

***Actualización de la disponibilidad media anual  
de agua en el acuífero Macuspana (2706),  
Estado de Tabasco***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación  
20 de abril de 2015*

## Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

### DCXXXIII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "FRONTERA SUR"

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					

#### ESTADO DE TABASCO

2706	MACUSPANA	1,667.0	107.3	3.230359	1.6	1,556.474641	0.000000
------	-----------	---------	-------	----------	-----	--------------	----------

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

**ACUIFERO 2706 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	



***Comisión Nacional del Agua***

***Subdirección General Técnica***

***Gerencia de Aguas Subterráneas***

***Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica***

**DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD  
DE AGUA EN EL ACUÍFERO MACUSPANA,  
ESTADO DE TABASCO.**

México, D.F., 30 de abril de 2002

4

# DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO MACUSPANA, ESTADO DE TABASCO

## CONTENIDO

- 1 **Generalidades**
  - 3.2 Antecedentes
  - 3.3 Localización
  - 3.4 Municipios
  - 3.5 Estudios técnicos realizados con anterioridad
- 2 **Marco Físico**
  - 2.1 Clima
    - 2.1.1 Temperatura media anual
    - 2.1.2 Precipitación media anual
    - 2.1.3 Evaporación potencial media anual
  - 2.2 Hidrografía
    - 2.2.1 Región hidrológica
    - 2.2.2 Cuenca
    - 2.2.3 Infraestructura Hidráulica
  - 2.3 Geología
    - 2.3.1 Provincia Fisiográfica
    - 2.3.2 Geología estructural
    - 2.3.3 Estratigrafía
- 3 **Hidrología Subterránea**
  - 3.1 Tipo de acuífero
  - 3.2 Niveles del Agua Subterránea
    - 3.1.1 Profundidad del nivel estático
    - 3.1.2 Elevación del nivel estático
    - 3.1.3 Evolución del nivel estático
    - 3.1.4 Hidrogeoquímica y Calidad del Agua
    - 3.1.5 Censo de aprovechamientos e hidrometría
- 4 **Balance de aguas subterráneas**
  - 4.1 Ecuación de balance
  - 4.2 Recarga
    - 4.2.1 Recarga natural
    - 4.2.2 Recarga inducida
    - 4.2.3 Flujo horizontal
  - 4.3 Descarga
    - 4.3.1 Evapotranspiración
    - 4.3.2 Descargas naturales
    - 4.3.3 Extracción de agua subterránea
    - 4.3.4 Flujo subterráneo
  - 4.4 Cambio de almacenamiento
- 5 **Disponibilidad**
  - 5.1 Recarga total media anual
  - 5.2 Descarga natural comprometida
  - 5.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado
  - 5.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

## Índice de figuras

Figura 1	localización del Acuífero
Figura 2	Plano del Acuífero
Figura 3	Profundidad del nivel estático
Figura 4	Elevación del nivel estático
Figura 5	Evolución del nivel estático

## Índice de tablas

Tabla 1	Coordenadas que definen al área
Tabla 2	Aprovechamiento del agua subterránea

# 1.Generalidades

## *1.1 Antecedentes*

La Ley de Aguas nacionales y su Reglamento (LAN) contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CNA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, por acuífero en el caso de las aguas subterráneas, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la Norma Oficial Mexicana (NOM) “Norma Oficial Mexicana que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales” (NOM de Disponibilidad). Esta norma a sido preparada por un grupo de especialistas provenientes de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, organismos de los Gobiernos de los Estados y Municipios y de la CNA.

Con la publicación de la LAN en diciembre de 1992, se establece que los aprovechamientos de agua subterránea deberán de estar inscritos en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), estimándose a esa fecha un universo de 140,000 pozos existentes en todo el país, de los cuales, unos 42,600 contaban con registro nacional y otros 10,000 tenían algún tipo de autorización. A finales de 1995 se emitieron Decretos Presidenciales que otorgan facilidades a los usuarios para inscribir sus pozos en el REPDA, estos decretos se prorrogaron hasta finales de 1999, con lo que se ha logrado captar a casi todo el universo de usuarios. Uno de los instrumentos que le dará certidumbre jurídica a los actos de autoridad de la CNA es la publicación en el DOF de los datos de disponibilidad de aguas subterránea en cada uno de los acuíferos del país y la publicación de los estudios técnicos correspondientes. Esta publicación deberá estar dentro de los lineamientos que establece la NOM de disponibilidad.

