitas y tobas andesíticas con alteración propiolítica
	Triásico			
Paleozoico	Cámbrico - Pérmico	¿?		Caliza, arenisca, caliza arcillosa, conglomerado, lodolita y dolomía, con presencia de estromatopóridos

Ilustración II-28. Columna estratigráfica del Acuífero Sahuaral (Elaboración propia)

Hidrogeología

Tipo de acuífero

El acuífero Sahuaral es de tipo libre, con presencia de condiciones parciales de semiconfinamiento, que en su parte superior consiste en una secuencia de depósitos aluviales, correspondientes a limos y arenas no consolidadas y semiconsolidadas de alta permeabilidad. La mayor explotación del acuífero se localiza en la zona centro – oeste, donde se presenta también el mayor espesor.

Parámetros hidráulicos y piezometría

Se realizaron, por parte de la Comisión Nacional del Agua 24 pruebas de bombeo, en las cuales los valores de transmisividad obtenidos varían entre 0.004 y 0.130 m/s y el valor del coeficiente de almacenamiento de 0.0002 a 0.053, (CONAGUA, 2015i).

En cuanto a la información piezométrica disponible, esta se encuentra dispersa y abarca un periodo desde el año 2005 hasta al 2009, siendo esta última la que se empleó para el análisis hidráulico del acuífero.

Los resultados obtenidos de dicho análisis, los valores de profundidad al nivel estático para el acuífero Sahuaral varían entre 13 y 87 metros, encontrándose las menores profundidades en la parte noroeste y las mayores en la porción centro sur. En cuanto a la elevación del nivel estático, se reportan valores entre -5 y -35 msnm, encontrándose los valores más altos en la parte central sur del acuífero y las menores al noroeste. Respecto a la evolución del nivel estático, de acuerdo con los resultados arrojados por las curvas de igual evolución del nivel estático, es posible inferir que el mayor abatimiento (3.3 m), se encuentra en la parte sur del mismo.

2.2.10 Acuífero Santa Rosalía

Hidrografía

Hidrográficamente, el acuífero se localiza dentro de la Región hidrológica RH-9, denominada Sonora Sur, dentro de la cuenca del Río Sonora, en la subcuenca del arroyo Santa Rosalía, entre los cauces de los ríos Sonora y La Paloma (CONAGUA, 2015j).

Fisiografía

En cuanto a la ubicación fisiográfica, el acuífero Santa Rosalía se ubica en la Provincia Fisiográfica Desierto Sonorense, esta provincia se divide a su vez en dos subprovincias:

Sierras y Llanura Sonorenses, en la cual se encuentra el acuífero en cuestión y la Sierra Madre Occidental.

La subprovincia en la cual se encuentra alojado el acuífero, consta de un área de 81,661 km². Está constituida por sierras bajas que se encuentran separadas por llanuras.

Geología

En los afloramientos es posible apreciar rocas de origen sedimentario, ígneo y metamórfico, cuyas edades varían del Precámbrico al Cuaternario (Ilustración II-29).

De acuerdo con una serie de estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua, el sistema acuífero de tipo libre se encuentra conformado por un medio granular y otro medio fracturado que subyace al granular.

El medio granular se encuentra conformado por depósitos aluviales y conglomerados de permeabilidad media, mientras que el medio fracturado consiste en rocas volcánicas del Cretácico, tales como calizas, tobas y riolitas de permeabilidad media que afloran en los extremos este y oeste del acuífero, dando origen a las sierras que delimitan al acuífero.

El basamento y las fronteras laterales consisten en granitos y riolitas con presencia de fracturas selladas.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

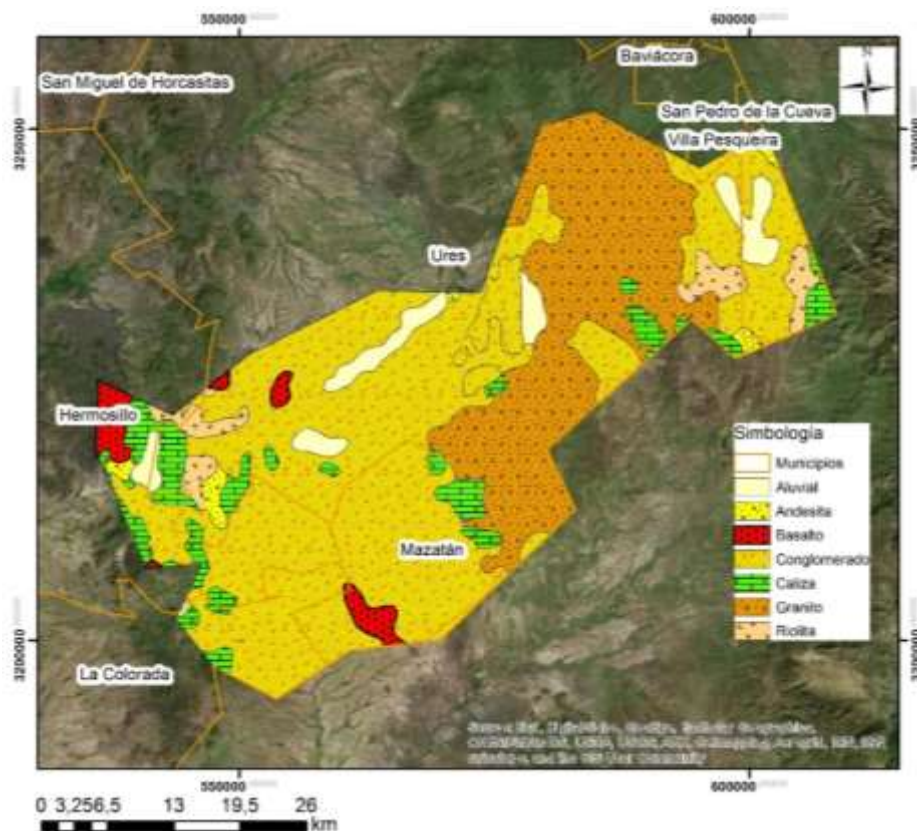


Ilustración II-29. Geología del acuífero Santa Rosalía.

Estratigrafía

Se presenta una descripción crono-estratigráfica de las unidades geológicas presentes en el acuífero Santa Rosalía. Asimismo, en la Ilustración II-30 se observa su representación gráfica.

Precámbrico

Granito-Gneis

Conformado por un paquete de rocas de origen ígneo y metamórfico, el cual (Vega G. R, 1996) describe como un paquete con protolitos conformados por rocas intrusivas graníticas y rocas sedimentarias, cuyo metamorfismo es de facies anfibolita y esquistos verdes. Presenta un intenso grado de fracturamiento, y foliación, lineación mineral, cizallado y presencia de vetas. El espesor aproximado es de 1000 m. y está definido como un granitoide homogéneo con presencia de granos gruesos de cuarzo y feldespato.

Paleozoico

Cámbrico-Pérmico

Caliza-Arenisca

Consta de horizontes de caliza de color gris, dispuesta en estratos gruesos y medianos, con un alto grado de deformación estructural. Presenta estratos medianos de mudstone, intercalados con horizontes y bandas de pedernal negro plegados. El área de encuentra intrusionada por diques de andesita con presencia de oxidación y brechamiento.

Triásico

Conformado por unidades areno-arcillosas pertenecientes a las formaciones Arrayanes, Santa Clara y Coyotes (Alencaster, G., 1961). Dichas unidades se presentan en alternancias de capas gruesas y medianas de areniscas de cuarzo, limolita y conglomerado de grano medio a grueso de cuarcita, pedernal y caliza con una matriz de sílice.

Cretácico

Conformada por rocas pertenecientes a la parte inferior de la Formación Tarahumara (Wilson y Rocha, 1946). Consiste en una serie de derrames andesíticos, tobas andesíticas y algunas capas de toba riolítica.

En el aspecto estructural, es posible observar en la pseudoestratificación fracturamiento, fallamiento, vetillas de cuarzo. Cabe señalar que gran parte de las fracturas se encuentran rellenas.

Cenozoico

Paleoceno-Paleógeno

Toba Riodacítica-Andesita

Conformada por rocas de origen volcánicas entre las que destacan andesitas, tobas riodacíticas, tobas líticas, tobas soldadas y aglomerados, es constituyente de la parte superior de la Formación Tarahumara de acuerdo con (Wilson y Rocha, 1946). La estratificación se ve afectada debido al grado de deformación, sin embargo es posible apreciar capas gruesas y delgadas.

Granito Granodiorita

Constituido principalmente por cuarzo, feldespatos, plagioclasas, biotita; presenta diversas alteraciones químicas. Se encuentra cubierto por sedimentos recientes, rocas de origen volcánico pertenecientes a la Formación lista Blanca, gravas y arenas del cuaternario.

Granito

De acuerdo con (Richard, 1991) se trata de un leucogranito, el cual consiste en una roca cuarzofeldespática de color blanco con presencia de moscovita con ausencia de esfena. Presenta cierto grado de intemperización, fallamiento y abundante fracturamiento, que da origen a una topografía muy pronunciada.

Conglomerado Polimítico

De acuerdo con (Richard D., 1991), esta unidad está definida como una secuencia de gran espesor conformada por alternancias de areniscas, limolitas, conglomerados y brechas sedimentarias. Se encuentra cubierta discordantemente por sedimentos conglomeráticos. La arenisca presenta capas delgadas de textura gruesa y el conglomerado está constituido principalmente por clastos de origen volcánico y metamórfico con una matriz arcillosa. Presenta un alto contenido de ferromagnesianos e intrusión a algunas secuencias sedimentarias del Triásico Superior y a las andesitas de la Formación Tarahumara. De forma discordante le sobre yacen depósitos conglomeráticos de la Formación Báucarit con presencia de capas gruesas de hasta un metro de espesor.

Subyace de forma discordante a sedimentos del Pleistoceno, esta roca se depositó en una zona de fosa con aparentes afectaciones tectónicas del Paleógeno.

Conglomerado Polimítico Arenisca

Se trata de un conglomerado semicompacto, mal clasificado, estratificado en capas gruesas, constituido por caliza, rocas volcánicas andesita, pedernal y rocas metamórficas en una matriz areno-arcillosa con cimentación de caliche. Presenta un basculamiento orientado al este y está cubierto de forma discordantemente por depósitos más recientes.

Tobas riolíticas, dacita, andesita

Secuencia volcánica denominada como Formación Lista Blanca de acuerdo con (Dumble, 1900) que consiste en una serie de derrames de tobas riolíticas, ingimbritas, riolitas y andesitas.

Basalto

Los afloramientos se presentan formando pequeñas mesetas encubiertas por sedimentos recientes no consolidados. Es de textura afanítica con presencia de fenocristales de plagioclasa y piroxeno. Presenta un fracturamiento de tipo semicolumnar y cubre de manera discordante al Conglomerado Báucarit.

Conglomerado Polimítico

Conformado por un paquete de sedimentos semiconsolidados y no consolidados de distinta composición y granulometría que presenta una estratificación con una clasificación pobre. Los clastos son tanto de origen volcánico, sedimentario y metamórfico.

Aluvión

Consiste en una serie de depósitos constituidos principalmente por gravas de taludes y abanicos aluviales, producto de la erosión fluvial de rocas más antiguas. Su composición es de arenas, limos, gravas y algunas arcillas de terrazas antiguas. Conforman sedimentos en planicies de inundaciones y paleocauces de arroyos y ríos.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD



Ilustración II-30. Columna estratigráfica del Acuífero Santa Rosalía (Elaboración propia).

Hidrogeología

Tipo de acuífero

De acuerdo a diversos estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua, el acuífero Santa Rosalía se considera un acuífero heterogéneo y anisotrópico de tipo libre, el cual presenta condiciones locales de semiconfinamiento; resultado de la presencia de lentes de sedimentos arcillosos. Se encuentra conformado por dos partes, la primera de ellas, denominada porción superior, consta de depósitos aluviales y conglomerados, mientras que la porción inferior consta de rocas sedimentarias y volcánicas con presencia de fracturamiento. Ambas regiones del acuífero se encuentran intercomunicadas por medio de un sistema de fallas, aun cuando existe la presencia de lentes granulares de baja permeabilidad que actúan como semiconfinantes.

Parámetros hidráulicos y Piezometría

En el año 2007 La comisión Nacional del Agua realizó ocho pruebas de bombeo en ocho aprovechamientos distribuidos en el acuífero. De los resultados obtenidos a partir de dichos datos se concluyó que los valores de transmisividad varían de 1.2 a $1.7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, mientras que el valor promedio para la conductividad hidráulica se situó en $3.8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$. Debido a que en ninguna de las pruebas de bombeo se contó con un pozo de observación, no fue posible obtener valores para el coeficiente de almacenamiento y le rendimiento específico. (CONAGUA, 2015j).

El análisis piezométrico realizado por la comisión Nacional del agua, contempla información recopilada en el año 2007. De acuerdo con dichos análisis, los valores de la profundidad al nivel estático varían desde 5 a 35 metros, incrementándose de manera proporcional a la topografía desde las inmediaciones del cauce de los arroyos, hacia la zona montañosa. Los valores más bajos varían de 2 a 15 metros y se registran en la porción norte del acuífero.

Los niveles piezométricos mayores, se registran en la región suroccidental del acuífero alcanzando valores de hasta 35 metros.

De acuerdo con el comportamiento piezométrico es posible inferir la presencia de dos niveles, uno somero con profundidades menores a los 15 m y otro profundo con profundidades mayores a los 20 m.

En cuanto a la elevación del nivel estático, es posible afirmar que esta varía con la profundidad, por efecto de la topografía, dicha elevación va de los 340 a los 500 msnm, registrándose los mayores valores al norte y al este del acuífero y los mínimos valores en la parte porción occidental.

La dirección preferencial el flujo subterráneo describe una trayectoria que va del noreste al suroeste, de manera paralela al arroyo La Junta.

Debido a que no se cuenta con información piezométrica histórica suficiente que permita elaborar un análisis confiable, no es posible definir la evolución del nivel estático, sin embargo con la información obtenida es posible inferir que las variaciones en dicho nivel no han sufrido

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

mayores alteraciones en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a nulo.

3. USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La cuenca del río Sonora tiene concesionado un volumen total de 800,496,773.52 m³, de agua subterránea en diez acuíferos, en los cuales el de Costa de Hermosillo concentra el 43.3 %, seguido de los acuíferos: Mesa del Serí- La Victoria con 13%; El Zanjón con 12.6 %; Sahuaral con 8.1 %; Río Sonora (7.6); Río San Miguel (5.9); Río Bacoachi (3.5); La Poza (3); Río Bacanuchi (1.6) y Santa Rosalía (1.3). La Tabla III-1 se desglosa el total del volumen concesionado considerando todos los usos cuantificados en un mismo título de concesión.

Tabla III-1. Volumen Total de agua subterránea concesionado

Acuífero	# Total de Alumbamientos	Volumen Anual 1 (m ³)	Porcentaje de Vol 1 (%)	Volumen Anual 2 (m ³)	Porcentaje de Vol 2 (%)	Volumen Anual 3 (m ³)	Porcentaje de Vol 3 (%)	Volumen Total Anual (m ³)
Costa de Hermosillo	910	346,275,182.25	43	717,301.56	21	5,949	7	346998432.8
La Poza	141	23,683,200.00	3	36,647.5	1	1,766.25	2	23721613.75
Mesa del Serí-La Victoria	691	102,647,923.17	13	1,492,198.7	43	37,659.5	45	104177781.4
Río Bacanuchi	158	12,887,219.18	2	10,637.5	0	658	1	12898514.68
Río Bacoachi	382	28,234,855.99	4	41,753	1	438	1	28277046.99
Río San Miguel	899	47,224,075.01	6	288,515.25	8	2568	3	47515158.26
Río Sonora	1107	60,633,298.48	8	295,160	9	8,421.5	10	60936879.98
Río Zanjón	691	100,141,947.68	13	450,393	13	21,709.5	26	100614050.2
Sahuaral	115	64,631,723.00	8	36,510	1	2,402	3	64670635
Santa Rosalía	270	10,590,941.00	1	93,622.25	3	2,097.25	3	10686660.5
TOTAL	5,364.00	796,950,365.76	100	3,462,738.76	100	83,669.00	100	800,496,773.52

Analizando los volúmenes totales por uso, por acuífero, se identifica que el uso agrícola cubre el 84 por ciento de las concesiones, seguido del público urbano (11 %); industrial (3.2 %); pecuario (3.2 %); servicios (0.2 %); otros (0.2 %) y doméstico (0.1 %). El análisis desglosado por acuífero y uso se presenta en la sección 4.3.4.

3.1. Disponibilidad de aguas subterránea

En la presente sección se citan los valores que integran los balances de agua subterránea para los acuíferos: Costa de Hermosillo, La Poza, Río, Mesa del Seri- La Victoria, Río Bacanuchi, Río Bacoachi, , Río San Miguel, Río Sonora, Río Zanjón, Sahural y Santa Rosalía, teniendo como fuente los datos de disponibilidad de agua subterránea publicados en el año 2015. En forma general se citan los valores del censo de aprovechamientos, las componentes de los balances, la calidad química del agua y en algunos casos, si existe información, contaminación. Al final de la sección se discuten los valores de los del balance y se expone la condición en que se encuentra el acuífero. Es importante destacar que la componente de bombeo se mantiene tal y como fue publicado, pero en la sección de análisis de los volúmenes concesionados (4.3.4) se desglosa por uso los volúmenes, tomando en cuenta los datos del REPDA actualizados al segundo bimestre del año 2015 información que es distinta a la publicada en la disponibilidad, que lejos de ser contradictoria es de interés para comparar al momento de la publicación con lo más reciente.

3.1.1. Acuífero Costa de Hermosillo

Censo de aprovechamientos e hidrometría

De acuerdo con el REPDA, se tienen concesionados 838 aprovechamientos con un volumen total de 422.537 millones de m³. Los detalles de estas concesiones se muestran en la Tabla III-2.

Tabla III-2. Pozos concesionados dentro del acuífero Costa de Hermosillo (CONAGUA, 2015a)

USO	NO. DE POZOS	VOLUMEN CONCESIONADO (hm ³)
Distrito de riego	509	409.7
Agrícola	11	6
Industrial	6	0.304
Usos múltiples	118	3.78
Pecuario	96	1.04
Público urbano	76	1.58
Servicios	11	0.89

Tal como se observa en la tabla anterior, el mayor volumen concesionado le pertenece al Distrito de Riego, seguido del Uso Agrícola cubriendo en conjunto el 98.3% del volumen total concesionado dentro del acuífero Costa de Hermosillo.

Balance de aguas subterráneas

De acuerdo con CONAGUA (2013b), el volumen total anual de recarga es igual a 250 hm^3 de los cuales 151.6 hm^3 son de agua dulce y 98.4 hm^3 son de agua salada proveniente del mar.

Disponibilidad

Debido a que no existen corrientes superficiales que sean alimentados por el acuífero y que se empleen como aprovechamientos superficiales, en el acuífero Costa de Hermosillo no existe una descarga natural comprometida. Sin embargo, el volumen anual de agua subterránea concesionada es de 430.960 hm^3 , equivalente al volumen de extracción (CONAGUA, 2015a).

Por lo anterior, CONAGUA (2015a) concluye que la disponibilidad es de -180.960 hm^3 , cifra que indica que actualmente no existe volumen disponible para nuevas concesiones en el acuífero.

Calidad del agua y Contaminación

Hidroggeoquímica y calidad del agua subterránea

El avance gradual de la interfase salina del mar hacia el continente dentro del acuífero Costa de Hermosillo ha traído como consecuencia la contaminación de agua dulce y disminución de su calidad, así como un fuerte abatimiento de sus niveles piezométricos (CONAGUA, 2015a). Asimismo, los estudios geoquímicos indican las rutas de migración de la intrusión marina e información piezométrica indica la presencia de un cono de abatimiento formado por la fuerte extracción de agua, es decir, ambos efectos son el reflejo de la dinámica del acuífero. Los valores máximos de trazas con bromuros, estroncio, litio y boro permiten definir su penetración al observar su distribución espacial. Los resultados arrojan que existe una zona de invasión marina, con valores de conductividad eléctrica que varían entre 2,900 y 40,800 S/cm (Monreal, R., et al., 2001).

Contaminación

Información en campo de la conductividad eléctrica que es relacionada con el contenido en sólidos totales disueltos identifican tres frentes francos de intrusión salina hacia el continente con un control estructural, litológico, geoquímico e isotópico bien definido cuya migración está siendo inducida desde dichas áreas hacia el centro del acuífero, donde históricamente se

ha concentrado el bombeo. La recarga proveniente del mar se estima en 98.4 hm³, equivalente a un 40 por ciento de la recarga total. Estas zonas son: 1) Por el noroeste del Distrito (Bahía Kino), 2) Al sureste del acuífero (El Sahuaral) y 3) Un área hacia el noreste del límite de la franja costera que corresponde a la zona de transición entre el sistema de dos acuíferos separados por una capa arcillosa cerca de la costa y el sistema de un solo acuífero de tipo libre hacia el noreste (CONAGUA, 2013b).

Se estima que el área intrusionada por el agua de mar es de 1,113 Km², con un promedio de 17 km de ancho y una longitud de 65 km; resulta de una franja desde Bahía de Kino a al estero Tastiota. Que en términos de volumen de la masa de agua salada considerando un espesor de 29 m de profundidad (acorde a los resultados de los registros de conductividad eléctrica realizados en los pozos del acuífero) se estima un total de 3,227 hm³. Este volumen dividido entre los 98.4 millones que entran cada año como recarga del mar, resultan casi 33 años de intrusión.

