



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO CIÉNEGA DE CHAPALA (1607), ESTADO
DE MICHOACÁN**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes	2
1.1. Localización.....	2
1.2. Situación administrativa del acuífero.....	4
2. FISIOGRAFÍA.....	4
2.1 Provincia fisiográfica	4
2.2 Clima	4
2.3 Hidrografía.....	5
2.4 Geomorfología.....	5
3. GEOLOGÍA.....	6
3.1 Estratigrafía	6
4. HIDROGEOLOGIA.....	8
4.1 Tipo de acuífero	8
4.2 Comportamiento hidráulico.....	9
5. EXTRACCIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	10
6. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	10
6.1 Recarga	10
6.2 Descarga.....	10
6.3 Cambio de almacenamiento.....	11
7. DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA	11
7.1 Recarga total media anual (R)	11
7.2 Descarga natural comprometida (DNC)	11
7.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	12
7.4 Disponibilidad de aguas subterráneas (DMA)	12

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 Ciénega de Chapala, definido con la clave 1607 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción noroeste del estado de Michoacán, cubriendo una superficie aproximada de 1,590 km².

Limita al noreste con el acuífero Briseñas-Yurécuaro, al este con Zamora y al sur con Cotija, pertenecientes al estado de Michoacán; al noroeste con La Barca, al oeste con Tizapán, al suroeste con Valle de Juárez y al sur con Quitupán (figura 1).



Figura 1. Localización del acuífero

La zona de interés abarca los municipios de la Barca, Briseñas de Matamoros, Vista Hermosa, Jamay y La Luz.

La actividad principal es la agrícola, siendo los cultivos principales: maíz, centeno, trigo, leguminosas, forrajes y fresa, para lo cual aprovechan el agua de los ríos Lerma y Duero, los que a su vez son regidos por los distritos de riego Nos. 87 y 24, Yurécuaro y Azuayo, respectivamente, ambos en el estado de Michoacán.

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

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	43	54.5	19	53	42.9	DEL 1 AL 2 POR EL LIMITE ESTATAL
2	102	54	10.1	19	57	59.4	DEL 2 AL 3 POR EL LIMITE DEL ESTATAL
3	103	0	53.5	19	57	34.2	DEL 3 AL 4 POR EL LIMITE DEL
4	102	56	58.6	20	9	32.9	DEL 4 AL 5 POR EL LIMITE DEL ESTATAL
5	102	41	2.5	20	13	5.1	DEL 5 AL 6 POR EL LIMITE DEL ESTATAL
6	102	37	0.0	20	14	50.2	
7	102	36	33.4	20	14	52.6	
8	102	34	28.2	20	15	24.3	
9	102	34	0.7	20	15	17.4	
10	102	33	38.3	20	14	51.1	
11	102	32	28.7	20	14	41.6	
12	102	32	20.1	20	14	37.3	
13	102	31	52.7	20	14	34.6	
14	102	30	2.7	20	13	19.8	
15	102	28	32.7	20	13	9.2	
16	102	27	12.6	20	11	46.1	
17	102	26	19.1	20	11	11.3	
18	102	26	0.4	20	11	15.2	
19	102	25	43.3	20	11	2.3	
20	102	26	38.6	20	6	1.5	
21	102	33	17.9	20	0	16.9	
22	102	30	0.8	19	52	27.4	
23	102	32	8.3	19	51	20.7	
1	102	43	54.5	19	53	42.9	

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

1.2 Situación administrativa del acuífero

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 2.

2. FISIOGRAFÍA

2.1 Provincia fisiográfica

Fisiográficamente, la zona de interés se encuentra enclavada en la parte noroccidental de la provincia llamada “Eje Neovolcánico”, siendo una faja de terreno que atraviesa al país de este a oeste. Igualmente, ésta se distingue por tener gran cantidad de derrames basálticos asociados con tobas y cenizas volcánicas, así como volcanes y lagos. Al norte colinda con la provincia de la Meseta Central o Altiplano Mexicano, que tiene altitudes de hasta 2,000 msnm.

