



**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**  
**GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO XPUJIL (0405), ESTADO DE CAMPECHE**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
Antecedentes.....	2
1.1 Localización.....	2
1.2 Situación administrativa del acuífero.....	4
<b>2. FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Clima.....	6
2.2 Hidrografía.....	6
<b>3. GEOLOGÍA.....</b>	<b>6</b>
<b>4. TOPOGRAFÍA.....</b>	<b>9</b>
<b>5. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
5.1 Unidades Hidrogeológicas.....	9
5.2 Pruebas de bombeo.....	13
<b>6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....</b>	<b>13</b>
<b>7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>14</b>
7.1 Entradas.....	14
7.1.1 Recarga natural (Rn).....	14
7.1.2 Flujo horizontal.....	14
7.2 Salidas.....	14
7.2.1 Extracción por bombeo (B).....	14
7.2.1 Salida por flujo subterráneo.....	14
7.2.2 Descargas naturales.....	14
<b>8. DISPONIBILIDAD.....</b>	<b>14</b>
8.1 Recarga total media anual (R).....	15
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	15
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	15
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	16
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>17</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 Xpujil, definido con la clave 0405 por la Comisión Nacional del Agua, se ubica en la porción sureste de la República Mexicana y está comprendida entre las coordenadas geográficas 17° 48' y 19° 13' 00" de Latitud Norte y 88° 55' 00" y 89° 44' de Longitud Oeste; abarca una superficie de 7,926.1 km<sup>2</sup>; limita al norte con el acuífero Cerros y Valles, al sur con la frontera de Guatemala y Belice, al este y oeste con el acuífero Península de Yucatán (figura 1).

