



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

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO JIMÉNEZ-ABASOLO (2805), ESTADO  
DE TAMAULIPAS**

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 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.....</b>	<b>5</b>
<b>3 FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>7</b>
3.1 Provincia fisiográfica .....	7
3.2 Clima .....	8
3.3 Hidrografía.....	8
3.4 Geomorfología .....	9
<b>4 GEOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
4.1 Estratigrafía.....	11
4.2 Geología estructural.....	15
4.3 Geología del subsuelo.....	15
<b>5 HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
5.1 Tipo de acuífero.....	16
5.2 Parámetros hidráulicos .....	17
5.3 Piezometría.....	17
5.4 Comportamiento hidráulico .....	17
5.4.1 Profundidad al nivel estático .....	17
5.4.2 Elevación del nivel estático .....	18
5.4.3 Evolución del nivel estático.....	19
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea .....	20
<b>6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....</b>	<b>21</b>
<b>7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....</b>	<b>21</b>
7.1 Entradas.....	21
7.1.1 Recarga vertical (Rv) .....	22
7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh) .....	22
7.1.3 Recarga inducida (Ri) .....	23
7.2 Salidas.....	24
7.2.1 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh) .....	24
7.2.2 Evapotranspiración.....	24
7.2.3 Bombeo (B).....	25
7.3 Cambio de almacenamiento ( $\Delta VS$ ) .....	26
<b>8 DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....</b>	<b>26</b>
8.1 Recarga total media anual (R) .....	27
8.2 Descarga natural comprometida (DNC) .....	27
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) .....	27
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	28
<b>9 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>29</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 Jiménez-Abasolo, definido con la clave 2805 por la Comisión Nacional del Agua, se ubica en la porción centro del estado de Tamaulipas, entre los paralelos 23° 56' a 24° 33' de latitud norte y los meridianos 97° 58' a 98° 42' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 2,236 km<sup>2</sup>. Colinda al Norte, con el acuífero Méndez-San Fernando, al Sur con el acuífero Victoria-Casas, al Este con el acuífero Aldama-Soto La Marina y al Oeste con el acuífero San Carlos, todos ellos pertenecientes al estado de Tamaulipas (figura 1).

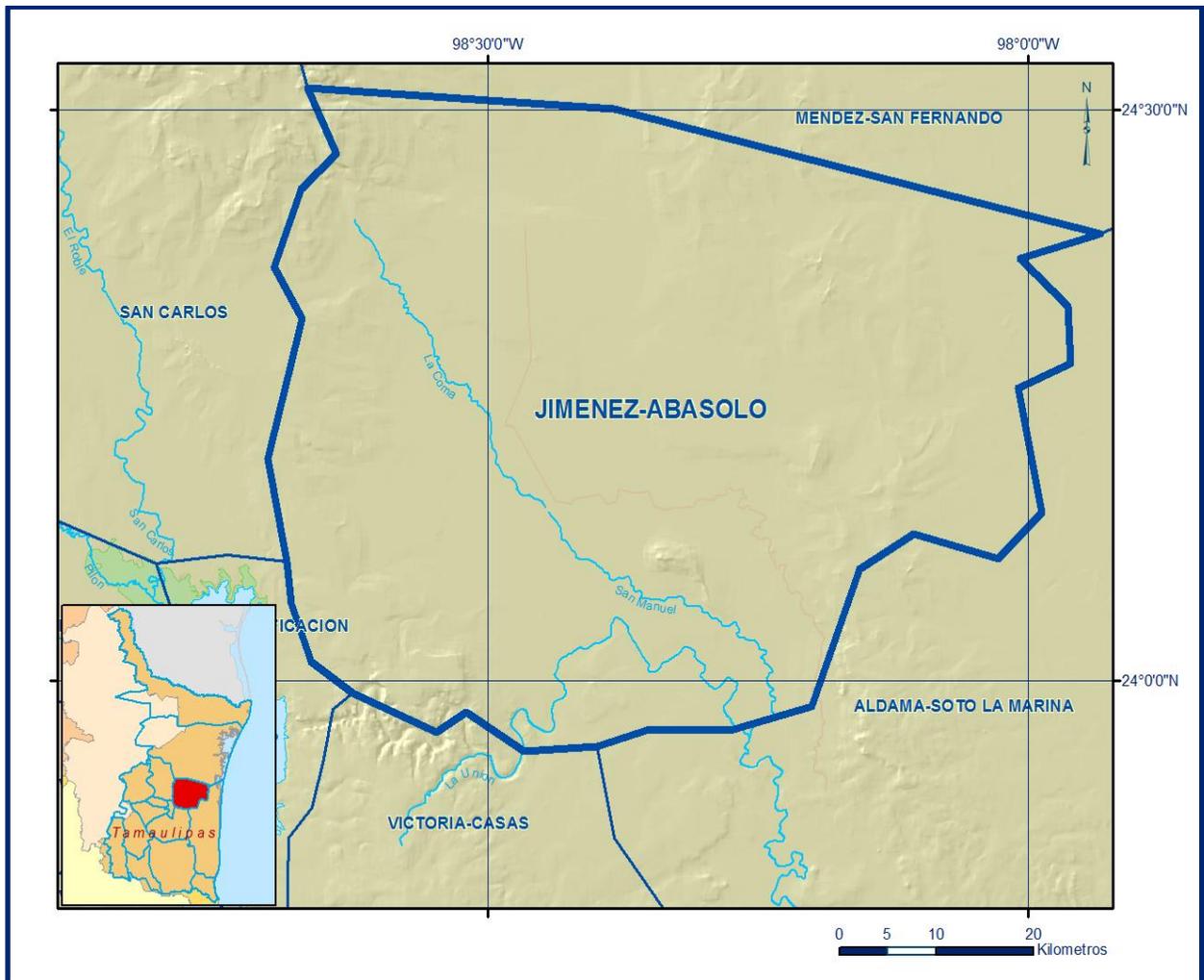


Figura 1. Localización del Acuífero

El acuífero comprende los municipios de Jiménez y Abasolo, y unas pequeñas porciones de los municipios Cruillas, Padilla, Soto La Marina y San Fernando, del estado de Tamaulipas.