2.2 Clima

En la zona se presentan 4 tipos de clima: semicálido subhúmedo con lluvias en verano, con predominio en la zona de interés; templado subhúmedo con lluvias en verano, característico de las inmediaciones de la localidad de Venustiano Carranza y San Ramón, templado subhúmedo, correspondiente al subtipo de humedad media de los templados y predomina al suroeste y noreste del área de estudio y semicálido-subhúmedo con lluvias en verano, identificado en la zona de Zamora de Hidalgo, al sur en el área de Sahuayo de Morelos y principalmente al norponiente de Ocotlán y San

Martín de Zula.

La época de lluvias comprende los meses de junio a octubre, siendo julio el mes más lluvioso, con lámina de 235 mm. Del mismo modo, la precipitación media anual es de unos 719 mm. También, la temperatura media anual en la zona de estudio varía entre 17 y 24° C: las temperaturas menores se registran en las áreas montañosas, siendo los meses más fríos diciembre y enero; las mayores se observan en sus partes bajas.

Con desarrollo análogo a la temperatura, la evaporación potencial media anual presenta valores de 1,731 a 2,260 mm. La evaporación potencial media mensual es mayor que la precipitación media respectiva en todos los meses, a diferencia de las áreas montañosas, en donde la precipitación es mayor en los meses más húmedos.

2.3 Hidrografía

El acuífero de Ciénega de Chapala se localiza dentro de la región hidrológica No. 12, Lerma-Chapala, siendo las corrientes principales los ríos Lerma, Duero y Huascato. El río Lerma corre en dirección oriente-poniente y atraviesa el área entrando por Yurécuaro; al pasar por los poblados de La Barca e Ibarra, se le une el río Duero hasta desembocar al lago de Chapala. En todo su curso confluyen en él, tanto el río Huascato como numerosos drenes algunos de ellos bajan de las partes altas.

2.4 Geomorfología

Geomorfológicamente la zona se dividió en varias unidades, según sus características, tales como: Ciénega de Chapala, valle de Azuayo-Jiquilpan y valle de Colesio, que forman zonas topográficamente bajas, siendo la ciénega un valle casi plano, con poca o nula pendiente, con una altitud de 1,550 msnm.

Asimismo, el lago de Chapala corresponde a la parte baja del graben de Chapala; al sur y este colinda con conos volcánicos entre los que destacan los cerros de Los Nogales, El Muerto, Grande y El Burro; los últimos presentan un escarpe topográfico de 250 m, que corresponde a la falla de Pajacuarán; asimismo, se elevan hasta 2,300 msnm con formas cónicas, mientras que sobre la ciénega son de 750 m.

Los conos volcánicos antes referidos tienen drenaje radial, pendiente media de 0.15 y, geomorfológicamente, están en estado de juventud; por su parte, los valles se hallan en una etapa de madurez avanzada. Según su origen tectónico, la fosa de Chapala es una depresión de casi 20 km de ancho por 110 km de longitud, lo que forma el graben de mismo nombre.

3. GEOLOGÍA

La geología superficial del acuífero Ciénega de Cahpala está constituida por rocas ígneas extrusivas, rocas sedimentarias y depósitos recientes, su distribución se muestra en la figura 2.

