



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO BOCA DEL CERRO (2708), ESTADO DE
TABASCO**

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020

Contenido

1.	GENERALIDADES	2
	Antecedentes.....	2
1.1	Localización.....	2
2.	ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	5
3.	MARCO FÍSICO	5
3.1	Clima.....	5
3.2	Hidrografía.....	5
3.3	Cuenca del Río Usumacinta	6
4.	GEOLOGÍA.....	6
4.1	Provincia fisiográfica.....	6
4.2	Geología estructural	6
4.3	Estratigrafía.....	8
5.	HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA.....	9
5.1	Tipo de acuífero	9
5.2	profundidad al nivel estático.....	9
5.3	elevación del nivel estático.....	9
5.4	evolución del nivel estático	9
5.5	Hidroggeoquímica y calidad del agua subterránea.....	10
6.	CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....	10
7.	BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	11
7.1	Ecuación de Balance	11
7.2	Recarga	11
7.2.1	Recarga natural.....	12
7.2.2	Recarga Inducida	12
7.3	Descarga	12
7.3.1	Evapotranspiración.....	12
7.3.2	descargas naturales.....	12
7.4	Extracción de agua subterránea	12
7.4.1	flujo subterráneo.....	13
7.5	Cambio de almacenamiento.....	13
8.	DISPONIBILIDAD	13
8.1	Recarga total media anual (R).....	14
8.2	Descarga natural comprometida (DNC).....	14
8.3	Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	14
8.4	Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	15
9.	BIBLIOGRAFÍA	16

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 de Boca del Cerro, se localiza en la parte oriental del Estado de Tabasco, está limitado al norte por el Estado de Campeche, al este por la República de Guatemala, al oeste por el acuífero de los Ríos y al sur por la Sierra Madre de Chiapas.

El acuífero, cubre una superficie aproximada de 2,948 km².

Las coordenadas del polígono para enmarcar el área de estudio se presentan en la tabla 1.

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	91	34	44.7	17	31	28.1	
2	91	24	14.3	17	32	21.8	
3	91	15	55.9	17	36	35.9	
4	91	10	38.3	17	45	57.8	
5	91	10	13.0	17	58	33.3	DEL 5 AL 6 POR EL LIMITE ESTATAL
6	90	59	16.4	17	48	49.9	DEL 6 AL 7 POR EL LIMITE INTERNACIONAL
7	91	26	21.6	17	15	0.5	DEL 7 AL 8 POR EL LIMITE ESTATAL
8	91	25	58.8	17	15	44.2	DEL 8 AL 9 POR EL LIMITE ESTATAL
9	91	38	11.9	17	31	54.0	
1	91	34	44.7	17	31	28.1	

Tabla 1 Coordenadas que definen al área del Acuífero de Boca del Cerro

En el Acuífero de Boca del Cerro, se encuentran comprendidos tres municipios, que por orden de importancia territorial son los siguientes: Balancán, Tenosique y Emiliano Zapata.

El acceso se lleva a cabo a través de la carretera Federal No. 186 (Villahermosa-Escárcega), a partir del kilómetro 159, parte la desviación a Balancán desde donde se puede acceder a la parte norte del área del acuífero. La carretera federal No. 203, que parte de la 186, y desde ahí se puede acceder a Emiliano Zapata y luego a Tenosique, que es el poblado más importante del área de estudio. En la figura 1 se muestra la ubicación del acuífero.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2015, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 4.

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

El informe técnico existente en la zona es el Estudio de gran Visión de la Región Grijalva-Usumacinta, Tabasco y Chiapas, realizado por ICATEC, S.A., para la Dirección de Estudios de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en 1976.

3. MARCO FÍSICO

3.1 Clima

El clima que predomina en esta región, es cálido moderadamente húmedo, con nula deficiencia de agua, con régimen normal de calor, las lluvias normalmente se presentan durante los meses de Junio, julio, agosto, septiembre y octubre, con un 65% del total precipitado, en los siguientes meses, las lluvias son menos intensas. Las temperaturas más altas se presentan en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre con un promedio de 28.6° C. La temperatura media anual para esta zona se estima en 26.8° C. La precipitación media anual calculada para la zona es de 2302.9 mm. Para esta área se ha calculado una evapotranspiración media anual de 1,932.44 mm.

3.2 Hidrografía

La corriente más importante en la región del acuífero es el río Usumacinta y sus afluentes. La región Hidrológica a la que pertenece el acuífero es la No. 30

3.3 Cuenca del Río Usumacinta

El río Usumacinta y sus afluentes tales como el río Chixoy, que tiene la mayor parte de su longitud en territorio guatemalteco y a la altura de la estación El Cedro, tiene una cuenca de 12,685 km² con un escurrimiento medio anual de 19,226 Mm³ y el río Lacantún que cerca de la confluencia con el Usumacinta, en la estación Agua Verde, tiene un escurrimiento medio anual de 29,405 Mm³.

