



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO LOS CHIRRIONES (2606), ESTADO DE
SONORA**

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020

Contenido

1. GENERALIDADES	2
Antecedentes.....	2
1.1. Localización	2
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.....	4
3. FISIOGRAFÍA.....	5
3.1 Provincias fisiográficas.....	5
3.2 Clima	5
3.3 Hidrografía.....	6
3.4 Geomorfología	6
4 GEOLOGÍA.....	7
4.1 Estratigrafía.....	7
4.2 Geología estructural	8
4.3 Geología del subsuelo	9
5. HIDROGEOLOGÍA.....	9
5.1 Tipo de Acuífero	9
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA DEL BOMBEO	9
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	9
7.1 Entradas.....	10
7.1.1 Recarga natural.....	10
7.1.2 Recarga inducida	10
7.1.3 Flujo horizontal.....	10
7.2 Salidas	11
7.2.1 Evapotranspiración.....	11
7.2.2 Descargas naturales.....	11
7.2.3 Bombeo.....	11
7.2.4 Flujo subterráneo horizontal	11
7.3 Cambio de almacenamiento.....	11
8. DISPONIBILIDAD.....	13
8.1 Recarga total media anual (R)	13
8.2 Descarga natural comprometida (DNC)	13
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	14
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	14
9 BIBLIOGRAFÍA.....	15

1. GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, en el caso de las aguas subterráneas esto debe ser por acuífero, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la “NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”. Esta norma ha sido preparada por un grupo de especialistas de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, gobiernos estatales y municipales y de la CONAGUA.

La NOM establece para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas la realización de un balance de las mismas donde se defina de manera precisa la recarga, de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

Los resultados técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información, se especifique claramente el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar.

La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, transparentar la administración del recurso, planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

1.1. Localización

El acuífero Los Chirriones, definido con la clave 2606 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción noroeste del Estado de Sonora y cubre una superficie de 2,438 km², la cual corresponde al 1.3% de la superficie total del estado. El Estado de Sonora se encuentra dividido en 70 municipios, de los cuales el Municipio de Altar, es en el cual corresponde políticamente al área de estudio (figura 1).

La zona se encuentra comunicada por la Carretera Federal No.2, que corre de Caborca a Sonoyta, a través de la cual se desprenden varios caminos de terracería, transitables en cualquier época del año, y que mantienen comunicados a los principales centros de población de la región.

La actividad económica primordial que sustenta el desarrollo de la región, es la agrícola. Los principales cultivos en la zona son: trigo, algodón, uva, espárrago, alfalfa y olivo. La ganadería es otra de las actividades en que se basa la economía de la región, y que cuenta en la actualidad con un total aproximado de 35,068 cabezas de ganado.