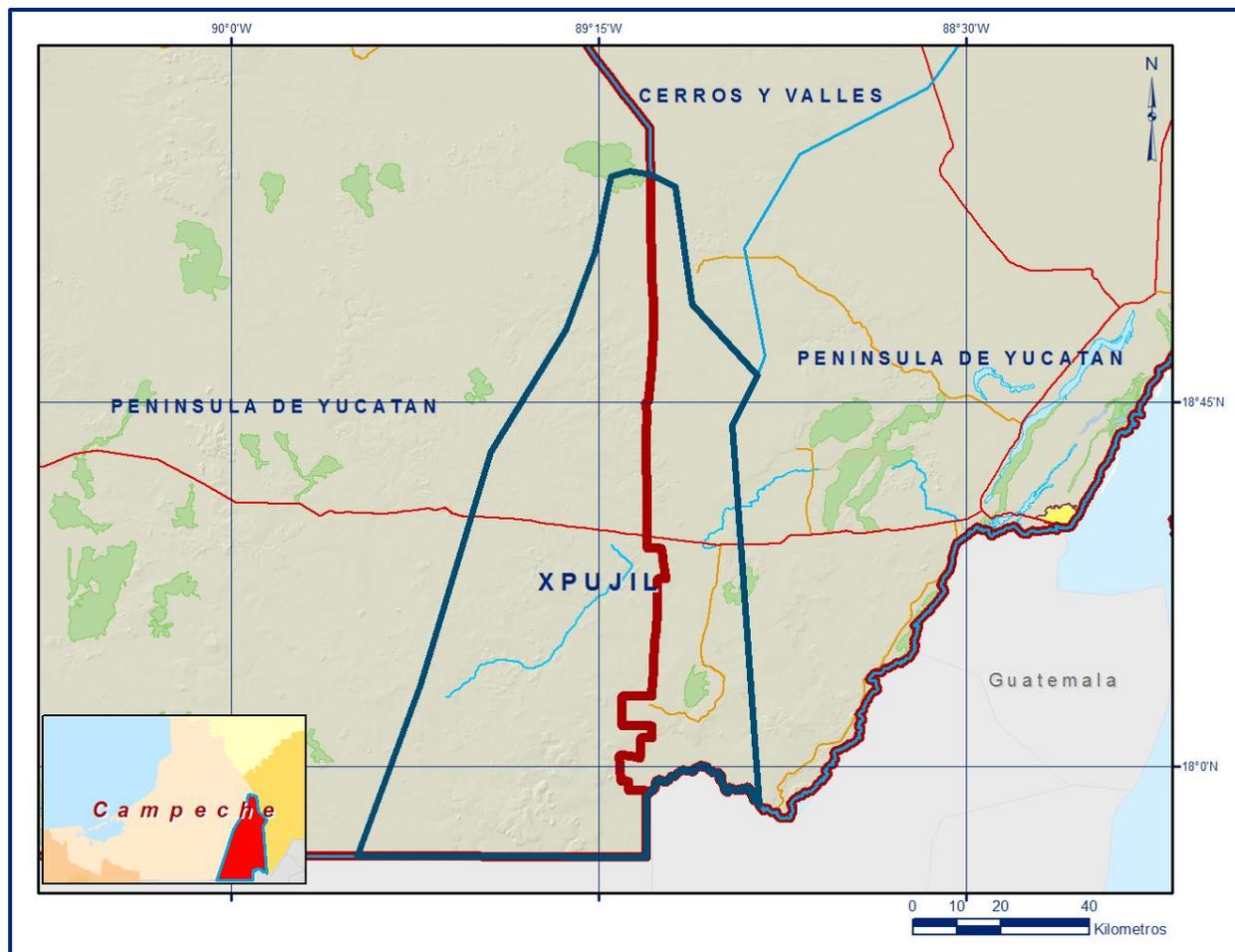


Figura 1. Localización del acuífero

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

ACUIFERO 0405 XPUJIL							OBSERVACIONES
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	89	44	34.6	17	48	58.0	
2	89	36	49.9	18	10	7.8	
3	89	28	11.4	18	38	48.1	
4	89	19	1.7	18	54	4.5	
5	89	15	27.1	19	3	38.7	
6	89	13	28.8	19	12	53.1	
7	89	11	10.1	19	13	36.9	
8	89	8	38.7	19	13	7.7	
9	89	5	35.0	19	11	35.9	
10	89	3	32.2	18	57	7.0	
11	88	55	33.1	18	48	18.7	
12	88	58	36.3	18	42	11.7	
13	88	55	20.0	17	55	11.6	DEL 13 AL 1 POR LA LINEA DE BAJ AMAR A LO LARGO DE LA COSTA
1	89	44	34.6	17	48	58.0	

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

## **1.2 Situación administrativa del acuífero**

El acuífero Xpujil, clave 0405, pertenece al Organismo de Cuenca XII Península de Yucatán, y es jurisdicción territorial de la Dirección Local Campeche. Su territorio se encuentra totalmente vedado y sujeto a las disposiciones de dos decretos de veda:

En la porción éste del acuífero aplican las disposiciones del “Decreto por medio del cual se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona que comprende la Delegación de Payo Obispo, Q.Roo.”, el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 7 de mayo de 1964; mientras que en la porción oeste del acuífero, aplican las disposiciones del “Decreto que declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en una zona comprendida dentro de los límites geopolíticos del Estado de Campeche, para el mejor control de las extracciones, uso y aprovechamiento de aguas del subsuelo en dicha zona”, el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de diciembre de 1975.

Por lo anterior, con base en el artículo 18 de la Ley de Aguas Nacionales el alumbramiento, uso, aprovechamiento y explotación de las aguas del subsuelo comprendidas dentro de las zonas vedadas requiere de autorización de la CNA, la cual es expedida mediante Título de Concesión.

Adicional al proceso administrativo, en cumplimiento de las atribuciones conferidas a la Comisión Nacional del Agua en la fracción XII del artículo 9º de la Ley de Aguas Nacionales, en lo referente al proceso de Normalización, con fecha 3 de febrero de 1997, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la “NORMA Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos”, y posteriormente, el 8 de agosto del mismo año se publicó la “NORMA Oficial Mexicana NOM-004-CNA-1996. Requisitos para la protección de pozos de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general”.

