

***Actualización de la disponibilidad media anual  
de agua en el acuífero Samaria-Cunduacán  
(2703), 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.**

| DCXXX REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "FRONTERA SUR" |                   | R  | DNCOM | VCAS      | VEXTET | DAS        | DÉFICIT  |
|--|-------------------|--|-------|-----------|--------|------------|----------|
| CLAVE  | ACUÍFERO          | CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES |       |           |        |            |          |
| <b>ESTADO DE TABASCO</b>                               |                   |  |       |           |        |            |          |
| 2703   | SAMARIA-CUNDUACÁN | 546.6  | 127.0 | 45.676445 | 94.7   | 373.903555 | 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 2703 SAMARIA-CUNDUACAN**

| VERTICE | LONGITUD OESTE |         |          | LATITUD NORTE |         |          | OBSERVACIONES                      |
|---------|----------------|---------|----------|---------------|---------|----------|------------------------------------|
|         | GRADOS         | MINUTOS | SEGUNDOS | GRADOS        | MINUTOS | SEGUNDOS |                                    |
| 1       | 93             | 23      | 30.9     | 17            | 50      | 48.2     |                                    |
| 2       | 93             | 21      | 52.5     | 17            | 53      | 47.3     |                                    |
| 3       | 93             | 24      | 19.5     | 18            | 0       | 35.5     |                                    |
| 4       | 93             | 17      | 33.8     | 18            | 9       | 13.2     |                                    |
| 5       | 93             | 11      | 15.9     | 18            | 5       | 45.5     |                                    |
| 6       | 92             | 47      | 3.5      | 18            | 6       | 19.5     |                                    |
| 7       | 92             | 42      | 30.9     | 18            | 8       | 48.5     |                                    |
| 8       | 92             | 48      | 47.6     | 18            | 0       | 29.3     |                                    |
| 9       | 92             | 47      | 23.9     | 17            | 55      | 22.5     |                                    |
| 10      | 92             | 44      | 37.5     | 17            | 50      | 20.0     |                                    |
| 11      | 92             | 55      | 48.3     | 17            | 50      | 12.2     |                                    |
| 12      | 93             | 1       | 11.4     | 17            | 48      | 36.2     | DEL 12 AL 13 POR EL LIMITE ESTATAL |
| 13      | 93             | 21      | 56.4     | 17            | 48      | 8.1      |                                    |
| 1       | 93             | 23      | 30.9     | 17            | 50      | 48.2     |                                    |



*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  
SAMARIA-CUNDUACÁN,  
ESTADO DE TABASCO***

México, D.F., 30 de abril de 2002

# **DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO DE SAMARIA-CUNDUACÁN, ESTADO DE TABASCO**

## **Contenido**

### **1 Generalidades**

- 1.1 Localización
  - 1.1.1 Coordenadas
  - 1.1.2 Municipios

### **2 Estudios técnicos realizados con anterioridad**

### **3 Fisiografía**

- 3.1 Provincias fisiográficas
- 3.2 Clima
  - 3.2.1 Temperatura media anual
  - 3.2.2 Precipitación media anual
  - 3.2.3 Evaporación potencial media anual
- 3.3 Hidrografía
  - 3.3.1 Región hidrológica
  - 3.3.2 Cuenca
- 3.4 Geomorfología

### **4 Geología**

- 4.1 Estratigrafía
- 4.2 Geología estructural
- 4.3 Geología del subsuelo

### **5 Hidrogeología**

- 5.1 Tipo de acuífero
- 5.2 Parámetros hidráulicos
- 5.3 Piezometría
  - 5.3.1 Profundidad del nivel estático
  - 5.3.2 Elevación del nivel estático
  - 5.3.3 Evolución del nivel estático

### **6 Censo de aprovechamientos e hidrometría del bombeo**

### **7 Balance de aguas subterráneas**

- 7.1 Entradas
  - 7.1.1 Recarga natural
  - 7.1.2 Recarga inducida
  - 7.1.3 Flujo horizontal
- 7.2 Salidas
  - 7.2.1 Evapotranspiración
  - 7.2.2 Descargas naturales
  - 7.2.3 Bombeo
  - 7.2.4 Flujo subterráneo horizontal
- 7.3 Cambio de almacenamiento

## **8 Disponibilidad**

- 8.1 Recarga total media anual
- 8.2 Descarga natural comprometida
- 8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA
- 8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

### **Índice de figuras**

- Figura 1 Localización del Acuífero de Samaria-Cunduacán, Tab.  
Figura 2 Plano del Acuífero de Samaria-Cunduacán, Tab.

### **Índice de tablas**

- Tabla 1 Vértices de la poligonal del Acuífero de Samaria-Cunduacán, Tab.

# DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO DE SAMARIA-CUNDUACÁN, ESTADO DE TABASCO

## 1 Generalidades

### 1.1 Localización

El Acuífero de Samaria-Cunduacán, se localiza en la porción centro del Estado de Tabasco y cubre una superficie de 1600 km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 6.5 % de la superficie total del estado.

