



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO ALTA BABÍCORA (0802), ESTADO
DE CHIHUAHUA**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes.....	2
1.1. Localización.....	2
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	5
3. FISIOGRAFÍA.....	5
3.1 Clima	5
3.2 Hidrografía.....	5
3.3 Geomorfología	7
4. GEOLOGÍA.....	8
4.1 Estratigrafía	8
4.2 Geología estructural	11
4.3. Geología del subsuelo.....	13
5. HIDROGEOLOGÍA.....	13
5.1 Tipo de acuífero.....	14
5.2 Comportamiento hidráulico	15
5.2.1 Profundidad al nivel estático	15
5.2.2 Elevación al nivel estático	16
5.2.3 Evolución al nivel estático.....	17
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	17
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	18
7.1 Entradas.....	19
7.1.1 Recarga natural.....	19
7.1.2 Recarga inducida	19
7.2 Salidas	20
7.2.1 Extracción por bombeo (B).....	20
7.2.2 Descargas naturales.....	20
7.2.3 Evapotranspiración.....	20
7.3 Cambio de almacenamiento.....	20
8. DISPONIBILIDAD	21
8.1 Recarga total media anual (R).....	21
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	21
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	22
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	22

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 Alta Babícora, definido con la clave 0802 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la parte occidental del estado de Chihuahua; está limitado al norte por la sierra de Chalchihuites y el cerro Sombreretillo; al este por la Sierra Grande; al oeste la línea colindante corresponde a una estribación de la Sierra Madre Occidental; al sur y suroeste por la sierra de La Cebolla, los cerros La Concha, El Venado y La Copa (figura 1).

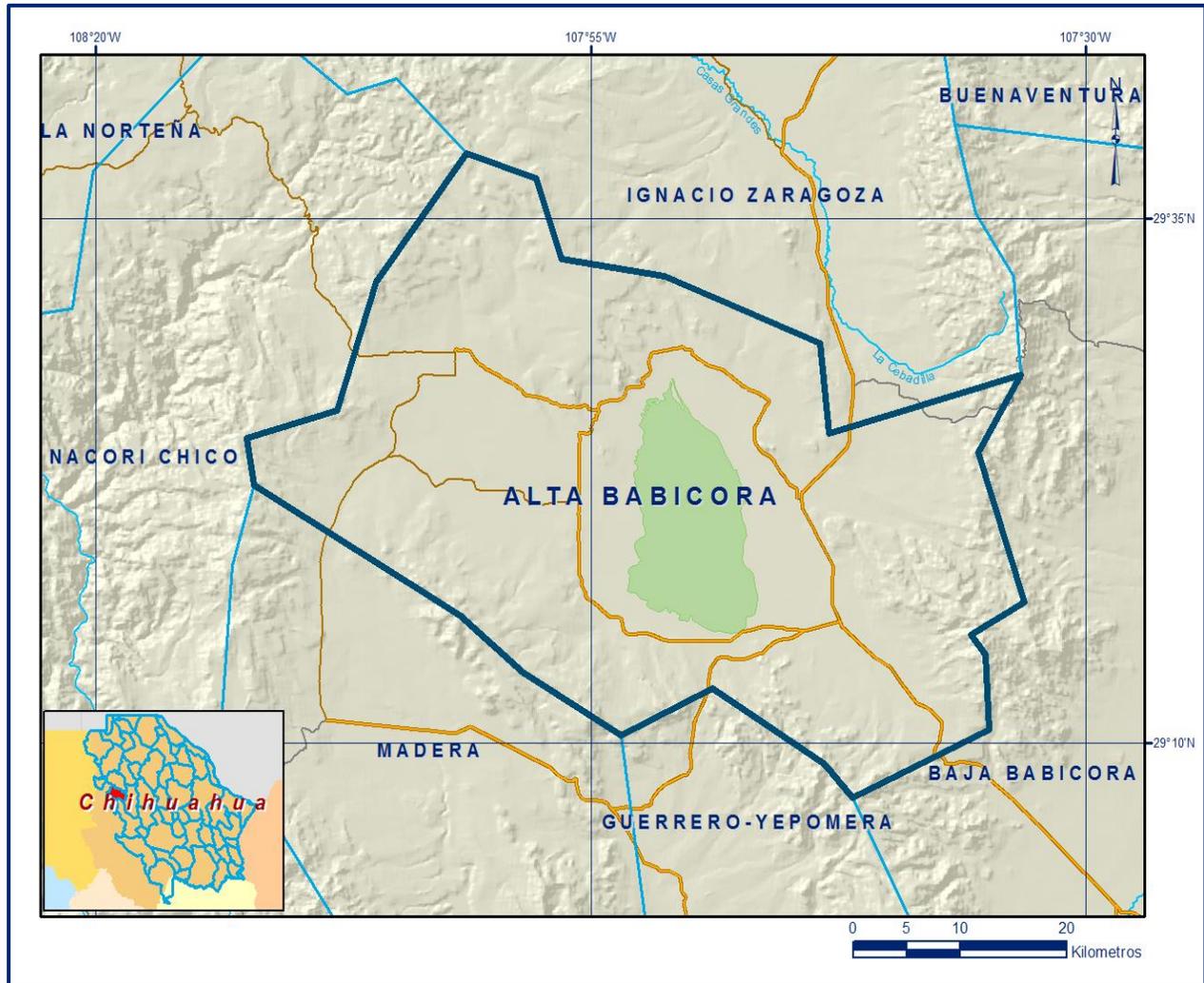


Figura 1. Localización del acuífero

El valle cubre una superficie aproximada de 1,865 km², comprendido entre las coordenadas 29° 08' y 29° 35' de latitud norte, y los 107° 31' y 108° 12' de longitud oeste, el valle de esta zona se encuentra a una altitud media de 2,180 a 2,140 msnm.