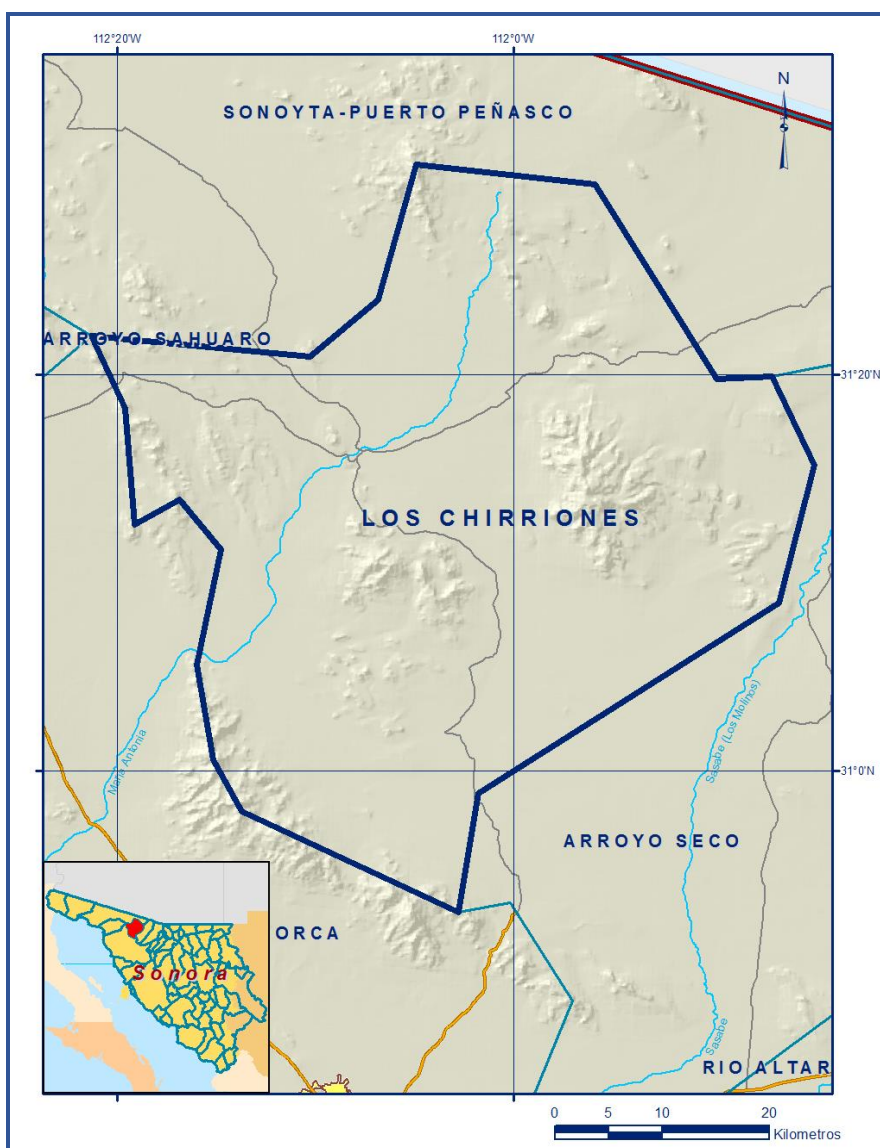


Figura 1. Localización del acuífero

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los

vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 2606 LOS CHIRRIONES						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	111	46	58.3	31	19	55.8
2	111	44	50.5	31	15	26.8
3	111	46	38.1	31	8	30.0
4	112	1	46.6	30	58	53.8
5	112	2	46.1	30	52	53.2
6	112	13	42.4	30	57	58.6
7	112	15	7.2	31	0	35.1
8	112	15	58.4	31	5	21.8
9	112	14	44.6	31	11	12.4
10	112	16	51.1	31	13	41.7
11	112	19	4.9	31	12	26.4
12	112	19	35.1	31	18	19.7
13	112	21	15.8	31	22	0.0
14	112	10	15.6	31	20	55.5
15	112	6	48.6	31	23	49.7
16	112	4	55.9	31	30	38.7
17	111	55	55.8	31	29	38.6
18	111	49	46.3	31	19	49.0
1	111	46	58.3	31	19	55.8

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En 1996 la CONAGUA, por conducto de la Gerencia de Aguas Subterráneas, llevó a cabo un estudio para el Diseño de Redes de Monitoreo de los Acuíferos de los Valles de los Chirriones y Caborca, en el Estado de Sonora. Los objetivos planteados en este estudio fueron: conocer los niveles piezométricos actuales, establecer una red de monitoreo por medio de la cual se puedan conocer las características piezométricas e hidrogeológicas de los acuíferos y finalmente basándose en los resultados obtenidos, establecer una red definitiva con los pozos de monitoreo existentes y con los que a futuro se construyeran.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincias fisiográficas

De acuerdo a la clasificación realizada por el INEGI (1997), la zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la Provincia Fisiográfica Llanura Sonorense, constituida por una amplia variedad de rocas, en cuanto a su edad y composición. De acuerdo a la misma clasificación, el área también queda incluida en la Subprovincia Fisiográfica Sierras y Llanuras Sonorenses, misma que se caracteriza por sus amplias llanuras rodeadas por serranías alargadas, ubicadas en dirección sensiblemente NW-SE y constituidas por rocas de composición variable.

