CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL ACUÍFERO MACUSPANA (2706), ESTADO DE TABASCO

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1 GENERALIDADES 2
Antecedentes 2
1.1 Localización 2
1.2 Situación administrativa del acuífero 4
2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD 4
3 FISIOGRAFÍA 4
3.1 Provincia fisiográfica 4
3.2 Clima 4
3.3 Hidrografía 4
4 GEOLOGÍA 5
4.1 Estratigrafía 5
4.2 Geología estructural 7
5 HIDROGEOLOGÍA 7
5.1 Tipo de acuífero 7
5.2 Comportamiento hidráulico 8
5.2.1 Profundidad al nivel estático 8
5.2.2 Elevación del nivel estático 8
5.2.3 Evolución del nivel estático 8
5.3 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea 8
6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA 9
7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 9
7.1 Entradas 10
7.1.1 Recarga vertical (Rv) 10
7.1.2 Recarga inducida (Ri) 10
7.2 Salidas 10
7.2.1 Evapotranspiración (ETR) 10
7.2.2 Descargas naturales 10
7.2.3 Bombeo (B) 11
7.2.4 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh) 11
7.3 Cambio de almacenamiento ΔV(S) 11
8 DISPONIBILIDAD 11
8.1 Recarga total media anual (R) 11
8.2 Descarga natural comprometida (DNC) 12
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) 12
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (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 de Macuspana definido con la clave 2706 por la Comisión Nacional del Agua se localiza en la porción central del estado de Tabasco, al oriente de la Ciudad de Villahermosa, tiene una extensión de 3264 km^2 (figura 1).