El método que establece la NOM indica que para calcular la disponibilidad de aguas subterránea deberá de realizarse un balance de aguas subterráneas, donde se defina de manera precisa la recarga de los acuíferos y de esta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el REPDA.

Los datos técnicos que se publiquen, deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información necesaria, en donde quede claramente especificado el balance de aguas subterráneas, se determine el rendimiento permanente, y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar, considerando los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA). La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para fines de administración del recurso, en la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, en los planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, y en las estrategias para resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

## 1.2 Localización

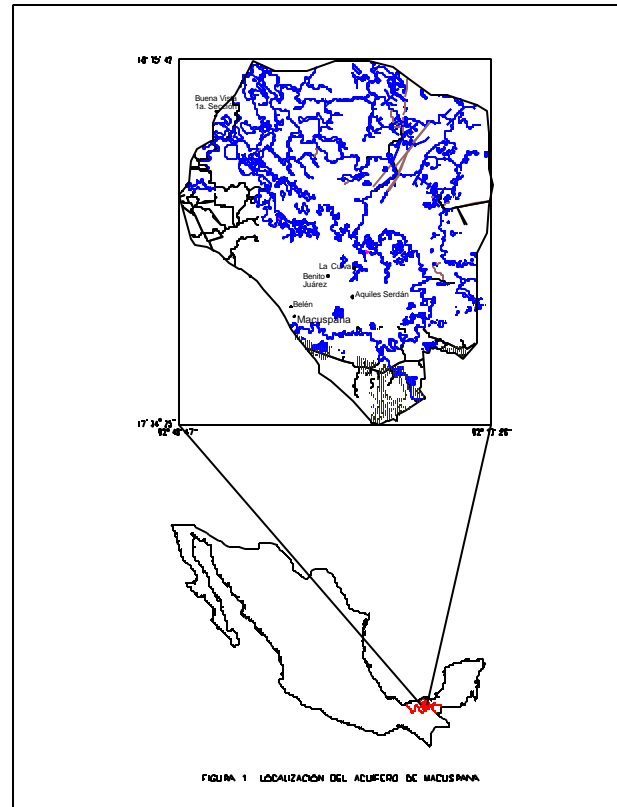
El Acuífero de Macuspana se localiza en la porción central del estado de Tabasco, al oriente de la Ciudad de Villahermosa, tiene una extensión de 3264 km<sup>2</sup>.

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

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	92	23	9.6	17	35	38.4	
2	92	26	42.0	17	34	26.4	
3	92	26	56.4	17	34	44.4	
4	92	39	50.4	17	50	20.4	
5	92	47	24.0	17	55	22.8	
6	92	48	46.8	18	0	28.8	
7	92	47	34.8	18	1	33.6	
8	92	46	37.2	18	5	34.8	
9	92	45	3.6	18	6	28.8	
10	92	44	27.6	18	9	39.6	
11	92	40	15.6	18	16	8.4	
12	92	24	10.8	18	14	52.8	
13	92	13	26.4	18	9	46.8	
14	92	12	39.6	18	1	26.4	
15	92	14	24.0	17	53	31.2	
16	92	14	27.6	17	43	51.6	
1	92	23	9.6	17	35	38.4	