Ambas normas son de aplicación nacional y de cumplimiento obligatorio y siendo la protección de la calidad de las aguas del subsuelo, su objetivo principal, la verificación de su cumplimiento resulta de vital importancia para la preservación de la prácticamente única fuente de captación de agua dulce de la región.

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

## **2. FISIOGRAFÍA**

De acuerdo con la clasificación de provincias fisiográficas del INEGI (1997), el acuífero Xpujil, clave 0405, se ubica dentro de la provincia Península de Yucatán, la cual es una plataforma parcialmente emergida, constituida por rocas carbonatadas y evaporíticas del mesozoico tardío y Cenozoico. Fisiográficamente ha sido dividido en dos áreas principales:

1. Una gran plataforma sumergida limitada por escarpes
2. Una plataforma emergida limitada por las costas dividida por:
  - a). Una Planicie interior al norte y al este
  - b). Un área de elevaciones (cerros y lomas) que se extiende hacia el sur

### **PLATAFORMA SUMERGIDA**

La somera y amplia plataforma submarina que forma el banco de Yucatán-Campeche, corresponde a la porción de la plataforma masiva carbonatada de la Península.

La Península de Yucatán ha sido caracterizada por Logan et al (Isophording, 1975), como inclinada de sur a norte y limitada sobre sus tres lados, por pendientes continentales y escalonadas que caen bruscamente en las profundidades abisales del Golfo de México.

La característica principal es la presencia de arrecifes de coral, alojados en la periferia y la presencia de terrazas sumergidas relacionadas con antiguas líneas de costa.

### **PLATAFORMA EMERGIDA.**

La plataforma emergida de la península de Yucatán ha sido descrita como una plataforma masiva de calizas horizontalmente estratificadas y subdividida por varios autores en dos regiones fisiográficas: una planicie al Norte y una región de colinas al Sur que se extiende hasta el Norte de Guatemala. No existe drenaje superficial, toda el agua de lluvia que no se evapora en la superficie del terreno se infiltra a través de las dolinas y de otras aberturas que se encuentran en el terreno rocoso, el suelo se encuentra en pequeños y delgados manchones y como relleno en las fisuras de las

rocas. Sin embargo, soporta una vegetación tropical muy densa compuesta de árboles altos, maleza y plantas trepadoras.

## **2.1 Clima**

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García para las condiciones de la República Mexicana, el tipo de clima que se distribuye en casi toda la superficie del acuífero Xpujil, clave 0405, es el cálido subhúmedo (Aw1(x')), el cual presenta una temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura de mes más frío mayor de 18 °C; la precipitación del mes más seco es menor de 60 milímetros, y se presentan lluvias en verano con porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2 por ciento del total anual.

## **2.2 Hidrografía**

El acuífero Xpujil se distribuye en tres Regiones Hidrológicas: principalmente en la 33, denominada Yucatán Este; una porción al oeste del acuífero se distribuye en la Región Hidrológica 31, Yucatán Oeste y una porción al suroeste del acuífero se en la 30, Grijalva-Usumacinta.

Pertenecientes a la Región Hidrológica (RH) Yucatán Este, se distribuyen sobre el acuífero porciones de las cuencas Chinchancanab, Río Escondido y Arroyo Azul; de la RH Yucatán Oeste, se distribuye una pequeña porción de la cuenca Calakmul, mientras que perteneciente a la RH Grijalva-Usumacinta se distribuye una porción de la cuenca Río Candelaria. El río de mayor importancia que se encuentra sobre el acuífero es el UCUM, el cual cambia de nombre a Placeres, cuando cruza al sur-sureste de la localidad Las Ceibas.

## **3. GEOLOGÍA**

El acuífero Xpujil, clave 0405, se distribuye sobre la Plataforma de Yucatán, en el que se encuentran lomeríos altos, y bajos con hondonadas y llanuras. Se distribuyen rocas de la época del Paleoceno de la Formación Icaiché, la cual está formada por una secuencia de caliza estratificada y ocasionalmente masiva, de textura mudstone con raros fragmentos de sílice coloidal, y algunos cambios de facies hacia limos y arcillas; presenta también halita en su composición (figura 2).