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

Tabla 1. Coordenadas de la poligonal simplificada que delimita el acuífero Jiménez-Abasolo

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	98	39	50.9	24	1	0.3
2	98	40	56.9	24	4	0.9
3	98	41	11.2	24	6	8.9
4	98	42	14.3	24	11	39.1
5	98	40	20.8	24	19	0.7
6	98	41	54.1	24	21	42.8
7	98	40	21.8	24	25	49.5
8	98	38	24.5	24	27	41.4
9	98	40	1.3	24	31	8.2
10	98	23	10	24	30	2.8
11	98	5	22.8	24	25	44.0
12	97	55	59.3	24	23	28.7
13	98	0	27.8	24	22	9.5
14	97	57	46.1	24	19	40.8
15	97	57	38.5	24	16	40.8
16	98	0	33.9	24	15	22.9
17	97	59	13.6	24	8	47.3
18	98	1	37.9	24	6	24.8
19	98	6	20.6	24	7	40.8
20	98	9	21.7	24	5	49.0
21	98	12	2.0	23	58	37.8
22	98	16	32.3	23	57	22.7
23	98	21	1.7	23	57	26.1
24	98	23	55.4	23	56	32.2
25	98	27	59.5	23	56	15.4
26	98	31	14.4	23	58	19.0
27	98	32	53.5	23	57	17.5
28	98	37	30.3	23	59	20.5
1	98	39	50.9	24	1	0.3

## 1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero pertenece al Organismo de Cuenca “Golfo Norte”. Una pequeña porción al suroeste del acuífero se encuentra sujeto a las disposiciones del “*decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona que comprende los Municipios de Madero, Villagrán, San Carlos y otros del estado de Tamaulipas*”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de febrero de 1964. Esta veda es tipo III, en la que la capacidad del acuífero permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros, el resto del acuífero se encuentra sin veda.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3.

En una porción al centro-sur del acuífero se localiza el Distrito de Riego Río Soto La Marina, a la fecha no se ha constituido el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS). El acuífero se localiza dentro del Consejo de Cuenca (18) Ríos San Fernando-Soto La Marina, instalado el 26 de agosto de 1999.

## **2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD**

En la zona que comprende el acuífero y la región aledaña se han realizado algunos estudios, a continuación, se mencionan los resultados y conclusiones más relevantes.

**ACTUALIZACIÓN DE MEDICIONES PIEZOMÉTRICAS DEL ACUÍFERO MÉNDEZ-SAN FERNANDO, ESTADO DE TAMAULIPAS, 2002; FYA CONSULTORES.** Del análisis de la información obtenida referente a la elevación y profundidad de los niveles piezométricos se adoptó una red de 56 pozos piloto.

En relación a la profundidad a los niveles estáticos se puede observar una influencia directa de la proximidad del nivel del mar, en los aprovechamientos que se ubican en la porción oriental de la cuenca teniendo como base un eje imaginario Norte-Sur con centro en la ciudad de San Fernando con valores que van desde los 16 m hasta llegar a 0 m al acercarnos a la costa, hacia el sur de San Fernando se percibe un marcado aumento en los valores de los niveles debido a la influencia de la topografía con rangos de los 14 m a los 20 m al sur del arroyo de Chorreras.

En la porción nor-occidental de la cuenca ubicada entre la carretera San Fernando-Méndez y la San Fernando-Reynosa se detectó otra zona con incrementos en la profundidad a los niveles estáticos con variaciones de los 14 a los 20 m teniendo como centro la comunidad de Florida del Norte debido al efecto de la topografía. Hacia la parte suroeste se detecta un marcado descenso hacia la población de Burgos, con variaciones entre los 12 a 6 m.

En relación a las elevaciones del nivel estático se percibe una clara tendencia en su disminución del suroeste hacia el este y del noroeste al este, es decir una tendencia franca hacia la costa. En la porción suroeste debido a la influencia de las estribaciones de la serranía de San Carlos entre las comunidades de Burgos y Cruillas se detectaron elevaciones del nivel estático de 260 msnm, y como ya se mencionó descendiendo hasta el nivel del mar por el oriente.

Al norte de la comunidad Méndez se percibe la influencia de la serranía del Anheló donde se presentan elevaciones de 140 msnm y que van descendiendo hacia el este hacia la costa. La presencia del Río Conchos hace notar su presencia con claras disminuciones de las elevaciones de los niveles estáticos, al formar un abanico en las curvas de igual elevación aguas debajo de la población de Méndez y hasta San Fernando.

Se puede deducir que la tendencia general del flujo subterráneo es de Oeste hacia el Este. De manera particular se puede decir que en la porción suroeste del acuífero desde sus límites colindando con las estribaciones de la sierra de San Carlos y trazando un eje imaginario que una las localidades de Burgos y Cruillas la dirección del flujo subterráneo es en sentido suroeste-noreste hasta la margen derecha del Río Conchos. Hacia el norte del mismo Río Conchos y hasta los límites superiores del acuífero la dirección del flujo es franco hacia el este o hacia la costa.

Comparando los niveles estáticos del estudio realizado en el mes de Agosto del 2001, con los obtenidos en el presente estudio realizado durante el mes de Septiembre de 2002 se observa una evolución favorable de 3 a 5 m, hacia el sur de San Fernando hasta los límites del acuífero.

Hacia el noroeste del eje que se forma entre las poblaciones de Burgos y Francisco González Villarreal, se observa una franca evolución de entre 2 y 9 m. Se detecta una curva de evolución cero hacia el oriente de la población de San Fernando, hacia las comunidades de Palmas Uno y Palmas Dos, otra curva equidistante de nivel cero de evolución se presenta al norte de la "Y" de la carretera a Matamoros y a Reynosa entre las comunidades del Ej. Enrique Cárdenas González y La Carreta uno.

En términos generales, no se observa sobreexplotación en el acuífero.

**ACTUALIZACIÓN DE MEDICIONES PIEZOMÉTRICAS EN EL ACUÍFERO 2805 JIMÉNEZ-ABASOLO, ESTADO DE TAMAULIPAS, 2007; DSK TECHNOLOGIES S.A. DE C.V.** El acuífero alberga tanto acuíferos libres, semiconfinados y confinados. Los valores más profundos del agua subterránea son de 45 m, mismos que se tienen en el extremo Nor-Noreste hacia las localidades de El Temazcal-Los Morales-Loreto; el área hacia el Sur de Jiménez se tienen valores de 30 m y en la porción Sureste del Acuífero hacia San Vicente, los valores más someros son de 5 m.

La tendencia del movimiento del agua subterránea es evidente hacia el Oriente, con recargas laterales del Occidente del acuífero, provenientes de la prolongación hacia el Norte de la Sierra de Tamaulipas.