Tabla 1 Coordenadas que definen al área del Acuífero de Macuspana

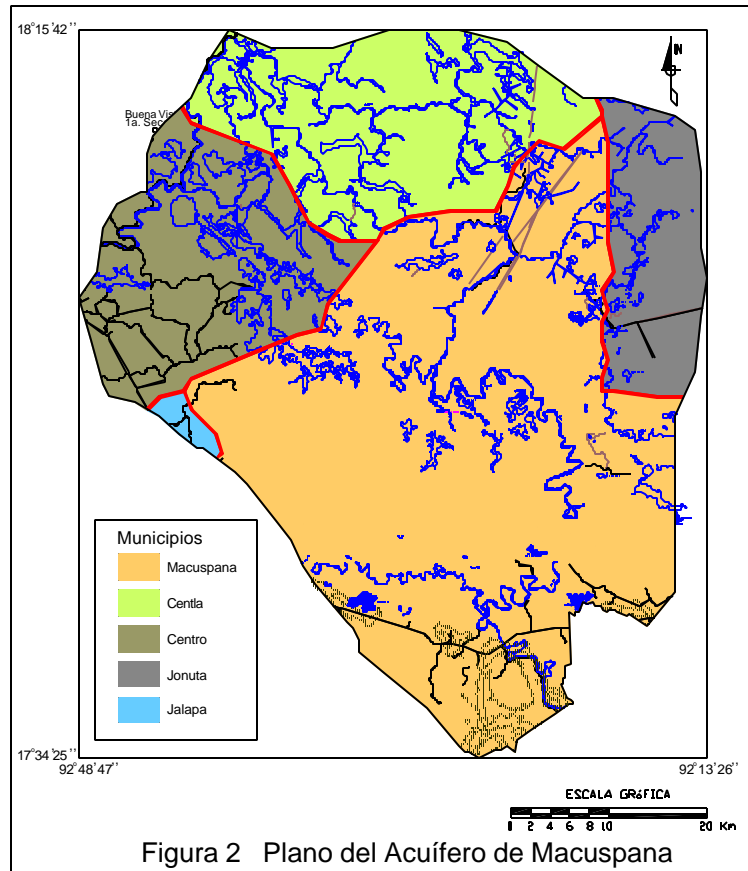




### *1.3 Municipios*

Los municipios que comprende este acuífero son los siguientes:

Macuspana, Centro, Centla, Jonuta y Jalapa.



### 1.4 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.

## 2. Marco Físico

### 2.1 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.

#### 2.1.1 temperatura media anual

La temperatura media anual para esta zona se estima en 26.1° C.

#### 2.1.2 precipitación media anual

La precipitación media anual calculada para la zona es de 2,319.2 mm.

### *2.1.3 evapotranspiración potencial media anual*

Para esta área se ha calculado una evapotranspiración media anual de 1,230.2 mm.

## **2.2 Hidrografía**

### *2.2.1 región hidrológica*

El acuífero de Macuspana, pertenece a la Región Hidrogeológica No. 30

### *2.2.2 Cuenca*

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<sup>3</sup>/s, escurriendo anualmente de 3.65 x 10<sup>9</sup> y 5.15 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>.

### *2.2.3 Infraestructura hidráulica*

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.

## **2.3 Geología**

### *2.3.1 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).

### *2.3.2 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).

### *2.3.3 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.

Mioceno Amate Inferior. Consiste en lutitas de color gris oscuro, 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 estas últimas 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 azulado. 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. Esta 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 redepósición.

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.