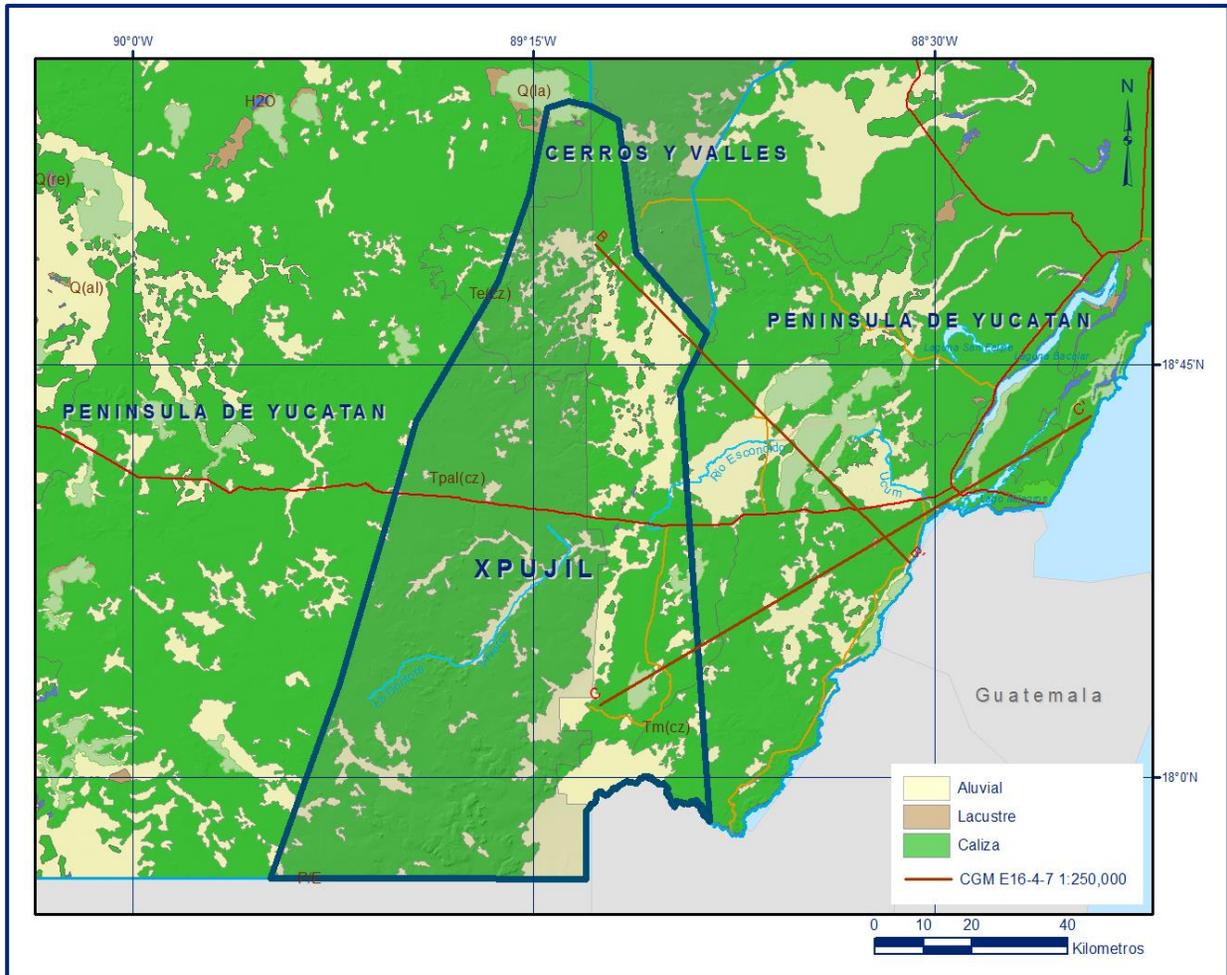


Figura 2. Geología general del acuífero

Los principales ejes estructurales presentan una orientación ONO-ESE y NNE-SSO, que se asocian con la Sierrita de Ticul y el Sistema Bacalar-Río Hondo, respectivamente.