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

La zona de estudio está integrada por casi la totalidad del municipio de Gómez Farías; parcialmente por el municipio de Madera y en una ínfima parte de los municipios de Namiquipa y Temósachi. El acceso a la zona se lleva a cabo a través de la carretera estatal No. 65, que une a los poblados Cuauhtémoc y San Buenaventura, así como el ferrocarril en su ramal Chihuahua Pacífico.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 0802 ALTA BABICORA						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	107	43	13.1	29	9	0.0
2	107	48	52.8	29	12	37.3
3	107	53	28.6	29	10	22.8
4	107	58	27.3	29	13	21.4
5	108	1	37.1	29	16	4.8
6	108	12	3.0	29	22	18.0
7	108	12	23.7	29	24	31.6
8	108	7	50.0	29	25	51.4
9	108	5	53.4	29	31	57.7
10	108	1	19.0	29	38	7.6
11	107	57	46.9	29	36	55.0
12	107	56	30.4	29	33	5.5
13	107	51	18.3	29	32	14.7
14	107	43	25.7	29	29	4.7
15	107	42	58.2	29	24	44.8
16	107	33	15.9	29	27	33.7
17	107	35	24.8	29	23	49.6
18	107	33	4.6	29	16	42.4
19	107	35	47.9	29	15	10.7
20	107	35	2.4	29	14	12.6
21	107	34	53.2	29	10	37.1
22	107	41	47.4	29	7	24.2
1	107	43	13.1	29	9	0.0

A Cuauhtémoc se llega de la capital del estado por la carretera No. 16. La carretera No. 16 cruza el área de sur a norte, comunicando las poblaciones de La Pinta, Peña Blanca, Valentín Gómez Farias, y de aquí se puede tener acceso hacia poblados fuera del área de estudio como Ignacio Zaragoza y Buenaventura.

Dentro de la zona de estudio se encuentra la carretera estatal No. 180 que une las poblaciones de San José Babícora, Col. Libertad, Nicolás Bravo, Col. Alamillo, Pablo Amaya, Porvenir del Campesino; asimismo entronca con la carretera estatal 65.

Existen otros caminos, algunos de terracerías, que unen diversos poblados como El Presón del Toro, Col. Año de Hidalgo, entre otros.

La vía férrea pasa por la porción occidental con estación en la población denominada Las Varas. En la zona existen pistas de aterrizaje para aviones pequeños y avionetas en las poblaciones de San José Babícora, Gómez Farias y Nicolás Bravo. Entre las poblaciones más importantes que se ubican dentro del área, destacan: Gómez Farias, Babícora, Nicolás Bravo, Col. Libertad, Col. Alamillo, Pablo Amaya, Porvenir del Campesino y Las Varas.

Zonas de Disponibilidad

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3.

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En el año de 1978 se realizó el “Estudio geohidrológico de la Alta Babícora”, realizado por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Dirección de Geohidrología y Zonas Áridas, Residencia en el Estado de Chihuahua. Posteriormente, en 1990, El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), efectuó el “Estudio Hidrológico de la Alta Babícora, Chih”.

3. FISIOGRAFÍA

El acuífero de Alta Babícora, de acuerdo con la clasificación de las provincias fisiográfica realizada por INEGI, se ubica dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, subprovincia Sierras y Llanuras Tarahumaras, así como de la subprovincia Sierras y Cañadas del Norte.

3.1 Clima

De acuerdo con Köppen, el clima regional se clasifica como estepario o semidesértico (BS1), con lluvias en verano w (x') semifrío (K”), excepto en la porción sur que posee un clima templado y con verano cálido. La temperatura media anual para esta zona se estima en 11 °C. La precipitación media anual calculada para la zona es de 615 mm. Para esta área se ha calculado una evaporación potencial media anual de 1,463 mm, según registros de la estación climatológica ubicada en el poblado de Madera, Chih.

3.2 Hidrografía

El área corresponde a una cuenca abierta; las corrientes que drenan la superficie llegan directamente al Golfo de México y tiene como zona de parteaguas a la Sierra Madre del Sur (CRM, 1999).

Región Hidrológica

El acuífero de Alta Babícora pertenece a la Región Hidrológica No. 34, “Cuencas Cerradas del Norte”, Subregión “Cuencas Cerradas del Norte”, Cuenca Laguna Babícora. Desde el punto de vista administrativo pertenece a la región VI Río Bravo.

Cuenca

En la Cuenca de la zona de estudio el patrón de drenaje establecido es de tipo dendrítico, concurriendo las corrientes hacia el interior del valle, constituyendo un sistema endorreico.

La corriente superficial principal es el arroyo Las Varas, cuyo origen tiene lugar en el cerro Tres Fierros, con sentido de escurrimiento general hacia el sureste y un recorrido total, desde su cabecera hasta su desembocadura, en la laguna de Babícora, de 45 km. Cuenta con varios afluentes, sobre todo por su margen derecha.

Otra corriente de importancia es el arroyo Jagüeyes que corre de norte a sur, con un área de drenaje menor que el anterior; asimismo, existen otros arroyos de menor importancia como el arroyo El Jaral que circula sensiblemente en sentido este-oeste, el cual fluye a la laguna por su costado oriental, pasando cerca de la población de Gómez Farias. La laguna de la Alta Babícora es formada por la intercomunicación de diversas áreas de inundación de escasa profundidad, teniendo como fuente de alimentación los arroyos mencionados, que descienden desde las sierras circundantes.