### **3. Hidrología Subterránea**

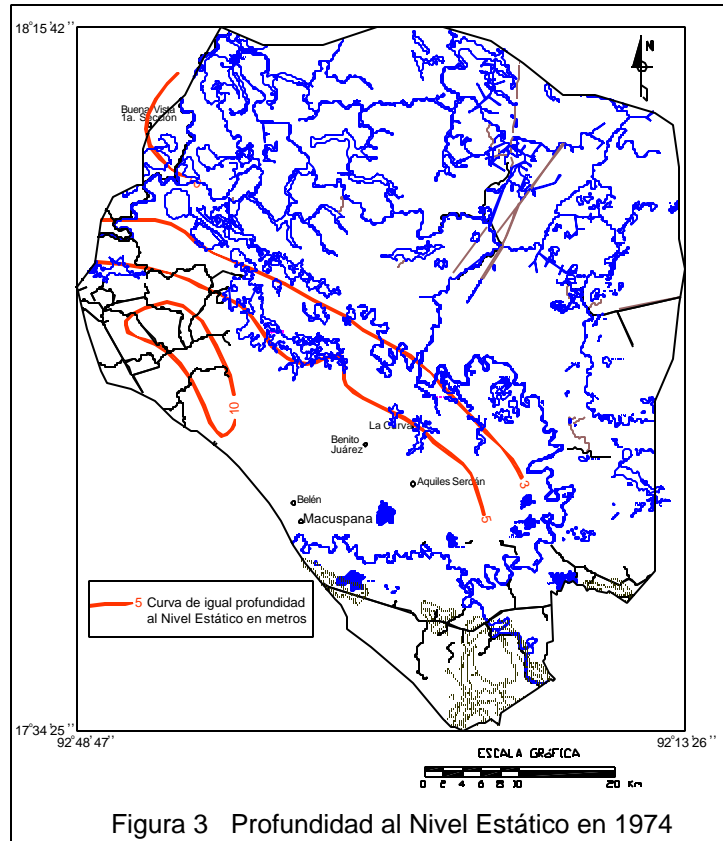
#### ***3.1 Tipo de acuífero***

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, 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. Las transmisividades obtenidas en pozos de este acuífero varían entre  $1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  y  $5.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , los caudales específicos varían entre 0.2 y 3.9 l/s/m.

#### ***3.2 Niveles del Agua Subterránea***

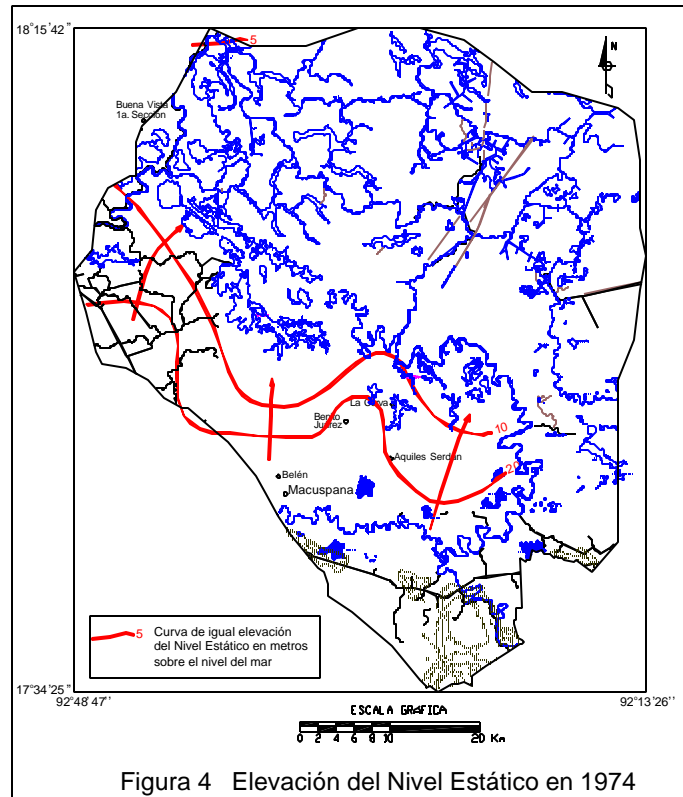
##### ***3.2.1 profundidad al nivel estático***

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.