Lo anterior, permite afirmar que la migración de la intrusión salina, lejos de haber sido controlada, avanzó por las rutas mencionadas y continúa siendo atraída por la inducción que el bombeo actual tiene sobre ella. Lo que sugiere si se continua bajo el mismo esquema de explotación, la intrusión marina continuará hasta mezclarse completamente con el agua de buena calidad del acuífero (Monreal, R., et al., 2001).

3.1.2. Acuífero La poza

Censos de aprovechamiento e hidrometría

De acuerdo con CONAGUA (2015b), se tienen concesionados y asignados un total de 79 captaciones de aprovechamiento subterráneos, de las cuales 36 corresponden a norias y 43 a pozos.

Tabla III-3. Pozos concesionados dentro del acuífero La Poza (CONAGUA, 2015b).

USO	NO. DE POZOS	VOLUMEN TOTAL CONCESIONADO ANUALMENTE (hm ³)
Abrevadero	41	3.6
Agrícola	3	2.9
Agropecuario	4	0.32
Doméstico	4	0.32
Pecuario	5	0.32
Público urbano	4	0.32
Sin uso	18	0.32

Como se puede observar en la tabla anterior, el mayor volumen concesionado le pertenece al Uso Abrevadero, seguido del Uso Agrícola.

Balance de aguas subterráneas

De acuerdo con CONAGUA (2015b), la recarga vertical es de $0.8 \text{ hm}^3/\text{año}$, la recarga inducida es de $0.6 \text{ hm}^3/\text{año}$ y el volumen anual de entrada por flujo horizontal es de 32.4 hm^3 y la recarga total es de 33.8 hm^3 .

Disponibilidad

Para el acuífero La Poza la recarga total media anual correspondiente a todos los volúmenes que ingresan al acuífero de manera natural e inducida es de $33.8 \text{ hm}^3/\text{año}$, los cuales 33.2 hm^3 pertenecen a recarga natural y el restante a recarga inducida (CONAGUA, 2015b). Asimismo, CONAGUA (2015b) menciona que la única descarga natural comprometida es las salidas del flujo horizontal del acuífero hacia acuíferos vecinos equivalente a $10 \text{ hm}^3/\text{año}$ y por otro lado, el volumen concesionado de agua subterránea es de $11.16 \text{ hm}^3/\text{año}$. De esta manera la disponibilidad de agua subterránea es de $12.635 \text{ hm}^3/\text{año}$ para otorgar nuevas concesiones.

Calidad del agua y Contaminación

Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

De acuerdo con CONAGUA (2015b) la calidad del agua subterránea es buena con excepción de algunos puntos en los que se presentan concentración por arriba del límite permisible de algunos metales de acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994, tales como: arsénico, selenio, uranio, entre otros, provenientes de lixiviados en rocas de minas inundadas.

3.1.3. Acuífero Mesa del Seri-La Victoria

Censo de aprovechamientos e hidrometría

Con base en la información de CONAGUA (2015c) en el acuífero existe un total de 474 aprovechamientos del agua subterránea, de los cuales 289 son pozos y 185 norias de bajo rendimiento que abastecen las necesidades del uso doméstico-abrevadero. Por su parte el uso del agua subterránea se divide de la siguiente manera: el 64.1% se destina al uso agrícola, el 13.6% al uso pecuario, el 11.3% para el uso público-urbano, el 7.5% para uso industrial y el 3.5% restante se destinan al uso doméstico-abrevadero.

Balance de aguas subterráneas

De acuerdo con los datos del último censo e hidrometría realizados en el 2006 por CONAGUA, el volumen de extracción de agua subterránea asciende a los 120 hm³ anuales. Asimismo, considera un valor de las entradas subterráneas mayor a 15 hm³ anuales.

En cuanto a las descargas y recargas que presenta el acuífero, el valor de la recarga inducida por riego equivale a 13 hm³/año, el cual equivale al 17% del volumen total destinado para uso agrícola CONAGUA (2015c). Por su parte, la descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo con un volumen de extracción de agua de más de 120hm³/año y una descarga natural comprometida de 16 hm³/año. Las entradas horizontales ascienden a 15 hm³/año, por lo que se estima un valor de la recarga total de 73 hm³/año.

Disponibilidad

La recarga total media anual que recibe el acuífero (CONAGUA 2015c), es de 73 hm³/año. De este volumen 30 hm³ son recarga natural y los 43 hm³ restantes son de recarga inducida. La descarga natural para este acuífero es de 16 hm³/año, que corresponde a las salidas subterráneas hacia el acuífero Costa de Hermosillo. Mientras tanto, el volumen anual de extracción, es de 94.824 hm³/año. La disponibilidad de aguas subterráneas constituye un volumen aproximado de -37.824 hm³ anuales. Lo anterior evidentemente indica que no existen volúmenes adicionales para otorgar nuevas concesiones, en vez de ello se tiene un déficit de 37.824 hm³ anuales que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero Mesa del Seri-La Victoria.

Calidad del agua y Contaminación

Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

La familia de agua predominante en el acuífero es la sódica-bicarbonatada, que representa agua recién infiltrada, aunque localmente se identifica la presencia de sulfatos y cloruros, asociados posiblemente a la influencia de una fuente hidrotermal, en la zona aledaña a la falla normal donde la granodiorita cretácica y los materiales granulares están en contacto, desde La Victoria hasta San Pedro El Saucito. Por su parte, en la zona de El Alamito y La Resolana, las cuales presentan profundidades que varían entre 100 y 300 m, se han localizado concentraciones de flúor (1.8 a 3.6 mg/l) y arsénico (0.0056 a 0.084 mg/l) que sobrepasan la norma oficial NOM-127 de agua para consumo humano.

Por el contrario, existe una condición favorable en cuanto a las concentraciones de Sólidos Totales Disueltos (STD), ya que varían de 300 a 500 ppm, registrándose los valores más bajos hacia la presa El Molinito y los más altos hacia el poblado La Victoria y hacia el vaso de la presa Abelardo L. Rodríguez. Esto puede ser posible debido al poco tiempo que el agua permanece en esta zona y a la mezcla con el agua que proviene de la infiltración de lluvia o el desfogue de la presa El Molinito que se da a través del cauce del río Sonora.

La concentración máxima de CaCO_3 se registra al suroeste del poblado El Realito y su presencia puede ser atribuida a la existencia de rocas carbonatadas en la zona; mientras que las concentraciones de sodio no superan el límite máximo de 200 mg/l que establece la NOM-127 y sus valores varían entre 36 y 164 mg/l, siendo mayor la concentración al noroeste del predio Mayola.

En cuanto a las concentraciones de bicarbonatos, éstas varían entre 220 y 427 mg/l y su valor máximo se registra al oriente del poblado Mesa del Seri, las concentraciones de cloruros no superan el límite máximo permisible de 250 mg/l que establece la NOM-127, sino que varían 20 y 135 mg/l y los valores más altos se registran hacia La Victoria mientras que los más bajos hacia la presa Abelardo L. Rodríguez (CONAGUA, 2015c).

3.1.4. Acuífero Río Bacanuchi

Censo de aprovechamientos e hidrometría

En el año 2005 se registró una existencia de 26 aprovechamientos subterráneos de los cuales 17 son pozos y el resto norias. Del total de pozos sólo 5 se encuentran inactivos.

El volumen de extracción anual es de 4.1 hm^3 que de acuerdo con la tabla siguiente se distribuye en sus diferentes usos.

Tabla III-4. Volúmenes concesionados de acuerdo a su uso en el acuífero Río Bacanuchi (Fuente: CONAGUA, 2015b).

USO	VOLUMEN TOTAL CONCESIONADO ANUALMENTE (hm^3)
Agrícola	0.4
Doméstico	0.7
Industrial	0.2
Pecuario	2.8

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Como se puede observar en la tabla anterior, el mayor volumen concesionado le pertenece al Uso Pecuario, seguido del Uso Doméstico.

Balance de aguas subterráneas

De acuerdo con CONAGUA (2015b) la recarga vertical es de $2.9 \text{ hm}^3/\text{año}$ y el volumen anual de entrada por flujo horizontal es de 16.1 hm^3 . Por su parte, el volumen de salida por evapotranspiración es de $12.2 \text{ hm}^3/\text{año}$, por bombeo es de $4.1 \text{ hm}^3/\text{año}$ y por flujo horizontal de $2.7 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Disponibilidad

La recarga total media anual correspondiente de todos los volúmenes que ingresan al acuífero de manera natural e inducida es de $19 \text{ hm}^3/\text{año}$, la descarga natural comprometida corresponde al 50% de la evapotranspiración equivalente a $6.1 \text{ hm}^3/\text{año}$, el volumen concesionado inscrito en el REPDa es de $2.6 \text{ hm}^3/\text{año}$. Lo anterior indica que la disponibilidad es de $10.3 \text{ hm}^3/\text{año}$ para otorgar nuevas concesiones (CONAGUA, 2015b).

Calidad del agua y Contaminación

Hidrogeoquímica y Calidad del Agua Subterránea

El documento de *Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero Río Bacanuchi* (CONAGUA, 2015d) menciona que se realizó un muestreo en 10 aprovechamientos de agua subterránea y una en la descarga del Arroyo Milpillás, donde se determinaron los iones mayoritarios, temperatura, pH, conductividad eléctrica, Nitratos, dureza total y sólidos totales disueltos.

Con base en los resultados se concluye la existencia de buena calidad del agua dentro del acuífero Río Bacanuchi, en el que solo el parámetro pH se mantiene ligeramente por arriba de la neutralidad (7 a 8.3), dándole un comportamiento alcalino. Por ello y de acuerdo con la clasificación de Piper el agua se clasifica como predominantemente bicarbonatada sódica, agua que se considera poco evolucionada o de reciente infiltración.

3.1.5. Acuífero Río Bacoachi

Censos de aprovechamiento e hidrometría

El informe de CONAGUA (2015e) reporta el registro de un total de 79 captaciones del agua subterránea, de las cuales 36 corresponden a norias y 43 a pozos. Por su parte, el volumen de extracción asciende a 8.1 hm³/año, de los cuales 2.9 hm³/año es de uso agrícola, 3.6 hm³/año de uso abrevadero y el restante (1.6 hm³/año) se destina a uso doméstico, agropecuario, pecuario y público urbano.

Balance de aguas subterráneas

En el acuífero existe un volumen de recarga inducida del 1.9 hm³/año, un volumen de 16.5 hm³/año de entradas horizontales dentro del área de balance definida en el valle, un valor de evapotranspiración de 15.2 hm³/año y un volumen de extracción de 13.9 hm³/año. Por su parte, el valor de las salidas subterráneas es de 2.6 hm³ anuales. (CONAGUA, 2015e).

Disponibilidad

La recarga total media anual que recibe el acuífero es de 31.7 hm³/año, de los cuales 18.4 hm³ son recarga vertical y entradas horizontales y los 13.3 hm³ restantes corresponden a la recarga inducida. Como descarga natural se tiene a las salidas horizontales que corresponde a un valor de 31.7 hm³/año. Por su parte, el volumen anual de extracción es de 13.86 m³/año por lo que la disponibilidad de aguas subterráneas para el acuífero Río Bacoachi es de 10.24 m³ anuales, los cuales se pueden emplear en la concesión de nuevos aprovechamientos dentro de la región.

Calidad del agua y Contaminación

Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Los valores de Sólidos Totales Disueltos (STD) varían de 470 a 700 mg/l y los de conductividad eléctrica de entre 404 a 1040 µS/cm categorizándose como dulce. De igual forma, los valores de la temperatura oscilan entre los 21.5 a 36.2°C siendo los más altos posiblemente asociados a fuentes termales. Por su parte, los valores de pH están entre 6.8 a 7.7 lo que significa que no sobrepasan los límites permisibles establecidos por la NOM-127. Por último, y de acuerdo con la clasificación de Piper, la familia de agua predominante es la bicarbonatada sódica lo que cual se considera un agua muy poco evolucionada (joven) o de reciente infiltración.

3.1.6. Acuífero Río San Miguel

Censos de aprovechamiento e hidrometría

De acuerdo con el censo de aprovechamientos, realizado en el año 2008, en el acuífero existen un total de 179 aprovechamientos del agua subterránea, siendo la mayoría de ellos norias. El volumen total de extracción es de aproximadamente 56.9 hm³/año, de los cuales el mayor volumen se destina al uso agrícola con el 85.1 %, le sigue el público urbano con un 13% y finalmente el uso doméstico con un 1.9%.

Balance de aguas subterráneas

De acuerdo con CONAGUA (2015f), la recarga vertical es de 1.2 hm³, evapotranspiración de 9.6 hm³ y un volumen total anual de recarga es igual a 68.7 hm³.

Disponibilidad

Para el acuífero Río San Miguel la recarga total media anual correspondiente a todos los volúmenes que ingresan al acuífero de manera natural e inducida es de 68.7 hm³/año, de los cuales 67.5 hm³ son debidos a la recarga natural y 1.2 hm³ a la recarga inducida (CONAGUA, 2015f). Asimismo, el valor de la descarga natural comprometida es de 2.2 hm³/año, los cuales corresponden a las salidas debidas al flujo subterráneo hacia el acuífero vecino Mesa del Seri – La Victoria. En cuanto al volumen anual de extracción, éste tiene un valor de 48.99 hm³/año. Por lo anterior, concluye que la disponibilidad para el acuífero en cuestión es de 17.51 hm³/año, cifra que indica el volumen para otorgar nuevas concesiones (CONAGUA, 2015f).

Calidad del agua y contaminación

Hidrogeoquímica y calidad del agua

Los estudios realizados en 2005 y 2008 muestran los parámetros tomados de: temperatura, iones mayores y menores, conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrogeno (pH), potencial redox, (Eh), nitratos, dureza, solidos totales disueltos (STD) y dureza total. De acuerdo con los resultados se determinó que las concentraciones de los diferentes iones y elementos no sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la NOM-127-SSA1-1994 de STD. La concentración de STD varía de norte a sur desde 186 a 887 mg/lit, confirmando así la dirección de flujo preferencial del agua subterránea. Los resultados obtenidos para la Conductividad Eléctrica varían de 290 1370 µS/cm, otorgando al agua del acuífero una clasificación de agua dulce, la temperatura medida en los distintos sitios varía de 12.9 a 30.5 °C y el pH promedio fue de 7.4.

En cuanto a las concentraciones de elementos mayores por ion dominante, se concluye que la familia de agua predominante es la bicarbonatada cálcica, a la cual se le atribuye agua

meteórica de reciente infiltración, también existen, aunque en menor proporción, las familias de agua bicarbonatada sódica y sulfatada-cálcica-sódica.

3.1.7. Acuífero Río Sonora

Censos de aprovechamiento e hidrometría

Dentro del acuífero, existen 638 obras de captación de agua subterránea: 447 norias, 182 pozos profundos, 7 tajos y 2 manantiales. Del total de las captaciones mencionadas, 469 se encuentran activas y 169 sin equipo y por consecuencia inactivas, de las captaciones activas, 317 son para uso agrícola, 57 para abastecimiento de agua potable, 9 para uso industrial, 84 para usos domésticos y de abrevadero y 3 manantiales para uso terapéutico.

Todos los aprovechamientos de aguas subterráneas se localizan en el valle del río Sonora. Los caudales de extracción de las norias mencionadas, varían desde 5 a 100 lps, teniendo en la mayoría caudales mayores a los 40 lps. En cuanto a los pozos profundos, estos se encuentran perforados a profundidades que varían desde los 25, hasta los 30 metros, existiendo uno que llega hasta 412 m. Los caudales de extracción para estos pozos van desde los 40 lps hasta los 100 lps. Las norias que se encuentran mejor equipadas son de gran diámetro y van desde los 2 hasta los 72 metros de profundidad, con caudales de extracción que van de los 20 a los 30 lps. Los usos para dichas norias son los siguientes: 29 para uso agrícola, 4 para abastecimiento de agua potable y 1 para uso doméstico.

Balance de aguas subterráneas

El acuífero Río Sonora recibe una recarga media anual de 66.6 hm³, de los cuales 63.8 hm³ son debidos a la recarga natural y 2.8 hm³ a la recarga inducida. Sin embargo, esta cifra de recarga media anual puede ascender hasta 81.6 hm³ en periodos de lluvias más abundantes (CONAGUA, 2015g).

Disponibilidad

Para el acuífero Río Sonora la recarga total media anual correspondiente a todos los volúmenes que ingresan al acuífero de manera natural e inducida es de 66.6 hm³/año. En cuanto a la disponibilidad se estima un valor de -48.82 hm³/año cifra que indica que actualmente no existe un volumen disponible para nuevas concesiones en el acuífero.

Calidad del agua y Contaminación

Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Los resultados de STD, arrojan que en la parte más alta de la subcuenca, los sólidos en solución varían entre 350 y 660 ppm, siendo las más bajas las de la cabecera de la cuenca. Esto permite inferir que los materiales que constituyen al acuífero deben ser de alta permeabilidad y que el agua es recientemente infiltrada.

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de sulfatos (SO_4), la distribución de estos a lo largo y ancho del acuífero es semejante a la de los STD, es decir que las menores concentraciones (de 50 a 90 ppm), se localizan en la parte alta de la cuenca y conforme el agua circula por el río va incrementando su contenido de sulfatos hasta (200 a 250 ppm). Las concentraciones de bicarbonato (HCO_3), estas varían de 250 a 500 ppm, localizándose las menores concentraciones en la cabecera de la cuenca, lo cual permite inferir que la mayor precipitación pluvial se lleva a cabo en los poblados de Baviácora y Mazocahui; en donde se presentan las menores concentraciones.

Los contenidos de Calcio (Ca), varían de 60 a 250 ppm y presentan la misma tendencia de concentración que los bicarbonatos. La distribución de Sodio (Na) es muy homogénea a lo largo de toda la cuenca, pues arrojó valores de 50 a 70 ppm.

De acuerdo con la interpretación del análisis de diagramas triangulares, el agua del subsuelo en este acuífero es de tipo cálcico-bicarbonatada. Esto es debido a la presencia de rocas sedimentarias de origen marino, mientras que, en las rocas de origen metamórfico, la descomposición meteórica libera calcio de minerales del grupo de los feldespatos. Las concentraciones más frecuentes de bicarbonato suelen estar comprendidas entre las 50 – 100 ppm.

3.1.8. Acuífero Río Zanjón

Censo de aprovechamientos e hidrometría

En el acuífero Río Zanjón existen 566 captaciones de agua subterránea a través de pozos y norias. De ese total, 224 se destina para uso agrícola, 105 para público urbano, 113 para uso pecuario, 97 uso múltiple, 25 doméstico, 1 servicios, 1 para uso industrial. Los caudales de extracción en el caso de los pozos son superiores a 80 lps en su mayoría, las norias representan entre los 10 y 30 lps (CONAGUA, 2015h).

Balance de aguas subterráneas

Los resultados del balance de agua realizado por CONAGUA indican un volumen anual de recarga de $76.8 \text{ hm}^3/\text{año}$, con una extracción por bombeo de 90.03 hm^3 .

Disponibilidad

De acuerdo con CONAGUA (2015h), la recarga inducida para el acuífero Río Zanjón es de $76.8 \text{ (hm}^3/\text{año)}$, no existe una descarga natural comprometida y el volumen de extracción es de $90.035 \text{ hm}^3/\text{año}$. El valor de la disponibilidad dentro de este acuífero es de -13.23 hm^3 , lo que significa que actualmente no existe volumen disponible para nuevas concesiones dentro de esta unidad hidrogeológica.

Calidad del agua y Contaminación

Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

La calidad del agua en el acuífero Río Zanjón es buena tanto en el Acuífero Superior como Inferior. El contenido de sales va de los 300 a 900 mg/l; la concentración de STD varía entre 200 ppm en la parte norte de la subcuenca y de 500 ppm en un área cerca del Río San Miguel. Esta variación en conjunto con los niveles piezométricos permiten inferir que la dirección preferencial del flujo subterráneo es en el sentido del río Zanjón.

Por su parte, el contenido de bicarbonatos va de los 150 a 400 ppm y van aumentando aguas abajo, cerca de la Presa Abelardo L. Rodríguez. Los contenidos de Calcio oscilan entre los 10 y 400 ppm y los contenidos de Sodio varían de 30 a 80 ppm; sin embargo, aguas abajo de Pesqueira se incrementan los contenidos de Sodio hasta 300 ppm; este mismo fenómeno se observa en los ríos San Miguel y Sonora (CONAGUA, 2015h).

Siguiendo lo anterior, la familia de agua predominante, según la clasificación de Chase Palmer es la cálcica, bicarbonatada-sódica que se refieren a aguas jóvenes o de reciente información.

Con

taminación

La calidad del agua destinada para riego tiene de baja a media cantidad de sales y peligro reducido de llegar a acumular cantidades peligrosas de sodio, por lo que el sector agrícola puede utilizar agua de buena calidad para sus riegos.

3.1.9. Acuífero Sahuaral

Censos de aprovechamiento e hidrometría

De acuerdo con el censo de aprovechamientos, realizado en el año 2009, en el acuífero Sahuaral existen un total de 97 aprovechamientos del agua subterránea, de los cuales 89 se encuentran activos. El volumen total de extracción es de 58.6 hm³/año aproximadamente. Los detalles de estas concesiones se muestran en la Tabla III-5 (CONAGUA, 2015i).