En la región sólo existe una estación hidrométrica, cuya operación ha sido muy irregular. De acuerdo a observaciones y algunas mediciones periódicas se tiene calculado un volumen neto de escurrimiento anual de aproximadamente 10 hm³. La presencia de agua superficial en la mayor parte de la cuenca es temporal y de corta duración. La relativa pobreza de los recursos hidráulicos superficiales limita su posible aprovechamiento y propician que en la cuenca escasee el número de obras hidráulicas, siendo la más importante del bordo denominado El Toro, se localiza en la porción oeste de la cuenca, en el poblado llamado Presón del Toro; consta de una cortina de tierra reforzada con enrocamiento en el lado que está en contacto con el agua; su uso es doméstico y pecuario. Las demás obras que se ubican en la cuenca son más modestas y consisten de bordos de tierra de pequeñas dimensiones que se utilizan como abrevaderos y contruidos sobre los principales arroyos. Algunos ya se encuentran fuertemente azolvados y fuera de uso.

La Laguna de Babícora se sitúa en la depresión que en otra época estuvo ocupada por una caldera volcánica y su suelo es de tipo lacustre, aunque gran parte de sus sedimentos son de origen aluvial; se trata de una laguna intermitente que se seca durante el estiaje y que en épocas de lluvias tiene una profundidad máxima de un metro, aproximadamente.

Como ya se mencionó, la laguna está constituida por diversas zonas sujetas a inundación, que se comunican entre sí y que abarcan un área aproximada de 158 km². Los principales usos del agua de la laguna son doméstico y pecuario, y durante el estiaje se utiliza para pastoreo de ganado, aunque con pastizales muy deteriorados.

3.3 Geomorfología

La región presenta en términos generales 3 unidades geomorfológicas: los macizos rocosos, las mesetas y las planicies. La primera consiste en una estructura rígida, formada predominantemente por rocas ígneas extrusivas ácidas, con relieve abrupto, en ocasiones escarpado; esta unidad se ubica en la porción oriental del área constituyendo la Sierra Grande, y en la suroriental conformando cerros aislados con fuerte pendiente, rasgo que contrasta de manera muy pronunciada con las otras unidades.

La segunda unidad se encuentra en las partes meridional, meridional-occidental y noroccidental, principalmente, su expresión topográfica es de mesetas y lomeríos de pendientes suaves; constituidas por derrames de basalto.

La tercera unidad geomorfológica se caracteriza por un relieve de escasas variaciones, originada por los depósitos de relleno de valle y se manifiesta como una llanura, en cuyos bordes se observan los cambios topográficos más frecuentes de la unidad, dando lugar a lomeríos que desaparecen paulatinamente hacia el centro del valle. La región en estudio muestra una litología eminentemente ígnea, formada por emanaciones volcánicas, derrames de fisura, brechas y depósitos piroclásticos cuyo origen se halla ligado al tectonismo de la Sierra Madre Occidental.

Las secuencias magmáticas que tuvieron lugar durante el Terciario y el Reciente han cubierto las unidades preexistentes en el sitio, siendo, obviamente, las formaciones ocurridas en esta amplitud temporal las únicas visibles.

En las exploraciones del subsuelo no se han detectado rocas de mayor edad que las aflorantes, razón por la cual se ha limitado la descripción petrográfica a estas unidades, considerando que por su ubicación y comportamiento físico son las que influyen en la circulación del agua subterránea.

4. GEOLOGÍA

4.1 Estratigrafía

Las rocas que afloran en el área quedan comprendidas, entre los períodos Terciario y Cuaternario, que a continuación se describen según su cronología, a partir de la más antigua (Figura 2).