La zona donde se tiene las más altas elevaciones del nivel estático, es hacia el extremo Poniente, observándose cargas de 240 msnm, al Oeste de la Coma-El Encinal-Santander de Jiménez, de donde van decreciendo hacia el Oriente, notándose un cambio evidente en la dirección de las isolíneas lo cual se detecta hacia las porciones Central en la Mesa de Caldas, donde se bifurca una al Sur hacia el poblado de Abasolo y la otra continua al Oriente-Noreste hacia El Temazcal-Los Morales-Loreto.

En el extremo Suroeste del acuífero la dirección del flujo subterráneo es marcadamente al Oriente, confluyendo con el flujo subterráneo que viene de la Mesa de Caldas. Algunos resultados y conclusiones de este estudio fueron la base para la elaboración del presente documento.

### **3 FISIOGRAFÍA**

#### **3.1 Provincia fisiográfica**

La zona se encuentra dentro de la provincia fisiográfica denominada Llanura Costera del Golfo de México, de acuerdo a la clasificación del Ing. Manuel Álvarez Jr. (1958). Dentro de la provincia de Llanura Costera del Golfo Norte hay cuatro subprovincias fisiográficas; Llanura Costera Tamaulipeca, Llanuras y Lomeríos, Sierra de San Carlos y Sierra de Tamaulipas.

La subprovincia de la Llanura Costera Tamaulipeca se caracteriza por estar cubierta por sedimentos marinos no consolidados, estar muy próxima al nivel del mar, y por contar con una superficie donde predominan las llanuras que son inundables hacia la costa y están interrumpidas al Oeste por lomeríos muy tendidos.

La subprovincia de Llanuras y Lomeríos se caracteriza por estar formada por sedimentos antiguos arcillosos y arenosos, de edades que decrecen hacia la costa (Mesozoica y Paleógena-Neógena). Aunque presenta coronas de rocas basálticas de morfología de mesetas, esta subprovincia se caracteriza por presentar extensas llanuras interrumpidas por lomeríos. Las rocas poco resistentes, como las margas y lutitas, expuestas ampliamente, son disectadas rápidamente. La capa de conglomerados ha sido intensamente desmembrada en la superficie, permaneciendo a manera de manchones delimitados por valles fluviales.

La provincia encierra las discontinuidades Fisiográficas de las Sierras de San Carlos y Tamaulipas. La primera, cuyas cimas alcanzan de 800 a 1,000 msnm con un máximo arriba de 1400, está dominada por calizas del Cretácico fuertemente intrusionadas con rocas ígneas intermedias. La segunda, más extensa pero con altitudes semejantes, también se encuentra dominada por calizas intrusionadas con rocas ígneas intermedias.

### **3.2 Clima**

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, la cual fue modificada por Enriqueta García para adaptarla a las condiciones particulares de la República Mexicana se tiene que en la zona predomina un clima de tipo seco, con una temperatura media anual que varía entre los 15 y 27° C. El régimen de lluvias se presenta en el verano (julio, agosto y septiembre) con medias anuales del orden a los 1650 mm. La temperatura media anual es del orden a los 24.3° C. La precipitación media anual es del orden de los 630 mm y la evaporación potencial media anual de los 1650 mm.

### **3.3 Hidrografía**

El acuífero está comprendido en la Región Hidrológica No 25 San Fernando-Soto La Marina, dentro de la Cuenca del Río Soto La Marina. La Región No. 25, comprende las siguientes cuencas: Laguna de San Andrés – Laguna, Morales, Río Soto La Marina, Laguna Madre, Río San Fernando. Estas corrientes han labrado su curso en la región, sobre rocas del Paleógeno-Neógeno constituidas por lutitas y areniscas las que en algunas zonas topográficamente altas están coronadas por el Conglomerado Reynosa, originando que en áreas aisladas de sus márgenes se depositen materiales granulares, formando terrazas aluviales.

La corriente del Río Soto La Marina, con 21,183 km<sup>2</sup> de área de cuenca total, es la primera en cuanto a extensión, dentro de la Región Hidrológica N° 25. Su desarrollo ocurre en una proporción de 87.9% dentro del estado de Tamaulipas y 12.1% dentro del estado de Nuevo León, este último hacia la parte más alta de la cuenca del río. La hidrografía de esta corriente es compleja de acuerdo con las dimensiones de la misma y con su ubicación en una zona de topografía quebrada, en la que existen numerosas sub-cordilleras que dan lugar a la formación de afluentes y sub-afluentes, de curso complicado que, en algunas ocasiones tienen, sentidos opuestos a los que normalmente siguen los cauces principales a que están sujetos.

El agua para la irrigación proviene de la presa Vicente Guerrero, situada al oeste del Distrito, la cual es conducida por el río Soto La Marina. Su capacidad total es de 5 283 millones de m<sup>3</sup> y su capacidad útil de 3 900 millones de m<sup>3</sup>. La irrigación en el Distrito es por gravedad. La red de distribución está constituida por dos canales principales llamados Margen derecha (37 km) y dos canales sublaterales, estos últimos desembocan en las parcelas. La capacidad conjunta de los canales principales es de 44 m<sup>3</sup>/s. La eficiencia de la red de irrigación fue estimada por el distrito en 54% durante el ciclo agrícola 88/90. La red de drenaje que permite evacuar el agua excedente tiene una longitud total de 688 km La capacidad de evacuación del dren principal es de 25 m<sup>3</sup>/s.

### **3.4 Geomorfología**

En la región se encuentran dos zonas montañosas, hacia el norte y sur de la cuenca, las cuales consisten en rocas del Paleoceno y Cretácico Superior formadas por arcillas margosas y por margas y calizas interestratificadas con lutitas, dando una topografía suave, excepto entre la franja de Padilla y Abasolo que por aflorar las calizas y lutitas, presentan más resistencia a la erosión y obligan al río Soto La Marina, del que es el principal afluente el río Purificación, a abrirse paso entre las cuevas que forman y a seguir en cortos tramos la dirección de dichas cuevas.

La zona montañosa al norte de la cuenca está formada por la Sierra de San Carlos, debida a una intrusión ígnea y la Sierra de Cruillas al NW de la de San Carlos. Esta sierra está constituida por pliegues orientados al este y oeste y debidos quizá al empuje de la intrusión que forma la sierra de San Carlos. La zona montañosa al sur de la cuenca está formada por la sierra de Tamaulipas y constituida por caliza de ese nombre con una orientación NNW a SSE y fracturada paralela y perpendicular a su eje. El sistema general es el paralelo al eje y por este motivo y por no haber desplazamiento en las fracturas, se supone que se debe al empuje vertical de su núcleo ígneo.