#### 1.1.1 Coordenadas

El área del acuífero se encuentra dentro de la poligonal cuyos vértices son los siguientes:

Tabla 1. Vértices de la poligonal del Acuífero de Samaria-Cunduacán, Tab.

| VERTICE | LONGITUD OESTE |         |          | LATITUD NORTE |         |          | OBSERVACIONES                     |
|---------|----------------|---------|----------|---------------|---------|----------|-----------------------------------|
|         | GRADOS         | MINUTOS | SEGUNDOS | GRADOS        | MINUTOS | SEGUNDOS |                                   |
| 1       | 93             | 21      | 14.4     | 17            | 41      | 34.8     |                                   |
| 2       | 93             | 26      | 20.4     | 17            | 42      | 57.6     |                                   |
| 3       | 93             | 24      | 25.2     | 17            | 48      | 50.4     |                                   |
| 4       | 93             | 23      | 38.4     | 18            | 1       | 4.8      |                                   |
| 5       | 93             | 22      | 8.4      | 18            | 4       | 40.8     |                                   |
| 6       | 93             | 18      | 7.2      | 18            | 7       | 58.8     |                                   |
| 7       | 93             | 11      | 16.8     | 18            | 5       | 45.6     |                                   |
| 8       | 92             | 45      | 3.6      | 18            | 6       | 28.8     |                                   |
| 9       | 92             | 46      | 37.2     | 18            | 5       | 34.8     |                                   |
| 10      | 92             | 47      | 34.8     | 18            | 1       | 33.6     |                                   |
| 11      | 92             | 48      | 46.8     | 18            | 0       | 28.8     |                                   |
| 12      | 92             | 47      | 24.0     | 17            | 55      | 22.8     |                                   |
| 13      | 92             | 39      | 50.4     | 17            | 50      | 20.4     |                                   |
| 14      | 92             | 55      | 48.0     | 17            | 50      | 13.2     |                                   |
| 15      | 93             | 1       | 12.0     | 17            | 48      | 36.0     | Del 15 al 1 por el límite estatal |
| 1       | 93             | 21      | 14.4     | 17            | 41      | 34.8     |                                   |

#### 1.1.2 Municipios

La superficie del acuífero cubre parcialmente los municipios de Centro, Cunduacán y Nacajuca, la Ciudad de Villahermosa y Cárdenas; siendo los principales núcleos de población la Ciudad de Villahermosa, Cárdenas y Cunduacán.

Dentro del área de estudio la vía de comunicación de mayor importancia es la Carretera Circuito del Golfo, la cual comunica a la Ciudad de Villahermosa con el resto del país. Aproximadamente en el kilómetro 138, en las cercanías de esta capital, se encuentra una desviación pavimentada de 34 km, llamada Paso de la Isla que comunica a los campos petroleros de Reforma y al poblado

del mismo nombre con la ciudad capital. Existen además numerosas terracerías que son transitables en cualquier época del año.

En lo que se refiere a la comunicación aérea se cuenta con el Aeropuerto Federal, el cual permite la comunicación de la ciudad capital del estado con el resto del país.

Otro medio de comunicación muy importante es el Ferrocarril del Sureste, ya que por este conducto Petróleos Mexicanos transporta maquinaria pesada y material de consumo. La estación está ubicada en el pueblo Juárez, Chis, a 35 km al sur de Reforma.