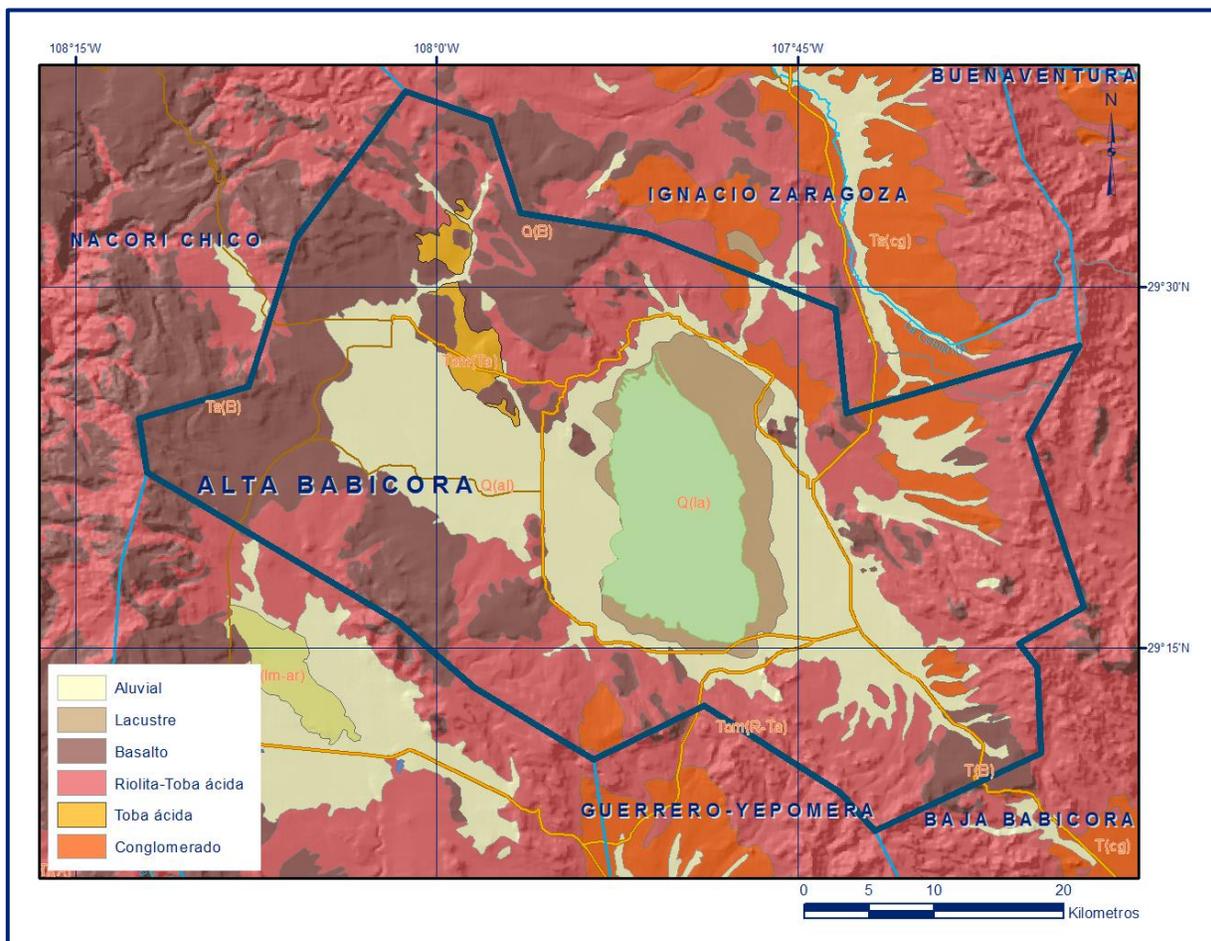


Figura 2. Geología general del acuífero

Las más antiguas son una secuencia de derrames lávicos y depósitos de piroclásticos de naturaleza andesítica en la base y riolítica en la cima. Estas rocas funcionan como fronteras del acuífero.

Terciario Volcánico. -En esta unidad se agrupan coladas de lava, depósitos cineríticos y de tobas, fundamentalmente de naturaleza riolítica y andesítica, que alcanzan su máxima expresión en las sierras de las porciones sur y suroccidental del área. Ocasionalmente en esta secuencia se hallan intercalados depósitos lacustres.

En la secuencia volcánica las rocas más antiguas están representadas por tobas y derrames andesíticos, predominantemente, mientras que la serie más joven es riolítica.

Las mejores expresiones de los miembros de esta unidad se muestran en la Cuesta del Toro; su cima puede observarse en los cortes de la carretera entre San José de Babícora y Rincón de la Concha. Infrayacentes a las tobas, se hallan derrames de composición intermedia entre andesitas y basalto; las localidades donde se manifiesta esta unidad son: la Cuesta del Toro y algunos cerros aislados del norte del poblado Gómez Farías.

Debajo de estas rocas se halla una sucesión de capas piroclásticas y epiclásticas, compuestas principalmente de tobas y cenizas volcánicas, con algunas intercalaciones de tobas híbridas; son de naturaleza riolítica y andesítica.

Debajo de estas rocas se halla una sucesión de capas piroclásticas y epiclásticas, compuestas principalmente de tobas y cenizas volcánicas, con algunas intercalaciones de tobas híbridas; son de naturaleza riolítica y andesítica.

Riolitas y tobas riolíticas. La mayor parte de las rocas que constituyen las elevaciones al oriente del área, integrando el cuerpo principal de la Sierra Grande, consiste de tobas riolíticas en alternancia con derrames lávicos de la misma composición; las lavas tienen estructura fluidal, esferulítica y vesicular, comúnmente muestran desarrollo de diaclasas verticales, manifestando estructura columnar; su variación lateral es bastante notoria.

Depósitos antiguos. Estos sedimentos tienen en la región una restringida área de exposición; la única localidad donde se hallan es en la porción NE de la cuenca, continuando sus afloramientos fuera de ella.

Su expresión topográfica consiste en lomeríos de baja altura y suave pendiente; constan de fragmentos de rocas ígneas predominantemente riolíticas, empacados en una matriz arenosa y cementada.

Esta unidad no se halla expuesta en el interior del valle, sin embargo, varias de las exploraciones cortaron conglomerados que, aunque en apariencia difieren bastante en sus características de consolidación con el observado, pueden deberse a cambios laterales.

Cuaternario. La marcada discordancia erosional entre las rocas del Terciario y las del Cuaternario denota que hubo un tiempo de erosión antes de la ocurrencia de las últimas.

Abanicos aluviales y gravas. Estos depósitos se encuentran en las estribaciones de las sierras, alcanzando su máxima extensión en las porciones nororiental y suroriental de la cuenca, al pie de la Sierra Grande consisten en fragmentos de rocas redondeadas y subredondeadas, predominantemente de la grava, que integran con frecuencia bancos de granulometría bien graduada. Los clásticos de riolita, son los más abundantes.

Basalto. Esta formación comprende una serie de coladas de lava basáltica que alcanzan su máxima expresión en las sierras de La Cebolla y Chalchihuites, donde se extiende casi sin interrupción coronando la cima de las elevaciones. Presentan un complejo sistema de fracturas, siendo corriente el desarrollo en bloques in situ en algunas localidades, sobreyace en discordancia erosional a las rocas del Terciario. En el interior del valle su distribución es muy reducida, presentándose sólo en algunos cerros aislados.

Depósitos recientes. Bajo esta denominación se agrupan los sedimentos continentales que forman depósitos aluviales principalmente, depósitos eólicos y fluviales; los depósitos aluviales tienen una amplia distribución superficial, que comprende casi todo el interior del valle, su tamaño varía entre el de la arena gruesa y el de la grava fina, generalmente en capas bien clasificadas. Los depósitos eólicos consisten en mantos de arena de grano medio a fino; afloran en áreas reducidas en las que es muy difícil establecer sus contactos; sus mejores exposiciones se encuentran al oriente de Peña Blanca y en las inmediaciones del Porvenir del Campesino.

Los depósitos fluviales tienen mínima importancia ya que existen muy pocas corrientes superficiales y el transporte de material no llega a formar más que pequeños bancos de grava en el arroyo Las Varas y los arroyos que pasan por Gómez Farías y San José de Babícora.

El espesor conocido de los miembros en conjunto de esta unidad es de 300 m. Su incidencia es posterior a los derrames basálticos.