El escurrimiento medio anual en la estación Boca del Cerro, antes de la confluencia con el Río San Pedro, es de 55,606 Mm³.

En la zona baja, a la altura del poblado La Libertad, el Usumacinta forma una serie de lagunas y se ramifica, formando el Río Palizada que desemboca en la Laguna de Términos, el Río San Pedro y San Pablo, que desemboca en el Golfo de México y lo que es propiamente el Usumacinta confluye con el Grijalva.

El escurrimiento medio anual a la altura de su desembocadura, esto es, en las inmediaciones de Frontera, es del orden de los 93,000 Mm³. En esta región como otras del estado de Tabasco el distrito de riego correspondiente es de Temporal Tecnificado.

4. GEOLOGÍA

4.1 Provincia fisiográfica

El área de estudio se encuentra en el límite de dos provincias fisiográficas: La Planicie Costera del Golfo Sur y la subprovincia de las sierras plegadas de la provincia de las Tierras Altas de Chiapas-Guatemala (Raisz, 1964; INEGI, 1984).

4.2 Geología estructural

Durante el Terciario se inicia en Tabasco, la sedimentación terrígena marina, la cual es producto del levantamiento de la porción occidental de México y el plegamiento de la Sierra Madre Oriental, en tanto que en la península de Yucatán continuaba el depósito de carbonatos con la emersión paulatina de su parte central (figura 2). En el subsuelo de la Llanura Costera del Golfo se

desarrollaron dos cuencas terciarias (Comalcalco y Macuspana) separadas por un alto, formado por el “Horst de Villahermosa”, como resultado del fallamiento normal de la nariz del anticlinorio de Chiapas. Este anticlinorio está seccionado por falla normal al pie de la sierra, lo que ha ocasionado su hundimiento en la Llanura Costera del Golfo (Morán, 1984).