Tabla III-5. Pozos concesionados dentro del acuífero Sahuaral (CONAGUA, 2015i)

USO	%	VOLUMEN CONCESIONADO (hm ³)
Doméstico y pecuario	0.3	0.2
Agrícola	97.3	57
Público urbano	1.9	1.1
Otros usos	0.5	0.3

El mayor volumen concesionado le pertenece al uso agrícola con el 97.3 %, después el público urbano con un 1.9%, los usos doméstico y pecuario con un 0.3% y finalmente otros usos con un porcentaje de 0.5%.

Balance de aguas subterráneas

De acuerdo con CONAGUA (2015i), el volumen total anual de recarga es igual a 58.6 hm³, de los cuales 46.7 hm³ son debidos a la recarga natural y 11.9 hm³ a la recarga inducida (CONAGUA, 2015i).

Disponibilidad

Para el acuífero Sahuaral la recarga total media anual correspondiente a todos los volúmenes que ingresan al acuífero de manera natural e inducida es de 58.6 hm³/año. De esta manera, CONAGUA (2015i) no hay un valor en la descarga natural comprometida sin embargo, el volumen anual de extracción es de 68.339 hm³ y por lo tanto la disponibilidad es de -9.739 hm³/año, cifra que indica que actualmente no existe volumen disponible para otorgar nuevas concesiones en el acuífero.

Calidad del agua y Contaminación

Hidrogeoquímica y calidad del agua

Los estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua en el año 2009 en nueve aprovechamientos para un análisis fisicoquímico, incluyeron los parámetros iones mayoritarios, temperatura, conductividad eléctrica, pH, nitratos, dureza total y Sólidos Totales Disueltos. En cuanto a los resultados obtenidos para la conductividad eléctrica, el agua fue clasificada en la mayoría de los aprovechamientos como agua salobre, agua de mar y salmuera, con excepción de tres muestras que fueron clasificadas como agua dulce, localizadas en la porción oriental del acuífero (CONAGUA, 2015i).

Los resultados obtenidos a partir de los diagramas de Piper y Stiff, reflejan que la familia de agua predominante es la Clorurada-sódica, la cual se atribuye a la mezcla del agua de mar con el agua del acuífero, solo un aprovechamiento ubicado en la parte oriental del acuífero arrojó resultados pertenecientes a la familia Bicarbonatada-Cálcica.

Con respecto a la calidad del agua, los resultados del análisis fisicoquímico reflejan que los valores de Sólidos Totales Disueltos para el acuífero Sahuaral varían de 348 28200 ppm.

También se concluye a partir de dichos resultados que la mayoría de los aprovechamientos analizados presenta concentraciones de Sodio (Na), Cloruros (Cl) y Sólidos Totales Disueltos por encima de los límites permisibles, y solo algunos aprovechamientos para Nitratos (NO_3), Dureza (CaCO_3) y Sulfatos (SO_4).

Contaminación

En áreas aledañas al acuífero se han realizado algunos estudios en los cuales se determina de manera indirecta la intrusión salina hacia el acuífero Sahuaral, esto es debido a las zonas de entrada de recarga y algunos acuíferos aledaños como el Costa de Hermosillo la familia de agua dominante es la Bicarbonatada Cálcica, lo cual es típico de acuíferos en aluviones. La intrusión de agua salina ha alcanzado gran parte del acuífero Costa de Hermosillo por el noroeste y por el sur alcanzando también al acuífero Sahuaral, dicha intrusión no se ha visto afectada a la reducción del bombeo y es atraída por inducción hacia el centro del acuífero. Es posible inferir si se continúa con las condiciones actuales, la intrusión marina puede continuar hasta mezclarse con el agua del acuífero.

3.1.10. Acuífero Santa Rosalía

Censo de aprovechamientos e hidrometría

Dentro del acuífero existen un total de 165 aprovechamientos de aguas subterráneas, de los cuales solo 120 se encuentran activos. En total se trata de 130 norias, 34 pozos profundos y un manantial.

El volumen total de extracción estimado es de 10.4 hm³ anuales, de los cuales 9.6 hm³ se destinan al uso agrícola, 0.5 hm³ al uso pecuario, 0.2 hm³ al uso público-urbano para dotación de agua potable a las comunidades de la región y 0.1 hm³ para uso múltiple y doméstico (CONAGUA, 2015j).

Balance de aguas subterráneas

De acuerdo con CONAGUA (2015j), el volumen total anual de recarga para este acuífero es igual a 11.8 hm³/año, de los cuales 9.9 hm³ son debidos a la recarga natural y 1.9 hm³ a la recarga inducida (CONAGUA, 2015j).

Disponibilidad

Para el acuífero Santa Rosalía la recarga total media anual correspondiente a todos los volúmenes que ingresan al acuífero de manera natural e inducida es de 11.8 hm³/año. Por su parte, CONAGUA (2015j) concluye que el valor de la descarga natural comprometida es cero y que el volumen anual de extracción es de 7.424 hm³, por lo tanto, la disponibilidad es de 4.375 hm³/año, cifra que indica el volumen para otorgar nuevas concesiones.

Calidad del agua y Contaminación

Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

De acuerdo con el análisis fisicoquímico realizado por la Comisión Nacional del Agua en el año 2007 en 10 aprovechamientos. Los resultados incluyen los parámetros iones mayoritarios, temperatura, conductividad eléctrica, pH, Eh, Nitratos, dureza total y Sólidos Totales Disueltos. Se concluyó que los valores de Sólidos Totales Disueltos varían de 195 a 728 ppm. En cuanto a la Conductividad Eléctrica, el agua del acuífero se clasifica de manera general como agua dulce, ya que los valores obtenidos varían de 360 a 1054 µS/cm.

El resultado obtenido a partir del análisis del diagrama Piper muestra que la familia de agua predominante es la Bicarbonatada Cálculo-Sódica, la cual representa agua de reciente infiltración.

4. RESUMEN DE LOS VALORES DE BALANCE DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS 10 ACUÍFEROS.

En términos generales el balance de agua subterránea, de los diez acuíferos ubicados dentro de los límites de la cuenca del Río Sonora, se disgrega de la siguiente forma: Recarga total 690 hm³, y representa la diferencia entre las entradas y salidas de las variables del balance, es importante destacar que en el caso de Costa de Hermosillo se considera la entrada de agua de mar (98.40 hm³) a la recarga del acuífero. Particularmente el agua de uso público urbano que abastece a la ciudad de Hermosillo se centra en los acuíferos: Costa de Hermosillo, Mesa del Seri- La Victoria, Ríos Zanjón que se encuentran sobreexplotados.

Los acuíferos ubicados en la parte alta de la cuenca del río Sonora (Río Bacoachi y Bacanuchi) tienen consideradas descargas naturales comprometidas para protección de la zona Ripariás ubicada en las márgenes riverieñas de los ríos Bacanuchi y Bacoachi (Tabla III-6; DNCOM), aunque existen salidas horizontales para ambos acuíferos no son consideradas dentro de las descargas naturales comprometidas del río Sonora. Solamente se considera recarga por río en el acuífero Mesa del Serí- La Victoria y salida subterránea del acuífero Sonora al de la Mesa del Serí – La Victoria.

El valor de extracción concesionada es aproximadamente de 883.63 hm³ (Tabla III-6). Aunque existen acuíferos que cuentan con disponibilidad de agua subterránea (La Poza, Río Bacanuchi, Río Bacoachi, Río San Miguel y Santa Rosalía) el valor de la disponibilidad en la cuenca del Río Sonora es negativa (-235.53 hm³).

Es importante destacar que los valores de las variables que componen el balance de agua subterránea corresponden a lo reportado en los documentos de actualización de la disponibilidad media anual de agua en cada uno de los acuíferos, publicados en abril del 2015.

Tabla III-6. Resumen del balance de aguas subterráneas

Acuífero	Recarga (hm ³)	Entradas				Salidas			CVA (hm ³)
		Eh (hm ³)	Ehmar (hm ³)	Rv + RI (hm ³)	Rr(hm ³)	EVT (hm ³)	Sh (hm ³)	Bombeo (hm ³)	
Costa de Hermosillo	250.00	79.10	98.40	72.50	0.00	0.00	0.00	527.35	-227.19
La Poza	33.80	32.40	0.00	1.40	0.00	3.30	22.70	8.10	8.89
Mesa del Seri-La Victoria	73.00	15.00	0.00	28.00	30.00	0.00	16.00	120.00	-63.00

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Río Bacanuchi	19.00	16.10	0.00	2.90	0.00	12.20	2.70	4.10	0.00
Río Bacoachi	31.70	16.50	0.00	15.20	0.00	15.20	2.60	13.90	0.00
Río San Miguel	68.70	49.60	0.00	19.10	0.00	9.60	2.20	56.90	0.00
Río Sonora+	66.60	12.20	0.00	54.40	0.00	0.00	18.00	57.10	0.00
Río Zanjón*	76.80	0.00	0.00	29.60	47.20	5.95	5.04	98.75	-32.94
Sahuaral	58.60	45.10	0.00	13.50	0.00	0.00	0.00	58.60	0.00
Santa Rosalía	11.80	9.80	0.00	2.00	0.00	0.00	1.40	10.40	0.00
Total	690.00	275.80	98.40	238.60	77.20	46.25	70.64	955.20	-314.25

DNCOM: Descarga Natural Comprometida; REPDA: Registro Público de Derechos de Agua; Eh: Entrada horizontal; Ehmar: Entrada horizontal de agua de mar; CVA: Cambio del volumen de almacenamiento; Rv+Ri: Recarga vertical más recarga inducida; EVT: Evapotranspiración; Rr: Recarga por infiltración del río; Sh: Salida horizontal. Río Sonora+: Los valores de las variables del balance se integran de cinco zonas acuíferas; Río Zanjón*: Balance del área de Pesqueira.

5. RESUMEN DEL VALOR DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA.

Los valores de disponibilidad de agua subterránea corresponden a lo publicado en el diario oficial de la federación (20 de abril del 2015), teniendo como base los valores de recarga, descarga natural comprometida, volumen de concesión de aguas subterráneas (con corte al 30/06/2014) y de forma comparativa los resultados de la base REPDA, con corte 2015, analizada en este estudio.

El valor de la disponibilidad de agua subterránea es calculado acorde a lo señalado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000 de la siguiente forma:

$$DAS = Rt - DNCOM - VCAS$$

Donde:

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

Rt= Recarga total media anual;

DNCOM= Descarga natural comprometida;

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

Es de destacar que el valor del volumen concesionado de aguas subterráneas difiere del valor reportado para el volumen de extracción por estudios (Tabla III.6) condición que cobra relevancia al momento de considerar una actualización de la información. El valor de la recarga es congruente con el valor desglosado en el balance del agua subterránea, teniendo una diferencia importante el acuífero el Zanjón donde se actualiza la recarga de 76.80 hm³ a 94.8 hm³, así como el valor de descarga natural comprometida de 0.0 hm³ a 7.80 hm³, ambos valores se replican acorde a los publicado en el DOF sin embargo, en el documento de actualización de la disponibilidad media anual de agua no existen evidencias que justifiquen la modificación, por lo que es un elemento a resaltar para apoyar la actualización de la información que a futuro será la base para la publicación de la disponibilidad.

Existen en la cuenca del río Sonora cinco acuíferos (Tabla III-7) con déficit de agua subterránea siendo éstos los que deberán ser priorizados en las acciones para el reordenamiento de la cuenca. Al comparar los valores de volumen concesionado de aguas subterráneas con el valor del REPDA IMTA se distinguen diferencias, en algunos casos mínimas, pero no desorbitadas, que su origen se intuye en el desfase de las fechas de corte (30/06/2014; 01/11/2015) sin embargo en la sección de recomendaciones se proponen acciones para mejorar la base del REPDA y una vez más se actualice la información, que en su momento será la base para las acciones que conforman el plan de reordenamiento.

Tabla III-7 Resumen de los valores de disponibilidad de agua subterránea.

Acuífero	R (hm ³)	DNCOM (hm ³)	VCAS (hm ³)	VEXTET (hm ³)	DAS (hm ³)	DEFICIT (hm ³)	REPDA IMTA (hm ³)
Costa de Hermosillo	250.00	0.00	347.6284200	430.40	0.00	-97.62842	346.99843281
La Poza	33.80	10.00	23.6393180	8.10	0.160682	0.00	23.72161375
Mesa del Seri-La Victoria	73.00	16.00	102.5017530	120.00	0.00	-45.501753	104.17778137
Río Bacanuchi	19.00	6.10	12.8678490	4.10	0.032151	0.000000	12.89851468
Río Bacoachi	31.70	7.60	28.2941340	13.90	0.00	-4.194134	28.27704699
Río San Miguel	68.70	2.20	48.0422130	56.90	18.457787	0.0000000	47.51515260

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Río Sonora	66.70	0.00	61.2315720	74.60	5.468428	0.0000000	60.93687998
Río Zanjón	94.80	7.80	100.1152180	115.60	0.00	-13.115218	100.61405018
Sahuaral	58.60	0.00	63.6576350	58.60	0.00	-5.0576350	64.67063500
Santa Rosalía	11.80	0.00	10.6345030	10.40	1.165497	0.0000000	10.68666050
TOTAL	708.10	49.70	798.61	892.60	25.12	-165.34	800.49676786

R: Recarga total; DNCOM: Descarga Natural Comprometida; VCAS: Volumen Concesionado de Aguas Subterráneas; VEXTET: Volumen de extracción de estudios; DAS: Disponibilidad de Agua Subterránea; REDPDA IMTA es el resultado del análisis realizado a la base del REPDA con corte 2015.

6. PROGRAMA DE REORDENAMIENTO DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA

6.2. Componentes del plan

El reordenamiento de la cuenca del río Sonora basado en la identificación de los usos principales de agua para establecimiento de metas para un uso eficiente del recurso se basa en: Una reducción del volumen de extracción del agua subterránea del uso agrícola mediante programas de tecnificación, reconversión y rescate de derechos (compra de derechos de agua); La implementación de proyectos de recarga, como la infiltración de agua residual tratada al acuífero Costa de Hermosillo y la recarga de los excedentes superficiales en el acuífero Mesa del Seri- La Victoria; El fortalecimiento de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) y La reglamentación de acuíferos. Las componentes del plan, enfocado al agua subterránea, se agrupan en tres estrategias que integran 19 acciones, mismas que se verán en detalle en el capítulo 5.

6.2.1 Identificación de los usuarios de la cuenca del río Sonora, incluyendo el uso ecológico y/o ambiental

En la sección 3.1.1 al 10 se describen las características geohidrológicas y balance de agua subterránea de los acuíferos Río Bacanuchi, Río Bacoachi, Río Sonora, Río San Miguel, Río Zanjón, Mesa del Seri- La Victoria, La Rosita, La poza, Costa de Hermosillo y Sahuaral que integran la cuenca del Río Sonora, en la sección 2.4.2 se desglosa en porcentaje la concentración de volúmenes concesionados (usuarios) y en la sección 4.3.4 se analiza el volumen concesionado por uso, por acuífero, información que en su conjunto identifica los principales usuarios del agua subterránea.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

6.2.2. Análisis de los volúmenes concesionados con respecto a la eficiencia por uso y la disponibilidad de los recursos hídricos de la cuenca del río Sonora.

El análisis de los volúmenes concesionados se realizó utilizando la base del REPDA, del segundo semestre del 2015, utilizando los campos de coordenadas geográficas para ubicar los aprovechamientos dentro del límite acuífero, como resultado se observa que algunos alumbramientos no están dentro del acuífero como indica la base del REPDA, sino que se sitúan dentro de otros acuíferos aledaños o incluso, fuera de la Cuenca Río Sonora tal como se muestra en el ejemplo de la Ilustración VI-1.

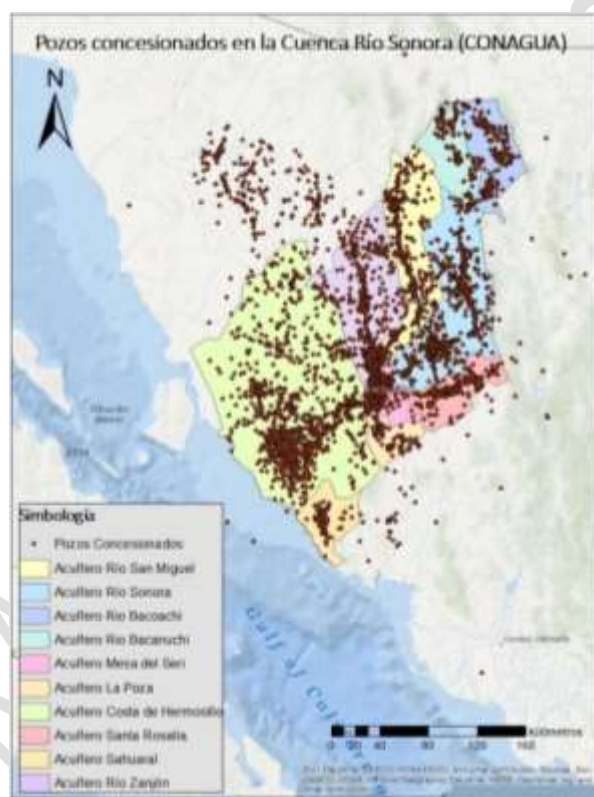


Ilustración VI- 1. Total de pozos concesionados dentro de la Cuenca Río Sonora (REPDA/CONAGUA).

Tomando en cuenta lo anterior se presentaron los casos en donde los aprovechamientos registrados en la base REPDA que por ejemplo se ubican dentro del acuífero Costa de Hermosillo, presentan obras subterráneas localizadas en otros acuíferos como Río Sonora, Santa Rosalía, La Poza, entre otros. En la Ilustración VI- 2. Se grafican en color azul los pozos que geográficamente se encuentran fuera del límite acuífero y en violeta, los pozos que están dentro del acuífero Costa de Hermosillo.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

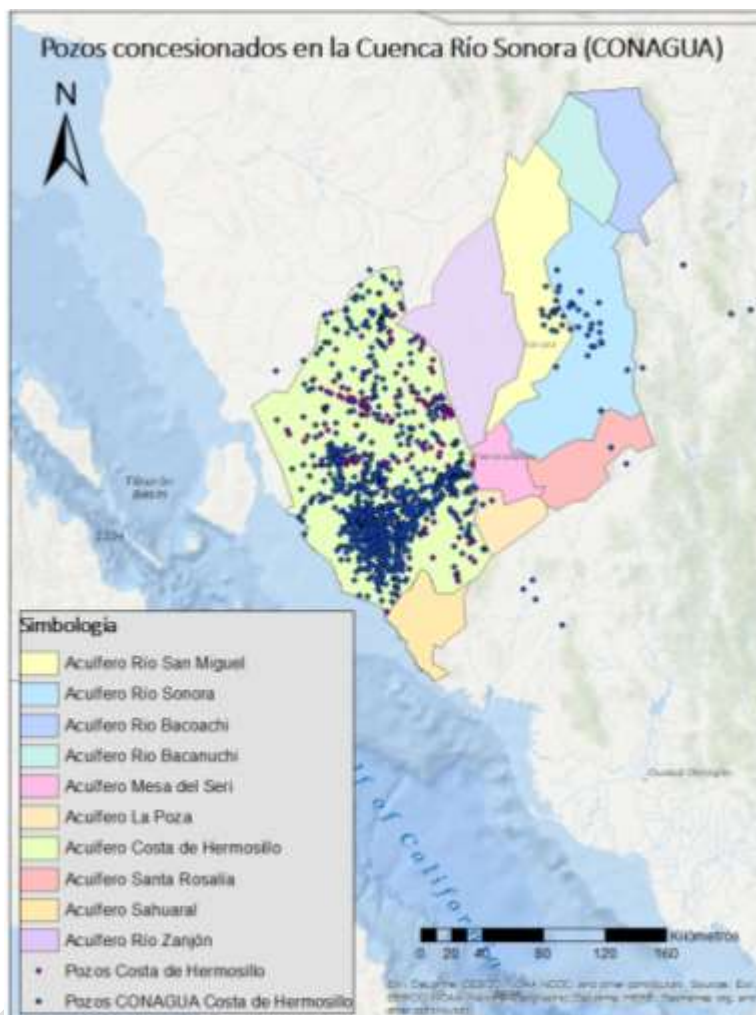


Ilustración VI- 2. Pozos concesionados para el acuífero Costa de Hermosillo en donde se muestra la distribución geográfica de las obras subterráneas.

Debido a las inconsistencias comentadas se decidió realizar el análisis de los volúmenes concesionados tomando en cuenta la información tal cual indica el REPDA y un segundo análisis en donde se separan las obras que geográficamente no están dentro del límite del acuífero. Los resultados de ambos análisis se muestran en las siguientes secciones y al final se clasifican todos aquellos aprovechamientos que se ubican fuera de la cuenca del Río Sonora.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

6.2.3. Análisis utilizando la base de datos del REPDA

Tomando como base los datos del REPDA, el volumen total de agua que se extrae de la Cuenca Río Sonora es de **796,950,366 m³/año**, los que se dividen en tres volúmenes (asignados o concesionados), si el titular tiene más de un volumen anual concesionado y lo utiliza para diferentes sectores. Vol. Extracción Anual 1, Vol. Extracción Anual 2 y Vol. Extracción Anual 3; así como sus respectivos usos: USO1, USO2, USO3. En la Tabla VI-1 se ejemplifica de lo anterior, para el caso del pozo 02SON108064/09IPGR98 perteneciente al acuífero Río Zanjón, el cual tiene tres volúmenes concesionados que emplea en tres diferentes usos (Agrícola, Pecuario y Doméstico).