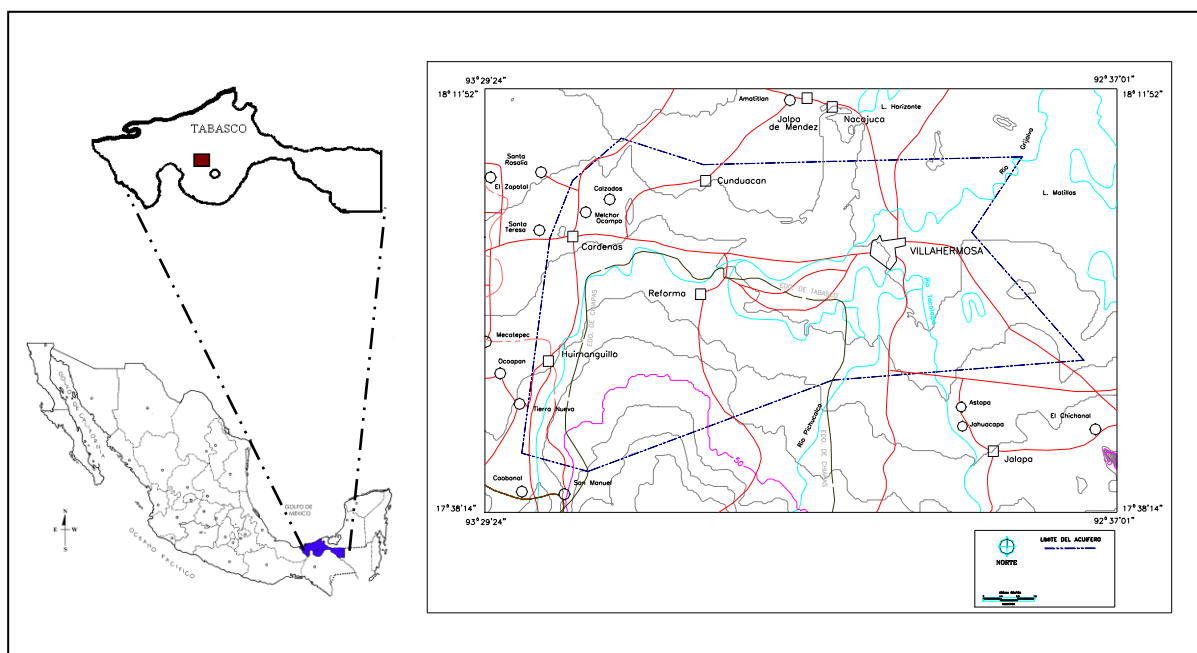


Figura 1. Localización del Acuífero de Samaria-Cunduacán, Tab.

La principal actividad económica en el área es la agricultura, siguiéndole la ganadería y el comercio; otra de las actividades es la pesca, la cual funciona únicamente para satisfacer necesidades locales. Los cultivos más importantes son: plátano, cacao, maíz, frijol, coco, café, pimienta, mango, naranja y ajonjolí. Con respecto a la ganadería, se lleva a cabo la crianza de ganado vacuno, porcino y equino.

## 2 Estudios técnicos realizados con anterioridad

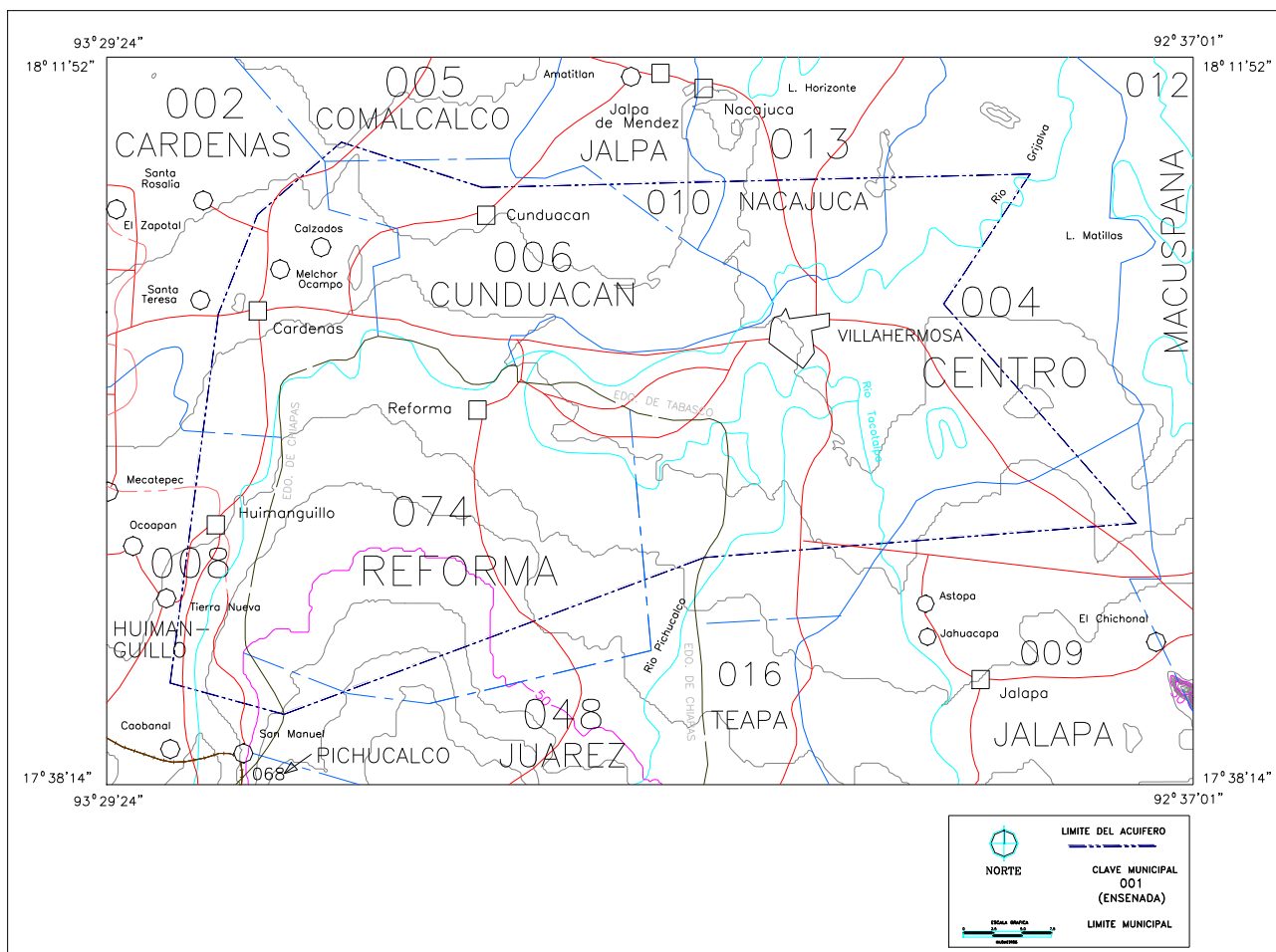
Dentro de los estudios realizados en el área de estudio se tienen los siguientes:

- Estudio Geohidrológico del Campo A. J. Bermúdez, Estado de Tabasco, Servicios Geológicos, S. A. y Perforaciones Especializadas, 1979.
- Estudio Geohidrológico preliminar de la zona Chontalpa-Villahermosa, Tab., Ariel Consultores, S. A., 1981.
- Estudio Geohidrológico de Boca de Panteones, Unidad de Aguas Subterráneas (SARH), 1987.
- Mapa Hidrogeológico del Estado de Tabasco, Unidad de Aguas Subterráneas(CNA), 1990.



En los estudios mencionados se realizaron censos de aprovechamientos de aguas subterráneas, mediciones piezométricas, pruebas de bombeo, muestreos para análisis físico-químicos, y en dos de ellos se realizaron secciones geoelectricas. El área cubierta por dichos estudios es muy extensa y la mayor parte de la información que contienen se localiza fuera del área del Acuífero de Samaria-Cunduacán; sin embargo, el estudio del campo A. J. Bermúdez es el único que cuenta con información específica del área de estudio.

Figura 2. Plano del Acuífero de Samaria-Cunduacán, Tab.



### 3 Fisiografía

#### 3.1 Provincias fisiográficas

El Acuífero de Samaria-Cunduacán se encuentra en su totalidad dentro de la Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur, la cual es una llanura formada de aluvión acarreado por el Río Grijalva, uno de los más caudalosos del país que atraviesa la provincia mencionada, para desembocar en la parte sur del Golfo de México.

El área de estudio se encuentra también dentro de la subprovincia denominada Llanuras y Pantanos Tabasqueños, la cual comprende en su totalidad los municipios de Cárdenas, Centro y Cunduacán; en esta subprovincia se distinguen dos zonas fisiográficas, una de lomeríos y otra de muy poca elevación, conformada por depósitos de aluviones antiguos que han sido interpretados como superficies fósiles del Terciario. Estos depósitos fueron formados debido a las oscilaciones del nivel del mar (que fueron a su vez originadas por las glaciaciones del Pleistoceno), así como a la erosión fluvial, que barrera con tales superficies dejando pequeños remanentes; en ellos se presentan suelos muy antiguos con profundos horizontes plúnticos.

### **3.2 Clima**

El clima en la región, de acuerdo con la clasificación de Köppen, es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano.

#### **3.2.1 Temperatura media anual**

El análisis climatológico se efectuó con la información de cinco estaciones climatológicas que son Samaria, González, Pueblo Nuevo, Pichucalco y Gaviotas, de las cuales tres se localizan dentro del área acuífera, tomando en cuenta las otras dos para realizar una mejor interpretación.

Las temperaturas en el área del acuífero, en general son elevadas, con una media anual de 26.8°C, siendo los meses de abril y mayo los más cálidos (época de estiaje), disminuyendo en los meses de diciembre y enero; esta región conjuga una serie de factores, tales como su ubicación en la zona tropical, la cual se ve influenciada frecuentemente por fenómenos meteorológicos; además, el relieve fundamentalmente llano de escasa altitud y la cercanía al mar, hacen una de las zonas más lluviosas de México.

#### **3.2.2 Precipitación media anual**

La precipitación media anual en la zona es el orden de los 1905.0 mm.

#### **3.2.3 Evaporación potencial media anual**

Al igual que la temperatura, la evaporación potencial aumenta en el período de estiaje alcanzando valores máximos en el mes de mayo con 158.2 mm, se considera que la evaporación media anual es del orden de los 1305.3 mm.

### **3.3 Hidrografía**

La red hidrográfica regional reconoce como arterias principales a los ríos Usumacinta y Mezcalapa o Grijalva; los cuales constituyen las corrientes más importantes que surcan el sureste de México.

El Río Mezcalapa bordea por el poniente y por el norte el área de Reforma, su curso se encuentra orientado de Sur a Norte, pero al abandonar las estribaciones montañosas de la Sierra de Chiapas, este cambia rápidamente hacia el Este en el lugar llamado Nueva Zelandia, situado aproximadamente a 8 km al sur del poblado de Cárdenas.