## **4 GEOLOGÍA**

El basamento de la región consiste de un complejo de rocas fuertemente deformadas y transportadas por orogenias anteriores que soportan la columna Mesozoica, sobre estas rocas los efectos de la erosión generaron el depósito de rocas continentales asociadas con fallamientos verticales que produjeron el levantamiento del basamento dando lugar a una serie de pilares y fosas tectónicas (Figura 2).

En el Jurásico Superior inicia la sedimentación marina, se depositaron primero evaporitas, terrígenos y carbonatos, que formaron amplias plataformas interconectadas entre sí a través de canales, separadas por elementos insulares, posteriormente estas plataformas evolucionaron y fueron cubiertas por terrígenos con variaciones ambientales deposicionales.

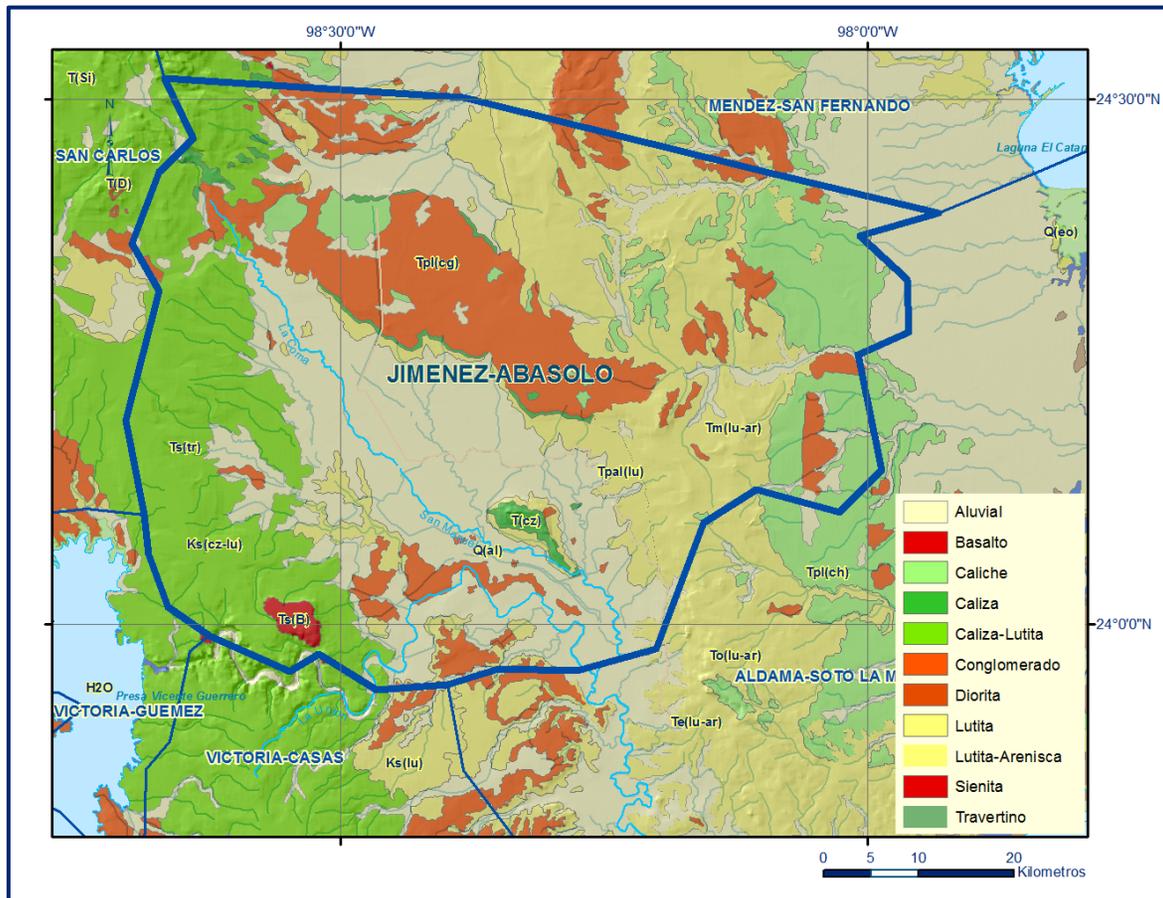


Figura 2. Geología del acuífero

La distribución de facies y límites entre mares y continentes durante este tiempo, marcan la distribución paleogeográfica que definió a las Paleoislas de Coahuila y de Miquihuana, las cuales separaron a las Cuencas de Sabinas, Magiscaltzin y de Tampico- Misantla de la Cuenca del Centro de México. El control sedimentario y estructural de los bloques paleotectónicos altos, fue heredado al Cretácico Inferior, donde las áreas continentales que existieron, al ser cubiertas por el mar en diferentes tiempos, desarrollaron Bancos y Plataformas Evaporítico-Carbonatadas, como las de Coahuila, San Luis-Valles, Monclova y Maveric, entre otras.

Durante el Paleógeno-Neógeno, continuó la emersión gradual del continente y la progradación de las líneas de costa hacia el Oriente, propiciando el aporte y sedimentación de un gran volumen de terrígenos en las Cuencas Marginales del Golfo de México. Las partes positivas de las que provenían estos sedimentos, eran la Sierra del sistema Tamaulipeco, Madre Oriental, San Carlos-Cruillas y el Arco de San Marcos. Estratigráficamente estos depósitos reflejan los movimientos finales de la orogenia del cierre del Mesozoico y principios del Cenozoico y son predominantemente arcillo-arenosos.

La historia del Cenozoico es una serie de oscilaciones marinas, las que han sido interpretadas como ciclos marinos, causados por ajustes isostáticos periódicos efectuados en las cuencas, obedeciendo a las cargas pesadas de sedimentos, ocasionando trasgresiones y regresiones marinas.

#### **4.1 Estratigrafía**

La distribución de las unidades litoestratigráficas es el resultado de los eventos geológicos que definieron diferentes ambientes y medios de depósito a través del tiempo geológico. A continuación se hace una descripción de las formaciones existentes en la zona, esto con la finalidad de tener bien conceptualizado el margo geológico regional, iniciando en orden cronológico por la más antigua.