Depósitos de inundación. La composición litológica de esta formación consiste de una mezcla de arcillas y limos concentrados en el centro del valle, en la última etapa de arrastre; constituyen el lecho de la Laguna Babícora, alcanzando espesores de 82.0 m.

Rocas Intrusivas. En la región no existen exposiciones de estas rocas; sin embargo, fue posible detectar la presencia de algunos cuerpos intrusivos, los cuales atendiendo a su posición y espesores cortados se identificaron como diques.

En general las rocas pertenecientes al Cuaternario son derrames basálticos con estructura masiva, muy fracturada, y los sedimentos que rellenan el valle son una acumulación de clásticos de rocas ígneas, en la que se incluyen, principalmente, materiales aluviales y en menor proporción depósitos de inundación eólicos, coluviales y fluviales.

4.2 Geología estructural

Los episodios geológicos que sucedieron en la región tienen íntima vinculación con el fenómeno orogénico que dio lugar a la sierra Madre Occidental; sin embargo, como los acontecimientos geológicos se explican por el carácter de las rocas que afloran y por las relaciones estructurales y geomorfológicas que estas guardan entre sí, la historia sólo puede tener explicación en una amplitud temporal de mediados del Terciario hasta la época actual, lapso que se halla bien representado. La etapa orogénica, cuya edad es del Terciario Superior, produjo levantamientos que dieron lugar a esfuerzos de tipo distensivo y originó la creación de fallas normales, fracturas, grabens y horst. Debido a lo anterior, las geoformas presentes acusan un patrón estructural evidenciado por la orientación general de las sierras, mesetas y valles alargados con rumbo preferencial noroeste-sureste, regularmente paralelos entre sí, indicando un sistema de fallas normales escalonadas, que se identifican por los valles y sierras acomodadas en grabens y horst.

Con el criterio mencionado, se tienen en el área como pilares tectónicos a las sierras de Chalchihuites y La Grande, y como fosa al valle de la Laguna de Babícora.

El Oligoceno y Mioceno fueron períodos de intenso vulcanismo explosivo e intermitente, que se manifiesta superficialmente por derrames de lava que alternan con tobas y material cinerítico, de tipo andesítico y principalmente riodacítico y riolítico, que se localizan sobre todo en los extremos orientales del área; la presencia de ignimbritas y brechas volcánicas bien soldadas hace constar que hubo efusiones de material volcánico incandescente a través de fisuras del terreno.

Parte de los piroclásticos se depositaron en un medio acuoso, como lo demuestra su pseudoestratificación, casi horizontal en algunos afloramientos.

En el Plioceno continua el magmatismo, sobreviniendo al final una época de movimientos epirogénicos de grandes bloques que ocasionaron fallas normales, principalmente longitudinales, limitando bloques de forma alargada y angosta, que a la acción de los esfuerzos a que fueron sometidos cambiaron su posición, elevándose o hundiéndose, formando un relieve de pilares y fosas tectónicas.

A esta fase siguió un período de fuerte erosión durante el cual fueron atacadas, preponderantemente, las partes más altas de la topografía existente, sufriendo una modificación considerable y dando lugar a una extensa superficie de erosión de poco relieve. Debido a este proceso se generan grandes cuencas hidrográficas endorreicas. Es probable que, en este tiempo, la Alta Babícora haya quedado incorporada al sistema de drenaje del río Santa María.

A fines del Pleistoceno o principios del Reciente, se presentaron nuevas erupciones con emisión de corrientes de lava y materiales de proyección que suspendieron la erosión temporalmente, cubriendo parcialmente las rocas terciarias y los sedimentos derivados de ellas, formando nuevas eminencias que modificaron la fisonomía de la región aunque conservando las características esenciales de la red hidrográfica establecida, con la persistencia de las cuencas endorreicas mayores y algunos cambios de poca importancia en las menores, o incluso la formación de otras secundarias. Posiblemente en este tiempo la Alta Babícora quedó desligada de las adyacentes y se originaron pequeños vallecillos y la Laguna Chalchihuites.

La gran actividad volcánica desplegada transformó en parte la morfología de la superficie de erosión desarrollada anteriormente, originando que las amplias planicies en el interior de las cuencas tuvieran menor extensión debido a las nuevas cadenas montañosas.

Al cesar el magmatismo, los sedimentos aluviales producto de la desintegración de las rocas se acumularon rápidamente, suavizando los rasgos fisiográficos y modelando el paisaje que en la actualidad se observa.

4.3. Geología del subsuelo

Los depósitos aluviales que tienen amplia distribución superficial, cubriendo la planicie del interior del valle han sido penetrados por medio de perforaciones hasta la profundidad de 350 m sin lograr atravesarlos.

Las rocas basálticas constituyen una unidad de distribución muy irregular en el interior del valle, tanto en extensión como en profundidad; los espesores máximos cortados por las perforaciones son de 180 m.

5. HIDROGEOLOGÍA

La explotación de aguas subterráneas en el valle de la Alta Babícora aunque data de varias décadas. La perforación de pozos profundos se inició propiamente en el año de 1974 a través de pozos de exploración, siendo el año de 1978 cuando estos pozos habiendo cumplido con su propósito original se equiparon para destinarlos a la agricultura, por lo que se considera que a partir de entonces se inicia en forma la explotación del agua subterránea en esta zona.

De acuerdo con la geología e hidrología superficial, se diferencian en la zona de estudio dos unidades hidrogeológicas definidas por la cuenca de la laguna de Babícora y la unidad de las Varas, que se ubica en la zona donde se localizan las poblaciones de Presón del Toro, Las Varas y Col. Año de Hidalgo.

La unidad de la Alta Babícora y la de las Varas están constituidas por dos formaciones litológicas diferentes: los sedimentos acumulados que rellenan el valle y las rocas basálticas, que al estar en contacto con los depósitos sedimentarios funcionan como una misma unidad geohidrológica, siendo la primera la más importante.