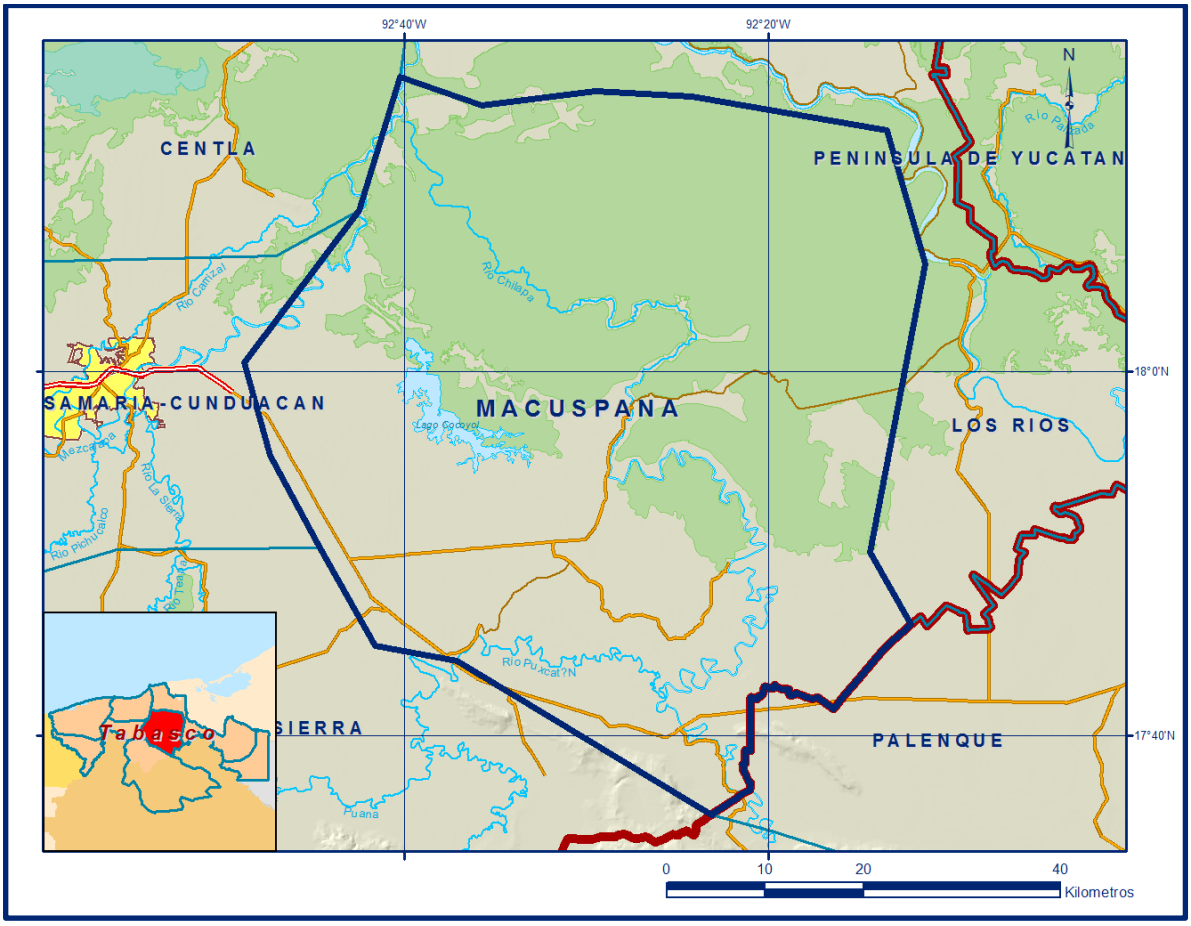

Figura 1. Localización del acuífero

Las coordenadas del polígono para enmarcar el área de estudio se presentan en la tabla 1. Los municipios que comprende este acuífero son Macuspana, Centro, Centla, Jonuta y Jalapa.

Tabla 1 Coordenadas que definen al área del Acuífero de Macuspana

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	92	23	7.8	17	35	40.2	
2	92	37	5.7	17	44	4.9	
3	92	41	37.0	17	44	55.8	
4	92	44	37.5	17	50	20.0	
5	92	47	23.9	17	55	22.5	
6	92	48	47.6	18	0	29.3	
7	92	42	30.9	18	8	48.5	
8	92	40	16.2	18	16	8.5	
9	92	35	43.6	18	14	35.1	
10	92	29	31.8	18	15	23.4	
11	92	24	13.1	18	15	4.1	
12	92	13	30.8	18	13	13.1	
13	92	11	25.2	18	5	53.6	
14	92	14	27.4	17	50	2.7	
15	92	12	12.1	17	46	6.4	DEL 15 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	92	23	7.8	17	35	40.2	

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Macuspana pertenece al Organismo de Cuenca XI "Frontera Sur", y es jurisdicción territorial de la Dirección Local en el estado de Tabasco.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 4.

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Los estudios realizados en la región son los siguientes:

Estudios Geohidrológicos en Diversas Zonas del Estado de Tabasco, realizado por Ingeniería y Geotecnia S.A. para la Dirección de Geohidrología y de Zonas Áridas de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1975.

3 FISIOGRAFÍA

3.1 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).

3.2 Clima

El Clima del área de estudio se clasifica de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García, como Cálido Húmedo con porcentaje de la precipitación invernal menor de 18 con poca oscilación de la temperatura con presencia de canícula.

La temperatura media anual para esta zona se estima en 26.1° C. La precipitación media anual calculada para la zona es de 2,319.2 mm. Para esta área se ha calculado una evapotranspiración media anual de 1,230.2 mm.

3.3 Hidrografía

El acuífero de Macuspana, pertenece a la Región Hidrogeológica No. 30. La red hidrográfica de la zona de estudio está integrada por el río Grijalva, que es uno de los ríos más importantes del país. Además, la estación Macuspana afora al río del mismo nombre localizado al sur de la zona, sus registros indican que los escurrimientos medios diarios varían entre 10.9 y 1305 m^3/s, escurriendo anualmente de 3.65×10^9 y 5.15×10^9 m^3.

Los aprovechamientos hidráulicos superficiales en la zona son escasos, y la mayoría de ellos consisten en tomas instaladas en los ríos para abastecimiento de agua potable o para fines industriales.