##### **Formación Tamaulipas Superior (Kts)**

El nombre fue introducido a la literatura geológica por W. Stephenson, está constituida por calizas de las cuales se pueden distinguir dos miembros: el inferior está representado por calizas de textura fina, de color crema en capas de espesor medio y ocasionalmente con lentes de pedernal; el miembro superior se compone de calizas de color amarillento, en capas de espesor delgado y con nódulos de pedernal de color gris; su localidad tipo se encuentra en la Sierra de Tamaulipas. Se correlaciona hacia el Norte del país con la Formación Aurora (Coahuila y Nuevo León).

##### **Formación San Felipe (Ksf)**

En el área se presenta como una secuencia rítmica de calizas arcillosas de color gris claro y lutitas calcáreas color café. Los sedimentos de esta formación se encuentran descansando sobre la Formación Agua Nueva y la suprayace los sedimentos arcillosos de la Formación Méndez, su espesor promedio se considera de 130 m, y se correlaciona con la formación Parras (Coahuila).

### **Formación Méndez (Km)**

Serie de lutitas calcáreas, en el área corresponden a lutitas de fractura concoidal con aislados estratos de areniscas de grano fino color café, su fracturamiento es típico por el intemperismo produciéndose un intenso lajamiento y pizarrosidad dando origen a montículos con apariencia de dunas, la cubren discordantemente conglomerados y/o depósitos aluviales, se le estima un espesor promedio de 300 m. Se correlaciona con la Formación Difunta (Coahuila).

### **Formación Velasco Tpal (lu)**

Esta unidad está formada por lutitas calcáreas de color gris con tonos verdes intercalados con algunas margas y esporádicas areniscas calcáreas, en algunos sitios tiene yeso. La unidad presenta concreciones calcáreas de formas caprichosas, además, esta Formación presenta intercalaciones persistentes de areniscas calcáreas en estratos delgados y medianos de color café con tonos rojizos, algunas presentan huellas de oleaje y restos de plantas.

El espesor de esta formación medida en afloramientos varía entre 38 y 230 m y en algunos informes de pozos petroleros se le asigna un espesor de 28 a 87 m y de 180 a 275 m.

La Formación Velasco tiene una edad de Paleoceno – Eoceno. Pemex ha dividido a esta formación en cuatro miembros (basal, inferior, medio y superior) que se identifican con los microfósiles índices de los cuatro miembros de la Formación Chicontepec, descansa discordantemente sobre la Formación Méndez y subyace discordantemente a la Formación Aragón.

### **Formación Aragón Te (lu)**

Unidad constituida por lutitas ligeramente calcáreas de colores verde y amarillo. Presenta algunos horizontes bentoníticos y algunas capas delgadas de arenisca de grano fino, tiene una estructura masiva con algunos horizontes de bentonita en la base; hacia la parte alta de esta Formación se encuentran láminas de arena fina y pequeños nódulos de pedernal.

El espesor de esta unidad no se ha definido en superficie; sin embargo, en reportes de pozos petroleros se le han asignado espesores de 45 a 76 m.

A esta Formación se le asigna una edad Eoceno Inferior, esta unidad contiene abundantes foraminíferos del género Globigerina, sobreyace discordantemente a la Formación Velasco y subyace en igual forma a la Formación Chapopote y tiene una morfología de lomeríos suaves.

### **Formación Chapopote Te (lu-ar)**

Consiste de unas margas arenosas interestratificadas con areniscas de grano fino y con algunas lutitas, la unidad presenta estratos delgados de bentonita, en su base se observan algunos horizontes conglomeráticos, tiene color gris claro con tonos verdes.

El espesor de esta formación no ha sido bien definido en superficie, pero en cortes litológicos de pozos petroleros se le ha definido un espesor de 73 a 170 m.

Esta formación es de edad Eoceno Superior (Bartoniano – Ludiano) de acuerdo con los foraminíferos fósiles que contiene, sobreyace en forma discordante a la Formación Aragón y subyace en igual forma a la Formación Palma Real.

### **Formación Palma Real y Mesón To (lu-ar)**

Debido a la dificultad que supone delimitar a dos formaciones muy similares por su composición; se unieron bajo el símbolo a la formación Palma Real y Mesón.

La Formación Palma Real se ha dividido en dos miembros: inferior y superior. El miembro inferior consiste de areniscas con diferentes texturas, margas arenosas de color gris azul (con abundantes microforaminíferos), lentes y bloques de calizas coralinas. El espesor de este miembro es muy variable, pudiéndose presentar espesores en el subsuelo desde 42 hasta 1550 m, aunque en muchos pozos se mantiene un espesor entre 146 y 270 m, y en otros entre 725 y 991 m. La edad del miembro inferior, por su contenido faunístico, es del Oligoceno Inferior y Medio (Rupeliano – Bormidiano), este miembro yace discordantemente sobre la Formación Chapopote. Se correlaciona con las Formaciones Vicksburg y Frío Marino.

El miembro superior se distingue del miembro inferior por la ausencia de ciertas especies de microfósiles y está compuesto en términos generales por lutitas de color gris de tonos azulado y verdoso, a veces arenosas de grano fino, en estratos de 1 a 30 cm de espesor; fracturadas e intemperizan en colores crema y café amarillento, estas lutitas presentan intercalaciones de areniscas grises de grano fino a medio en capas de 1 a 10 cm de espesor, particularmente en la parte superior.

El espesor del miembro superior es muy variable, reportándose espesores desde 80 hasta 870 m por diversos autores. De acuerdo con la información de cortes litológicos de pozos petroleros se pueden definir espesores en rangos de 1025 a 1636 m, de 695 a 965 m y de 200 a 586 m.

La edad del miembro superior, por su contenido fosilífero, es del Oligoceno Medio al Oligoceno Superior – Mioceno Inferior (Chattiano – Aquitaniano) donde se puede correlacionar con las Formaciones Alazán y Mesón.

La Formación Mesón está constituida por lutitas arenosas, areniscas de grano fino, margas y algunos horizontes de limolitas arcillosas en estratos que varían de delgados a medianos, de color gris con tonos azules e intemperiza en tonos de amarillo, existen zonas donde se presenta un desarrollo arenoso de grano fino con abundante fauna, esta formación tiene una unidad calcárea formada por coquinas, calizas coralinas y algunas areniscas calcáreas, la cual se presenta en forma de lentes dentro de la unidad clástica.

De acuerdo con información de cortes litológicos de Pemex, se puede determinar que esta formación presenta espesores en el subsuelo muy variables que van desde 132 hasta 991 m, aunque predominan los espesores cercanos a los 200 m.