Tabla VI- 1. Ejemplo de distribución de volúmenes concesionados por titular dentro de los acuíferos de la Cuenca Río Sonora.

POZO	X	Y	VolExtAnu1	VolExtAnu2	VolExtAnu3	USO1	USO2	USO3	ACUIFERO
02SON101821/09AMGR98	486221.27	3224305.04	48000	0	0	AGRICOLA			MESA DEL SERI-LA VICTORIA
02SON102605/09IMGR00	495083.44	3161824.97	1990	0	0	PECUARIO			LA POZA
02SON102776/09IMGR00	506517.66	3164595.37	6716	0	0	PECUARIO			LA POZA
02SON102978/09FPGR00	559060	3255627.76	1200	0	0	INDUSTRIAL			RIO SONORA
02SON103270/09GMGR00	439655.65	3242122.6	1460	0	0	PECUARIO			RIO SONORA
02SON107459/09IPGR98	523832.61	3183359.37	6000	913	0	AGRICOLA	PECUARIO		LA POZA
02SON107649/09HPGR98	419105.85	3357561.6	29530	0	0	PUBLICO URBANO			RIO SONORA
02SON107858/09IPGR98	550382.87	3344756.95	181	385	0	PECUARIO	DOMESTICO		RIO SONORA
02SON107875/09HPGR98	477466.15	3181971.92	25126	0	0	PUBLICO URBANO			LA POZA
02SON107878/09HMGR98	522506.73	3181971.86	25126	0	0	PUBLICO URBANO			LA POZA
02SON108064/09IPGR98	490297.85	3252430.76	108000	584	438	AGRICOLA	PECUARIO	DOMESTICO	RIO ZANJON
02SON108133/09HMGR98	452282.43	3299619.59	18998	0	0	PUBLICO URBANO			COSTA DE HERMOSILLO
02SON108314/09GPGR98	443484.02	3342416.62	730	0	0	PECUARIO			RIO SONORA
02SON108434/09IPGR98	531691.01	3234127.65	138000	2000	0	AGRICOLA	PECUARIO		RIO SONORA
02SON108435/09IPGR98	469118.15	3233879.21	138000	2000	0	AGRICOLA	PECUARIO		RIO SONORA

En la Tabla VI - 2 se muestra la relación de volúmenes de extracción anual 1, 2, 3 y total, así como el número total de alumbramientos por cada acuífero.

Tabla VI- 2 Volúmenes de extracción Anual 1, Anual 2, Anual 3 y Anual Total por cada uno de los acuíferos dentro de la Cuenca Río Sonora.

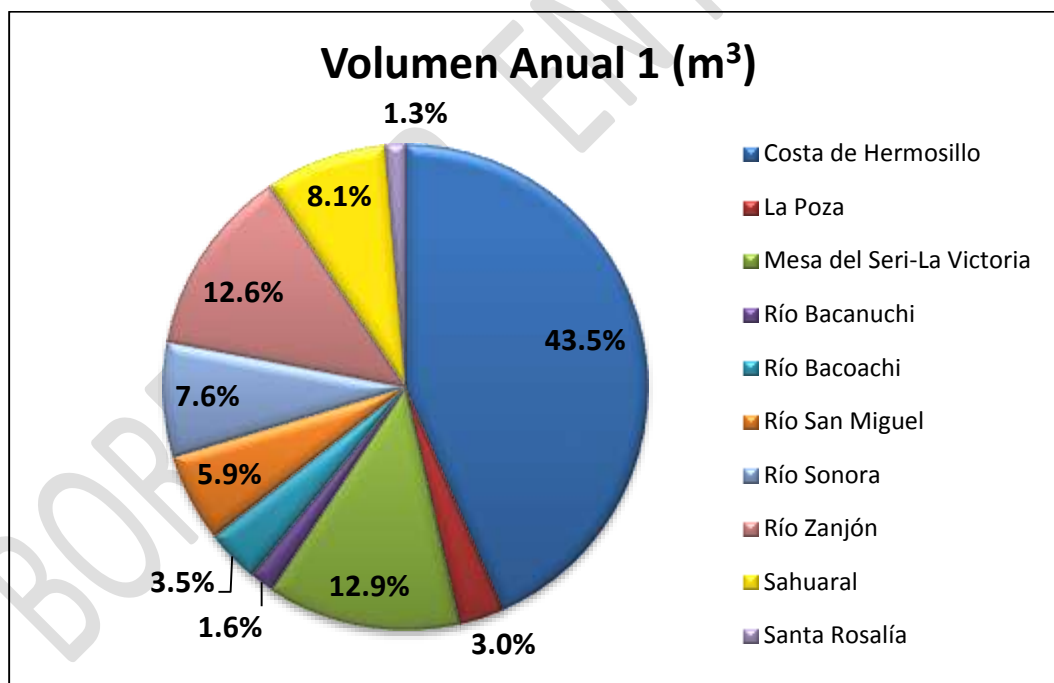
Por acuífero					
Acuífero	# Total de Alumbramientos	Volumen Anual 1 (m ³)	Volumen Anual 2 (m ³)	Volumen Anual 3 (m ³)	Volumen Total Anual (m ³)
Costa de Hermosillo	910	346,275,182.3	717,301.56	5,949	346,998,432.8
La Poza	141	23,683,200	36,647.5	1,766.25	23,721,613.75

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Mesa del Seri-La Victoria	691	102,647,923.2	1,492,198.7	37,659.5	104,177,781.4
Río Bacanuchi	158	12,887,219.18	10,637.5	658	12,898,514.68
Río Bacoachi	382	28,234,855.99	41,753	438	28,277,046.99
Río San Miguel	899	47,224,075.01	288,515.25	2,568	47,515,158.26
Río Sonora	1,107	60,633,298.48	295,160	8,421.5	60,936,879.98
Río Zanjón	691	100,141,947.7	450,393	21,709.5	100,614,050.2
Sahuaral	115	64,631,723	36,510	2,402	64,670,635
Santa Rosalía	270	10,590,941	93,622.25	2,097.25	10,686,660.5
Total	5,364	796,950,365.9	3,462,738.76	83,669	800,496,773.6

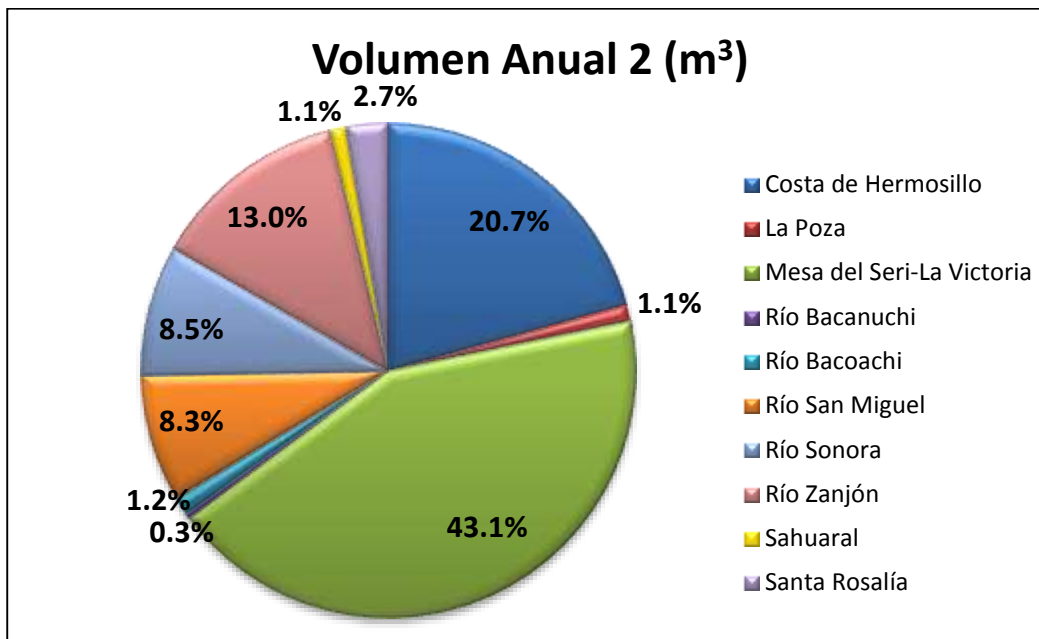
La ilustración VI-3 resalta en porcentaje de cada volumen anual (1, 2 y 3) en cada uno de los acuíferos ubicados dentro de la cuenca del Río Sonora.



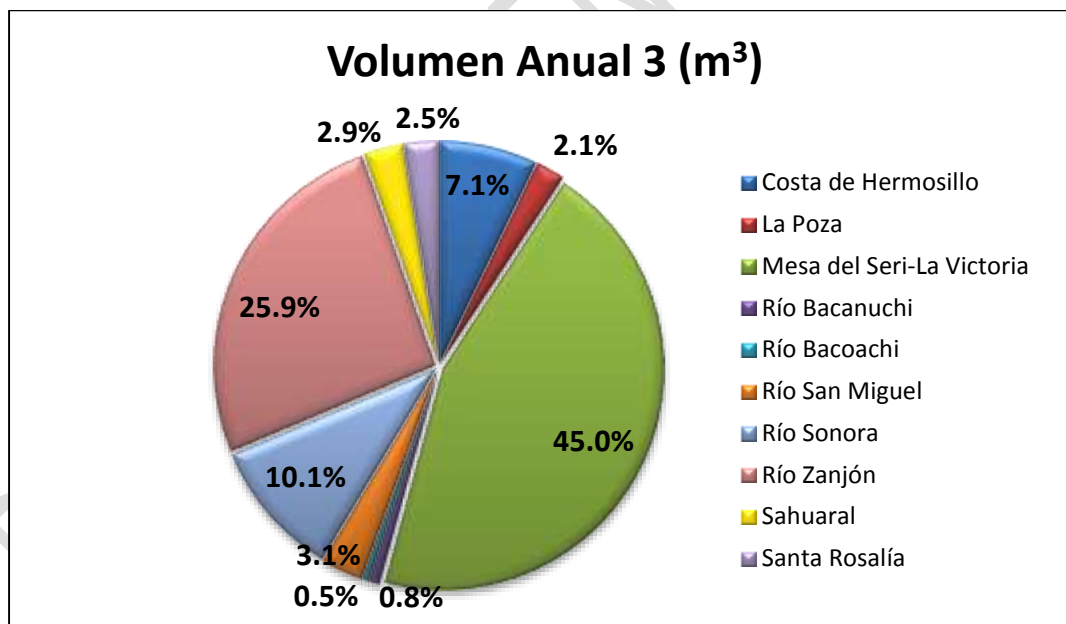
a)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD



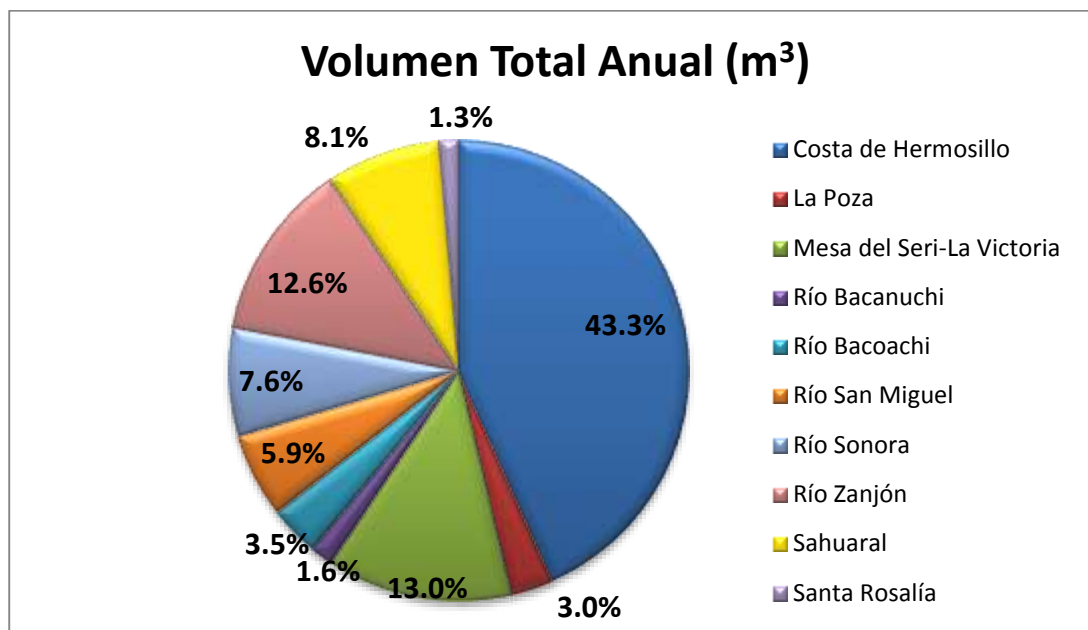
b)



c)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD



d)

Ilustración VI- 3. Distribución de los volúmenes de extracción anuales por acuífero de la Cuenca Río Sonora.
a) Volumen Anual 1; b) Volumen Anual 2; c) Volumen Anual 3; d) Volumen Total Anual (CONAGUA).

Volumen de agua concesionado por acuífero

Costa de Hermosillo

El número total de pozos concesionados para este acuífero es de **910** (Ilustración VI- 4.).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

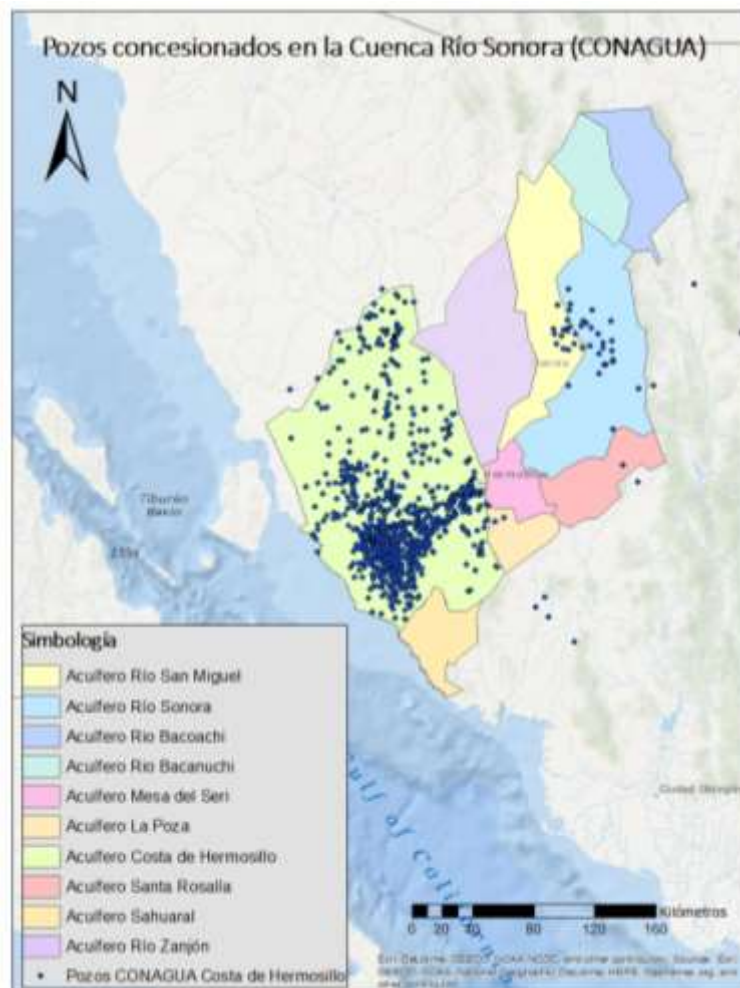


Ilustración VI- 4. Pozos concesionados para el acuífero Costa de Hermosillo (REPDA/CONAGUA).

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras:

Volumen de Extracción Anual 1: 346,275,182.25 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 717,301.56 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 5,949 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

La Poza

El número total de alumbramientos para este acuífero es de **141** (Ilustración VI- 5.).

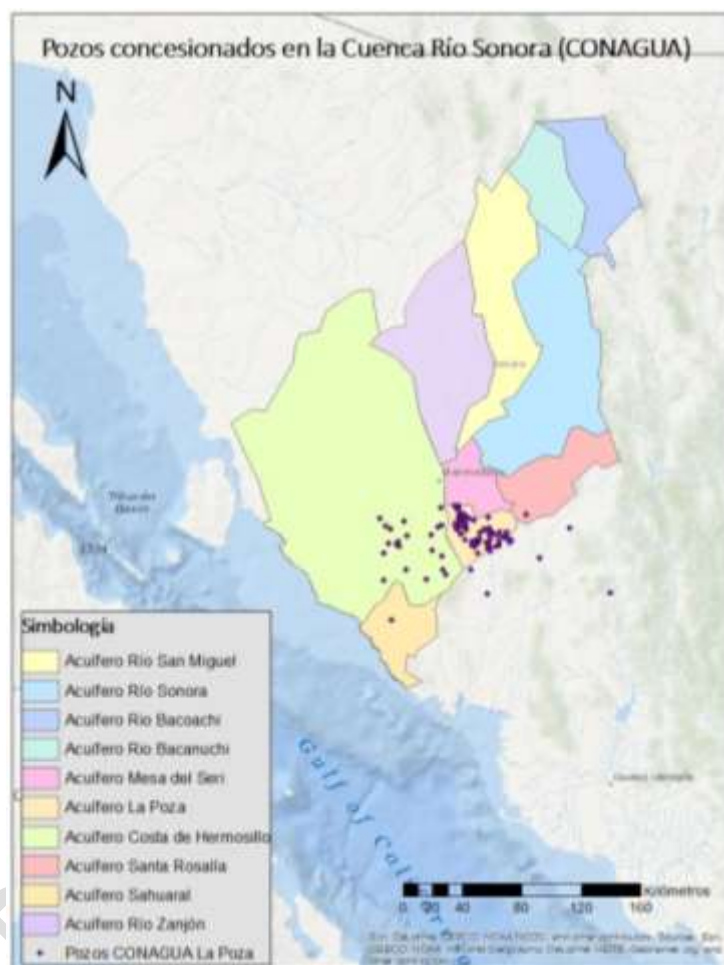


Ilustración VI- 5. Pozos concesionados para el acuífero La Poza (REPDA/CONAGUA).

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras:

Volumen de Extracción Anual 1: 23,683,200 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 36,647.5 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 1,766.25 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Mesa del Seri-La Victoria

El número total de alumbramientos para este acuífero es de **691** (Ilustración VI- 6.).



Ilustración VI- 6. Pozos concesionados para el acuífero Mesa del Seri-La Victoria (REPDA/CONAGUA).

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras.

Volumen de Extracción Anual 1: 2,530,550 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 1,492,198.7 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 37,659.5 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Río Bacanuchi

El **número total de alumbramientos** para este acuífero es de **158** (Ilustración VI- 7.).



Ilustración VI- 7. Pozos concesionados para el acuífero Río Bacanuchi (REPD/CONAGUA).

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras:

Volumen de Extracción Anual 1: 12,887,219.18 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 10,637.5 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 658 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Río Bacoachi

El número total de alumbramientos para este acuífero es de 382 (Ilustración 1.8.)

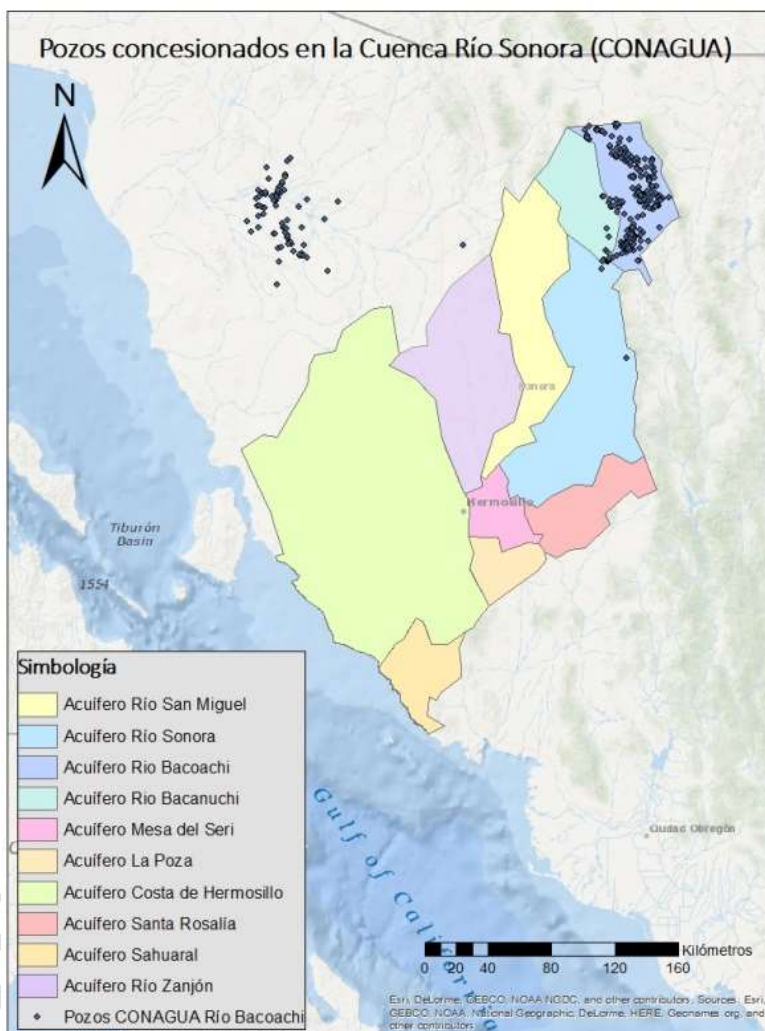


Ilustración VI- 8. Pozos concesionados para el acuífero Río Bacoachi (REPDA/CONAGUA).