5.1 Tipo de acuífero

El acuífero en estudio está comprendido principalmente por los depósitos recientes, que presentan una alta permeabilidad que se patentiza por la ausencia casi total de drenaje superficial.

Cuando se halla en contacto con los basaltos y abanicos aluviales funcionan como una sola unidad; los basaltos generalmente manifiestan gran porosidad primaria y secundaria, teniendo elevada permeabilidad. Como sus espesores son, por lo común bastante delgados, actúan como transmisores de agua, pero cuando se hallan bajo el nivel de saturación forman un excelente acuífero.

Los abanicos aluviales presentan una granulometría gruesa, en la que se encuentran mantos de grava bien clasificada, le confiere una alta permeabilidad que permite la infiltración del agua; opera como transmisor de agua a las rocas subyacentes; cuando se halla bajo el nivel de saturación actúa como acuífero.

En otras palabras, el acuífero puede estar contenido en un medio fracturado en el caso de los basaltos, y en medio granular por lo que respecta a los abanicos aluviales.

Por estar constituidos los depósitos de inundación con granulometría fina, les dan características de baja permeabilidad, estos materiales son capaces de retener agua, pero no la transmiten, confinan al acuífero en la parte media de la cuenca.

Las áreas de recarga principales son la Sierra Grande, las sierras La Cebolla, Chalchihuites y la cadena montañosa donde se localizan los cerros de la Copa, Venado y Diablo. La recarga del acuífero es causada principalmente por la infiltración de agua de lluvia; de los ríos en los que fluye agua en tiempos de lluvias, y por retornos del agua de riego.

La descarga se realiza en forma lateral por flujo subterráneo horizontal, evapotranspiración en zonas con niveles freáticos someros, y de manera artificial por bombeo de pozos y norias.

Las características hidráulicas del acuífero se determinaron con base a resultados de 11 pruebas de bombeo de corta duración, realizadas en el año de 1976 en los pozos profundos de la Residencia de Geohidrología y Zonas Áridas.

Las transmisividades varían de $0.40 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ a $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; éste último valor corresponde a la zona ubicada al sur del poblado de Pablo Amaya.

El acuífero tiene el funcionamiento de un acuífero libre en casi toda la cuenca, solamente en su porción central manifiesta confinamiento por efecto del material arcilloso que forma el lecho de la laguna.

5.2 Comportamiento hidráulico

El acuífero de la Alta Babícora cuenta con datos de niveles piezométricos correspondientes a los años de 1976 y 1977; asimismo se cuenta con datos piezométricos del año de 1987 e incluidos en el estudio de actualización de condiciones piezométricas de 1987.

5.2.1 Profundidad al nivel estático

En el acuífero Alta Babícora la distribución de las profundidades del nivel estático para el año de 1977, se puede observar en la figura 3, por medio de las curvas de igual profundidad varían de 0.5 a 50.0 m; las menores corresponden a pozos situados en las proximidades de la Laguna Babícora donde tienen lugar las curvas con 0.5 m hasta 5 m en sus partes más extremas; profundidades mayores de 10 m y hasta 35 m se tienen al sureste, desde la población San José Babícora hasta el poblado La Pinta. Las mayores profundidades, que son del orden de 45 a 50 m, se localizan en la parte oeste de la zona, comprendida entre el arroyo Las Varas y los poblados de Babícora y Presón del Toro.