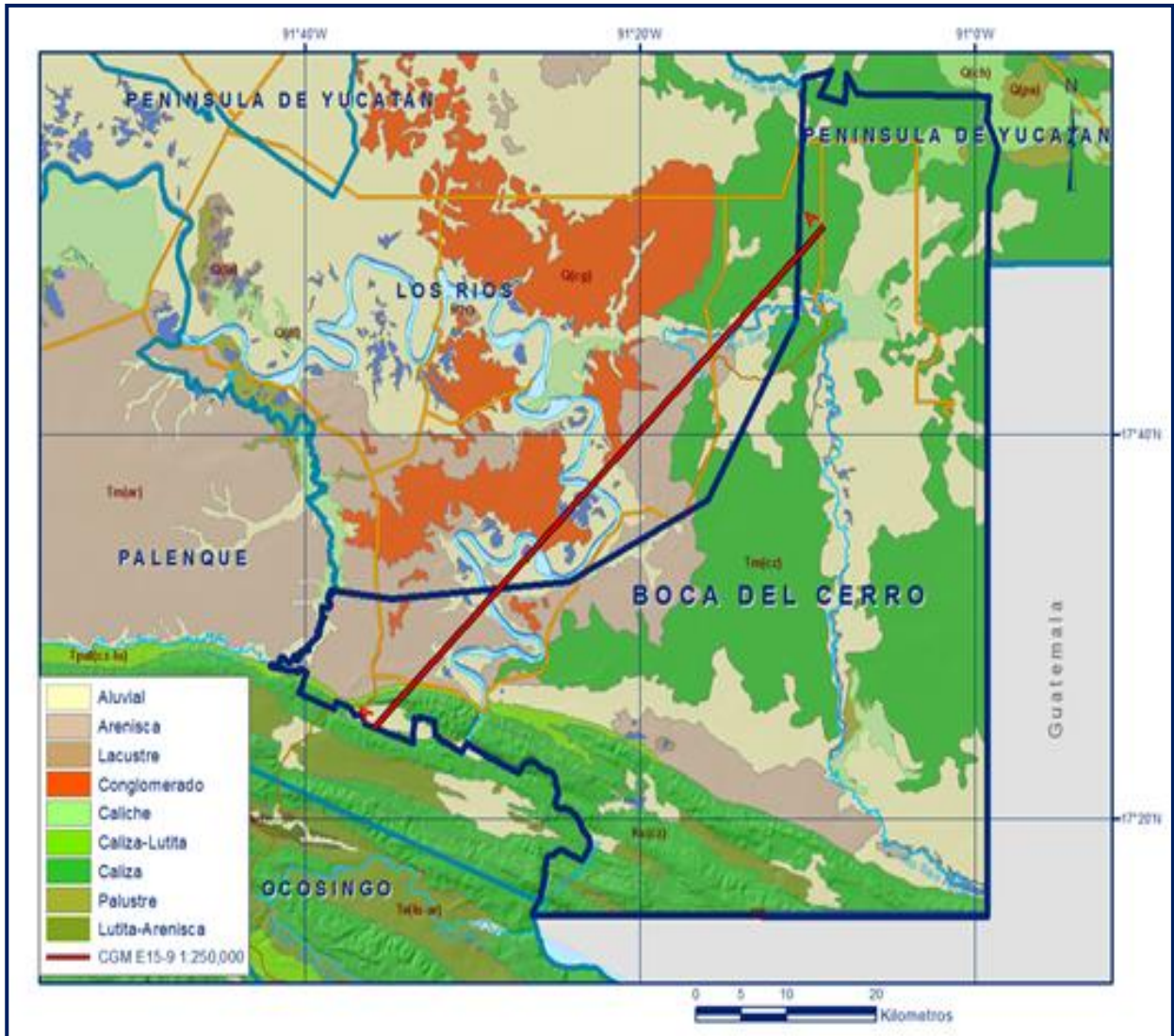


Figura 2. Geología general del acuífero

4.3 Estratigrafía

La estratigrafía se describe de las unidades más antiguas a las más recientes:

Formación Ocozocuatla.- Los estratos de esta formación que afloran en toda la parte central del estado de Chiapas, descansan sobre la caliza Sierra Madre y subyacen a las lutitas del Eoceno. Esta unidad tiene un espesor de 600 m y está constituida en la base por areniscas de grano fino arcillosas, de color crema, en capas de 1 m de espesor, sobre estas descansa un conglomerado de 45 metros de espesor. En la parte superior de la formación se observan areniscas, calizas arcillosas y lutitas que presentan un espesor total de unos 170 metros.

Rocas del Eoceno.- Las rocas del Eoceno, se observan a veces sobreyaciendo concordantemente a las lutitas y calizas arcillosas del Cretácico Tardío, mientras que en otros lugares como la depresión Central de Chiapas y en el Anticlinal de Chapopote, al norte de Tuxtla, descansan discordantemente sobre formaciones más antiguas. El Eoceno cuyos afloramientos se encuentran en la porción norte de Chiapas, está representado por lutitas de color gris, pobremente estratificadas, siendo en algunos lugares masivas presentándose a veces en alternancia con capas de calizas de color café de 2 a 15 cm de espesor.

Oligoceno.- Los estratos del Oligoceno, están compuestos principalmente de lutitas de color gris oscuro, en capas delgadas y por calizas. Se encuentran también niveles de areniscas y conglomerados que pueden tener hasta 500 m de espesor. La potencia total de estos depósitos en la región, es del orden de 4000 m, lo que indica que la cuenca sufrió movimientos epirogénicos para permitir el depósito alternado de materiales arcillosos y de clásticos gruesos. Se diferencian dos unidades, La Lutita Macuspana y la Caliza Macuspana.

Reciente.- Los sedimentos del Reciente, cubren la mayor parte de la superficie del Acuífero, en la llanura costera y corresponden a tres tipos de medio ambiente: palustre, fluvial y lagunar en la proximidad de la costa. Dichos sedimentos están constituidos por arenas, grava fina y arcilla, su coloración varía entre el amarillo y el gris oscuro.

5. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

5.1 Tipo de acuífero

La mayor parte de la recarga se debe a la infiltración del agua de lluvia en donde afloran las formaciones arenosas. Otra parte de la recarga proviene de la infiltración a lo largo de los cauces del Río Usumacinta y numerosos ríos y arroyos, aunque resulta difícil apreciar su importancia. Por su parte, la descarga tiene una amplia distribución espacial, una parte importante debe ocurrir por descarga a los ríos en la época de estiaje, otra parte se debe a las extracciones. Una parte muy importante ocurre debido a la evapotranspiración, otra parte sigue aguas abajo hasta descargar al Golfo de México. El comportamiento de este acuífero es de un acuífero libre.

5.2 profundidad al nivel estático

La profundidad del agua, es en general somera, La distribución de profundidades, de lo más profundo a lo más somero, tiende a seguir la dirección del flujo subterráneo.

5.3 elevación del nivel estático

La elevación del nivel estático, tiende a seguir una dirección que es en general de SW-NE, y la dirección es perpendicular a la línea de costa que se encuentra al Norte del área del acuífero.

5.4 evolución del nivel estático

La evolución del nivel estático, es cero o positiva. Este comportamiento es de esperarse dada la alta cantidad de precipitación y a la naturaleza del acuífero, que es un acuífero libre.