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras:

Volumen de Extracción Anual 1: 28,234,855.99 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 41,753 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 438 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Río San Miguel

El número total de alumbramientos para este acuífero es de 899 (Ilustración VI- 9.).

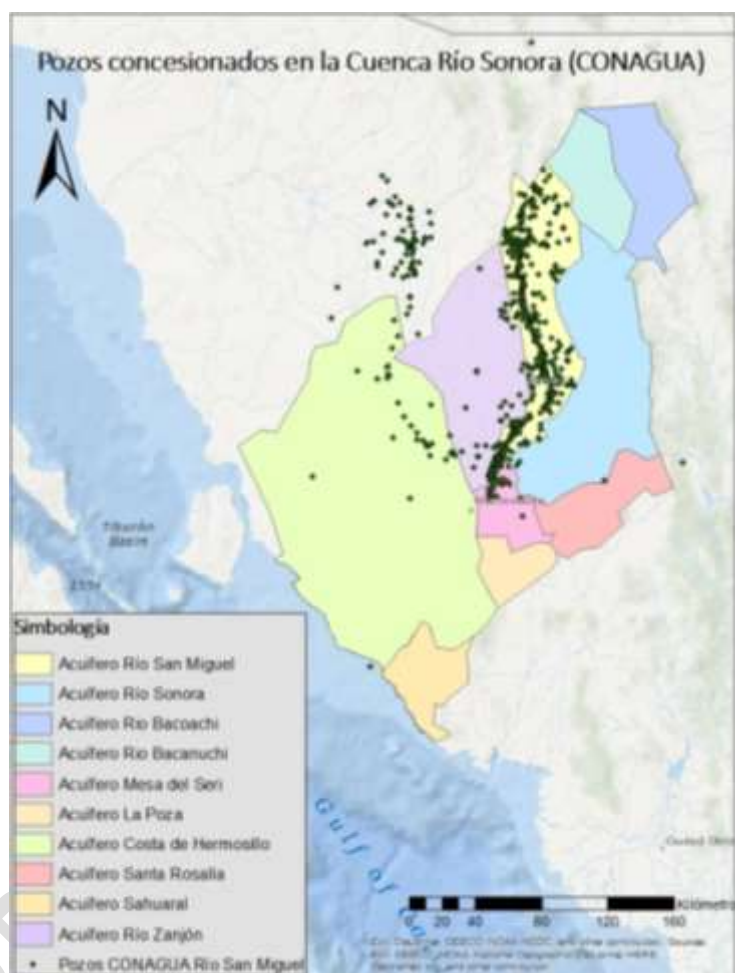


Ilustración VI- 9. Pozos concesionados para el acuífero Río San Miguel (REPDA/CONAGUA).

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras:

Volumen de Extracción Anual 1: 47, 224,075.01 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 288,515.25 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 2,568 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Río Sonora

El número total de alumbramientos para este acuífero es de 1107 (Ilustración VI- 10.).

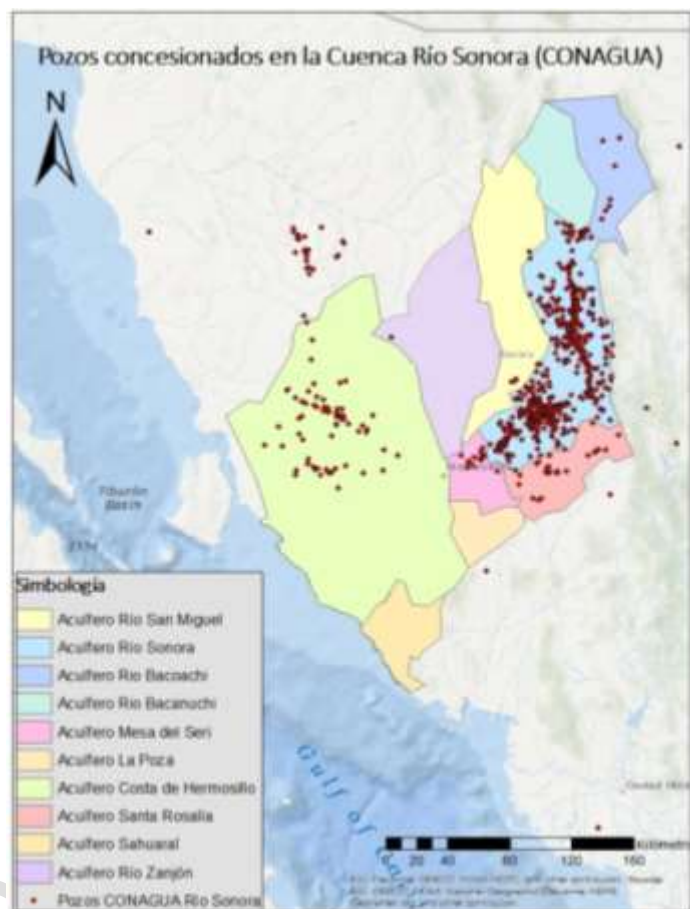


Ilustración VI- 10. Pozos concesionados para el acuífero Río Sonora (REPDA/CONAGUA)

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras:

Volumen de Extracción Anual 1: 60,633,298.48 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 295,160 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 8,421.5 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Río Zanjón

El número total de alumbramientos para este acuífero es de 691 (Ilustración VI- 11.).

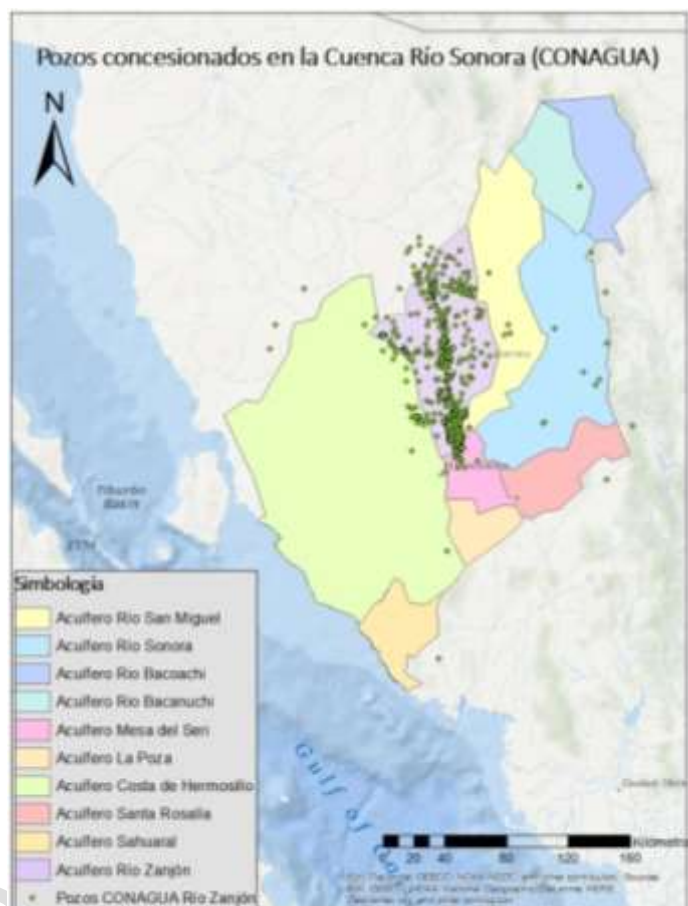


Ilustración VI- 11. Pozos concesionados para el acuífero Río Zanjón (REPDA/CONAGUA)

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras:

Volumen de Extracción Anual 1: 100,141,947.68 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 450,393 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 21,709.5 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Sahuaral

El número total de alumbramientos para este acuífero es de 115 (Ilustración VI- 12.).



Ilustración VI- 12. Pozos concesionados para el acuífero Sahuaral (REPDA/CONAGUA)

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras:

Volumen de Extracción Anual 1: 64,631,723 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 36,510 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 2,402 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Santa Rosalía

El número total de alumbramientos para este acuífero es de 270 (Ilustración VI- 13.).

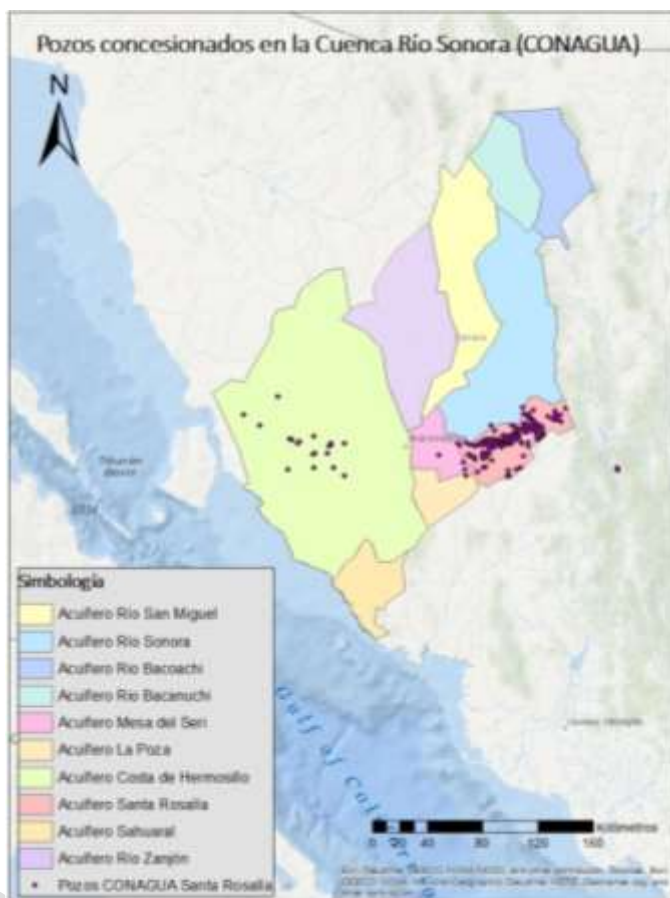


Ilustración VI- 13. Pozos concesionados para el acuífero Santa Rosalía (REPD/CONAGUA)

De estos alumbramientos, algunos de los concesionarios cuentan con más de un volumen de extracción anual y se resumen en las siguientes cifras:

Volumen de Extracción Anual 1: 10,590,941 m³/año

Volumen de Extracción Anual 2: 93,622.25 m³/año

Volumen de Extracción Anual 3: 2,097.25 m³/año

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Volumen concesionado por número de volumen de extracción anual (vol. 1, vol. 2, vol. 3) y por uso por acuífero.

En la sección anterior se indicó que los volúmenes concesionados pueden contar con uno dos o tres usos, cada uso está titulado por lo que se procede a desglosar su distribución por cada acuífero dentro de la Cuenca Río Sonora tomando como base el REPDA.

Tabla VI- 3. Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 de los acuíferos dentro de la Cuenca Río Sonora.

Acuífero	Volumen de extracción anual 1					
	Volumenes por USO 1 (m ³ /año)					
	Agrícola	Pecuario	Industrial	Doméstico	Servicios	Público-Urbano
Costa de Hermosillo	333,423,813.73	3,175,413.95	1,527,960.83	26,654.50	598,824.00	7,522,515.24
La Poza	7,119,694.60	322,487.00	1,030,000.00	988.00	0.00	15,210,030.40
Mesa del Seri-La Victoria	46,893,024.05	2,599,218.75	3,305,154.00	22,061.00	612,130.25	49,015,386.12
Río Bacanuchi	5,995,495.00	73,253.70	6,738,519.80	0.00	0.00	79,950.68
Río Bacoachi	10,218,419.49	239,803.00	11,760,713.00	7,651.50	0.00	6,007,174.00
Río San Miguel	37,839,742.20	920,356.20	360,000.00	25,499.25	540,000.00	7,123,837.36
Río Sonora	56,162,819.50	1,316,348.50	290,164.00	17,459.50	0.00	2,717,997.98
Río Zanjón	97,138,408.65	1,608,277.25	180,000.00	5,790.00	10,000.00	1,199,471.78
Sahuaral	64,476,047.00	57,104.00	0.00	0.00	5,361.00	87,850.00
Santa Rosalía	10,204,464.15	312,830.85	0.00	1,916.00	0.00	29,270.00

Tabla VI- 4. Volúmenes de extracción anual 2, por Uso 2 de los acuíferos dentro de la Cuenca Río Sonora.

Acuífero	Volumen de extracción anual 2					
	Volumenes por USO 2 (m ³ /año)					
	Agrícola	Pecuario	Industrial	Doméstico	Servicios	Público-Urbano
Costa de Hermosillo	241,000.00	294,459.50	65,554.00	83,324.06	2,000.00	30,964.00
La Poza	0.00	21,869.50	0.00	11,821.00	1,314.00	1,643.00

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Mesa del Seri-La Victoria	85,519.00	1,162,995.95	35,500.00	47,141.75	161,042.00	0.00
Río Bacanuchi	0.00	7,484.50	0.00	3,153.00	0.00	0.00
Río Bacoachi	0.00	24,531.50	0.00	11,527.50	0.00	5,694.00
Río San Miguel	25,136.00	216,383.25	0.00	37,848.00	0.00	9,148.00
Río Sonora	50,179.00	194,857.50	0.00	25,123.50	25,000.00	0.00
Río Zanjón	4,000.00	384,803.75	0.00	51,089.25	10,500.00	0.00
Sahuaral	0.00	31,722.00	0.00	4,788.00	0.00	0.00
Santa Rosalía	0.00	82,430.75	0.00	9,822.50	0.00	1,369.00

Tabla VI- 5. Volúmenes de extracción anual 3, por Uso 3 de los acuíferos dentro de la Cuenca Río Sonora.

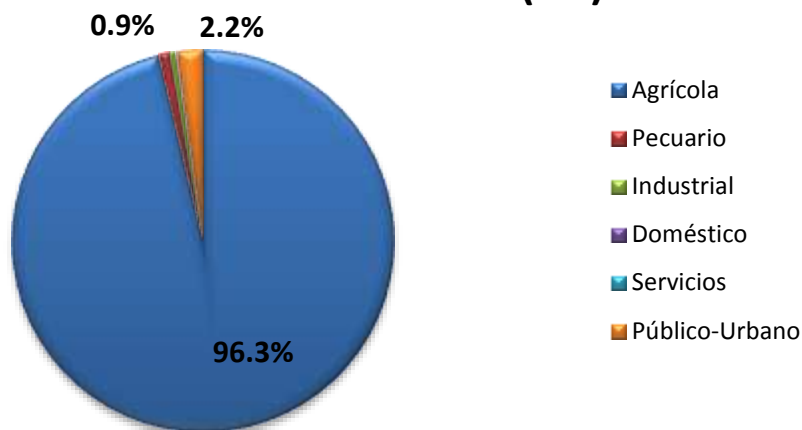
Acuífero	Volumen de extracción anual 3					
	Volumenes por USO 3 (m³/año)					
	Agrícola	Pecuario	Industrial	Doméstico	Servicios	Público-Urbano
Costa de Hermosillo	0.00	584.00	0.00	4,965.00	400.00	0.00
La Poza	0.00	0.00	0.00	1,766.25	0.00	0.00
Mesa del Seri-La Victoria	12,000.00	7,428.50	0.00	11,154.00	6,000.00	0.00
Río Bacanuchi	0.00	0.00	0.00	658.00	0.00	0.00
Río Bacoachi	0.00	0.00	0.00	438.00	0.00	0.00
Río San Miguel	0.00	0.00	0.00	2,568.00	0.00	0.00
Río Sonora	0.00	3,905.00	0.00	4,516.50	0.00	0.00
Río Zanjón	0.00	4,315.00	0.00	17,394.50	0.00	0.00
Sahuaral	0.00	128.00	0.00	2,274.00	0.00	0.00
Santa Rosalía	0.00	0.00	0.00	2,097.25	0.00	0.00

Siendo el Volumen de Extracción Anual 1 el más importante acu (Tabla VI-2.), la distribución del volumen de agua de acuerdo a su uso por acuífero se muestra en los gráficos de la Ilustración VI-14.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

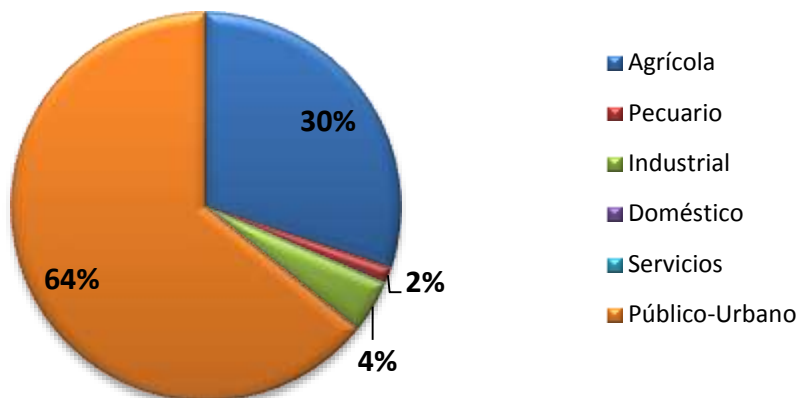
Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Costa de Hermosillo (m³)



a)

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 La Poza(m³)

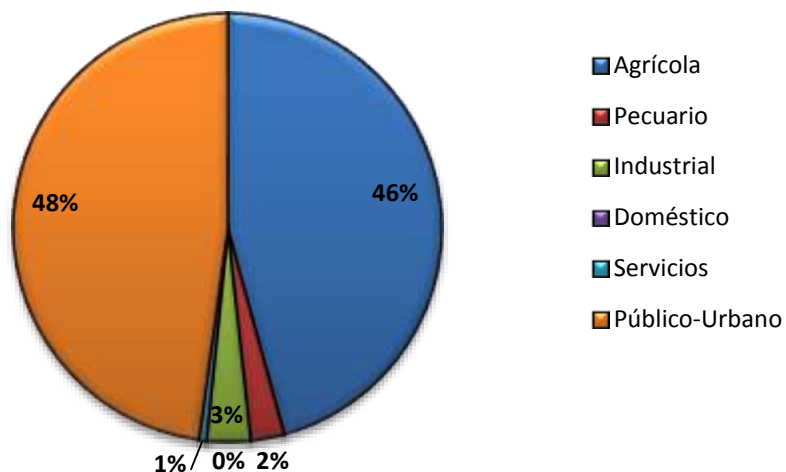


b)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

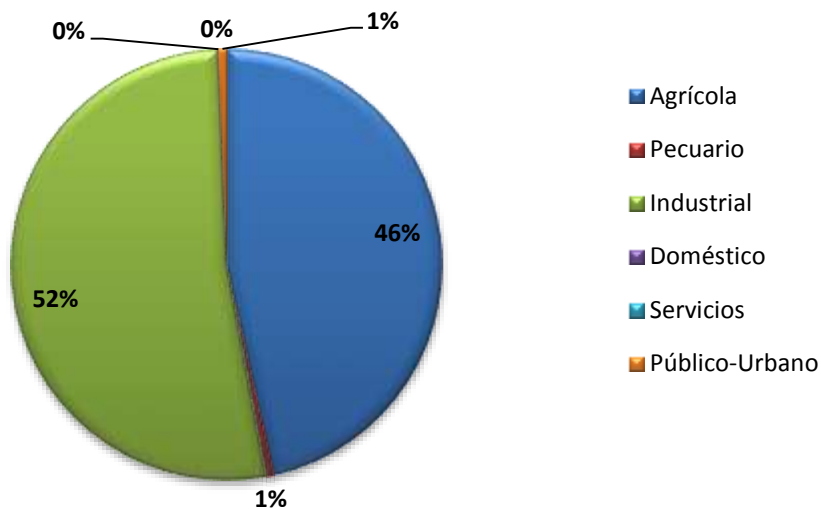
Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Mesa del Seri-La Victoria (m³)



c)

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Río Bacanuchi(m³)