La edad que se le asigna a esta unidad de acuerdo con su contenido faunístico de la parte superior del Oligoceno Medio y el Oligoceno Superior – Mioceno Inferior (Chattiano – Aquitaniano), yace discordantemente sobre las Formaciones Aragón y Palma Real atestiguando una trasgresión, subyace discordantemente a la Formación Tuxpan, esta unidad arcillo-arenosa se presenta suavemente inclinada hacia el Este y aflora en la cercanía a la costa.

### **Formación Tuxpan Tm (lu-ar)**

El Mioceno está representado por la Formación Tuxpan, constituida por litarenitas de grano medio a fino cementadas por carbonatos las areniscas son de color claro y se presentan con diversos grados de cementación en estratos gruesos algunos muy fosilíferos con gasterópodos y pelecípodos y otros conglomeráticos con gravas bien redondeadas de pedernal, en algunos sitios la unidad incluye esporádicos estratos medianos de lutitas arenosas fosilíferas.

### **Conglomerado Reynosa Tpl (cg)**

Constituido por sedimentos de origen Continental, tales como gravas, arenas y arcillas y se supone fueron originados por regímenes fluviales fuertes, por su posición estratigráfica, se le considera equivalente al depósito conocido como Reynosa, se encuentra sobre los depósitos de la Formación Méndez, sus espesores son del orden de los 2 a 15 m.

### **Aluvión: Q(al)**

Representado por abanicos aluviales, terrazas, gravas y arena suelta, arcilla y suelos residuales, se presentan extensamente en las partes topográficamente bajas, en las inmediaciones de los cauces de los arroyos y cubre a las unidades anteriormente descritas, presenta espesores que no sobrepasan los 20 m.

### **Intrusivos de gabro T (ga)**

Unidad constituida por gabros y diabasas de textura holocristalina y color oscuro, estos intrusivos están emplazados en las rocas arcillosas del Eoceno en el sur de la región, se encuentran en forma de mantos o de “troncos” su expresión morfológica es de prominencias que modifican a los lomeríos.

## **4.2 Geología estructural**

Los sedimentos que rellenaron esta Cuenca durante el Cenozoico, han sufrido en mayor o menor proporción deformaciones y fallamientos originados por las últimas pulsaciones de la Revolución Laramide (Paleoceno y Eoceno), decreciendo en el Eoceno hasta desaparecer a fines de esta edad o principios del Oligoceno, las deformaciones posteriores del Oligoceno al Reciente, son producto del continuo balanceo de la plataforma continental, ocasionando las trasgresiones y regresiones de fines del Cenozoico. Esta área se encuentra profundamente afectada por la presencia de fallas de tipo normal, con su bloque caído al Oriente, debido a las características de esta naturaleza y paralelismo, el área se ve afectada en forma escalonada dando el aspecto de una escalera tectónica, cuya orientación es burdamente Norte-Sur y descendiendo al Oriente.

## **4.3 Geología del subsuelo**

La geología del subsuelo está representada principalmente por las series estratigráficas del Cretácico Superior al Reciente, representada por las formaciones San Felipe, Méndez, Aragón, Chapopote, Palma Real y Mesón. Figura 3.

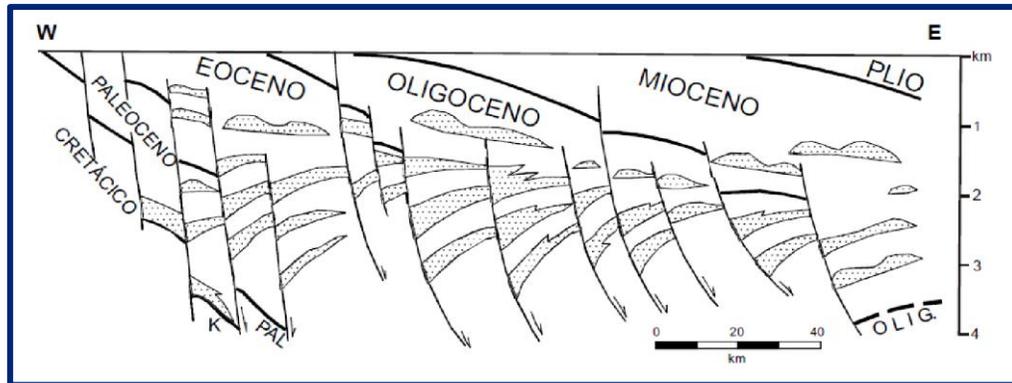


Figura 3. Sección esquemática transversal W-E del subsuelo

## 5 HIDROGEOLOGÍA

Las unidades de roca que afloran en la zona presentan diferentes características en cuanto a su carácter hidrogeológico o sea respecto a su capacidad para permitir la infiltración, circulación y almacenamiento de agua.

### 5.1 Tipo de acuífero

De acuerdo a la litología del subsuelo existen porciones del acuífero que funcionan como **libre**, semiconfinado y confinado.

Conforme al tipo de roca y su carácter hidrogeológico se puede asociar y clasificar las formaciones geológicas de la zona para constituir emplazamientos acuíferos como sigue:

**Unidad permeable.-** Constituida por las Formaciones Tamaulipas (Inferior y Superior), formada por calizas del Cretácico las cuales constituyen gran parte del frente montañoso de la Sierra de Tamaulipas, estas rocas por su litología presentan una porosidad primaria que ha permitido la formación de sumideros y conductos de disolución a través de los cuales el agua de lluvia se infiltra y circula hacia las partes topográficamente bajas, actuando como zona de recarga.

**Unidad semi-permeable.-** Dentro de esta unidad se tiene a las Formaciones Chapapote, Palma Real y Mesón, constituidas por una alternancia de lutitas y areniscas con delgados horizontes yesíferos, también se incluye a los depósitos conglomeráticos constituidos por materiales granulares empacados en una matriz arcillo-arenosa, la que durante los procesos de erosión la matriz se destruye fácilmente y los constituyentes pasan a formar parte de los depósitos aluviales.

**Unidad impermeable.-** está representada por las siguientes Formaciones: Velasco y Aragón, constituida por lutitas de grano fino pobremente consolidadas, presenta capas arcillosas, arenas de grano fino, capas de yeso y pequeños nódulos ferruginosos y calcáreos.

## **5.2 Parámetros hidráulicos**

No se cuenta con esta información, que permita determinar las características hidráulicas del acuífero (transmisividad, conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento). No se han realizado pruebas de bombeo en el acuífero, ni en acuíferos cercanos para poder correlacionar los datos.