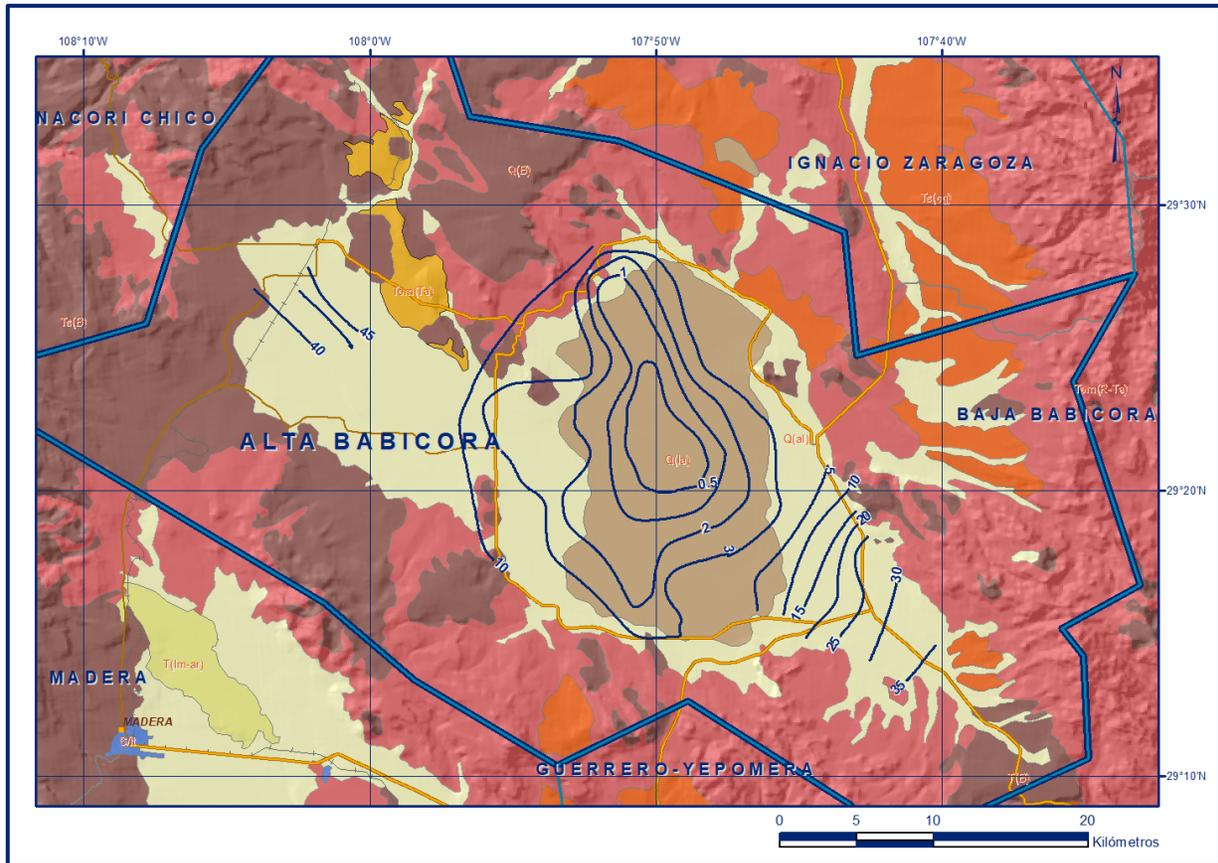


Figura 3. Profundidad al nivel estático en m (1977)

5.2.2 Elevación al nivel estático

La configuración de las curvas de igual elevación del nivel estático muestra que el agua subterránea se mueve con una dirección preferencial de suroeste a noreste con alimentación de las partes oriental, sur y suroccidental; en forma general el flujo es convergente hacia la parte central-norte; la elevación del nivel estático varía de 2,160 msnm a 2,140 msnm; existiendo a la altura de la población de El Alamillo un flujo de agua subterránea hacia el oeste. Asimismo, en el área denominada Las Varas, y al oeste del río Las Varas el flujo subterráneo presenta una dirección de este a oeste, de tal manera que se puede interpretar como una fuga de agua subterránea, hacia la zona Valecillos, como se puede observar en la figura 4.

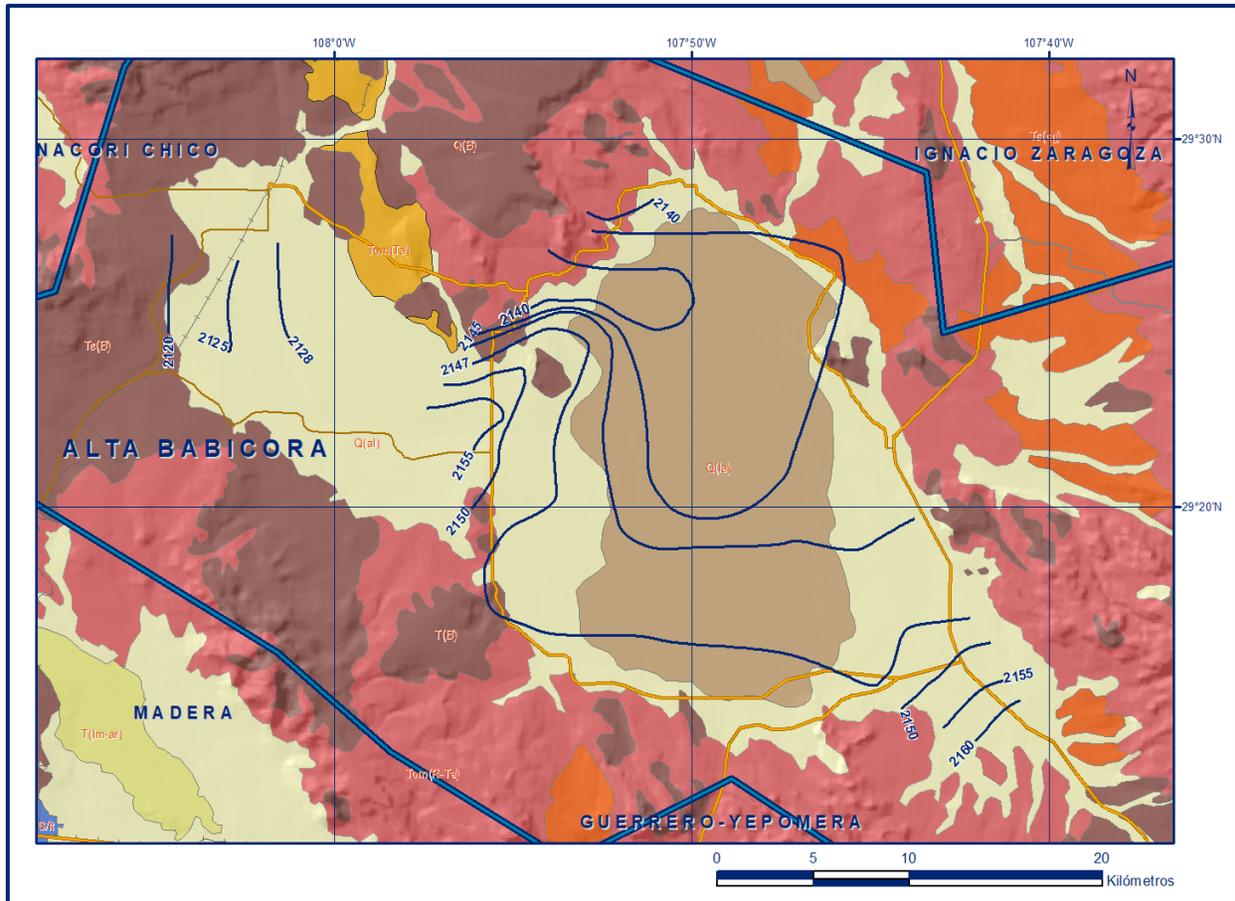


Figura 4. Elevación del nivel estático en msnm (1977)

La configuración de la elevación del nivel estático del agua subterránea, indica que la recarga principal del acuífero es a través de agua pluvial que se infiltra en las sierras Chalchiuites, Sierra Grande y La Cebolla.