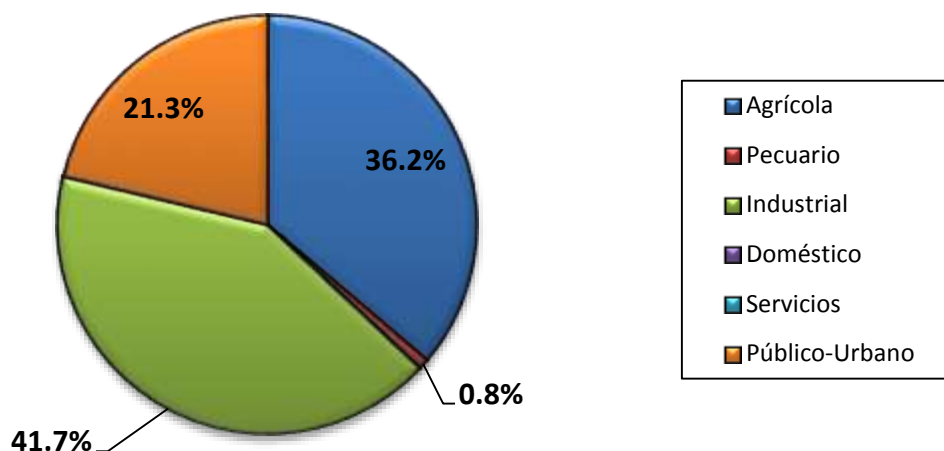


d)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

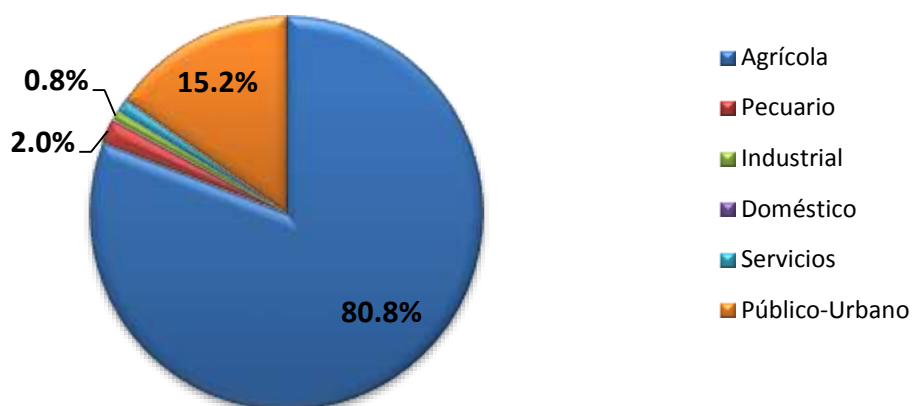
Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Volúmenes de extracción anual, por Uso 1 Río Bacoachi (m³)



e)

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Río San Miguel (m³)

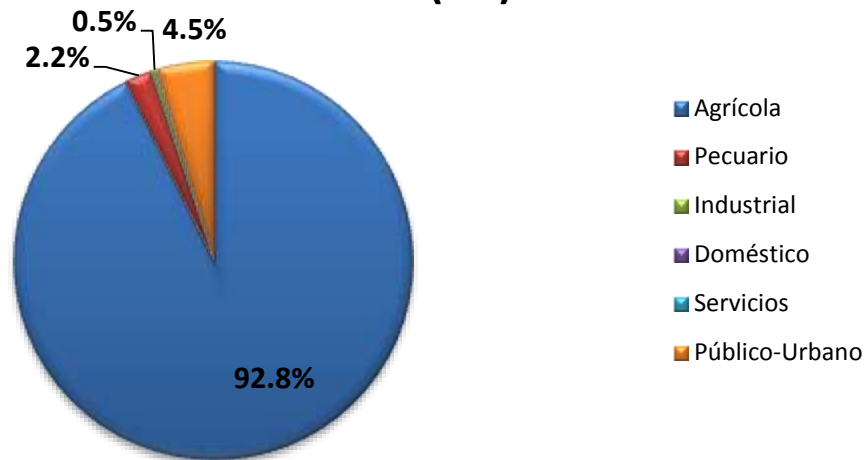


f)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

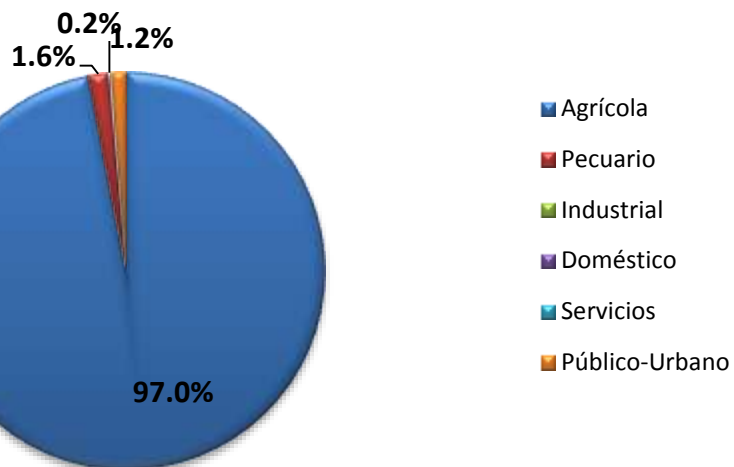
Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Río Sonora (m³)



g)

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Río Zanjón (m³)



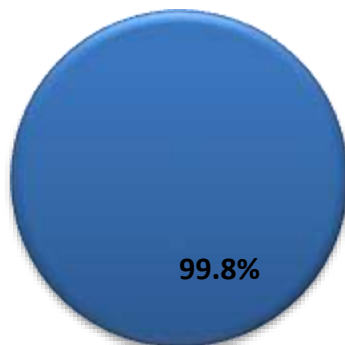
h)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Sahuaral (m³)

0.1%

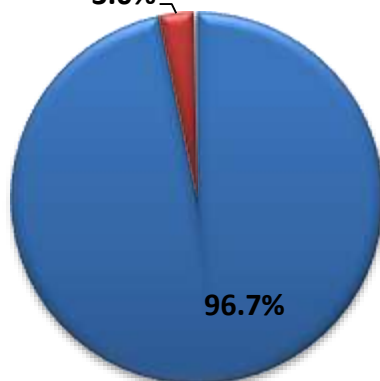


- Agrícola
- Pecuario
- Industrial
- Doméstico
- Servicios
- Público-Urbano

i)

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Santa Rosalía (m³)

3.0% 0.3%



- Agrícola
- Pecuario
- Industrial
- Doméstico
- Servicios
- Público-Urbano

j)

Ilustración VI- 14. Gráficos que muestran la distribución porcentual de los volúmenes de extracción anual por uso, por acuífero, dentro de la Cuenca Río Sonora. **a)** Costa de Hermosillo, **b)** La Poza, **c)** Mesa del Seri La Victoria, **d)** Río Bacanuchi, **e)** Río Bacoachi, **f)** Río San Miguel, **g)** Río Sonora, **h)** Río Zanjón, **i)** Sahuaral; **j)** Santa Rosalía (REPDA/CONAGUA).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

De las ilustraciones se distingue que existen acuíferos de los cuales su volumen de agua explotado es principalmente del sector agrícola, por ejemplo: Río San Miguel (80.8%), Costa de Hermosillo (con más del 96%), Río Sonora (92.8%), Río Zanjón (97%), Santa Rosalía (96.7%) y el acuífero con el porcentaje más alto que es Sahural (99.8%).

Por su parte, acuíferos como La Poza y Mesa del Seri-La Victoria tienen sus volúmenes de extracción en el sector Pecuario, dejando en segundo término la Agricultura.

Los acuíferos Río Bacoahi y Río Bacanuchi, localizados al noreste de la Cuenca Río Sonora utilizan mayormente el agua que extraen anualmente para el sector Industrial, quedando el sector Agrícola en segundo lugar.

6.2.4. Análisis con respecto a la posición geográfica

En la presente sección se realiza el análisis de los volúmenes concesionados de agua subterránea tomando en cuenta la ubicación geográfica, que marca la base REPDA, por lo que el proceso inicia en agrupar todos los aprovechamientos que se ubican dentro del límite del acuífero.

Realizada la separación se trabaja con las bases de datos por acuífero disgregando los volúmenes uno, dos y tres en la Ilustración IV-15 se grafican todos los aprovechamientos que se ubican en los 10 acuíferos.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

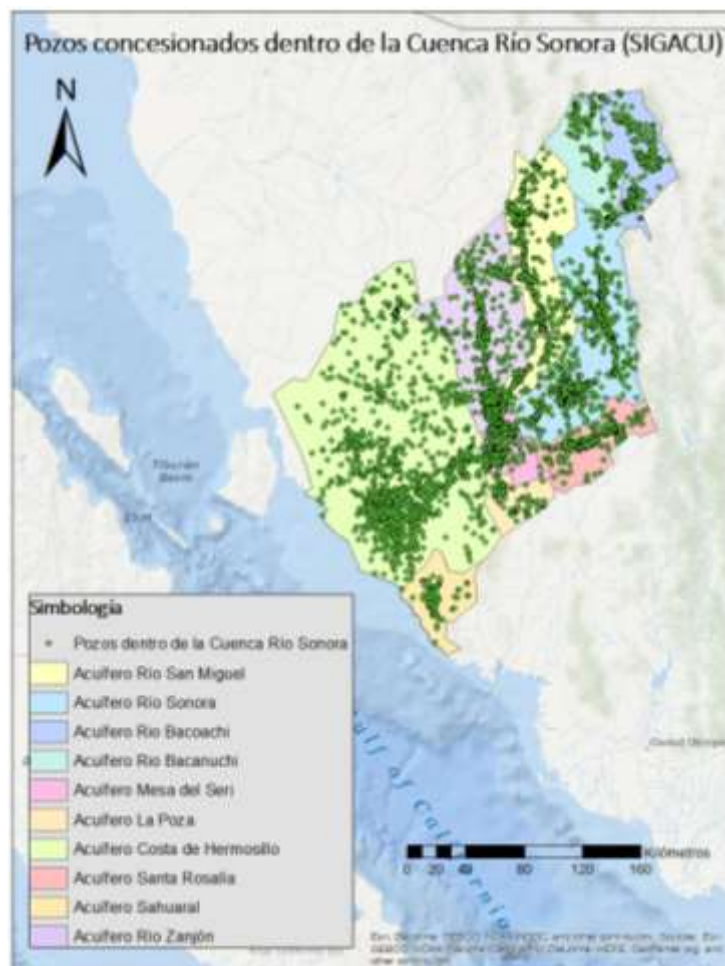


Ilustración VI- 15. Alumbramientos con respecto a la posición geográfica que se encuentran dentro de la Cuenca Río Sonora.

A continuación se disgregan los volúmenes uno dos y tres (Tabla IV -6).

Tabla IV- 6. Volúmenes de extracción anual, por acuífero.

Por acuífero					
Acuífero	# Total de Alumbramientos	Volumen Anual 1 (m³)	Volumen Anual 2 (m³)	Volumen Anual 3 (m³)	Volumen Total Anual (m³)
Costa de Hermosillo	1,036	350,025,554.91	683,386.56	6825	350,715,766.5
La Poza	106	21,758,842.7	27,268	1,328.25	21,787,438.95

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Mesa del Seri-La Victoria	747	104,212,291.37	1,579,053.70	38,370.5	105,829,715.57
Río Bacanuchi	122	14,037,852	11,953.5	658	14,050,463.5
Río Bacoachi	115	9,404,027.49	28,433.75	714	9,433,175.24
Río San Miguel	761	42,488,238.79	256,905.75	4,281	42,749,425.54
Río Sonora	979	57,318,025.8	301,782	8,145.5	57,627,953.3
Río Zanjón	635	98,123,114.47	427,358	18,847.5	98,569,319.97
Sahuaral	90	63,246,539	34,648	2,402	63,283,589
Santa Rosalía	269	11,124,371.5	92,505.25	2,097.25	11,218,974
Subtotal	4,860	771,738,858	3,443,294.5	83,669	775,265,822
Total					

Disgregando por volumen de extracción uno, dos y tres y uso las cifras son las siguientes (Tabla VI -7).

Tabla VI- 7. Volúmenes de extracción anual 1 para Uso 1, Anual 2 para uso 2 y Anual 3 para uso 3 (m³/año).

Acuífero	Volumen de extracción anual 1					
	Volúmenes por USO 1 (m ³ /año)					
	Agrícola	Pecuario	Industrial	Doméstico	Servicios	Público-Urbano
Costa de Hermosillo	336,674,501.73	3,326,484.95	1,527,960.83	28,831.50	598,824.00	7,868,951.90
La Poza	5,367,694.60	203,239.00	1,030,000.00	988.00	0.00	15,156,921.10
Mesa del Seri-La Victoria	49,625,210.75	2,751,481.75	3,305,154.00	29,362.50	612,130.25	47,620,480.12
Río Bacanuchi	7,189,495.00	85,663.70	6,738,519.80	822.50	0.00	23,351.00
Río Bacoachi	9,404,027.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Río San Miguel	33,384,968.50	767,057.50	360,000.00	15,426.25	540,000.00	7,060,146.54

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Río Sonora	53,808,497.00	1120,010.50	290,164.00	16,365.00	0.00	2,022,003.30
Río Zanjón	94,629,598.15	1,539,510.95	180,000.00	4,352.50	10,000.00	1,705,652.87
Sahuaral	63,159,266.00	30,710.00	0.00	0.00	10,722.00	45,841.00
Santa Rosalía	10,563,099.15	385,418.35	0.00	1,916.00	0.00	131,478.00

Acuífero	Volumen de extracción anual 2					
	Volúmenes por USO 2 (m³/año)					
	Agrícola	Pecuario	Industrial	Doméstico	Servicios	Público-Urbano
Costa de Hermosillo	241,000.00	258,135.50	65,554.00	85,733.06	2,000.00	30,964.00
La Poza	0.00	15,938.50	0.00	8,372.50	1,314.00	1,643.00
Mesa del Seri-La Victoria	85,519.00	1,248,317.95	35,500.00	48,674.75	161,042.00	0.00
Río Bacanuchi	0.00	8,032.50	0.00	3,921.00	0.00	0.00
Río Bacoachi	0.00	25,801.50	0.00	2,632.25	0.00	0.00
Río San Miguel	25,136.00	200,993.25	0.00	21,628.50	0.00	9,148.00
Río Sonora	50,179.00	201,896.50	0.00	24,706.50	25,000.00	0.00
Río Zanjón	4,000.00	347,716.75	0.00	65,141.25	10,500.00	0.00
Sahuaral	0.00	31,722.00	0.00	2,926.00	0.00	0.00
Santa Rosalía	0.00	82,795.75	0.00	8,340.50	0.00	1,369.00

Acuífero	Volumen de extracción anual 3					
	Volumenes por USO 3 (m³/año)					
	Agrícola	Pecuario	Industrial	Doméstico	Servicios	Público-Urbano
Costa de Hermosillo	0.00	584.00	0.00	5,841.00	400.00	0.00
La Poza	0.00	0.00	0.00	1,328.25	0.00	0.00

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

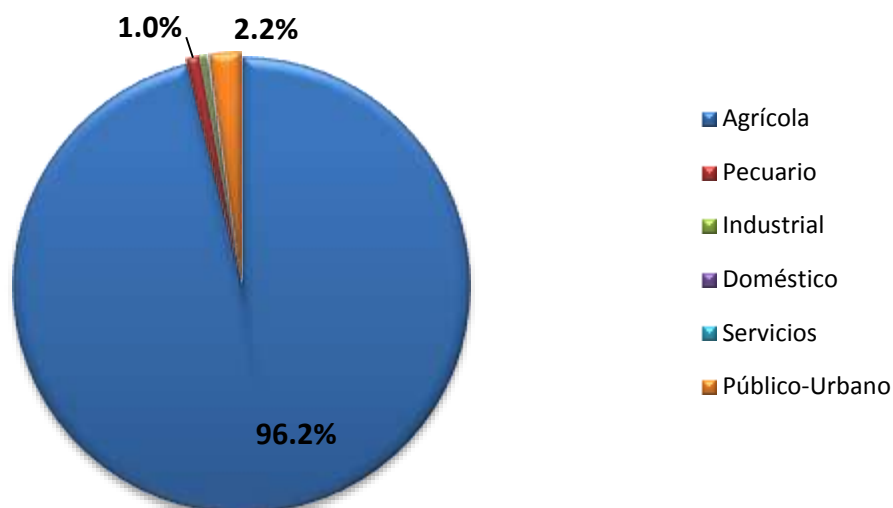
Mesa del Seri-La Victoria	12,000.00	7,428.50	0.00	11,865.00	6000.00	0.00
Río Bacanuchi	0.00	0.00	0.00	658.00	0.00	0.00
Río Bacoachi	0.00	0.00	0.00	714.00	0.00	0.00
Río San Miguel	0.00	0.00	0.00	4,281.00	0.00	0.00
Río Sonora	0.00	3,905.00	0.00	4,240.50	0.00	0.00
Río Zanjón	0.00	4,315.00	0.00	14,532.50	0.00	0.00
Sahuaral	0.00	128.00	0.00	2,274.00	0.00	0.00
Santa Rosalía	0.00	0.00	0.00	2,097.25	0.00	0.00

Los porcentajes por volumen uso uno, dos y tres por uso y acuíferos se muestran en los gráficos de pastel (Ilustración IV-16).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

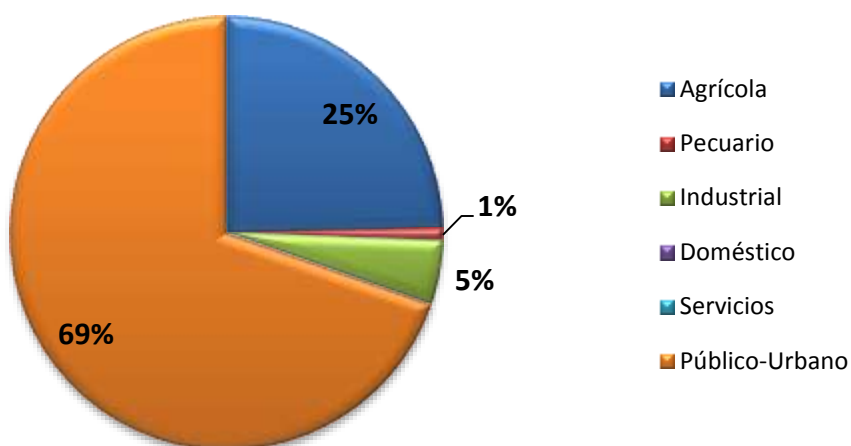
Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

**Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1
Costa de Hermosillo (m³)**



a)

**Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1
La Poza(m³)**

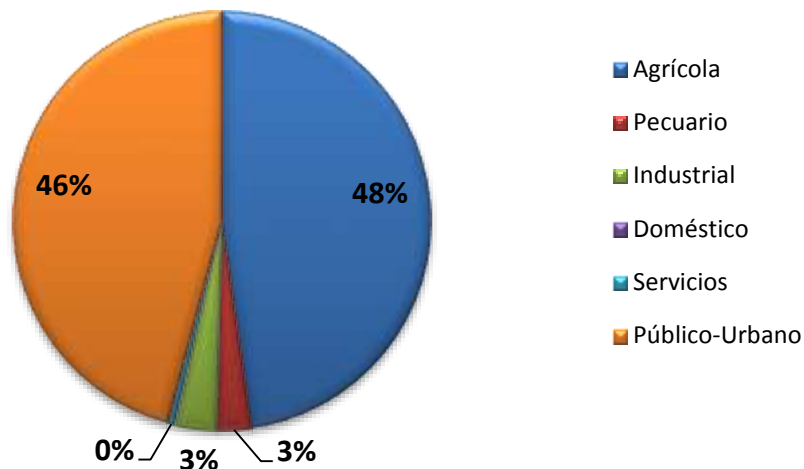


b)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

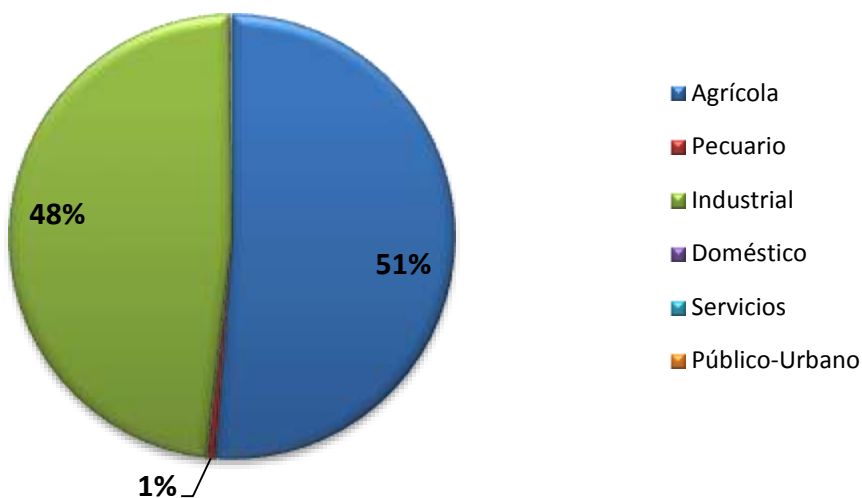
Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Mesa del Seri-La Victoria (m³)



c)

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Río Bacanuchi(m³)

