



**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**

**GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO SAMARIA-CUNDUACÁN (2703),  
ESTADO DE TABASCO**

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES</b> .....	<b>2</b>
Antecedentes.....	2
1.1 Localización .....	3
<b>2. Estudios técnicos realizados con anterioridad</b> .....	<b>5</b>
<b>3. FISIOGRAFÍA</b> .....	<b>5</b>
3.1 Provincia fisiográfica .....	5
3.2 Clima .....	6
3.3 Hidrografía.....	7
3.4 Geomorfología.....	7
<b>4 GEOLOGÍA</b> .....	<b>8</b>
4.1 Estratigrafía .....	8
4.2 Geología estructural .....	10
4.3. Geología del subsuelo.....	11
<b>5. HIDROGEOLOGÍA</b> .....	<b>11</b>
5.1 Tipo de Acuífero .....	11
5.2 Parámetros hidráulicos .....	12
5.3 Piezometría.....	12
5.4 Comportamiento hidráulico.....	13
5.4.1 Profundidad del nivel estático.....	13
5.4.2 Elevación del nivel estático.....	13
5.4.3 Evolución del nivel estático .....	13
<b>6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA DEL BOMBEO</b> .....	<b>13</b>
<b>7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS</b> .....	<b>13</b>
7.1 Entradas.....	14
7.1.1 Recarga natural.....	14
7.1.2 Recarga inducida .....	14
7.1.3 Flujo horizontal.....	14
7.2 Salidas .....	15
7.2.1 Evapotranspiración.....	15
7.2.2 Descargas naturales.....	15
7.2.3 Bombeo.....	15
7.2.4 Flujo subterráneo horizontal .....	15
7.3 Cambio de almacenamiento.....	16
<b>8. DISPONIBILIDAD</b> .....	<b>16</b>
8.1 Recarga total media anual (R).....	16
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	16
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	17
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	17
<b>9. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>18</b>

## **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 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. En la figura siguiente se muestra su localización:



El área del acuífero se encuentra dentro de la poligonal cuyos vértices se muestran en la tabla 1:

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	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	

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.

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.

El acuífero Samaria-Cunduacán 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 2015, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3.

## **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 geoeléctricas. 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.

## **3. FISIOGRAFÍA**

### **3.1 Provincia fisiográfica**

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 plínticos.

### **3.2 Clima**

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

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.

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

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 Zelândia, 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.

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>.

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.

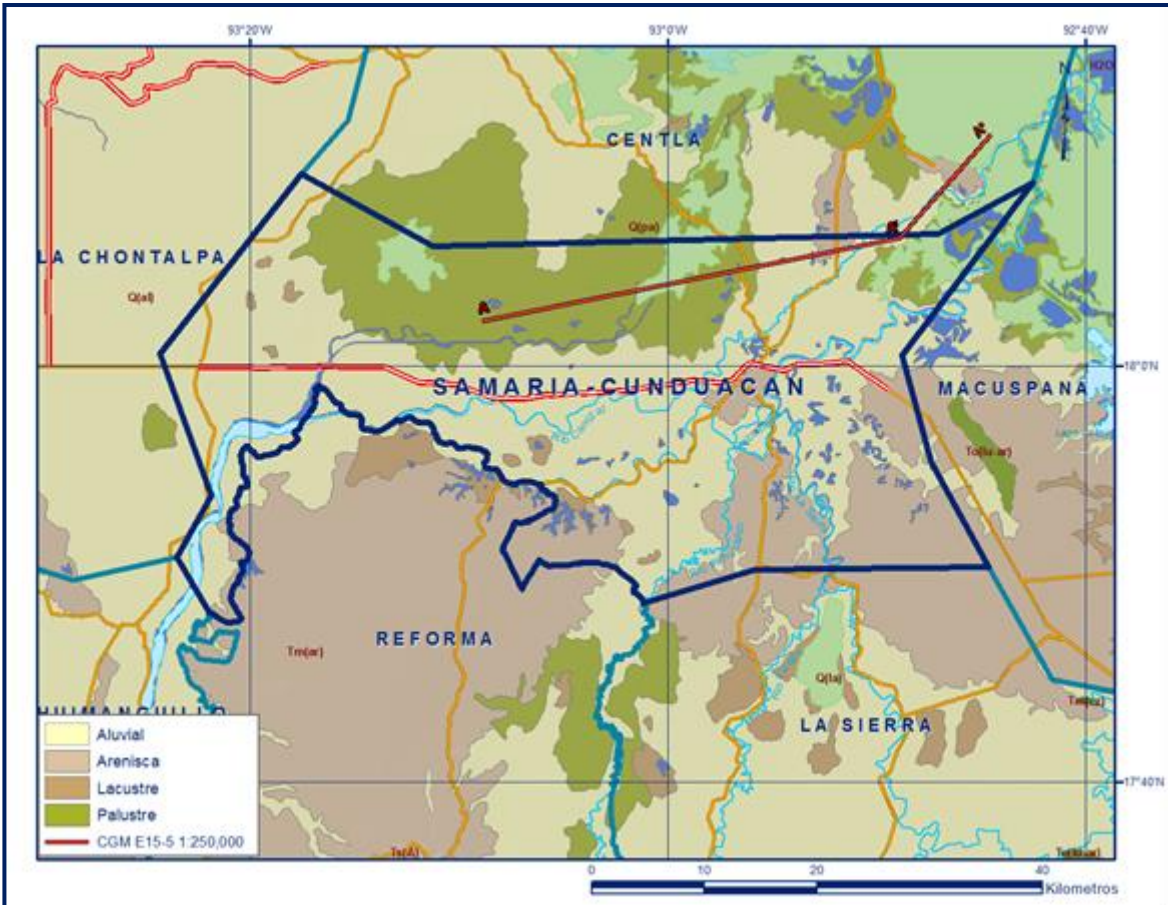
### **4.1 Estratigrafía**

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 bioclásticos e intraclásticos de color crema a café claro con fracturas selladas por calcita, y packstone de bioclásticos e intraclásticos 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 subyaciendole, 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 estribaciones 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.

## **5.4 Comportamiento hidráulico**

### **5.4.1 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.

### **5.4.2 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.

### **5.4.3 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 1640.82 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:

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

en la unidad hidrogeológica

Más específicamente, la ecuación queda de la siguiente manera:

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

## 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 **546.6** Mm<sup>3</sup>/año.

### 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:

$$Q = T * B * i \dots\dots\dots(4)$$

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 **7.50** 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 **272.3** 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 **31.7** 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 **94.6** 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 **0.7** 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 sobreyace 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 **147.3** Mm<sup>3</sup>/año.

## 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:

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

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 **546.6 hm<sup>3</sup>/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 **127.0 hm<sup>3</sup> 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 (REPGA), 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 **50,312,810 m<sup>3</sup> anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 546.6 - 127.0 - 50,312,810 \\ \text{DMA} &= 369,287,190 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones.

## **9. 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.