4 GEOLOGÍA

4.1 Estratigrafía

La estratigrafía fue definida con base en los resultados de las perforaciones y estudios del subsuelo y superficiales, los que se han desarrollado con fines petroleros. Es necesario mencionar, que de las unidades presentes solamente tienen importancia geohidrológica: la formación del Reciente y la formación Encajonado. (Figura 2)

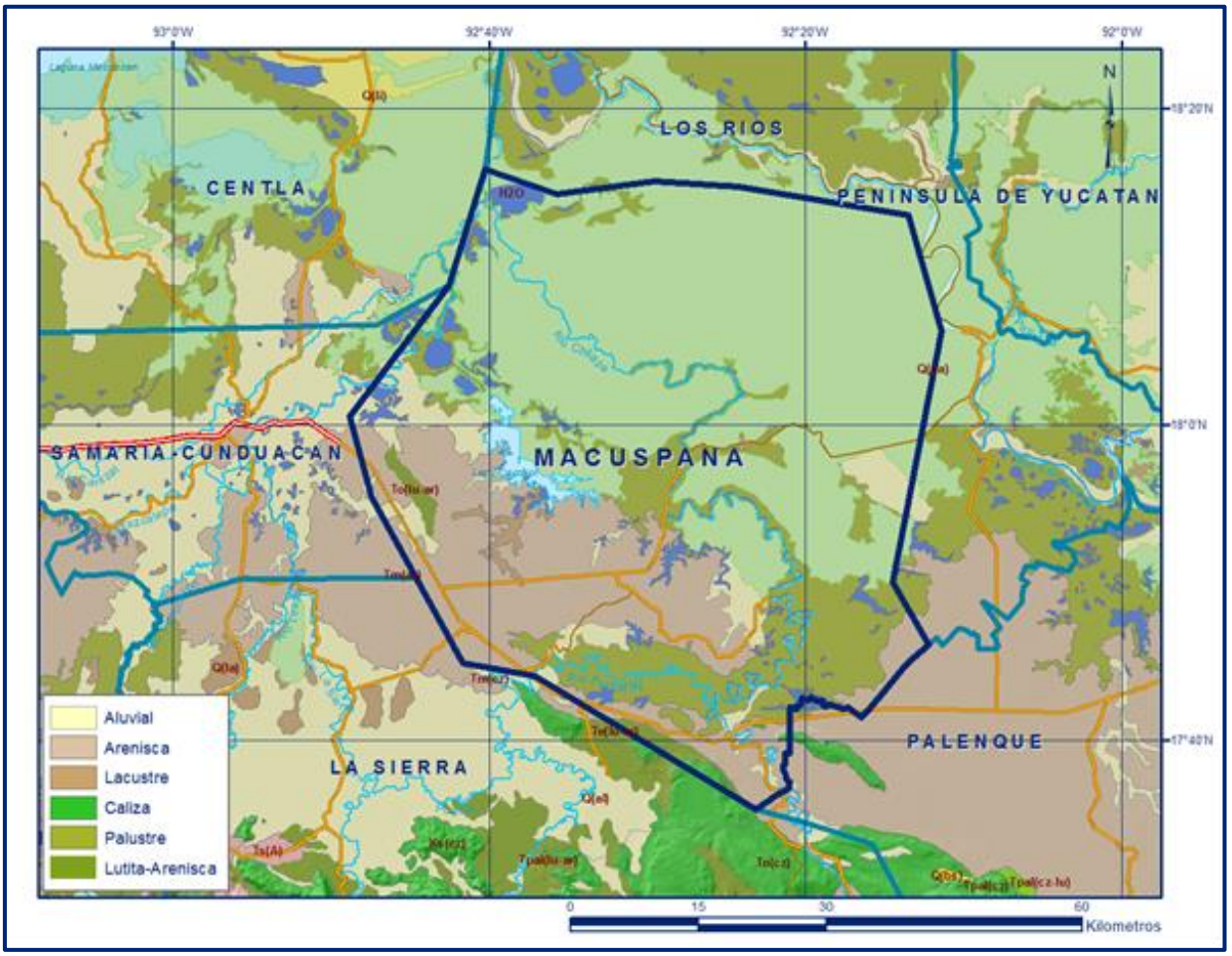

Figura 2. Geología general del acuífero

Mioceno Amate Inferior. Consiste en lutitas de color gris obscuro, son suaves y están bien estratificadas, alternan con cuerpos de arena fina o arenisca. Los cuerpos de arena pueden llegar a tener 30 metros de espesor, pero son de tipo lenticular.