Las calizas que ocupan una gran área, y de mejores características acuíferas, son las del Eoceno y Mio-Plioceno, las cuales están relacionadas con el Miembro Pisté de la Formación Chichén Itzá y la Formación Carrillo Puerto respectivamente.

A continuación, se presenta la Columna Estratigráfica prevaleciente:

ESTRATIGRAFÍA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN		
EDAD	PORCIÓN NORTE	PORCIÓN SUR Y CENTRO
HOLOCENO	RECIENTE	RECIENTE
PLEISTOCENO	ARENAS DE PLAYA ARCILLAS Y TURBAS SUELOS RESIDUALES CALIZAS DE MOLUSCOS	SUELOS RESIDUALES
PLIOCENO	CARRILLO PUERTO	INDIFERENCIADO
MIOCENO		
OLIGOCENO	SIN NOMBRE (LUTITAS, CALIZAS, MARGAS)	INDIFERENCIADO
EOCENO	MIEMBRO CHUMBEC (CALIZAS)	MIEMBRO CHUMBEC (CALIZAS)
	MIEMBRO PISTÉ (CALIZAS)	MIEMBRO PISTÉ (CALIZAS)
PALEOCENO		F. ICAICHÉ (CALIZA, DOLOMITA, EVAPORITA)
CRETÁCICO SUPERIOR		PETÉN (?) (CALIZAS)

Fuente: Velázquez Aguirre Luis (1986)

Los "cenotes" y "dolinas" son manifestaciones kársticas, típicas de esta parte del país, varían en diámetro desde unos cuantos metros hasta más de 100 m, fueron formados principalmente por la acción vertical de la disolución y paso del agua hacia niveles profundos del nivel estático durante los períodos glaciales y revelan que las calizas han estado sujetas a significativa disolución vertical.

Las "cavernas" o "grutas", son la manifestación más espectacular de formas kársticas, se encuentran de diversos tamaños y extensión en función de la edad de la roca e incidencia de los aspectos geológicos estructurales.

En la ciudad de Campeche, se distinguen cuatro zonas principales caracterizadas por diferentes tipos de rocas y de suelos, denominadas como; zonas rocosas, rellenos, sascab y acalché. Debajo de la zona de rellenos se encuentra una delgada capa de roca caliza y enseguida sascab de compacidad variable e incluso en estado suelto.

El acalché se identifica como una arcilla de alta plasticidad, que es susceptible a experimentar cambios volumétricos al variar el contenido de agua de la misma.

#### **4. TOPOGRAFÍA**

La altitud de la Península es en general inferior a los 100 m., y el punto más elevado, es la colina de San Felipe situada en las proximidades de la frontera de Guatemala que alcanza más de 400 m de altitud. La topografía de la región es muy suave, asociadas a formas kársticas de absorción. Existe gran cantidad de dolinas, cenotes, microcúpulas kársticas, lagunas y llanuras de inundación estas últimas con dimensiones de metros hasta kilómetros, presentando formas circulares, alargadas e irregulares; estas geoformas están asociadas a un fracturamiento manifestando hacia el área de Cobá el mayor grado de karsticidad, con una orientación muy variada, mientras que hacia la costa se manifiesta un lineamiento NE-SW.; en la línea de costa se presentan playas angostas y rocosas, playas semicirculares, caletas y manantiales marinos. (Ceballos-Flores, 1981)

#### **5. HIDROGEOLOGÍA**

##### **5.1 Unidades Hidrogeológicas**

El área descrita con anterioridad se refiere a la totalidad de la Península de Yucatán, sin embargo dentro de la Regionalización Administrativa actual, la Península de Yucatán está definida como Región Hidrológica XII, esta Región Hidrológica comprende la totalidad de los estados de Quintana Roo, Yucatán y el estado de Campeche exceptuando el municipio de Palizada, de acuerdo al Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 18 de mayo de 1998 y modificado el 18 de enero de 1999, en los cuales se listan los municipios de la circunscripción territorial de la Gerencia Regional de la Península de Yucatán, lo que le asigna una superficie total de 139,451.30 km<sup>2</sup>. Se considera a la Península de Yucatán como una Unidad Regional denominada "Acuífero Península de Yucatán", conformada por cuatro Unidades Hidrogeológicas denominadas: Cerros y Valles, Península de Yucatán, Xpujil e Isla Mujeres.