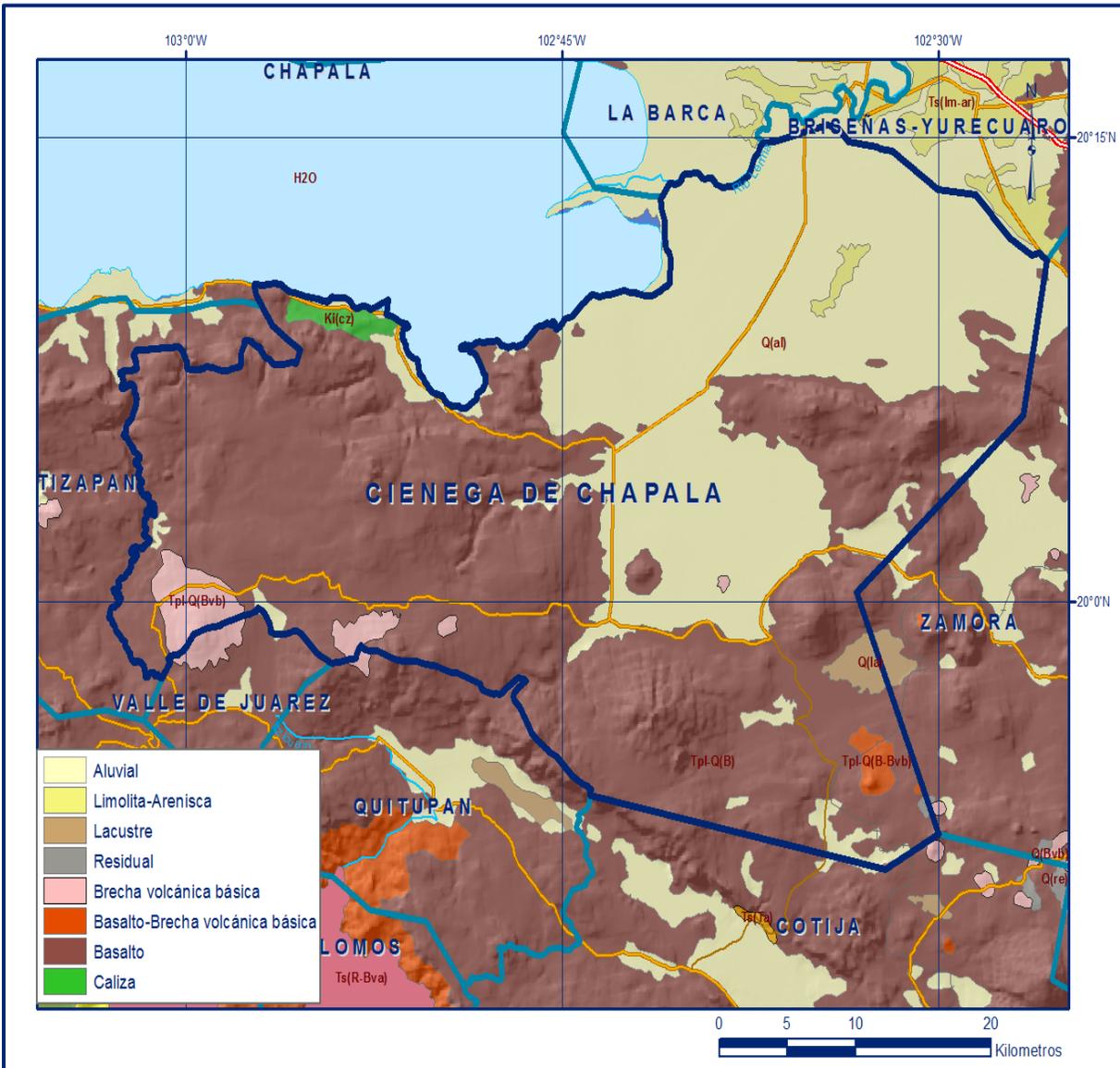


Figura 2. Geología del acuífero

3.1 Estratigrafía

Geológicamente, las rocas que constituyen la zona de Ciénega de Chapala son ígneas, basaltos y brechas, rocas calizas y depósitos lacustres, gravas, arenas y arcillas, con edades que van desde el Mioceno hasta el Reciente. A continuación, se describen las distintas unidades litológicas en orden cronológico,

Basaltos

En la ladera sur del lago de Chapala se encuentra la unidad de mayor antigüedad en la zona, conformada por basaltos de estructura compacta a vesicular, fuertemente fracturados, sin un rumbo específico. Su espesor alcanza profundidades hasta de 500 m.

Por sus características hidráulicas, estas rocas presentan permeabilidad secundaria, alta, favorables para crear buenos acuíferos, a más de que actúa en sitios específicos como zonas tanto de escurrimiento como de recarga; sin embargo, en algunos lugares, su permeabilidad es baja, ya que las vesículas están rellenas de material arcillosos y sílice.

Tobas Acidas

Afloran, localmente, en el cerro de Grande, en la porción nororiental de la zona; su estructura cambia de lajeada a compacta masiva, con fracturamiento moderado a intenso, y espesor de 50 a 100 m. En el valle, las tobas sobreyacen a los basaltos y se les ha asignado una edad del Plioceno Inferior. Por sus propiedades litológicas y físicas, hidrogeológicamente, esta unidad tiene permeabilidad media a baja.