El Nuevo Mezcalapa hacia el Este se divide su vez en dos corrientes que son: el Río González que después de recorrer unos 50 km hacia el oriente, cambia su curso hacia el noroeste para desembocar en la Laguna de Ponyusú; y el Río Mezcalapa, que sigue su curso hacia el este hasta la Ciudad de Villahermosa, donde empieza a desviarse hacia el noroeste y después de unirse con

los Ríos Chilapa y Usumacinta, adquiere una dirección prácticamente hacia el norte hasta desembocar en el Golfo de México.

Las afluentes principales del Río Mezcalapa son los Ríos Sayula, Platanar, Pichucalco y Teapa o de la Sierra, los que al llegar a la Planicie Costera, en épocas de lluvias rebasan sus cauces e inundan la mayor parte de esta. Las aguas de los ríos conocidos como de la Sierra y Mezcalapa, se unen a 4 km de la Ciudad de Villahermosa, en un lugar llamado Las Cruces para formar el Río Grijalva.

### **3.3.1 Región Hidrológica**

El acuífero queda localizado dentro de la Región Hidrológica No. 30 “Río Grijalva-Usumacinta”, la cual drena a la Cuenca Grijalva-Villahermosa, esta última con una superficie de 10586.6 km<sup>2</sup>.

### **3.3.2 Cuenca**

El área en estudio esta localizada dentro de la Cuenca Río Grijalva-Villahermosa.

### **3.4 Geomorfología**

La geomorfología en esta zona está representada por una gran planicie costera, constituida en general por material granular como ya se describió anteriormente, así mismo se aprecian algunos lomeríos que alcanzan los 20 msnm.

La mayor parte de la superficie de esta región presenta una altitud muy próxima al nivel del mar, quedando cubierta por material aluvial; morfológicamente está integrada a la planicie denominada Llanura Costera del Golfo Sur.

## **4 Geología**

La zona de estudio se encuentra dentro de la Llanura Costera del Golfo Sur, limitada por las sierras de Chiapas y Guatemala.

El desarrollo estructural y estratigráfico de la zona de interés está determinado por eventos del Mesozoico y Cenozoico, mismos que han dado lugar a la base petrológica sobre la que se ha configurado el actual paisaje.

Los factores que han influido en el modelado del relieve de esta zona son el tectonismo en sus fases de plegamiento y dislocación del paquete rocoso, el cual se manifiesta en las Sierra de Chiapas y Guatemala; otro de los factores que han influido en el modelado del relieve es el relleno de cuencas marinas y lacustres con aportes de materiales continentales transportados por una compleja red de corrientes superficiales en esta llanura.

### **4.1 Estratigrafía**

Las rocas que integran la columna estratigráfica están representadas principalmente por calizas del Sistema Cretácico, arenas y lutitas del Sistema Terciario, y en ellas es posible diferenciar, de acuerdo a su contenido faunístico y sedimentológico, las condiciones que controlaron su depósito.

### Sistema Cretácico

Cretácico Inferior. Estas rocas están constituidas principalmente por wackestone de biocláston e intracláston de color crema a café claro con fracturas selladas por calcita, y packstone de biocláston e intracláston de color crema, con aspecto poroso, ligeramente dolomitizado y con escasas fracturas selladas por calcita.

Cretácico Medio. Tiene un espesor de 769 m y consiste de una secuencia calcárea representada por calizas que van de mudstone a wackestone de miliólidos de color crema a café claro, compactas, con fracturas selladas por calcita y aceite viscoso.

### Sistema Terciario

Eoceno. Tiene 675 m de espesor y está constituido por lutitas calcáreas de color gris a gris verdoso, semiduras a duras, con esporádicas intercalaciones de mudstone de color crema a café claro, compactas, con fracturas selladas por calcita y aceite viscoso.

Oligoceno. Con un espesor de 492 m, está constituido por lutitas de color gris y gris verdoso a oscuro, semiduras a duras y ligeramente calcáreas. Las rocas oligocénicas se caracterizan por la abundancia de microfauna, a diferencia del Mioceno medio en donde ésta es muy escasa.

Mioceno Inferior. Su espesor varía entre 2000 y 2528 m y se encuentra subyaciendo en forma discordante a la formación Paraje Solo; está representado por lutitas de color gris a gris oscuro, semiduras a duras y ligeramente calcáreas, con pequeños cuerpos de arena de color gris claro de grano fino a medio.

Formación Paraje Solo. Esta formación llega a aflorar en los campos de Reforma, Chis., como una alternancia de lutitas y areniscas; las cuales se describen como lutitas arenosas y calcáreas, de color gris verdoso a gris oscuro, de suaves a semiduras. Las areniscas son de grano grueso y gradúan en ocasiones a gravilla de cuarzo; se presentan también cuerpos de arena de grano fino a medio color gris claro, y capas de areniscas cementadas por material calcáreo con presencia de material carbonoso y fragmentos de moluscos.