Para la publicación de la disponibilidad de las aguas subterráneas en el Diario Oficial de la Federación, se realizaron balances hidráulicos por cada Unidad Hidrogeológica identificada en la Península de Yucatán.

En el presente documento se pretende justificar la disponibilidad de aguas subterráneas de la Unidad Hidrogeológica denominada Xpujil cuya porción mayor se ubica en el estado de Campeche.

El Estado de Campeche se localiza al sureste de la República mexicana, entre los paralelos 20° 52' y 17° 48' de latitud norte y los meridianos 92° 27' y 89° 06' de longitud oeste. Colinda al norte y noreste con el golfo de México y el estado de Yucatán; al este con el estado de Quintana Roo; al sureste con la República de Belice, al sur con la República de Guatemala y el estado de Tabasco, y al oeste con el estado de Tabasco y el Golfo de México.

Este estado tiene una superficie territorial de 51,833 km<sup>2</sup>, que representa el 36.6 % del total Peninsular y el 2.9 % de la superficie total nacional, ocupando el decimoctavo lugar con relación a las 31 entidades federativas restantes. La división política del estado comprende 11 municipios: Calkiní, Campeche, Carmen, Champotón, Hecelchacán, Hopelchén, Palizada, Tenabo, Escárcega, Calakmul y Candelaria.

Con relación a los fenómenos meteorológicos extremos, la entidad se encuentra sujeta a la presencia de tormentas tropicales, huracanes, nortes y lluvias abundantes de origen ciclónico; mientras que la incidencia de heladas y granizadas es prácticamente nula. El estado de Campeche forma parte del trópico húmedo mexicano, cuya característica principal es la variedad de ecosistemas que contiene, y que generalmente se agrupan en selva, sabana, costa y mar.

Hacia el suroeste del estado existe el sistema lagunar más importante del litoral del golfo de México, constituido por la laguna de términos y otras que la circundan como son: Pom-Atasta, Puerto Rico, Del Corte, El Vapor, San Francisco, Del Este, Balchacah y Panlao. Todas estas lagunas reciben agua dulce de los principales ríos de Campeche, se comunican con la Laguna de Términos y ésta a su vez lo hace con el mar y con el estero de Sabancuy; por lo tanto, en mayor o menor grado todo el sistema lagunar tiene agua salada.

Los ríos que alimentan el anterior sistema lagunar son: el San Pedro y San Pablo que en parte sirven como límite con el estado de Tabasco, el Palizada que se desplaza más hacia el Este y es un afluente del río Usumacinta; el Chumpán, el Candelaria que procede de la República de Guatemala y el Mamantel. El volumen medio anual que en conjunto aportan estos ríos a la laguna de Términos es aproximadamente 10,212 hm<sup>3</sup>/año.

Las aguas subterráneas constituyen la fuente principal para cubrir las necesidades de

consumo, actuales y futuras de la población y del desarrollo agrícola e industrial. A excepción de la zona de Xpujil, el Estado presenta condiciones geohidrológicas favorables para la recepción y almacenamiento de importantes volúmenes procedentes de la lluvia.

De acuerdo con las características que presenta el recurso hidráulico, y con el propósito de realizar de manera adecuada el estudio de sus condiciones geohidrológicas, se dividió el estado en tres Unidades: Costera, Xpujil y Cerros y Valles. La Unidad Hidrogeológica que nos compete en este documento se describe a continuación:

### **UNIDAD HIDROGEOLÓGICA XPUJIL, CAMP.**

La región de Xpujil se localiza al sureste del estado de Campeche a una distancia aproximada de 300 km de la capital del estado y en la parte sur-central de la Península de Yucatán, geográficamente limita al norte con el paralelo 19° 00' 00", al sur con la República de Guatemala y al oeste con el meridiano 89° 38' 00".