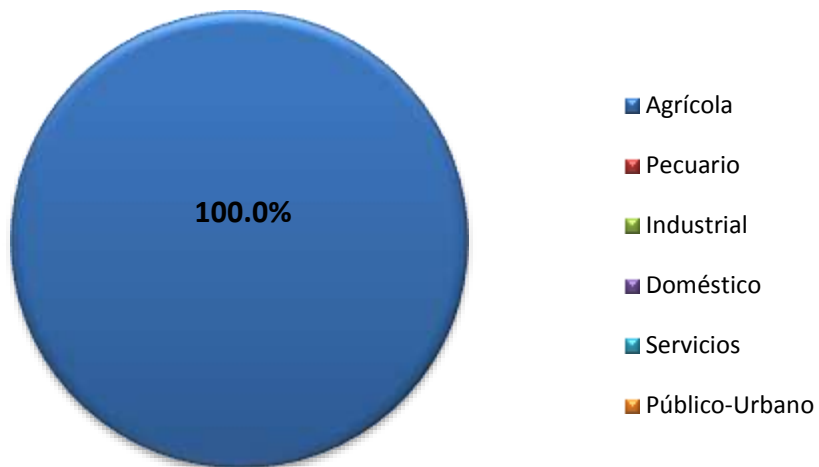


d)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

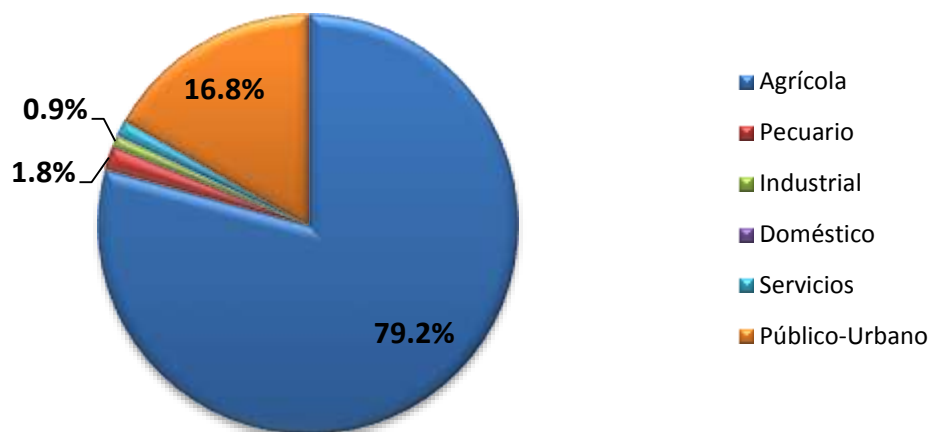
Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Volúmenes de extracción anual, por Uso 1 Río Bacoachi (m³)



e)

Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1 Río San Miguel (m³)

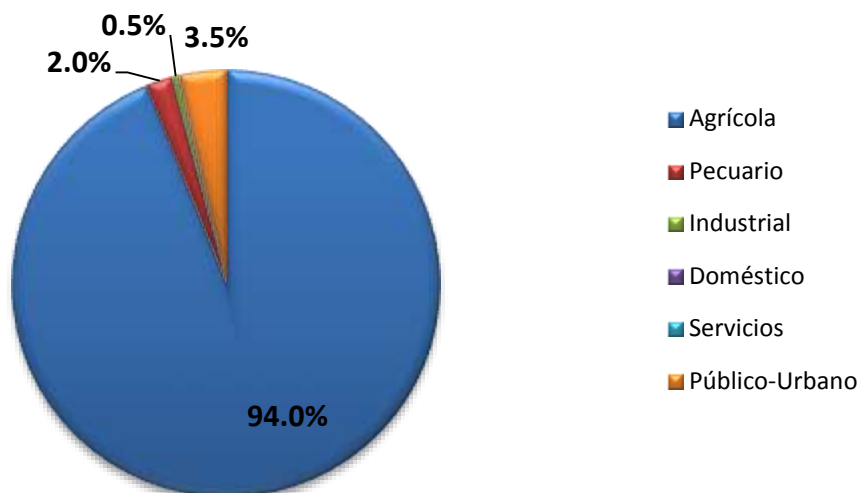


f)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

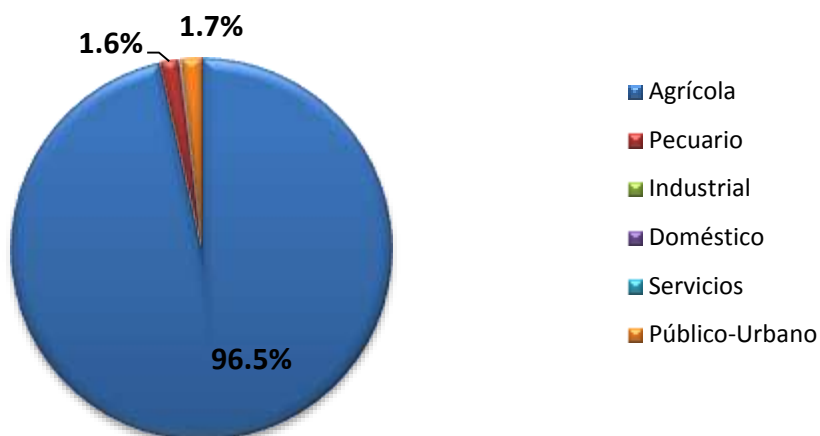
Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

**Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1
Río Sonora (m³)**



g)

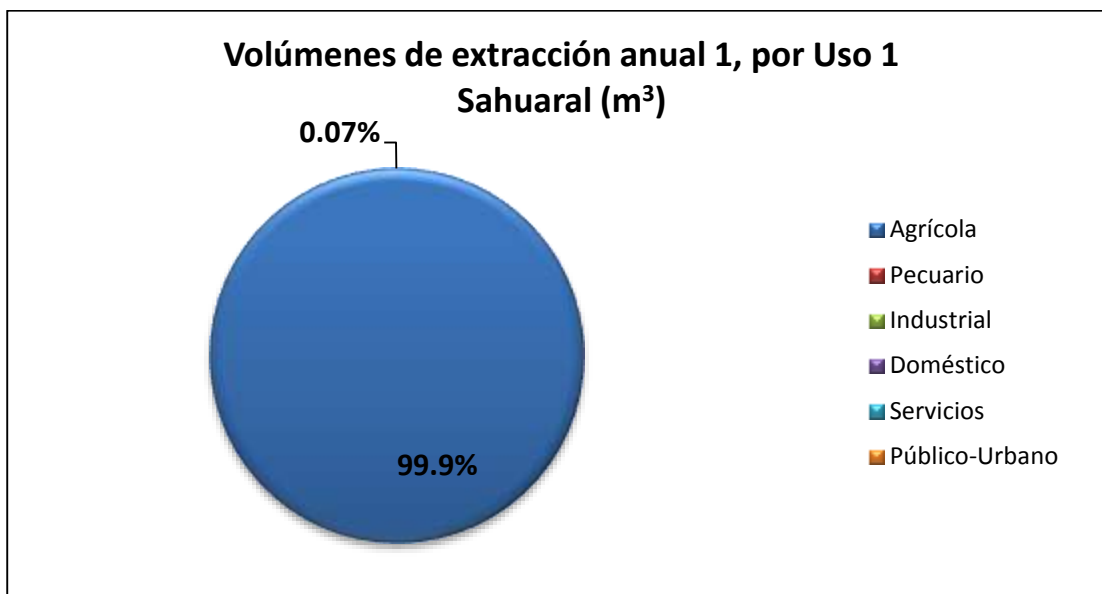
**Volúmenes de extracción anual 1, por Uso 1
Río Zanjón (m³)**



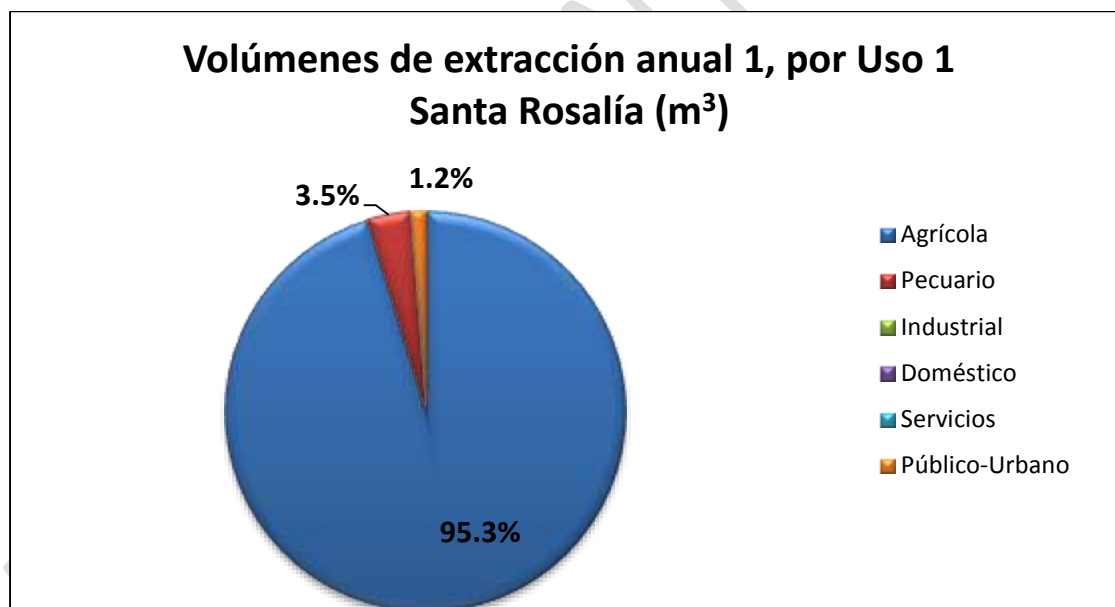
h)

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD



i)



j)

Ilustración VI- 16. Gráficos que muestran la distribución porcentual de los volúmenes de extracción anual por uso, por acuífero, dentro de la Cuenca Río Sonora. **a)** Costa de Hermosillo, **b)** La Poza, **c)** Mesa del Seri La Victoria, **d)** Río Bacanuchi, **e)** Río Bacoachi, **f)** Río San Miguel, **g)** Río Sonora, **h)** Río Zanjón, **i)** Sahuaral; **j)** Santa Rosalía (SIGACU).

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Al comparar los resultados de los dos análisis los valores no difieren en gran medida sin embargo, es importante resaltar que algunos de los acuíferos no contienen alumbramientos concesionados bajo su nombre, sino bajo un acuífero aledaño, por ejemplo tomaremos el acuífero Santa Rosalía, en el cual se registran alumbramientos pertenecientes al acuífero Río Sonora (por nombrar alguno). Dichos alumbramientos abarcan un volumen total de 885,666.5 m³/año, equivalente al 7.9% del volumen de extracción total anual 1 del acuífero Santa Rosalía (Ilustración VI-17).

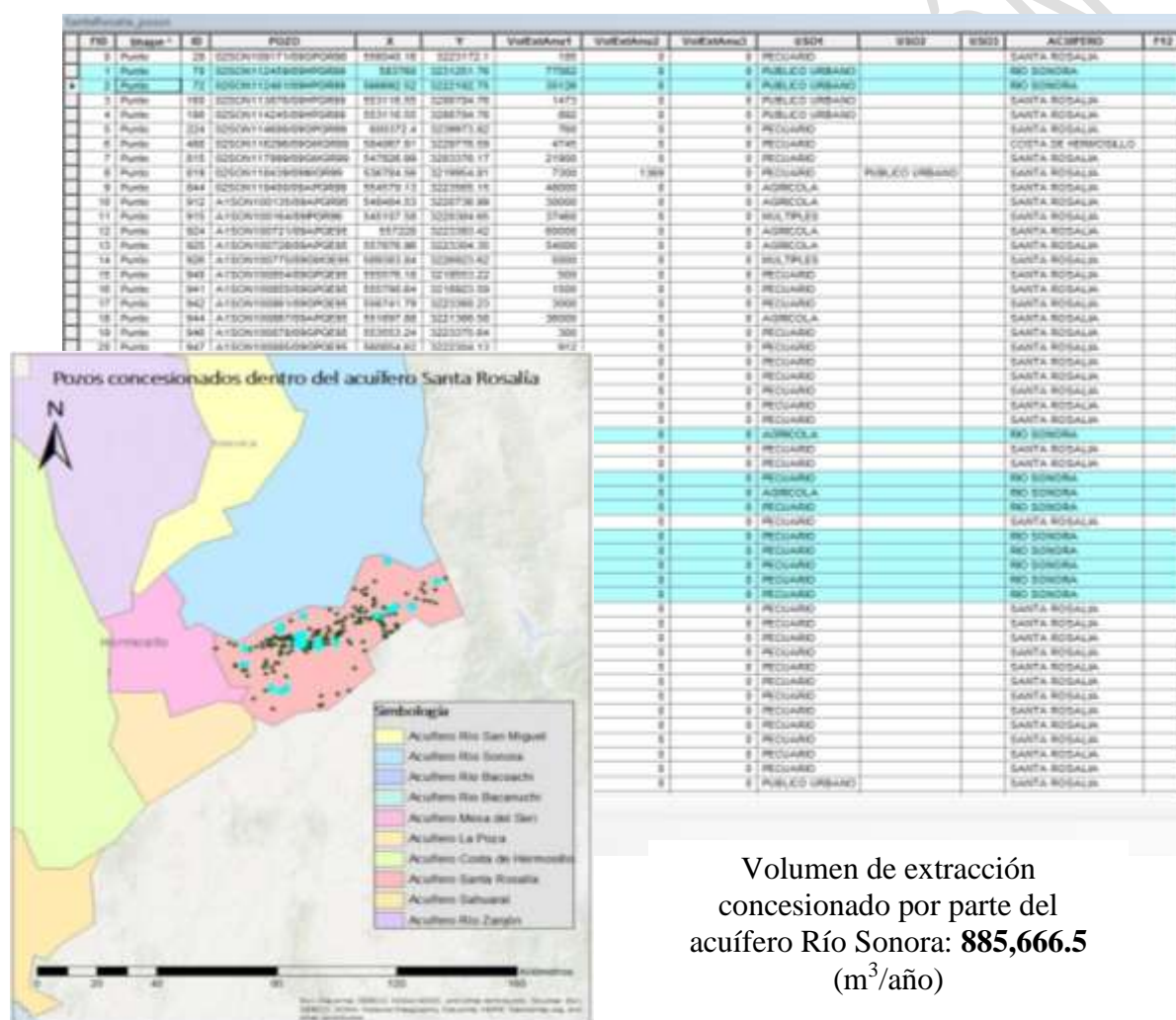


Ilustración VI- 17. Pozos concesionados dentro del acuífero Santa Rosalía. En azul se seleccionan los alumbramientos registrados como parte del acuífero Río Sonora.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

De esta manera, en los 10 acuíferos dentro de la Cuenca Río Sonora se registran alumbramientos pertenecientes a otros acuíferos aledaños que no se ubican geopolíticamente dentro del acuífero al que deberían. En las siguientes tablas se desglosan los volúmenes concesionados registrados en un acuífero distinto.

Tabla VI- 8. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero con respecto al volumen total del acuífero Costa de Hermosillo.

Costa de Hermosillo (Volumen de extracción 1 en m3/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Santa Rosalía	La poza	Mesa del Seri-La Victoria	Río Bacanuchi	Río Bacoachi	Río San Miguel	Río Sonora	Río Zanjón	Sahuaral
Agrícola	324,000	84,000	210,000	0	0	108,000	240,000	179,907	2,224,781
Pecuario	2,038	44,541	32,995	0	0	22,835	21,279	66,106	26,394
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	2,424	0	0	219	274	360	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	274	0	0
Público-Urbano	8,271	47,217.3	34,905	0	0	55,842.91	238311	12,924.45	0
Total	334,309	175,758.3	280,324	0	0	186,896.91	500,138	259,297.45	2,251,175
Porcentaje que abarca del volumen total	0.10	0.05	0.08	0.00	0.00	0.05	0.14	0.07	0.64

Tabla VI- 9. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero respecto al volumen total del acuífero La Poza.

La Poza (Volumen de extracción 1 en m3/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Santa Rosalía	Costa de Hermosillo	Mesa del Seri-La Victoria	Río Bacanuchi	Río Bacoachi	Río San Miguel	Río Sonora	Río Zanjón	Sahuaral
Agrícola	0	120,000	0	0	0	0	0	0	0
Pecuario	2,740	730	0	0	0	0	0	0	0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Público-Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2,740	120,730	0	0	0	0	0	0	0
Porcentaje que abarca del volumen total	0.01	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla VI- 10. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero respecto al volumen total del acuífero Mesa del Seri-La Victoria.

Mesa del Seri-La Victoria (Volumen de extracción 1 en m³/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Santa Rosalía	Costa de Hermosillo	La Poza	Río Bacanuchi	Río Bacoachi	Río San Miguel	Río Sonora	Río Zanjón	Sahuaral
Agrícola	0	0	0	0	0	1,655,856.2	1,418,109.5	1,275,937	0
Pecuario	15,787	365	0	0	0	53,020	101,705	14,381	0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	0	0	0	9579	0	803.5	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Público-Urbano	2,209	13,688	0	0	0	0	65700	218,402	0
Total	17,996	14,053	0	0	0	1,718,455.2	1,585,514.5	1,509,523.5	0
Porcentaje que abarca del volumen total	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	1.65	1.52	1.45	0.00

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Tabla VI- 11. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero respecto al volumen total del acuífero Río Bacanuchi.

Río Bacanuchi(Volumen de extracción 1 en m3/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Santa Rosalía	Costa de Hermosillo	La Poza	Mesa del Seri-La Victoria	Río Bacoachi	Río San Miguel	Río Sonora	Río Zanjón	Sahuaral
Agrícola	0	0	0	0	1,164,000	0	30,000	0	0
Pecuario	0	0	0	0	3,286	0	0	9,124	0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	0	0	275	0	547.5	0	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Público-Urbano	0	0	0	0	5,256	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	1,172,817	0	30,547.5	9,124	0
Porcentaje que abarca del volumen total	0.00	0.00	0.00	0.00	8.35	0.00	0.22	0.06	0.00

Tabla IV- 12. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero respecto al volumen total del acuífero Río Bacoachi.

Río Bacoachi (Volumen de extracción 1 en m3/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Santa Rosalía	Costa de Hermosillo	La Poza	Mesa del Seri-La Victoria	Río Bacanuchi	Río San Miguel	Río Sonora	Río Zanjón	Sahuaral
Agrícola	0	0	0	0	0	0	457,608	0	0
Pecuario	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Público-Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	457,608	0	0
Porcentaje que abarca del volumen total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.87	0.00	0.00

Tabla VI- 13. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero respecto al volumen total del acuífero Río San Miguel.

Río San Miguel (Volumen de extracción 1 en m3/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Santa Rosalía	Costa de Hermosillo	La Poza	Mesa del Seri-La Victoria	Río Bacanuchi	Río Bacoachi	Río Sonora	Río Zanjón	Sahuaral
Agrícola	0	0	0	0	0	0	66,000	2,626,470	0
Pecuario	0	8,201	0	0	0	0	637	2,136	0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	0	0	0	0	0	329	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Público-Urbano	0	5,487	0	0	0	0	7,935	20,149	0
Total	0	13,688	0	0	0	0	74,572	2,649,084	0
Porcentaje que abarca del volumen total	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	6.23	0.00

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Tabla VI- 14. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero respecto al volumen total del acuífero Río Sonora.

Río Sonora (Volumen de extracción 1 en m³/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Santa Rosalía	Costa de Hermosillo	La Poza	Mesa del Seri-La Victoria	Río Bacanuchi	Río Bacoachi	Río San Miguel	Río Zanjón	Sahuaral
Agrícola	0	0	0	1,048,000	0	108,000	84,000	1,104,000	0
Pecuario	4,737	32,102	0	0	0	8,458	14,417	4,927	0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	0	0	0	0	0	275	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Público-Urbano	0	9532	0	0	0	0	0	231	0
Total	4,737	41,634	0	1,048,000	0	116,458	98,417	1,109,433	0
Porcentaje que abarca del volumen total	0.01	0.07	0.00	1.83	0.00	0.20	0.17	1.94	0.00

Tabla VI- 15. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero respecto al volumen total del acuífero Río Zanjón.

Río Zanjón (Volumen de extracción 1 en m³/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Santa Rosalía	Costa de Hermosillo	La Poza	Mesa del Seri-La Victoria	Río Bacanuchi	Río Bacoachi	Río San Miguel	Río Sonora	Sahuaral
Agrícola	0	0	0	359,716	0	0	2,817,787.5	0	0
Pecuario	0	0	0	0	0	0	57,658.7	548	0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	0	0	0	0	330	0	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Público-Urbano	0	0	0	760,000	0	0	5,489	0	0
Total	0	0	0	1,119,716	0	0	2,881,265.2	548	0

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Porcentaje que abarca del volumen total	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	2.94	0.00	0.00
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla VI- 16. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero respecto al volumen total del acuífero Sahuaral.

Sahuaral (Volumen de extracción 1 en m3/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Santa Rosalía	Costa de Hermosillo	La Poza	Mesa del Seri-La Victoria	Río Bacanuchi	Río Bacoachi	Río San Miguel	Río Sonora	Río Zanjón
Agrícola	0	0	1,788,000	0	0	0	0	0	0
Pecuario	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Público-Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	1,788,000	0	0	0	0	0	0
Porcentaje que abarca del volumen total	0.00	0.00	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla VI- 17. Volúmenes de extracción concesionados bajo el nombre de otro acuífero respecto al volumen total del acuífero Santa Rosalía.

Santa Rosalía (Volumen de extracción 1 en m3/año)									
Uso 1	Acuífero								
	Costa de Hermosillo	La poza	Mesa del Seri-La Victoria	Río Bacanuchi	Río Bacoachi	Río San Miguel	Río Sonora	Río Zanjón	Sahuaral
Agrícola	0	0	0	0	0	0	682635	0	0
Pecuario	4745	7000	0	0	0	0	90343.5	0	0

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Público-Urbano	0	0	0	0	0	0	112688	0	0
Total	4745	7000	0	0	0	0	885666.5	0	0
Porcentaje que abarca del volumen total (%)	0.04	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	7.96	0.00	0.00

En la Tabla VI- 18 se muestran los resultados de los balances de agua subterránea publicados por CONAGUA en la actualizados 2015, de cada acuífero, y los resultados del presente análisis de volúmenes concesionados.

Tabla VI- 18 Comparación entre datos de volúmenes de extracción anual por parte de los Balances Hídricos publicados por CONAGUA y datos de este análisis.