El espesor de esta formación es muy variable y estratigráficamente es difícil separarla de la Formación Filisola, que se encuentra subyaciéndole, pues sus características litológicas son muy similares, requiriéndose el criterio micropaleontológico para hacer dicha diferenciación.

Otra característica importante en la sedimentación de esta unidad son los cambios laterales de los espesores de los cuerpos arenosos y arcillosos, los cuales son característicos de ambientes marinos transgresivo-regresivos y que corresponden a formaciones depositadas en cuencas terciarias marinas.

Debido a que la cuenca de depósito es del tipo transgresivo-regresivo, los estratos de arcilla y lutitas se presentan intercalados con arenas, gravillas y gravas, los cuales en algunas áreas presentan un espesor saturado de agua dulce cercano a 1000 m; la recarga por agua de lluvia se infiltra en los afloramientos calcáreos de la Sierra de Chiapas y se transmite al acuífero en las estratificaciones de la misma.

## **4.2 Geología estructural**

Superficialmente la mayor parte de esta provincia está cubierta por depósitos del Cuaternario que no han sufrido deformaciones. En el subsuelo de esta región tabasqueña se han descubierto grandes estructuras subyacentes bajo los sedimentos del sistema Terciario, de la serie del Mioceno, cuya litología corresponde con areniscas, las cuales están conformando las trampas estructurales en las que son almacenados los hidrocarburos que explotan en la entidad.

## **4.3. Geología del subsuelo**

Los datos más confiables considerados para el análisis de las formaciones en el subsuelo, son los obtenidos en la perforación de pozos, en especial de los exploratorios, los cuales proporcionan nuevos datos que amplían o modifican los conocimientos que se tienen de las cuencas geológicas.

Los primeros estudios sismológicos efectuados en el área dieron como resultado una nariz estructural; posteriormente, con nuevos estudios sismológicos, se detectó un anticlinal cerrado y limitado por fallas al poniente y al norte, y abierto al sur.

## **5 Hidrogeología**

### **5.1 Tipo de Acuífero**

Con el análisis de las secciones elaboradas en los trabajos previos, se ha llegado a la conclusión que el sistema opera como un acuífero semiconfinado, ya que se aprecia en un paquete arcillo-arenoso que contiene una serie de lentes de arenas y gravas.

El área del acuífero se localiza en la planicie costera, por lo que se encuentra en un medio granular, poroso y con distintas permeabilidades debido a las diferentes litologías en las que se encuentra. El acuífero está delimitado en su parte superior por una capa arcillosa semipermeable, con un espesor promedio de 75 m; asimismo, en la configuración de la base del estrato semipermeable se aprecia un estrato arcilloso con un espesor variable que va de 60 m en la porción oriente, haciéndose más potente al poniente donde alcanza espesores del orden de los 100 m; si se considera una elevación media del terreno de 10 m, el espesor promedio efectivamente es de 75 m.

La recarga subterránea al acuífero ocurre por la porción sur y suroeste, proviniendo de la sierra de Chiapas, continuando su flujo subterráneo hacia el norte y noroeste del área, que es la misma dirección en la que se presentan las salidas subterráneas, las cuales recargan el acuífero de Centla.

Conceptualmente el acuífero es de tipo semiconfinado, el cual en condiciones estables opera con salidas verticales, no siempre por evaporación, sino porque al entrar un volumen considerable de aguas subterráneas por flujo horizontal al acuífero, el nivel estático asciende penetrando al paquete semipermeable (lo cual se invierte cuando se bombea el agua subterránea, ocurriendo así la recarga, ya que el nivel dinámico del acuífero queda por debajo del nivel estático, y por debajo del estrato semipermeable).

Desde el punto de vista práctico y económico sobre la explotación de las aguas subterráneas, de todo el relleno de la planicie, únicamente de los primeros 400 a 500 m son los que presentan interés. En este rango de profundidades la geología está representada por la Formación Paraje

Solo, la cual generalmente se encuentra cubierta por sedimentos aluviales del Pleistoceno y Reciente, los que presentan poco espesor.

## **5.2 Parámetros hidráulicos**

Para el estudio de esta zona acuífera se tomaron valores obtenidos de la interpretación de las pruebas de bombeo efectuadas en los estudios realizados.

De acuerdo con las características geohidrológicas del área se manejaron dos valores de transmisividad los cuales corresponden con 449.28 m<sup>2</sup>/día para la porción norte del Río Carrizal y 146.88 m<sup>2</sup>/día para la porción sur del mismo río; de la misma forma se tomaron los valores del coeficiente de almacenamiento para cada zona, teniendo valores de 0.0005 y 0.0087. Con respecto a los valores de la conductividad hidráulica, estos son del orden de 1.64 m/d.