El agua contenida en las arenas, es de tipo salado, con una concentración salina del orden de 40,000 ppm de cloruros. Su identificación se hizo con base en resultados de micropaleontología.

Mioceno Amate Superior. Presenta litológicamente dos zonas bien definidas, una corresponde a un miembro de arenas que contiene abundante microfauna, y el resto de la formación está constituida por una serie de margas y lutitas de color gris azulado; tiene una estratificación delgada.

Las arenas constituyen un objetivo petrolero, ya que son productoras según los resultados de pozos de la Cuenca de Macuspana.

Mioceno Encajonado. Su espesor es muy variable, llegando a cerca de 1000 metros en algunas áreas; consiste en términos generales de capas gruesas de arena, de grano medio a fino, de un color gris azul alternado con color crema. A veces, se encuentran bien consolidadas, comportándose como areniscas incipientes, conteniendo estos últimos moldes de moluscos de los géneros Pecten, Arcais y Turritellas. Esta formación, no tiene microfauna determinativa, habiéndose identificado litológicamente. Presenta intercalaciones pequeñas de marga color verde a verde azuloso. En algunos lugares, tiene características de depósito deltaico. En el subsuelo del área, se encuentra a profundidad muy variable, llegando a estar hasta a unos 200 metros bajo nivel del mar, o bien aflorando al Este de Villahermosa.

Mioceno Zarzagal. Estos sedimentos, se encuentran aflorando en el anticlinal Amate-Morales, situado al este de Villahermosa, y tienen un espesor variable que puede ser mayor de 300 metros. La unidad consiste en capas de arcilla negra que alternan con capas de arena bien estratificadas y contiene abundante microfauna bien preservada, donde predominan especies de Mactra, Arca y otros pelecípodos.

Mioceno Belem. Al igual que las dos formaciones anteriores se encuentra aflorando en el Anticlinal Amate-Morales.

En el subsuelo, se ha subdividido esta formación en Belem Superior e Inferior, porque en este último predomina la fauna de aguas marinas someras, mientras que el Belem Superior contiene fósiles de agua salobre. Ambas formaciones son litológicamente muy semejantes y consisten de arcillas color verde gris, con características homogéneas; tienen nódulos ferruginosos y calcáreos, presentándose con algunos

lechos arenosos laminados, con moldes de fósiles y cuerpos de arena de cuarzo sueltas.

Plioceno Tres Puentes. Estos sedimentos afloran sobre el área de Macuspana, litológicamente tienen gran semejanza con los de la formación anterior, aunque su contenido de arcillas carbonosas y lignitas es más notable y los hace característicos.

Pleistoceno Tierra Colorada. Está compuesta por depósitos de arcilla ferruginosa de color rojo, aunque pueden adquirir otra coloración. Los depósitos, forman lechos que alternan con capas de arena y grava de cuarzo y fragmentos de caliza.

Estos sedimentos de acarreo están compuestos por material intemperizado por la acción de un clima tropical antes de su redepositación.

Reciente. Tiene espesor variable del orden de 50 metros y cubre gran parte del área; consiste de depósitos de arena gruesas y finas mal clasificadas, intercalados con depósitos de arcilla sin estratificación y con ausencia de fauna.

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.

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).

5 HIDROGEOLOGÍA

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 de los numerosos ríos y arroyos, aunque resulta difícil apreciar

su importancia. Por su parte, la descarga tiene una amplia distribución espacial, un 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. Las transmisividades obtenidas en pozos de este acuífero varían entre 1 x 10^{-4} m^2/s y 5.1 x 10^{-3} m^2/s, los caudales específicos varían entre 0.2 y 3.9 l/s/m.