Por acuífero						Balance CONAGUA			
Acuífero	# Total de Alumbamientos	Volumen Anual 1 (m3)	Volumen Anual 2 (m3)	Volumen Anual 3 (m3)	Volumen Total Anual (m3)	Vol. Extr. Anual	Diferencia (Bal-REPDA)	Censo de pozos	Año
Costa de Hermosillo	910	346,275,182.25	717,301.56	5,949.00	346,998,432.81	430,960,746.00	- 84,685,563.75	838.00	2,002.00
La Poza	141	23,683,200.00	36,647.50	1,766.25	23,721,613.75	11,164,321.00	12,518,879.00	79 (2006)	2,009.00
Mesa del Seri-La Victoria	691	102,647,923.17	1,492,198.70	37,659.50	104,177,781.37	94,824,004.00	7,823,919.17	474 (2006)	2,007.00
Río Bacanuchi	158	12,887,219.18	10,637.50	658.00	12,898,514.68	2,609,858.00	10,277,361.18	26 (2005)	2,010.00
Río Bacoachi	382	28,234,855.99	41,753.00	438.00	28,277,046.99	13,861,615.00	14,373,240.99	353 (2010)	2,010.00
Río San Miguel	899	47,224,075.01	288,515.25	2,568.00	47,515,158.26	11,164,321.00	36,059,754.01	179 (2008)	2,009.00
Río Sonora	1107	60,633,298.48	295,160.00	8,421.50	60,936,879.98	115,425,656.00	- 54,792,357.52	638.00	2,002.00
Río Zanjón	691	100,141,947.68	450,393.00	21,709.50	100,614,050.18	90,035,339.00	10,106,608.68	540 (1987)	2,002.00
Sahuaral	115	64,631,723.00	36,510.00	2,402.00	64,670,635.00	68,339,916.00	- 3,708,193.00	97 (2009)	2,010.00
Santa Rosalía	270	10,590,941.00	93,622.25	2,097.25	10,686,660.50	7,424,542.00	3,166,399.00	165.00	2,010.00

6.3. Estrategias

En las secciones anteriores se describieron en detalle los usos del agua en la cuenca del Río Sonora destacándose el uso agrícola como el mayoritariamente utilizado, seguido del uso público urbano. Las estrategias del reordenamiento se orientan en los usos que demandan mayor volumen de agua, seguidas de los usos que presentan una menor eficiencia y baja productividad. En lo general se determinan tres estrategias principales para el manejo de agua subterránea denominadas Actualización de mediciones; Fortaleza a la Gobernanza Implementación de técnicas para recarga

6.3.1. Estrategias en acciones geohidrológicas

Las estrategias propuestas para el manejo de agua subterránea denominadas: Actualización de mediciones; Fortaleza a la Gobernanza y reordenamiento e implementación de proyectos de recarga. La estrategia actualización de mediciones se enfocan en la adquisición de información base indispensable en la conformación de una línea base que describe la condición de la cuenca en el momento actual y posteriormente las acciones propuestas son de utilidad para describir cómo evolucionan los acuíferos después de la implementación de la estrategia. Es importante destacar que las cinco acciones propuestas en esta estrategia se mencionan en el punto 5.1.4 y sus fichas de proyecto están en el anexo del mismo nombre.

La Gobernanza se enfoca en el fortalecimiento de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) involucrándolos en el monitoreo y decisión de las acciones a seguir. Esta fase es importante ya que es acompañada de una serie de acciones que recaen en la formación de los reglamentos de los acuíferos, documento esencial para llegar acuerdos en la forma en que será inicialmente administrado el acuífero y posteriormente el seguimiento de las mismas, reconocidas por todos los usuarios del agua. La estrategia fortalece la Gobernanza y es un instrumento de gestión para llegar acuerdos, involucrar a los usuarios en la medición de parámetros base, planes de manejo y generación del reglamento.

La tercera estrategia de las acciones geohidrológicas es conformada por 11 acciones comentadas en el punto 5.1.4 y se enfocan en el reordenamiento e implementación de proyectos de recarga. La estrategia tiene como finalidad reducir el volumen de extracción acompañado de: Un ajuste de las concesiones de todos los acuíferos con el fin de modificar la cifra en beneficio de la preservación del recurso; Implementación de programas de tecnificación de riego, ahorro y optimización del agua, la reconversión de cultivos y la compra de derechos de agua, específicamente en los acuíferos de la Costa de Hermosillo, Sahural, Río San Miguel.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

Elaboración de reglamentos para el aprovechamiento de aguas subterráneas donde se establezcan reglas para la operación, extracción y en su caso establecimiento de zonas exclusivas para el uso público urbano.

Reconocidos los usos del agua subterránea, deberá considerarse al medio ambiente como uno más por lo que será necesario mantener y preservar los volúmenes de agua considerados en los acuíferos río Bacoachi y Bacanuchi para sustento de la flora y fauna riparia.

Los abatimientos del nivel estático del acuífero el Zanjón son una respuesta de la sobreexplotación del agua subterránea. Como una medida inicial se mantendrá el volumen actual de explotación y una vez implementadas las acciones de reducción de volúmenes mediante: Tecnificación, reconversión de cultivos y compra de derechos de agua, los volúmenes ganados serán administrados por la CONAGUA, representada por el Organismo de Cuenca Noroeste, propiciando una reducción paulatina en entre el volumen de extracción de agua subterránea y el valor de la recarga aunado con la implementación de los planes de manejo y reglamentación del acuífero se procederá a la reubicación de los pozos de la zona sur con la finalidad de disgregar los pozos de extracción en un área más extensa que permita la recuperación del nivel estático en las zonas que actualmente presentan los conos de abatimiento.

Las siguientes acciones están asociadas a la estrategia de reordenamiento e implementación de proyectos de recarga que en conjunto forman parte del plan de reordenamiento, enfocándose en aprovechar el agua superficial de excedentes, agua tratada y agua de lluvia. En la zona comprendida entre la presa el Molinito y Aberlardo L. Rodríguez se sabe de la existencia la alta permeabilidad de los estratos que permiten que el agua que transita por el cauce del río Sonora se infiltre al subsuelo de forma natural propiciando la recarga incidental que beneficia el almacenamiento subterráneo, por lo que se sugiere se continúe con esta práctica respaldándola con un programa para la perforación de pozos exploratorios que tengan la finalidad de medir la recarga de forma cuantitativa y cualitativamente para posteriormente evaluar la posibilidad de realizar trabajos de mejoramiento en el cauce o en su caso e implementación de técnicas de recarga.

En el caso del agua tratada la acción es implementar un proyecto de recarga artificial utilizando la técnica de pozas de infiltración, que deberán ser ubicadas en la zona del cauce del río Sonora aledaña a la planta de tratamiento (ver anexo proyecto de recarga artificial). Los volúmenes de agua a infiltrar serán proporcionados por la planta de tratamiento y serán administrados por el Organismo de Cuenca Noroeste para propiciar el almacenamiento. La acción consta de la implementación del proyecto de recarga, un sistema de monitoreo y seguimiento de la recarga.

Dando seguimiento al programa de recarga será necesario realizar un estudio de factibilidad de recarga de agua de lluvia en la zona urbana de la ciudad de Hermosillo ya que existen programas de éxito que recargan agua de lluvia de buena calidad, por las condiciones áridas que prevalecen en la zona es necesario contar con la información para evaluar si es posible aplicar una técnica de recarga de este tipo.

El acuífero Costa de Hermosillo se encuentra impactado por el frente salino, la sobreexplotación del agua subterránea propició el avance del frente salino que hoy día aporta 98.4 hm³/año al almacenamiento subterránea (anexo zona de abastecimiento a la ciudad de Hermosillo), por lo anterior es requerido se evalúe con un estudio geohidrológico la factibilidad para extraer agua salobre o marina cercana al litoral del acuífero Costa de Hermosillo (Bahía Kino a estero Tastiota) y con los resultados tomar la decisión de apoyar programas para desalación ya sea para uso público urbano, servicios o en su caso agricultura.

7. CONCLUSIONES

La Cuenca del Río Sonora se localiza al noreste-centro del estado de Sonora dentro de la Región Hidrológica 9 Sonora Sur. Tiene una extensión total de 38,994 km², abarca 28 municipios y cubre el 18.5% de la superficie estatal sonorense. Las corrientes superficiales de mayor importancia son el río Sonora, río San Miguel, río Zanjón y río Bacoachi los cuales actualmente pasaron de ser perenes a intermitentes debido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos subyacentes.

Con respecto a la geología de la zona de estudio, lo que más abunda son depósitos aluviales los cuales cubren el 43.3% de la superficie total al suroeste de la cuenca. Por su parte, en las zonas altas, así como en el fondo de los valles predominan los conglomerados cenozoicos y mesozoicos (20.3% de la superficie). Finalmente, las rocas de origen ígneo intrusivo (granitos, granodioritas) y extrusivo (tobas ácidas, andesitas) cubren el 10.3% restante ubicándose en las sierras del sureste y noreste de la cuenca respectivamente.

Las unidades hidrogeológicas que conforman la cuenca del Río Sonora están constituidas en su mayoría por deltas que se encuentran cerca de los litorales conformados por sedimentos continentales y marinos, intercalados con derrames basálticos con alta porosidad y permeabilidad. El total de acuíferos en toda la cuenca son 1: Costa de Hermosillo, La Poza, Mesa del Seri-La Victoria, Río Bacanuchi, Río Bacoachi, Río San Miguel, Río Sonora, Río Zanjón, Sahuaral y Santa Rosalía. De estos acuíferos, la mitad se encuentran con disponibilidad de volumen de agua para otorgar nuevas concesiones (La Poza, Río Bacanuchi, Río Bacoachi, Río San Miguel y Santa Rosalía).

De acuerdo con los balances de agua subterránea publicados por CONAGUA, de manera general y considerando todos los acuíferos, la recarga total es de 690 hm³; sin embargo, es importante mencionar que para el caso de Costa de Hermosillo se considera la entrada de agua de mar que es de 98.4 hm³. Por su parte, el valor de la extracción concesionada es de aproximadamente 883.63 hm³ y, a pesar de que existen acuíferos que no están sobreexplotados, la disponibilidad general de la cuenca es negativa (-235.53 hm³).

Cabe destacar que el valor del volumen concesionado de aguas subterráneas difiere del valor reportado por estudios para el volumen de extracción. Esto es al comparar los valores de volumen concesionado de aguas subterráneas con el valor del REPDA IMTA en donde se distinguen diferencias, en algunos casos mínimas, pero no desorbitadas. Se intuye que la causa de ello es el desfaseamiento de las fechas de corte (30/06/2014; 01/11/2015). Por lo anterior es importante considerar una actualización de la información para uniformizar los valores actuales.

En cuanto a la eficiencia por uso y disponibilidad de la cuenca del Río Sonora de acuerdo a la base de datos del REPDA y considerando el volumen de extracción anual 1 (el principal ya que contiene el mayor número de concesiones y no difiera en gran medida del volumen total anual de cada acuífero), el acuífero Costa de Hermosillo es el que tiene el mayor volumen de concesión abarcando un 43.5% del volumen total para la cuenca del Río Sonora (800,496,773 hm³), de ahí le siguen los acuíferos Mesa del Seri-La Victoria y Río Zanjón con 12.9% y 12.6% respectivamente. Por su parte, el uso del agua es destinado principalmente al sector agrícola en la mayoría de los acuíferos, tal es el caso de Río San Miguel con 80.8%, Costa de Hermosillo con más del 96%, Río Sonora con el 92.8%, Río Zanjón con el 97%, Santa Rosalía con 96.7% y el acuífero con el porcentaje más alto, Sahural con 99.8%.

El reordenamiento de la cuenca del río Sonora basado en la identificación de los usos principales de agua para establecimiento de metas para un uso eficiente del recurso se basa en: Una reducción del volumen de extracción del agua subterránea del uso agrícola mediante programas de tecnificación, reconversión y rescate de derechos (compra de derechos de agua); La implementación de proyectos de recarga, como la infiltración de agua residual tratada al acuífero Costa de Hermosillo y la recarga de los excedentes superficiales en el acuífero Mesa del Seri- La Victoria; El fortalecimiento de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) y La reglamentación de acuíferos.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar a cabo las siguientes acciones que conllevan estrategias para mejorar el uso eficiente del agua priorizando en el uso público-urbano.

- Regularización y actualización en el Registro Público de Derechos del Agua, respecto a la ubicación geográfica de los alumbramientos de agua subterránea (todos los acuíferos).
- Actualizar la disponibilidad de agua subterránea considerando las adecuaciones a las bases del REPDA para todos los acuíferos de la cuenca.
- Analizar y replantear los volúmenes de concesión de todos los acuíferos con el fin de modificar la cifra en beneficio de la preservación del recurso y de los mismos usuarios.
- Elaborar el reglamento para la operación y aprovechamiento de cada acuífero que contemple mecanismos de reducción en los volúmenes de extracción de pozos y políticas de relocalización de obras.
- Implementar reglamento de operación del acuífero Sahuaral en términos similares al de Costa de Hermosillo.
- Reducción de los volúmenes de extracción de los pozos de la zona “Los Bagotes” y de las captaciones “Mesa del Seri” y “La Victoria” que dan servicio de agua potable a la ciudad de Hermosillo.
- Mantener y preservar el flujo base de los acuíferos en las zonas mineras del acuífero Río Bacanuchi y Río Bacoachi.
- Elaboración de mapas piezométricos en los acuíferos de la cuenca Río Sonora.
- Reubicación de los pozos de la zona sur del acuífero Río Zanjón.
- Realizar planes de manejo para cada acuífero de la Cuenca Río Sonora
- Implementar políticas de operación que prohíban el intercambio o el incremento de volúmenes de pozos inactivos a activos dentro del acuífero Sahuaral.
- Actualizar los censos de aprovechamientos de aguas subterráneas para los acuíferos Costa de Hermosillo, Mesa del Seri-La Victoria, Río Zanjón, Sahuaral, La Poza, Río Sonora, Río San Miguel, Río Bacoachi, Río Bacanuchi y Santa Rosalía.
- Implementar el proyecto de recarga utilizando los volúmenes de agua residual tratada no destinados para uso agrícola e industrial en el acuífero Costa de Hermosillo, con el objetivo de almacenar agua en el acuífero principal.
- Continuar con las acciones de recarga incidental al acuífero Mesa del Seri-La Victoria por infiltración de agua superficial en el cauce del Río Sonora con desfuegos de la presa El Molinito para la irrigación de áreas en infiltración al subsuelo.

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

- Perforar pozos de observación que monitoreen la carga hidráulica para evaluar el volumen de recarga incitada así como su calidad del agua (acuífero Mesa del Seri-La Victoria y Río Sonora).
- Establecimiento de una red piloto que mida parámetros base de la calidad del agua en todos los acuíferos.
- Fortalecer el marco normativo para mejorar la organización, operación y financiamiento de los COTAS (acuíferos Río San Miguel, Mesa del Seri-La Victoria y Zanjón).
- Estudio de factibilidad de recarga artificial que utilice agua pluvial como fuente para recargar los acuíferos en zonas conurbadas.
- Elaborar un estudio geohidrológico de factibilidad para extraer agua de mar en la zona cercana al litoral del acuífero Costa de Hermosillo, específicamente desde el estero Tastiota (al sur), hasta Bahía Kino y desalinizarla para abastecer al sector Servicio (zona hotelera).
- Implantar programas de tecnificación de riego que promuevan el ahorro y optimización del agua, sobre todo en sembradíos de trigo y algodón (acuíferos Costa de Hermosillo, Sahuaral, Río San Miguel).
- Diseñar una red automática de pozos para el monitoreo y observación sistemática del acuífero tanto en el aspecto de piezometría como en calidad del agua (todos los acuíferos).

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, T. H. and L. T. Silver, *The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora*, in *Geology of Northern Sonora: Field Trip Guidebook for the 1979 annual meeting in San Diego*, edited by T. H. Anderson and J. Roldan-Quintana, pp. 59-68, Geological Society of America, Boulder, Colo., 1979.

Cochemé y Demant, 1991. *Geology of the Yécora area, northern Sierra Madre Occidental, Mexico*. Geological Society of America Special Paper 254, 81-94. México, 1991.

CONAGUA, 2013. *Programa detallado de acciones de Gestión Integral para la Restauración Hidrológico del Río Sonora*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Comisión Nacional del Agua. Hermosillo, Sonora. 2013.

CONAGUA, 2015a. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Costa de Hermosillo (2619), Estado de Sonora*. Comisión Nacional del Agua. 20 de abril de 2015

CONAGUA, 2015b. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero La Poza (2622), Estado de Sonora*. Comisión Nacional del Agua. 20 de abril de 2015

CONAGUA, 2015c. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Mesa del Seri-La Victoria (2621), Estado de Sonora*. Comisión Nacional del Agua. 20 de abril de 2015

CONAGUA, 2015d. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Río Bacanuchi (2628), Estado de Sonora*. Comisión Nacional del Agua. 20 de abril de 2015

CONAGUA, 2015e. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Río Bacoachi (2627), Estado de Sonora*. Comisión Nacional del Agua. 20 de abril de 2015

CONAGUA, 2015f. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Río San Miguel (2625), Estado de Sonora*. Comisión Nacional del Agua. 20 de abril de 2015

Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.

Convenio No. SGT-GIABA-DF-15-26-RF-AD

CONAGUA, 2015g. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Río Sonora (2624), Estado de Sonora*. Comisión Nacional del Agua, 20 de abril de 2015.

CONAGUA, 2015h. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Río Zanjón (2676), Estado de Sonora*. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas subterráneas. Diario Oficial de la Federación (DOF). México, 20 de abril de 2015

CONAGUA, 2015i. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Sahuaral (2620), Estado de Sonora*. Comisión Nacional del Agua, 20 de abril de 2015.

CONAGUA, 2015j. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Santa Rosalía (2623), Estado de Sonora*. Comisión Nacional del Agua, 20 de abril de 2015.

Gómez Valencia, Alejandra M., 2015. Petrografía, geoquímica y geocronología del magmatismo orogénico en Rayón: Características petrológicas de los últimos magmas asociados a la subducción en Sonora. *Revista Mexicana de Geociencias*, v. 32, num. 2. México, 2015.

INEGI, 1993. *Estudio hidrogeológico del Estado de Sonora*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, 1993.

INEGI, 2015a. Datos vectoriales y geospaciales de la geología en México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, consultado en noviembre 2015.

INEGI, 2015b. Datos vectoriales y geospaciales de la fisiografía en México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, consultado en noviembre 2015.

INEGI, 2015c. Datos vectoriales y geoespaciales de clima en México. Modificaciones de climatología hechas por Enriqueta García. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, consultado en noviembre 2015.

Longoria, J.G., and Gamper, M.A., 1978, Sobre la ocurrencia de estromatolitos en la secuencia precámbrica del Cuadrángulo Pitiquito-La Primavera, NW de Sonora: Departamento de Geología, Universidad de Sonora Boletín 1, p. 95-104.

Longoria, J.F., González, M.A., Mendoza, J.J., and Pérez.Z. V, 1978, Consideraciones estructurales en el Cuadrángulo Pitiquito-La Primavera, NW de Sonora: Departamento de Geología, Universidad de Sonora Boletín 1, p. 1-17.

Mendoza-Mata, Angélica; Palma Nava Adriana y González Villareal Fernando J. *Optimización del aprovechamiento hídrico en la Cuenca del Río Sonora y Anteproyecto de recarga artificial de sus acuíferos*. Instituto de Ingeniería. México, 2012.

Miller, C.F., Wooden, J.L., Gerber, M.E., 1992, Plutonism at a tectonically evolving continent margin, Mesozoic granitoids of the eastern Mojave Desert, California, USA: 29th International Geological Congress, Abstracts, 29, 519.

Monreal, R., Castillo, J., Rangel, M., Morales, M., Oroz, Lucas A., Valenzuela, H. *La intrusión salina en el acuífero de la Costa de Hermosillo, Sonora*. AIMMGM, AC. XXIV Convención Internacional. Acapulco, Guerrero. Oct. 17-20, 2001

Rangel-Medina, M., Monreal-Saavedra, R., Morales-Montaña, M. y Castillo-Gurrola, J. *Caracterización geoquímica e isotópica del agua subterránea y determinación de la migración de la intrusión marina en el acuífero de la Costa de Hermosillo, Sonora, México*. Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros. Madrid, 2003.

Roldán, 1982. *Evolución tectónica del estado de Sonora*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Revista, vol. 5 núm. 2. P. 178-185. 1982.

Salazar A., Alejandro; -Vázquez, J. L.; Lutz-Ley, América N.; *Agricultura y manejo sustentable del acuífero de la Costa de Hermosillo*. Región y sociedad vol.24 spe.3 Hermosillo. Enero, 2012.

Servicio Geológico Mexicano, *Léxico Estratigráfico del Estado de Sonora*. México, 2003.

SIGACU. Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas. México, consultado en noviembre de 2015.

Vega-Granillo, E.L.; Cirett-Galán, Samantha; De la Parra-Velasco, M.L.; y Zavala-Juárez, Raúl. *Hidrogeología de Sonora, México*. Panorama de la geología de Sonora, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 118, cap. 9. México, 2011.

UNISON, 2015. *Modelación del comportamiento Hidrodinámico del agua subterránea de la zona comprendida entre Carbó, Pesqueira y Zamora, Sonora*. Universidad de Sonora, visto en 2015.