Por lo que el valor de transmisividad se tomó como un valor promedio de la conductividad hidráulica de los datos reportados por la literatura para el tipo de material que conforma al acuífero, multiplicado por el espesor saturado, dando como resultado  $T = 9 * 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

## **5.3 Piezometría**

El número de aprovechamientos que constituyen la red Piezométrica del acuífero es de 103 obras; de estas 103 obras, 82 son pozos y 21 norias.

Los usos que se les dan a estas obras son, 12 para doméstico, 66 se utilizan para uso pecuario, 16 público urbano, 3 de riego y los restantes sin definir el uso; 22 están equipados con motor eléctrico, 7 con motor de combustión interna, 57 con aeromotor y 5 por medios manuales.

## **5.4 Comportamiento hidráulico**

### **5.4.1 Profundidad al nivel estático**

Existe información piezométrica de 2007 en 109 aprovechamientos de los cuales se seleccionaron 103 obras subterráneas como pozos piloto.

La profundidad al nivel estático de las obras de la red piezométrica, varían desde 0.30 m hasta 10.5 m en las norias y de 20 a 55 m en los pozos, representado en la figura 4, en ella se indica en color naranja las áreas donde se está considerando que se genera evapotranspiración.

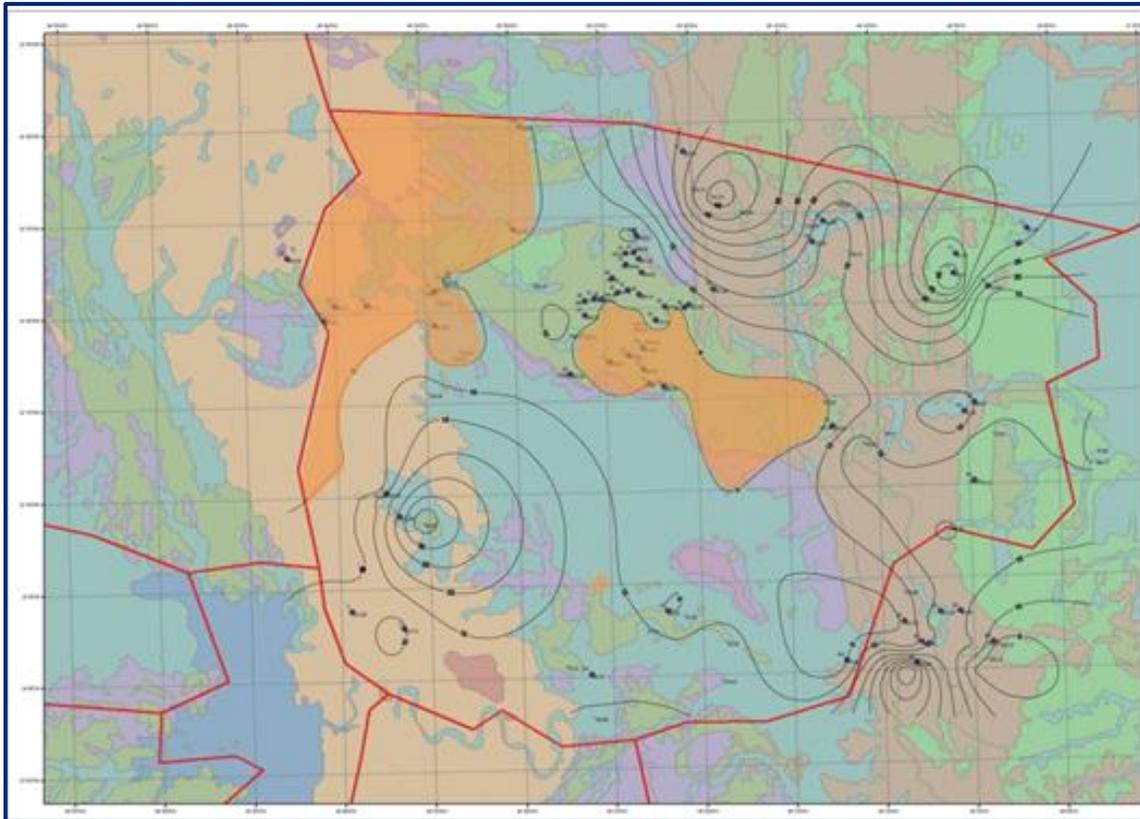


Figura 4. Profundidad al nivel estático en m (2007)

El nivel del agua subterránea está controlado fundamentalmente por la topografía del terreno. Para octubre de 2007 los niveles más profundos de 45 m se encuentran hacia la porción nor-noreste, hacia las localidades El Temazcal-Los Morales-Loreto. Hacia el sur del poblado Jiménez los valores son de 30 m y hacia el sureste en los alrededores del poblado San Vicente. Los valores de 5 m, se localizan hacia las poblaciones de San Juan-Luis Caballero-Río Escondido-San Patricio. Al igual que al sureste del acuífero hacia la Comunidad Guadalupe Victoria, al sureste de la Mesa de Caldas, La Misión-Ojo de Agua de Miranda-Trece de Mayo. Las diferencias son debidas básicamente a los cambios topográficos y litológicos locales.

#### **5.4.2 Elevación del nivel estático**

La configuración del flujo del agua subterránea correspondiente al mes de Octubre del 2007. Hacia el extremo poniente del acuífero se localizan elevaciones de 240 msnm, en los alrededores de los poblados La Coma-El Encinal-Santander de Jiménez, de donde van decreciendo hacia el oriente, notándose un cambio evidente en la dirección de las configuraciones y por lo tanto del flujo subterráneo.