La unidad Hidrogeológica Xpujil comprende una superficie estimada en 11,061 km<sup>2</sup> sus fronteras están definidas por una poligonal cuyos vértices se listan en la tabla 1, los municipios que la integran, así como sus porcentajes de extensión territorial se enuncian en la tabla 2.

El clima se caracteriza como tropical-subhúmedo, con una precipitación media anual de 1,269 mm. La temperatura media es de 26° C presentándose las más altas temperaturas en los meses de abril y mayo y las mínimas en los meses de noviembre a enero. Los vientos dominantes de la región tienen una velocidad promedio de 200 km/h.

En la zona se observan tres principales patrones de drenaje que obedecen al alto grado de disolución, karsticidad y fracturamiento de las rocas. Se caracteriza por tener un drenaje radial y rectangular que ha sido originado a partir de diapirismo y el segundo está gobernado por el fracturamiento.

La mayoría del drenaje se genera en la parte topográfica más alta y forma una especie de parteaguas de donde parte de forma radial recorriendo cortas distancias y desapareciendo en la zona de contacto y variación litológica, principalmente entre la zona de yesos y calizas. La topografía de la zona tiene una tendencia a formar franjas

alineadas sensiblemente orientadas al noroeste-sureste las que caracterizan la zona poniente del área y franjas alineadas en dirección noreste-suroeste que se presentan en la porción oriental.

La composición geomorfológica de la Unidad Hidrogeológica Xpujil es cerril de altura promedio de 150 msnm, alineada sensiblemente NW-SE y en donde se han desarrollado cavernas de grandes dimensiones, que se ha relacionado su origen al levantamiento diferencial.

Se observa que la roca superficial de la zona ha sido fuertemente atacada por el intemperismo y la disolución, originando que el agua de lluvia que escurre superficialmente se infiltre incorporándose al acuífero, cuyas profundidades varían desde 30 hasta 150 m, a través de los pozos naturales de recarga (xuch en lengua maya), por lo que se infiere que se trata de una buena zona almacenadora, sin embargo se ha constatado que su composición química la restringe para consumo humano, ya que al disolverse la matriz rocosa, provoca altas concentraciones de sulfatos, por lo que se ha generalizado la captación de agua de lluvia por medio de aljibes y el aprovechamiento de aguadas y lagunas a pesar de que éstas presentan ciertos problemas de contaminación orgánica generada principalmente por el fecalismo al aire libre.

A últimas fechas se han intensificado las perforaciones en la zona sur, específicamente en la zona del Clavito, Nuevo Veracruz, Santa Rosa y Dos Naciones; en las cuales la calidad del agua es buena, ya que al parecer se ubican fuera de la zona de yesos; sin embargo, se requiere efectuar una serie de trabajos de campo que permitan conocer mejor las posibilidades y potencial de esta zona.

El volumen de extracción según el Registro Público de Derechos de Agua concesionado al 30 de abril de 2002 en esta zona suma un total de 0.5 hm<sup>3</sup>/año.

<b>ESTADO</b>	<b>MUNICIPIO</b>	<b>% DE SUPERFICIE</b>
Campeche	Calakmul	50
	Hopelchén	20

Tabla 2. Municipios ubicados en la unidad geohidrológica Xpujil en el estado de campeche, y sus porcentajes correspondientes

## **5.2 Pruebas de bombeo**

Se tienen antecedentes de aforos de pozos que datan del año de 1992 en la zona de Cancún, Q. Roo y de 1996 y 1998 en el proyecto Ayim Blanca Flor, y Oriente del estado de Yucatán, con los cuales se buscó conocer el comportamiento hidráulico del acuífero, determinar las pérdidas de carga de entrada al pozo, la variación de la salinidad del agua antes de ingresar a éste y el ascenso vertical del agua bajo el pozo, provocado por el bombeo. Cabe destacar que el comportamiento general del acuífero en cuanto a los abatimientos de los niveles estáticos fue mínimo y sus recuperaciones instantáneas con gastos que varían de 40 a 90 lps.