Andesitas

Esta unidad al igual que la anterior aflora localmente y se caracteriza en la zona por la presencia de estructuras en forma de domos. Su mejor afloramiento se presenta en el cerro La Bolita, en la parte oriental de la ciénega, y en conos secundarios localizados en los alrededores del volcán Encinal; su estructura es compacta, con espesor de 80 m, aproximadamente.

Dadas sus características geológicas y con base en las relaciones de campo observadas se le presupone una edad del Plioceno medio, razón por la cual en ocasiones se les encuentra intercaladas con los basaltos. Geohidrológicamente, cuando están asociadas con basaltos fracturados tienen permeabilidad, y en el caso de los conos cineríticos, actúa como zona de recarga.

Basaltos indiferenciados

Esta unida a pesar de no aflorar en la zona de interés, se ha logrado definir su presencia por medio de registros geológicos de perforaciones realizadas en la zona, los cuales la ubican subyaciendo en forma concordante a las formaciones granulares, caracterizados por un fracturamiento intenso, que le confiere cierta permeabilidad.

Limos y arenas

Representa la unidad lacustre que subyace a los depósitos clásticos del Cuaternario, compuesta por ceniza volcánica, toba, arenisca de grano fino y arcilla, que forma parte del graben de Chapala y lomeríos en el área de La Barca-Yurécuaro.

Se le considera de edad Mioceno-Plioceno. Geohidrológicamente, esta unidad tiene permeabilidad baja, por su contenido de sedimentos finos, de alta porosidad.

Aluvión

Esta es una unidad de materiales granulares no consolidados, conformados principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas. Se le puede localizar en las planicies y como relleno de los valles, distribuida ampliamente en la zona. Tiene espesores reducidos, de 20 m, en la ciénega.

4. HIDROGEOLOGIA

4.1 Tipo de acuífero

Constituido por una acumulación de materiales arcillosos depositados en un área hundida entre dos fallas geológicas de gran magnitud, que constituye el denominado “Gaben de Chapala”, el acuífero de Ciénega de Chapala se extiende del río Duero al sur, con profundidades hasta de 500 m en algunos sitios. Estos materiales arcillosos son de muy baja permeabilidad, por lo que el potencial acuífero resulta desfavorable para su aprovechamiento. El acuífero es alimentado por dos fuentes de agua que provienen del subsuelo: la de basaltos, al sur del valle, sureste y oriente, y la que se extiende a lo largo del río Duero, al norte de la zona, donde está constituido por depósitos lacustres del Terciario.

Precisamente, los basaltos tienen un área amplia de recarga, con permeabilidad secundaria, debida a su fracturamiento, productores de altos caudales específicos en los pozos que atraviesan a estas rocas; sin embargo, por el contenido de materiales arcillosos, también se encuentran rendimientos bajos.

En las áreas donde el acuífero está formado por depósitos lacustres, los pozos pueden tener caudales específicos de medio a bajo. Asimismo, el acuífero de Ciénega de Chapala tiene una descarga natural a través de la evaporación de los niveles freáticos someros (menores de 2 m) y, a su vez, es probable que reciba una descarga ascendente de acuíferos profundos que subyacen al relleno aluvial y/o lacustre los cuales se manifiestan a través de manantiales en las riveras del lago.

4.2 Comportamiento hidráulico

La profundidad a los niveles estáticos en el acuífero de Ciénega de Chapala, correspondientes al mes de diciembre de 1999, varía entre menos de 5 y poco más de 30 m, controlada por la configuración topográfica y por el bombeo de los pozos ahí emplazados.

En la figura No. 2, se observa que los niveles del agua están más someros en las inmediaciones del lago de Chapala, con valores de 1 a 6 m, aumentando hacia la parte oriental de la zona, de tal modo que en el poblado de Briseñas de Matamoros se registran valores del orden de 10 m de la superficie, mientras que en las inmediaciones de la localidad de La Paz de Ordaz su rango es de 20 a 30 m de profundidad; además de que en el pozo No. CNA-27, la profundidad al nivel del agua llega a ser de 50 m, puesto que este tiene bombeo continuo e intenso.