3.2 Clima

Con base en los datos históricos de precipitación, temperatura y evaporación de las estaciones climatológicas que cubren la zona de estudio, y con apoyo en la carta de climas, se observa que el área del acuífero está caracterizada por dos tipos de climas: **Bwh**, que corresponde a un clima muy seco y semicálido, que es el que tiende a predominar en toda el área de estudio y, **BW(h')** correspondiente a un clima muy seco, muy cálido y cálido, el cual se encuentra en una pequeña parte en el centro del área. Estos climas son característicos de zonas áridas, los cuales presentan escasas lluvias, con una concentración en el verano entre el 25 y 34%, muy altas temperaturas de verano, baja humedad y muy elevada evaporación.

La temperatura media anual en todo el valle, fluctúa entre los 18 y 22° C, predominando los 21° C; la insolación es abundante durante todo el año, principalmente en los meses de mayo, junio y julio, correspondiendo a enero el mes más frío. El número de horas sol al mes y al año es elevado con relación a los días nublados. La precipitación promedio anual, según datos de estaciones climatológicas, es de 228 mm, siendo los meses de julio a septiembre los de mayor precipitación, el periodo de lluvias comienza en el mes de agosto, y termina en el mes de octubre, presentándose lluvias intermitentes en los meses de diciembre o enero. La evaporación potencial media anual es del orden de 2000 mm; el mes con índice mayor de evaporación es julio, y el de menor corresponde a enero.

3.3 Hidrografía

El área corresponde a una cuenca limitada en la parte noreste por la Sierra del Humo, al sur por el Cerro Álamo y al sureste por la Sierra La Gloria; se encuentra disectada por el Río El Coyote, el cual nace en la estribación de la Sierra El Durazno, y corre en una dirección NW-SE, a esta corriente, se le une el Arroyo El Palomo, en donde a partir de su unión cambia su sentido hacia el SW. La otra corriente que atraviesa el área de estudio, corresponde con el Río Seco, el cual nace en la frontera con los Estados Unidos, a partir de la cual corre en una dirección NE-SW.

El Acuífero Los Chirriones pertenece a la Región Hidrológica No. 8 "Sonora Norte". El área en estudio está localizada dentro de la Cuenca Río Concepción-Arroyo Cocóspera, dentro de la Subcuenca Río Coyote.

3.4 Geomorfología

Las unidades geomorfológicas más relevantes por su extensión, son las unidades constituidas por los valles y la zona de transición con las sierras.

El conjunto de sierras que definen el marco geológico de la subcuenca del acuífero, se encuentran las zonas de recarga, en donde la infiltración se realiza a través del patrón de fallas y fracturas; la mayor parte de estas prominencias topográficas, se encuentran constituidas por rocas ígneas y metamórficas y presentan una topografía moderada; en tanto que en la zona del valle, la recarga ocurre a través del cuerpo de sedimentos, en los espacios abiertos entre la granulometría de sus constituyentes.

La provincia de Sierras y Llanura presenta una tectónica de bloques afallados que se encuentra en una etapa de madurez dentro de su ciclo geomorfológico. Algunas de estas montañas pueden estar formadas por rocas precámbricas metamorfizadas, sedimentos carbonatados del Paleozoico o por cuerpos intrusivos. La estructura interna de los bloques puede ser simple o compleja dependiendo de las deformaciones que tuvieron lugar antes de efectuarse los esfuerzos tensionales que originaron la disposición actual de la topografía.