## **6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA**

El acuífero de la Península de Yucatán se explota por medio de miles de captaciones, la mayoría de las cuales están emplazadas en las porciones norte, oriental y sur poniente.

Se han estimado aproximadamente 16,165 aprovechamientos, siendo las norias o pozos excavados los más numerosos, con los cuales se extraen pequeños caudales (entre 1 y 5 l/s), principalmente para usos agrícola, doméstico y abrevadero y representan el 53% del número total de éstos.

En número mucho menor, se extrae el agua mediante pozos perforados con profundidades entre 40 y 100 metros, éstos suministran gastos del orden de 50 l/s en promedio a los principales núcleos de población.

En algunos cenotes se extrae agua mediante bombas instaladas para diversos usos con caudales promedio entre 10 y 30 l/s.

En la Península se extraen aproximadamente 1,3 hm<sup>3</sup>/año\*, volumen que se distribuye de la siguiente manera: cerca de 819,000 m<sup>3</sup>/año se destinan a la actividad agropecuaria, a los núcleos de población y uso doméstico se les suministran anualmente un poco más de 402,000 m<sup>3</sup> y poco más de 79,000 m<sup>3</sup> son utilizados cada año en las instalaciones industriales y de servicios. En la distribución por estado, en Yucatán se extrae del orden de los 758 hm<sup>3</sup>/año, lo que representa un 58% del volumen total, seguido por Campeche con 323 hm<sup>3</sup>/año, equivalente a un 25%. y el estado de Quintana Roo con aproximadamente 219 hm<sup>3</sup> que representan el 17 %.

\*FUENTE: Inventario de Aguas Subterráneas de la Subgerencia Regional Técnica de la GRPY.

## 7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

### 7.1 Entradas

#### 7.1.1 Recarga natural (Rn)

2,099.4 hm<sup>3</sup>/a

#### 7.1.2 Flujo horizontal

0.00 hm<sup>3</sup>/año

### 7.2 Salidas

#### 7.2.1 Extracción por bombeo (B)

Bombeo promedio: 0.50 hm<sup>3</sup>/año.

#### 7.2.1 Salida por flujo subterráneo

0.00 hm<sup>3</sup>/año

#### 7.2.2 Descargas naturales

0.00 hm<sup>3</sup>/año

$$\begin{aligned} \text{Entradas} - \text{Salidas} &= 0 \\ \text{Eh} + \text{Rn} - \text{Dn} - \text{B} - \text{Sh} &= 0 \\ 0 + 2,099.43 - 0 - 0.5 &= \text{Sh} \\ \text{Sh} &= 2,098.93 \end{aligned}$$

## 8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales; en su fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

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

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, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero Xpujil, estado de Campeche es de **2099.4 hm<sup>3</sup>/año**.

### **8.2 Descarga natural comprometida (DNC)**

La descarga natural comprometida de un acuífero, es la suma de los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos alimentados por una unidad hidrogeológica, que están comprometidos como agua superficial para diversos usos, y de las descargas subterráneas que se deben conservar para no afectar a las unidades hidrogeológicas (flujo horizontal que sirve de recarga para acuíferos aguas abajo) o destinadas para sostener el gasto ecológico (vegetación nativa e intrusión salina).

Bajo el concepto anterior, la descarga natural comprometida del acuífero Xpujil es la salida por flujo subterráneo (Sh). El volumen calculado es del orden de **1784.1 hm<sup>3</sup>/año**.

### **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 **8,839,239 m<sup>3</sup> anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022**.

#### **8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)**

La disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 2099.4 - 1784.1 - 8.839239 \\ \text{DMA} &= 306.460761 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **306,460,761 m<sup>3</sup> anuales**.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

SARH, (1989). "Sinopsis Geohidrológica del Estado de Quintana Roo", Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F.

SARH, (1989). "Sinopsis Geohidrológica del Estado de Yucatán", Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F.