Por su parte, en la figura No. 3, se ilustra la configuración de los niveles del agua subterránea mediante curvas de igual elevación referidas al nivel medio del mar (msnm), donde se aprecia que los valores de las equipotenciales van de 1515 a 1490 msnm.

En general, decrece de las partes altas del valle hacia las zonas fluviales y descarga en el lago de Chapala; al mismo tiempo, destaca una depresión en los alrededores de la localidad de La Paz de Ordaz, al norte de La Barca, donde las curvas de igual elevación al nivel del agua van de 1520 a poco menos de 1500 msnm, probablemente, debido al bombeo de los pozos que se encuentran concentrados en esa área; como consecuencia de esto, se nota la presencia de un parteaguas hidrodinámico entre los poblados Briseñas de Matamoros y La Providencia, que bifurca al flujo subterráneo en las siguientes direcciones: una, al suroeste de la zona, hacia el lago de Chapala, y la otra, al noreste, donde se han invertido los gradientes hidráulicos.

Sin embargo, este fenómeno es local, ya que regionalmente el agua tiene un rumbo noreste-suroeste, que confluye en la parte más baja, es decir en el referido lago.

La evolución del nivel estático de la zona en cuestión, utilizando el método de superposición de curvas de igual profundidad al nivel estático, para el intervalo 1992-99, debido a que no había correspondencia en los pozos de otros estudios.

Muestra de forma general que en el acuífero no se presentan cambios significativos en la posición de los niveles del agua subterránea, únicamente en el área de La Paz de Ordaz, en la que existen abatimientos hasta de 2 m por año, aproximadamente.

5. EXTRACCIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA

En 1992, se divide esta zona en los valles de: Jiquilpan, Pajacuarán y Yurécuaro; para este estudio únicamente se consideraron los dos primeros, con una extracción de agua de **18.7 hm³/año**.

6. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La ecuación general de balance de la conservación de la masa, de acuerdo a la ley de Darcy establece lo siguiente:

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

En las entradas se involucran tanto el flujo subterráneo que proviene de las sierras aledañas que alimentan al valle, como el aporte vertical que recibe el acuífero, que puede originarse de la infiltración del agua de lluvia, el lateral que se genera de los acuíferos adyacentes, de los retornos de riego, de fuga de las tuberías de agua potable, entre otros, dando como resultado 7 hm³.

Por su parte, las salidas del acuífero están conformadas por la extracción de las captaciones de agua subterránea, la que fue de 18.7 hm³ para el área de balance, ya que no cuenta con salidas subterráneas hacia otras zonas.

De lo anterior, el balance se planteó de la manera siguiente: se consideró una entrada subterránea de 7 hm³/año, extracción de 18.7 hm³/año, de la diferencia entre lo que entra y lo que sale del acuífero, el cambio de almacenamiento calculado fue -4 hm³/año. El resultado que arrojó el balance fue una recarga vertical de 7.4 hm³/año.

6.1 Recarga

La recarga vertical que recibe el acuífero de Ciénega de Chapala es de 7.4 hm³/año, por lo que la recarga total es de 14.4 hm³/año.

6.2 Descarga

Por su parte, las descargas del acuífero se efectúan por bombeo, siendo la descarga total de 7 hm³/año, en el área de balance, para el periodo 1979-92.

6.3 Cambio de almacenamiento

El cambio de almacenamiento de la zona fue calculado, arrojando un resultado de $-4 \text{ hm}^3/\text{año}$.

7. DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

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:

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

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

7.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero Ciénega de Chapala es de **126.0 $\text{hm}^3/\text{año}$** .

7.2 Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero Ciénega de Chapala la descarga natural comprometida se considera de aproximadamente **27.8 $\text{hm}^3/\text{año}$** .

7.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **102,511,598 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**.

7.4 Disponibilidad de aguas subterráneas (DMA)

La disponibilidad de aguas subterráneas, conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar el volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas:

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 126.0 - 27.8 - 102.511598 \\ \text{DMA} &= -4.311598 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **4,311,598 m³ anuales**.