4 GEOLOGÍA

El área de estudio se encuentra incluida dentro de una región que geológicamente presenta una gran complejidad, ya que presenta afloramientos de rocas de edades precámbricas, mesozoicas y cenozoicas, de origen sedimentario, ígneo intrusivo y extrusivo, las cuales a través de su historia geológica han sido afectadas por una gran diversidad de eventos tectónicos (figura 2).

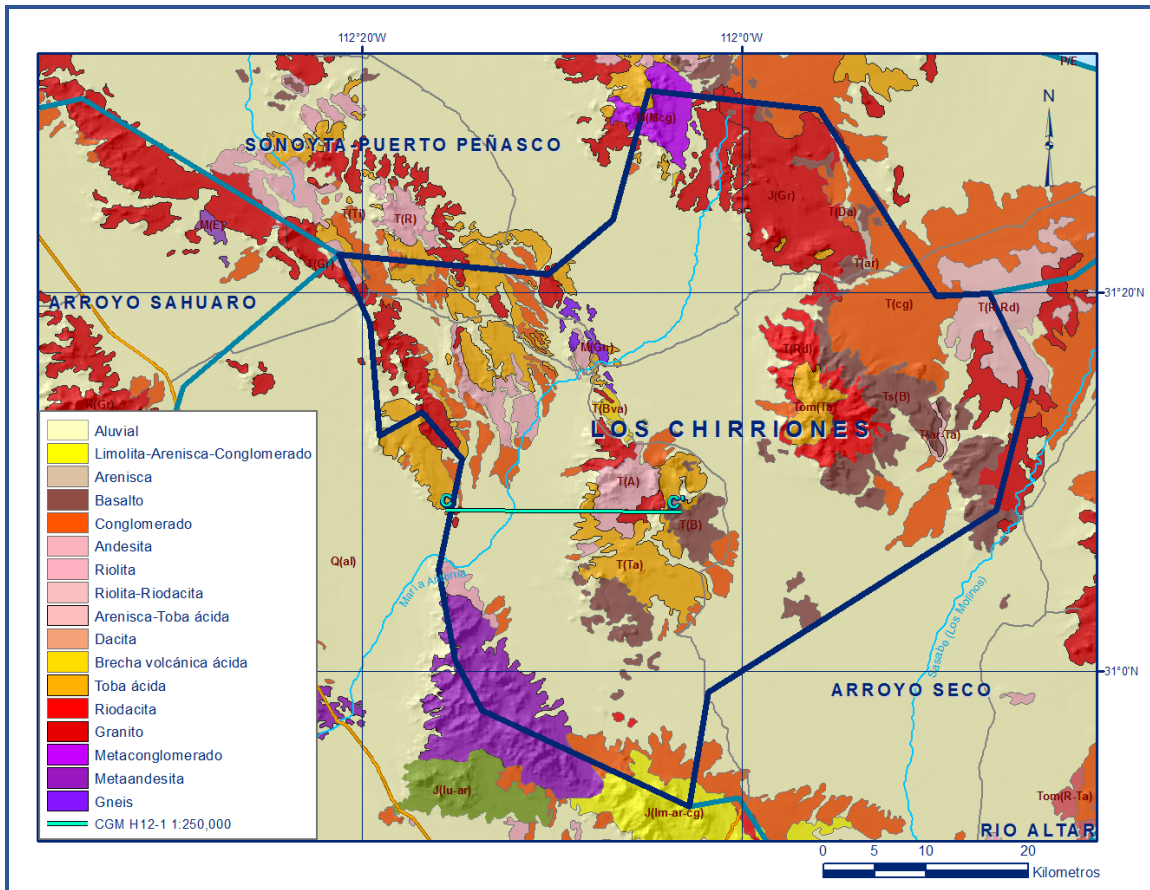


Figura 2. Geología general del acuífero

4.1 Estratigrafía

Regionalmente este sector del Estado de Sonora formó parte de una zona tectónicamente estable, sobre la cual se depositó, durante el Precámbrico Posterior, una potente secuencia constituida por intercalaciones de rocas clásticas y dolomías que sobreyacen indistintamente al Esquisto Pinal o el Granito Aibó.