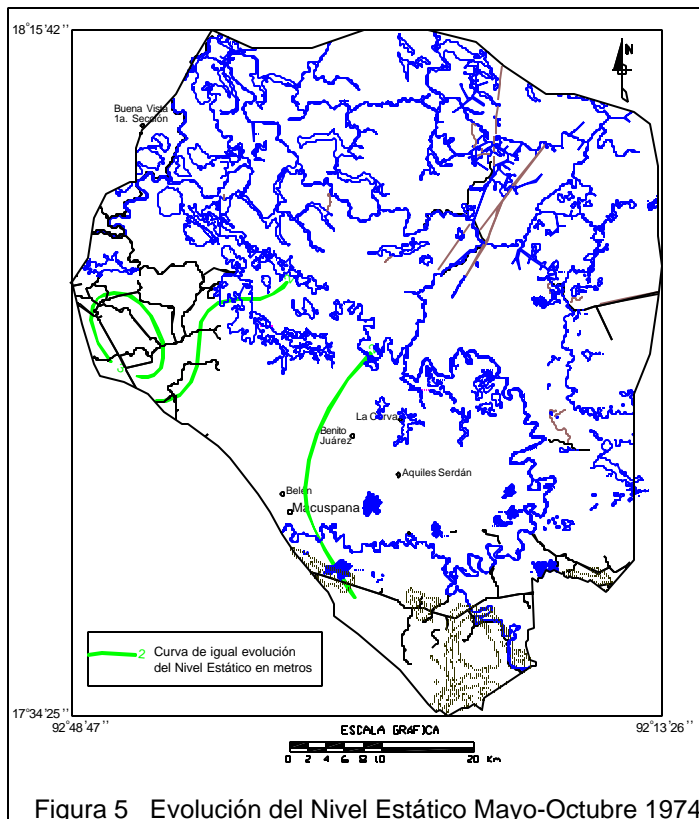
### 3.2.2 elevación del nivel estático

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.



### 3.2.3 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.



### 3.3 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.



### 3.4 Censo de aprovechamientos e Hidrometría

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

Uso	Volumen Mm3/año	Porcentaje (%)
Agrícola	0.0	0
Público	1.3	81
Doméstico	0.3	19
Industrial	0.0	0
<b>Total</b>	<b>1.6</b>	<b>100%</b>

Tabla 2 Aprovechamiento del agua subterránea

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<sup>3</sup>/año, la cual se destina principalmente al uso público y doméstico.

## 4 Balance de aguas subterráneas

### 4.1 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:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de almacenamiento} \dots\dots (1)$$

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:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento en la unidad hidrogeológica} \dots\dots (2)$$

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.

### 4.2 Recarga

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.

#### *4.2.1 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 1667 Mm<sup>3</sup>/año.

#### *4.2.2 Recarga Inducida*

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

### **4.3 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 1667 Mm<sup>3</sup>/año, distribuidos de la siguiente manera.

#### *4.3.1 Evapotranspiración*

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

#### *4.3.2 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.

#### *4.3.3 Extracción de agua subterránea*

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

#### *4.3.4 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 de Los Ríos y de ahí al Golfo de México.

### **4.4 Cambio de almacenamiento**

Como se ha comentado anteriormente, 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.

## 5 Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la Metodología para calcular la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas

La disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Disponibilidad media} \\ \text{anual de agua} \\ \text{Subterránea en una} \\ \text{Unidad hidrogeológica} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Recarga} \\ \text{total} \\ \text{media anual} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Descarga} \\ \text{natural} \\ \text{comprometida} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Volumen anual de} \\ \text{agua subterránea} \\ \text{concesionado e} \\ \text{inscrito en el REPDA} \end{array} \quad (3)$$

### 5.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual (Rt), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural, más la recarga inducida, que para este caso es de 1,667 Mm<sup>3</sup>/año.

### 5.2 Descarga natural comprometida

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 ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el caso de la zona en estudio la descarga natural comprometida se considera de 107.295 Mm<sup>3</sup>/año.

### 5.3 Volumen concesionado de agua subterránea

El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002, es de 1,966,849 m<sup>3</sup>/año.

### 5.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

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 aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA, que de acuerdo con la expresión (3), resultó ser de 1557,738,151 m<sup>3</sup>/año.

$$1557,738,151 = 1667,000,000 - 107,295,000 - 1,966,849$$

La cifra indica que existe volumen disponible de 1557,738,151 m<sup>3</sup> anuales para nuevas concesiones en el acuífero de Macuspana, Tabasco.

## **Bibliografía y Referencias**

Estudios Geohidrológicos en diversas zonas del Estado de Tabasco. Ingeniería y Geotecnia. Para la Dirección de Geohidrología y de Zonas Áridas, SRH, 1975.

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.