5.2.3 Evolución al nivel estático

De acuerdo a la información analizada, para el período 1977-1987, el acuífero se encuentra prácticamente en estado de equilibrio y quizá hasta subexplotado, presentando evoluciones positivas en toda el área con valores que varían de 0.4 a 0.8 m en un período de 10 años; no se presentan abatimientos, ya que, a pesar de existir algunos pozos, en su mayoría no operan, quedando retenidos los campesinos a la agricultura de temporal.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

En la tabla siguiente se muestra el aprovechamiento por usos del agua subterránea en la zona de la Alta Babicora.

Del total de los 124 aprovechamientos registrados en el área, 100 son pozos, 17 norias y 7 manantiales.

La extracción por pozos es de 29.72 hm³/año, 0.6 hm³/año a través de norias, las cuales son someras (varían de 3 a 9 m), y 4.5 hm³/año provienen de manantiales.

La extracción total de agua subterránea en la zona es de **34.80 hm³/año**, la cual se destina principalmente para la agricultura, y en menor proporción para usos industriales, público urbano y doméstico (Tabla 2).

Tabla 2. Aprovechamiento del agua subterránea

Uso	Volumen hm ³ /año	Porcentaje (%)
Doméstico-Abrevadero	0.15	0.4
Agrícola	33.38	95.9
Público Urbano	0.38	1.1
Industria	0.91	2.6
Total	34.82	100

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 de una unidad hidrogeológica, queda como sigue:

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

En el caso del acuífero se encuentra prácticamente en estado de equilibrio dinámico.

El volumen infiltrado por lluvia a través de las sierras, infiltración en las partes bajas, infiltraciones del agua de los arroyos, así como por retornos de riego, es similar al flujo de salida en forma natural y artificial; en otras palabras, el volumen que entra es similar al volumen que sale. Por lo tanto, existe la posibilidad de realizar explotaciones controladas, que llevarían a una nueva condición de equilibrio hidrodinámico, lógicamente interceptando volúmenes correspondientes a las salidas naturales.

7.1 Entradas

La recarga del acuífero proviene principalmente de las infiltraciones del agua de lluvia que se precipita en las sierras, y en menor proporción de la que se precipita en las partes bajas donde las formaciones permiten dicha infiltración; el agua de lluvia que fluye por los ríos en parte también se infiltra, y en este caso se considerará como parte integral de los volúmenes que recargan al acuífero procedentes de la precipitación, debido por un lado a que no provienen de otras cuencas ni sus escurrimientos son perennes sino intermitentes; el acuífero recibe también recarga por exceso de agua de irrigación en los campos de cultivo.

7.1.1 Recarga natural

La recarga natural considerada como la suma de la infiltración del agua de lluvia más el flujo subterráneo proveniente de las zonas montañosas que rodean al valle, se ha calculado en 41.1 hm³/año.

Para el agua de lluvia se consideró un área del valle de 620 km², menos un área de 158 km² correspondientes a la Laguna Babícora, que presenta material fino en su superficie y por tanto su baja permeabilidad no permite un flujo hacia el acuífero, quedando un área total de 462 km², una precipitación de 615 mm y un coeficiente de infiltración de 0.06, lo que da como resultado una recarga natural de 17.1 hm³/año.

La recarga subterránea horizontal es de **24.0 hm³/año**, que corresponde al agua de lluvia infiltrada en las sierras y que llega al acuífero en sus partes bajas como una entrada horizontal.

7.1.2 Recarga inducida

La recarga inducida proviene del agua subterránea que se utiliza en el riego, y en una menor proporción del agua utilizada en el uso público urbano.

El monto total de la recarga inducida se ha estimado en **5.1 hm³/año**,

Este se calculó multiplicando el volumen aplicado al riego (33.38 hm³/año de agua subterránea), por un coeficiente de infiltración de 0.15, y de multiplicar el volumen utilizado en usos urbanos (0.38 hm³/año) por un coeficiente igual de 0.15.

7.2 Salidas

Las salidas del sistema acuífero están integradas por las descargas naturales que en condiciones originales presentaba el sistema y que aun cuando hayan sido modificadas por las condiciones actuales de explotación, aún persistan; más las descargas artificiales por efecto del bombeo en los pozos.

7.2.1 Extracción por bombeo (B)

La extracción de agua subterránea se ha calculado en **34.8 hm³/año**, conformada por la extracción en pozos de bombeo más el volumen aportado por los manantiales captados para diferentes usos.

7.2.2 Descargas naturales

Las salidas totales del sistema se han calculado en 46.1 hm³/año, distribuidos de la siguiente manera: las principales descargas naturales del acuífero consisten en aquellas por flujo subterráneo horizontal que se presentan al oeste del arroyo Las Varas, cerca de los poblados de Presón del Toro y Col. Año Hidalgo, calculadas en **5.2 hm³/año**.

7.2.3 Evapotranspiración

la descarga por evapotranspiración que se tiene en las áreas de niveles piezométricos someros, resultante de multiplicar un área de 420 km², donde los niveles están hasta 5 m de profundidad y calculadas en **6.2 hm³/año**, al considerar un porcentaje de 0.01 de la evaporación.

7.3 Cambio de almacenamiento

Como se ha comentado anteriormente, el acuífero se encuentra prácticamente en estado natural y por tanto en equilibrio dinámico, donde el volumen que entra es igual al volumen que sale, con un cambio de almacenamiento bajo, como **nulo**.

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:

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

Donde:

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

R = Recarga total media anual

DNC = Descarga natural comprometida

VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso, su valor es de **46.2 hm³/año**, todos ellos son de recarga natural.

8.2 Descarga natural comprometida (DNC)

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

Para el acuífero Alta Babícora, en el estado de Chihuahua, existe una descarga natural comprometida de **5.2 hm³/año**.

8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica.

En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos, aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **32,114,077 m³** anuales, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022**.

8.4 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 46.2 - 5.2 - 32.114077 \\ \text{DMA} &= 8.885923 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **8,885,923 m³ anuales**.