## **5.3 Piezometría**

En el acuífero se tienen registrados alrededor de 144 aprovechamientos, de los cuales no todos cuentan con las condiciones adecuadas para llevar a cabo los sondeos, por lo que recientemente fue diseñada una red piezométrica, quedando conformada por un total de 54 aprovechamientos, contando con la nivelación del brocal en 47 de éstos; los recorridos piezométricos se iniciaron en 1981, sin embargo se cuenta con registros de forma más continua desde febrero de 1991 hasta noviembre de 1999.

### **5.3.1 Profundidad del nivel estático**

Actualmente, las profundidades del nivel estático en el acuífero varían entre 6 y 16 m, registrándose los valores más altos hacia la parte este del área, los cuales descienden hacia la parte noroeste; a la altura de la ciudad de Villahermosa, formándose así un cono de abatimiento con valores que varían de 12 a 2 m.

### **5.3.2 Elevación del nivel estático**

Actualmente, en el acuífero se presentan elevaciones que varían entre los 8 msnm hasta 10 mbnm, registrándose los valores más altos hacia la parte suroeste del acuífero y descendiendo hasta formar un cono de abatimiento a la altura del campo petrolero Samaria, donde se registran valores de hasta 10 mbnm, incrementándose en la parte oriente de este campo hasta alcanzar los 4 msnm a la altura de la ciudad de Villahermosa.

### **5.3.3 Evolución del nivel estático**

De acuerdo con el análisis de la información de la elevación del nivel estático, se tienen abatimientos medios anuales que varían en un rango de 1.1 a 0.4 m, desde el campo petrolero Samaria hacia la zona de la ciudad de Villahermosa, respectivamente.

## **6 Censo de aprovechamientos e hidrometría del bombeo**

En el acuífero existen un total de 144 aprovechamientos de aguas subterráneas, de los cuales el mayor número corresponde a los de uso público urbano (44.5%), seguidos por los del uso industrial (37.8%). Del total de los pozos se extrae un volumen de 94.681 Mm<sup>3</sup>/año.

## 7 Balance de aguas subterráneas

El área donde se tiene información piezométrica considerada para la realización del balance es de 1090 km<sup>2</sup>. A partir de la configuración de elevación del nivel estático se trazó la red de flujo y área de balance.

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

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

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, por el cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, quedando representada como sigue:

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

Más específicamente, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$[\text{Eh} + 1_1 (\text{Volumen lluvia}) + 1_2 (\text{Uso público urbano}) + 1_3 (\text{Usos agrícola + otros})] - \\ [\text{Sh} + \text{Q}_{\text{base}} + \text{Manantiales} + \text{Evapotranspiración} + \text{Extracción}] = \\ V_d S = \Delta A \text{ .....(3)}$$

### 7.1 Entradas

La recarga total esta constituida por la recarga natural y la recarga incidental o inducida por la aplicación de agua en las actividades humanas, tanto de origen superficial como subterránea.

#### 7.1.1 Recarga natural

Considerando que el Acuífero Samaria-Cunduacán es alimentado tanto por infiltración vertical como por escurrimientos de cuerpos de agua superficiales, se ha estimado que se tiene un volumen de 340.1 Mm<sup>3</sup>/año por recarga vertical, y un volumen de 199.0 Mm<sup>3</sup>/año proveniente de los escurrimientos superficiales.

#### 7.1.2 Recarga inducida

Debido a las condiciones geográficas del acuífero, no existe este tipo recarga en el Acuífero de Samaria-Cunduacán.

#### 7.1.3 Flujo horizontal

El cálculo de entradas por flujo horizontal (Eh), se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático y a la transmisividad obtenida a través de las pruebas de bombeo efectuadas en pozos distribuidos en la zona de estudio, y de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = T * B * i \text{ .....(4)}$$

Donde:

Q = gasto que pasa por un determinado canal de flujo;

T = transmisividad;

B = ancho de la celda;  
i = gradiente hidráulico

De acuerdo con la expresión anterior, el gasto de las recargas horizontales obtenido fue de 7.5 Mm<sup>3</sup>/año.

## 7.2 Salidas

### 7.2.1 Evapotranspiración

Del análisis para las salidas por evapotranspiración se considera un volumen total de 272.26 Mm<sup>3</sup>/año.

### 7.2.2 Descargas naturales

En las descargas naturales se estimaron los volúmenes de agua aportados por el manto acuífero a las distintas corrientes, calculando un total de 31.72 Mm<sup>3</sup>/año.

### 7.2.3 Bombeo

Para las salidas de aguas subterráneas por extracción mediante aprovechamientos, se ha cuantificado un volumen de 94.681 Mm<sup>3</sup>/año, haciendo hincapié que dicho volumen corresponde tanto a los usuarios que ya se encuentran regularizados, como a los que existen en trámite de regularización.