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

De acuerdo con las concentraciones de sólidos totales disueltos encontrados y considerando también las concentraciones iónicas, exceptuando las zonas y horizontes donde se presenta agua salobre, el agua subterránea es de buena calidad y puede ser utilizada para satisfacer demandas de agua potable.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

En la tabla siguiente, se muestra el aprovechamiento por usos del agua subterránea en los municipios del Acuífero de Boca del Cerro.

Uso	Volumen Mm ³ /año	Porcentaje (%)
Público Urbano	1.0	72.20
Agrícola	0.3	21.66
Avícola	0.0	0.0
Doméstico	0.0084	6.13
Recreativo	0.0	0.0
Industria	0.0	0.0
Total	1.384	100%

Tabla 2

Del total de los 32 aprovechamientos registrados en el área, la mayoría se concentra en los municipios de Balancán y Tenosique.

La extracción total de agua subterránea en la zona es de 1.384 Mm³/año, la cual se destina principalmente para abastecimiento de agua potable.

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

7.1 Ecuación de Balance

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 anualmente por el almacenamiento no renovable del subsuelo.

La ecuación general de balance de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

$$\begin{array}{l} \text{Entradas} \\ \text{(E)} \end{array} - \text{Salidas (S)} = \begin{array}{l} \text{Cambio} \\ \text{almacenamiento} \end{array} \text{ de (1)}$$

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, al cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, representada como sigue:

$$\begin{array}{l} \text{Recarga total} \\ \text{(E)} \end{array} - \text{Descarga total} = \begin{array}{l} \text{Cambio} \\ \text{almacenamiento en la} \\ \text{unidad hidrogeológica} \end{array} \text{ de ..(2)}$$

En el caso del acuífero de Boca del Cerro, este se encuentra en equilibrio dinámico, es decir, el volumen que entra es igual al volumen que sale. Por lo que, existe la posibilidad de realizar explotaciones controladas, que llevarían a una nueva condición de equilibrio hidrodinámico.

7.2 Recarga

La recarga del acuífero, proviene principalmente de las infiltraciones de agua de lluvia y al porte de los ríos al acuífero.

7.2.1 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 de la parte suroeste se ha calculado en **784.98** Mm³/año.

7.2.2 Recarga Inducida

El monto total de la recarga inducida se desconoce, por lo tanto, se le ha asignado un valor de 0 Mm³/año.

7.3 Descarga

Las salidas del sistema acuífero están integradas por las descargas naturales que presenta el sistema; más las descargas artificiales por efecto del bombeo en los pozos y por los niveles freáticos resultantes. Las salidas totales del sistema se han calculado en 785 Mm³/año, distribuidos de la siguiente manera.

7.3.1 Evapotranspiración

Como resultado de la descarga del acuífero por efecto de la evapotranspiración se estima una cantidad de **783.6** Mm³/año.

7.3.2 descargas naturales

Las principales descargas naturales del acuífero consisten en las descargas por flujo base a través de los ríos, en dirección al Golfo de México, sin embargo, esto no ha sido cuantificado aún. Sin embargo, si existen y están cuantificadas dentro del volumen que se escapa del acuífero por medio de la evapotranspiración, ya que el equilibrio hidrodinámico está establecido.

7.4 Extracción de agua subterránea

Este concepto, se ha calculado en **1.38** Mm³/año, considera la extracción en pozos de bombeo más el volumen aprovechado en las norias captadas para diferentes usos.

7.4.1 flujo subterráneo

Las descargas por flujo subterráneo, que en este caso van hacia el Golfo de México, consisten en el flujo subterráneo que pasa a través de las rocas del acuífero y los materiales de relleno hacia el acuífero colindante en el Estado de Campeche y de ahí al Golfo de México.

7.5 Cambio de almacenamiento

Como se ha comentado anteriormente, acuífero de Boca del Cerro, se encuentra en equilibrio dinámico, debido a que el volumen que entra es igual al volumen que sale, con un cambio de almacenamiento prácticamente 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:

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

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 **785.0 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 este caso, su valor es de **390.0 hm³ anuales**, que corresponde a las salidas subterráneas que presenta el acuífero.

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 (REPDA), 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 **8,707,660 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 785.0 - 390.0 - 8,707660 \\ \text{DMA} &= 386,292340 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible de **386,292,340 m³ anuales** para otorgar nuevas concesiones.

9. BIBLIOGRAFÍA

Estudio de gran Visión de la Región Grijalva-Usumacinta, Tabasco y Chiapas, realizado por ICATEC, S.A., para la Dirección de Estudios de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en 1976.

Raisz, Landforms of México, Mapa con texto explicativo, Cambridge Mass, Segunda Edición, 1964.

Morán, D. Geología de la República Mexicana, INEGI-Facultad de Ingeniería UNAM, 1984.