Durante el Paleozoico la estabilidad tectónica de la región permitió que la plataforma que se formó durante el Precámbrico, persistiera durante gran parte de esta era, de tal forma que el depósito de carbonatos continuó, conformando un prisma de rocas calcáreas de espesor considerable, de la cual la Formación Monos del Pérmico, es la que se encuentra expuesta en el área de estudio.

En el Mesozoico cambia radicalmente el patrón de sedimentación, en el Triásico-Jurásico Inferior se deposita la Formación Antimonio, representada por una secuencia mayor de 1000 m de espesor, compuesta por intercalaciones de areniscas, lutitas y calizas. Posteriormente en el Cretácico, el área empieza a manifestarse la actividad magmática de arco marginal; traducido en forma de intrusiones y vulcanismo.

Durante el Cenozoico se presentan importantes eventos volcánicos silíceos, máficos e intermedios, desde la parte final del Terciario hasta el Reciente se manifiestan los depósitos de materiales clásticos en ambientes fluviales y aluviales.

4.2 Geología estructural

La configuración estructural de las rocas que afloran en el área de estudio es muy compleja, debido en gran parte a la falta de continuidad de sus afloramientos y a la intensa erosión a que ha estado sujeta la región, así mismo, se considera la región se comportó como una zona tectónicamente estable es decir, sus rocas no manifestaron deformación intensa, sino que su comportamiento fue a manera de bloques, o sea formando altos y bajos estructurales. Ahora bien los episodios de deformación ocurridos durante el mesozoico y cenozoico definitivamente son los que quedarían impresos en las estructuras de las rocas.

De tal forma, se interpreta que la última etapa de extensión cortical, que sufrió el área, está estrechamente asociada con la apertura del Golfo, formándose una serie de fosas tectónicas, que fueron rellenadas por considerables volúmenes de sedimentos clásticos, producto de los procesos erosivos de las partes altas.

Finalmente, el patrón estructural dominante corresponde con un sistema de fallas y fracturas que tiene un rumbo preferencial NW-SE, consistente con la orientación de la sierra.

4.3 Geología del subsuelo

El subsuelo del valle del Acuífero Los Chirriones, está conformado por una secuencia clástica, de ambientes de abanicos aluviales, y de tipo fluvial, en donde se espera que ocurran cambios laterales de facies en distancias relativamente cortas, de tal forma que los cuerpos con mayores valores de permeabilidad corresponderán con los sedimentos derivados de los flujos de detritos provenientes de las partes altas de las sierras, así como los provenientes de los cauces de los canales de las corrientes fluviales, las cuales desde el punto de vista geohidrológico son los que revisten mayor importancia.

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de Acuífero

Los materiales aluviales depositados en esta cuenca, presentan características apropiadas de permeabilidad y porosidad para almacenar el agua proveniente de los Ríos El Coyote, El Palomo y Seco, así como de sus arroyos tributarios y de la infiltración del agua de lluvia. El acuífero es de tipo libre, aunque llega a presentar zonas con un porcentaje de materiales arcillosos, que hace que disminuya la permeabilidad; en el área de Coyote-Desemboque éstos llegan a tener hasta 100 m de espesor.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA DEL BOMBEO

El censo de aprovechamientos hidráulicos subterráneos, reportado, reveló la existencia de 118 aprovechamientos activos, que en conjunto extraen un volumen de 54.2 hm³/año, los cuales son destinados para uso agrícola.

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga) y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero en el periodo de tiempo establecido. La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

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

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa por el cambio de almacenamiento:

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

Más específicamente la ecuación queda como sigue:

$$[Eh + I_1 (\text{Volumen lluvia}) + I_2 (\text{Uso público urbano}) + I_3 (\text{Usos agrícola + otros})] - [Sh + Q_{\text{base}}, + \text{Manantiales} + \text{Evapotranspiración} + \text{Extracción}] = V_d S = \Delta V(s)$$

7.1 Entradas

La recarga total está constituida por la recarga natural y la recarga incidental o inducida por la aplicación de agua en las actividades humanas, tanto de origen superficial como subterránea.