### 7.2.4 Flujo subterráneo horizontal

Para el valor de las salidas mediante flujo subterráneo se estimó un volumen de 0.67 Mm<sup>3</sup>/año, mismo que corresponde al volumen de entrada por flujo subterráneo al acuífero de Centla.

Las descargas subterráneas del Acuífero de Samaria-Cunduacán son hacia el acuífero de Centla, para posteriormente continuar por todo el frente de la línea de costa. Cabe aclarar que es muy probable que el acuífero alimente a los depósitos superficiales próximos a la costa donde parece no existir la capa impermeable que le sobryace hacia la parte sur.

## 7.3 Cambio de almacenamiento

Efectuando el balance de aguas subterráneas, de acuerdo a los datos anteriores, se determina un cambio de almacenamiento de 147.269 Mm<sup>3</sup>/año.

## 8 Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad de las 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 disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas establece que se determina por medio de la expresión siguiente:

|   |   |                           |   |                               |   |   |
|---|---|---------------------------|---|-------------------------------|---|---|
| Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica | = | Recarga total media anual | - | Descarga natural comprometida | - | Volumen anual de aguas subterráneas ..(5) concesionado e inscrito en el REPDA |
|---|---|---------------------------|---|-------------------------------|---|---|



### **8.1 Recarga total media anual**

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 este caso es de 546.6 Mm<sup>3</sup>/año.

### **8.2 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 de 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 127,020,000 m<sup>3</sup>/año.

### **8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA**

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 33,156,473 m<sup>3</sup>/año.

### **8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas**

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar al 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 (5) resultó ser de 386,423,527 m<sup>3</sup>/año.

$$386,423,527 = 546,600,000 - 127,020,000 - 33,156,473$$

La cifra indica que existe un volumen disponible de 386,423,527 m<sup>3</sup> anuales para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada Acuífero Samaria-Cunduacán, en el Estado de Tabasco.

## **BIBLIOGRAFIA**

Síntesis Geográfica, Nomenclátor y anexo Cartográfico del Estado de Tabasco, INEGI, 1986.

Estudio Geohidrológico del Campo A. J. Bermúdez, Estado de Tabasco, Servicios Geológicos, S.A. y Perforaciones Especializadas, 1979.

Estudio Geohidrológico preliminar de la zona Chontalpa-Villahermosa, Tab., Ariel Consultores, S.A., 1981.

Estudio Geohidrológico de Boca de Panteones, Unidad de Aguas Subterráneas (SARH), 1987.

Estudio Geológico y Posibilidades de Extensión del Campo Artesa Productor de Hidrocarburos, en el Distrito de Villahermosa, Tabasco. Jorge Gómez Jiménez. IPN. 1980.

Tabla 2. Balance de aguas subterráneas.

|   |  |  |                      |                    |
|---|--|--|----------------------|--------------------|
| Área total del acuífero                             |  |  | km <sup>2</sup>      | 1600               |
| <b>RECARGA TOTAL</b>                                |  |  |                      |                    |
| Área del valle                                      |  |  | km <sup>2</sup>      | 1090               |
| Coeficiente   |  |  |                      |                    |
| Precipitación                                       |  |  | mm/año               | 1,905              |
| Recarga natural por lluvia                          |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 340.1              |
| Entradas naturales horizontales y por escurrimiento |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 206.5              |
| Total de recarga natural                            |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 546.6              |
| Público Urbano                                      |  |  |                      |                    |
| Recarga inducida P.U.                               |  |  |                      |                    |
| Agrícola más otros                                  |  |  |                      |                    |
| Recarga inducida Agrícola + otros                   |  |  |                      |                    |
| <b>RECARGA TOTAL</b>                                |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 546.6              |
| <b>DESCARGA TOTAL</b>                               |  |  |                      |                    |
| Salidas horizontales                                |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 0.67               |
| Caudal base   |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 31.72              |
| Evapotranspiración                                  |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 272.26             |
| Extracción total                                    |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 94.681             |
| Manantiales comprometidos                           |  |  |                      | 0                  |
| Agrícola  |  |  |                      | 16.8               |
| Público-urbano                                      |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 42.111             |
| Doméstico   |  |  |                      |                    |
| Industrial  |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 35.77              |
| Otros   |  |  |                      |                    |
| <b>DESCARGA TOTAL</b>                               |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 399.331            |
| Cambio de almacenamiento                            |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 147.269            |
| Coeficiente de almacenamiento                       |  |  |                      | 0.0005 –<br>0.0087 |
| <b>Volumen drenado (0.75 m/año)</b>                 |  |  | Mm <sup>3</sup> /año | 817.5              |
| <b>AGUA SUPERFICIAL</b>                             |  |  |                      |                    |
| Agrícola  |  |  |                      |                    |
| Público Urbano                                      |  |  |                      |                    |
| Industrial  |  |  |                      |                    |