5.2 Comportamiento hidráulico

5.2.1 Profundidad al nivel estático

La profundidad del agua, en general es somera, con profundidades que van de 1 a 12 m. La distribución de profundidades, de lo más profundo a lo más somero, tiende a seguir la dirección del flujo subterráneo.

5.2.2 Elevación del nivel estático

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

5.2.3 Evolución del nivel estático

La evolución del nivel estático, es cero o positiva, todas las curvas dan valores positivos, indicando que, durante el período observado, el acuífero se recuperó.
Este comportamiento es de esperarse dada la alta cantidad de precipitación y a la naturaleza del acuífero, que es un acuífero libre.

5.3 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

La configuración de sólidos totales disueltos, tiende a seguir de manera burda la dirección de flujo de aguas subterráneas, con excepción de algunos puntos aislados. Es importante hacer notar, que el acuífero no está formado por las mismas unidades en toda su extensión, además de ser esta una zona petrolera.

Las concentraciones varían entre 800 ppm en la zona de Buenavista hasta 100 ppm al SE de Macuspana.

Esta tendencia a incrementarse la salinidad es común en los acuíferos libres costeros.

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, en el resto del área, el agua subterránea es de buena calidad y puede ser utilizada para satisfacer demandas de agua potable.

La familia de aguas dominante es la Bicarbonatada-Sódica, seguida por la Bicarbonatada-Cálcica, con algunas muestras de la facies Clorurada-Sódica, la mayor parte de las cuales se encuentran cercanas a la costa, con excepción de un punto anómalo cercano a Macuspana.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

Del total de los 32 aprovechamientos registrados en el área, la mayoría se concentra en los municipios de Macuspana, Centro, Centla, Jonuta y Jalapa.

La extracción total de agua subterránea en la zona es de 1.6 Mm^3/año, la cual se destina principalmente al uso público y doméstico.

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 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:

Entradas (E) – Salidas (S) = Cambio de masa

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:

Recarga total – Descarga total = Cambio de almacenamiento

En el caso del acuífero de Macuspana, este se encuentra en equilibrio dinámico, es decir, este ya llegó a su capacidad máxima de almacenamiento y el volumen infiltrado por lluvia, es similar al flujo base de salida, en otras palabras, el volumen que entra es igual al volumen que sale.

Por lo que, existe la posibilidad de realizar explotaciones, que llevarían a una nueva condición de equilibrio hidrodinámico.

7.1 Entradas

La recarga del acuífero, proviene principalmente de las infiltraciones de la lluvia y de los cauces de los ríos, y en menor proporción de aportes laterales del flujo subterráneo natural.

7.1.1 Recarga vertical (Rv)

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 **1667** Mm^3/año.

7.1.2 Recarga inducida (Ri)

El monto total de la recarga inducida se desconoce, por lo tanto, se le ha asignado un valor de **0** Mm^3/año.

7.2 Salidas

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 **1667** Mm^3/año, distribuidos de la siguiente manera.

7.2.1 Evapotranspiración (ETR)

Como resultado de la descarga del acuífero por efecto de la evapotranspiración se estima una cantidad de **1664** Mm^3/año.

7.2.2 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, 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.

7.2.3 Bombeo (B)

Este concepto se ha calculado en **1.6** Mm^3/año, considera la extracción en pozos de bombeo más el volumen aprovechado en las norias captadas para diferentes usos.

7.2.4 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

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 de Los Ríos y de ahí al Golfo de México.

7.3 Cambio de almacenamiento ΔV(S)

Como se ha comentado anteriormente, el acuífero de Macuspana 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:

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA DEL SUBSUELO EN UN ACUÍFERO	**=**	RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL	**-**	DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA	**-**	EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

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 **1667.0 hm^3/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 **107.3 hm^3 anuales**, que corresponde a las salidas subterráneas.

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 **6,272,425 m^3 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 **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.

DMA = R – DNC – VEAS

DMA = 1667.0 – 107.3 – 6.272425

DMA = 1553.427575 hm^3/año.

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **1,553,427,575 m^3 anuales.**