7.1.1 Recarga natural

La recarga natural del acuífero corresponde básicamente a los volúmenes infiltrados por agua de lluvia y recarga horizontal proveniente de las zonas de recarga. La recarga total vertical es de 28 hm³/año, según datos de la CONAGUA. para el año 2000.

7.1.2 Recarga inducida

El volumen de agua que anualmente retorna al acuífero como consecuencia del riego que se realiza en el área es de 2 hm³/año.

7.1.3 Flujo horizontal

Se considera que para el caso de este acuífero no existen entradas por flujo subterráneo horizontal.

7.2 Salidas

7.2.1 Evapotranspiración

Las salidas por evapotranspiración son consideradas nulas.

7.2.2 Descargas naturales

En la zona se reportaron salidas por descargas naturales de 2 hm³/año.

7.2.3 Bombeo

El volumen total extraído del acuífero a través del bombeo, resultó de 54.2 hm³/año.

7.2.4 Flujo subterráneo horizontal

En este acuífero, se concluye que no se presentan volúmenes que salen del sistema por flujo horizontal.

7.3 Cambio de almacenamiento

De acuerdo con los datos anteriores, a este término se le determino un valor de -26.2 hm³/año.

En forma resumida el balance, para el año 2000, se presenta en la tabla 2..

Tabla 2. Balance de aguas subterráneas.

Área total del acuífero			km ²	2,438
RECARGA TOTAL				
Área del valle				
Coeficiente				
Precipitación			mm/año	228.6
Recarga natural por lluvia			hm ³ /año	28
Entradas naturales			hm ³ /año	0
Total de recarga natural				
Público Urbano				
Recarga inducida P.U.				
Agrícola más otros				
Recarga inducida Agrícola + otros			hm ³ /año	2
RECARGA TOTAL			hm ³ /año	30
DESCARGA TOTAL				
Salidas horizontales			hm ³ /año	0
Caudal base			hm ³ /año	2
Evapotranspiración			hm ³ /año	0
Extracción total			hm ³ /año	54.2
Manantiales comprometidos			hm ³ /año	0
Agrícola			hm ³ /año	54.2
Público				
Urbano				
Industrial				
Otros				
DESCARGA TOTAL			hm ³ /año	56.2
Cambio de almacenamiento				-26.2
Coeficiente de almacenamiento				
Volumen drenado				
AGUA SUPERFICIAL				
Agrícola				
Público Urbano				
Industrial				

8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales; en su fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

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

Donde:

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

R = Recarga total media anual

DNC = Descarga natural comprometida

VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso, su valor es de **30.0 hm³/año**, que corresponden a la suma de la recarga natural y la recarga inducida.

8.2 Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero.

Para este caso, su valor es de **2.0 hm³ anuales**, que corresponde al caudal base hacia los ríos. **DNC =2.0 hm³ anuales.**

8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica. En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos, aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **28,226,500 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **20 de febrero del 2020**.

8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

La disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 30.0 - 2.0 - 28.226500 \\ \text{DMA} &= - 0.226500 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **226,500 m³ anuales** que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.

9 BIBLIOGRAFÍA

Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Permian-Triassic boundary at El Antimonio, Sonora, México. Spencer G. Lucas, Barry S. Kues, John W. Estep, and Carlos M. González-León. Pp 149.

Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Sequence stratigraphy and paleogeographic setting of the Antimonio Formation (Late Permian-Early Jurassic), Sonora, México. Carlos M. González León. Pp. 136.

Tesis Ing. Juan José Canizal Sosa. Reconocimiento Geológico Petrolero del Área de Cuauhtemoc, Sonora. IPN México, 1984.