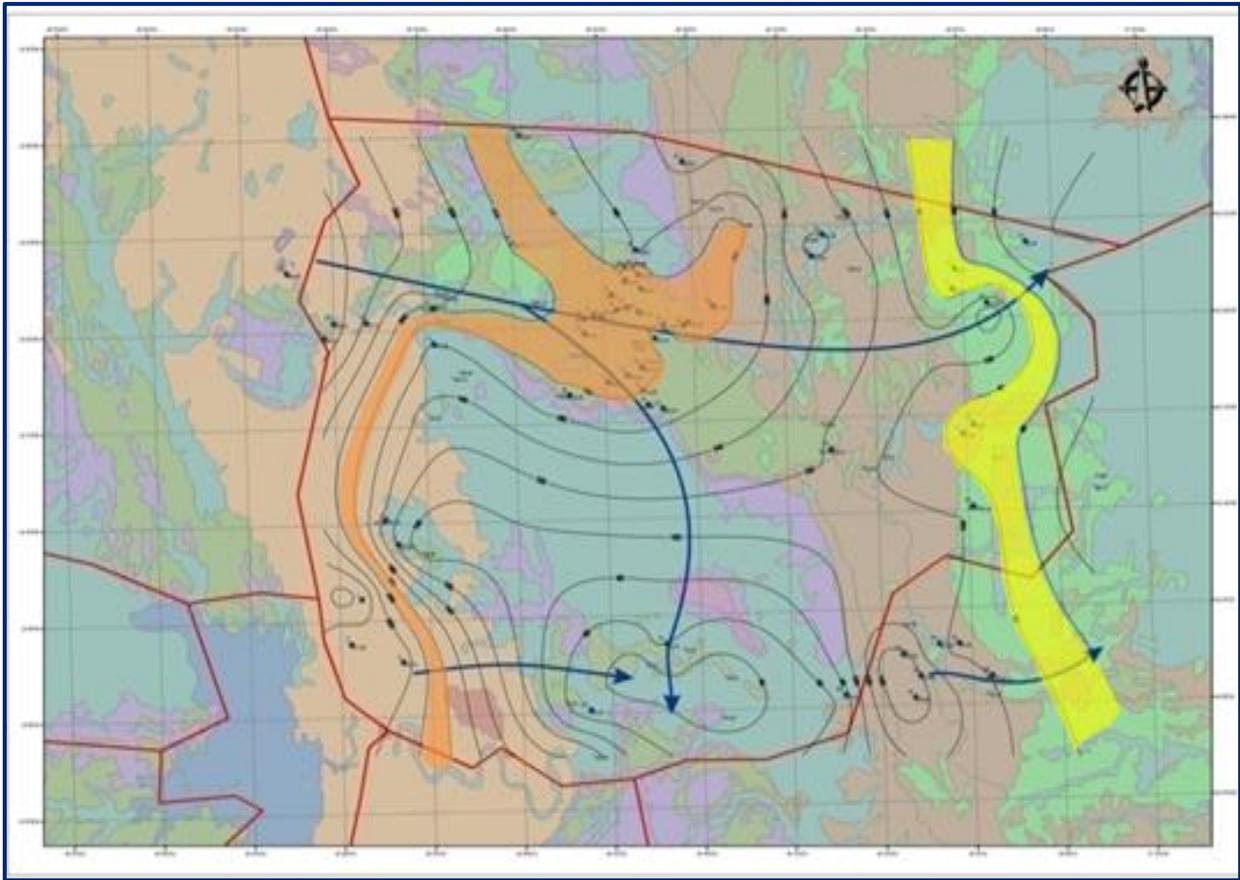


Figura 5. Elevación del nivel estático en msnm (2007)

En el extremo suroeste, la dirección de flujo subterráneo es marcadamente al oriente, a partir del valor de elevación de 200 msnm en el poblado Abasolo, confluyendo con el flujo subterráneo que viene de la Mesa de Caldas, donde se localiza la isolínea de 40 msnm

Los resultados mostraron una tendencia evidente del flujo subterráneo hacia el oriente, con recargas laterales del occidente, provenientes de la prolongación hacia el Norte de la Sierra de Tamaulipas, las equipotenciales en las laderas de la Sierra se comportan de forma paralela al eje principal de la misma. Figura 5.

### 5.4.3 Evolución del nivel estático

Con respecto a la evolución del nivel estático, no se cuenta con información piezométrica histórica que permita su configuración. Las escasas mediciones piezométricas recabadas en estudios previos se encuentran dispersas en tiempo y espacio y no cubren en su totalidad la extensión superficial del acuífero.

Adicionalmente, la configuración de la elevación del nivel estático no muestra alteraciones del flujo natural del agua subterránea que indiquen la presencia de conos de abatimiento causados por la concentración de pozos y/o del bombeo. El volumen de extracción se ha estimado en 3.0 hm<sup>3</sup> anuales, valor inferior a la recarga más conservadora que pudiera estimarse.

Por estas razones, se puede afirmar que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo.

### **5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea**

Como parte de las actividades desarrolladas en el estudio realizado en el 2007, se tomaron muestras de agua para determinar la conductividad eléctrica, pH y temperatura en campo en 60 obras subterráneas, dichas obras pasaron a formar parte de la red piezométrica que quedó integrada en el acuífero.

La información de calidad del agua de acuífero, corresponde al valor de la Conductividad Eléctrica en (S/cm), la cual presenta valores que varían de los 420 a los 3730 S/cm. De estas 60 obras solo 1 de está en el rango menor a los 500 S/cm; 27 de 500 a 1000; 23 de 1000 a 2000 y 7 de 2000 a 3700 S/cm.

Una primera evaluación del comportamiento de la Conductividad Eléctrica en la zona, implica que no existe ninguna relación con la dirección de flujo del agua subterránea hacia las porciones topográficamente bajas del acuífero, por lo general tienden hacia las partes bajas, pero esto es debido a la conformación geológica de la zona, ya que existen depósitos evaporíticos, siendo alterada la configuración por los valores anómalos de algunos aprovechamientos como los que se tienen en el extremo sureste del acuífero.

Hacia la zona de Recarga del Acuífero localizada en el extremo poniente los valores de la Conductividad Eléctrica van de 1000 a 1200 S/cm, en la Mesa de Caldas es de 800 a 1200 S/cm. En la zona de descarga ó salida del acuífero, hacia el extremo noreste los valores de conductividad eléctrica varían de 2200 a 3200 S/cm. En el extremo Sureste, al Oriente de Nicolás Bravo los valores van de 2200 a 2800 S/cm, y en la parte oriente del acuífero se observan decrementos sustanciales con respecto a los datos obtenidos de los aprovechamientos localizados al norte y sur de este, con valores de 1200-1600 S/cm.

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

De acuerdo a la información del REPDA a diciembre de 2008, existen en la zona 199 aprovechamientos, de los cuales 104 pertenecen al uso pecuario, 52 al uso urbano, 31 al uso doméstico, 11 al agrícola y 1 para usos múltiples.

De ellos se extrae un volumen total de **3.1 hm<sup>3</sup>**, destinándose 2.2 hm<sup>3</sup> al uso agrícola, 0.6 al uso público urbano, 0.2 al pecuario, 0.1 al doméstico y 0.01 a usos múltiples.

## **7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga), y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero, en el periodo de tiempo establecido.

La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

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

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 un acuífero:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento}$$

### **7.1 Entradas**

Representa la sumatoria de entradas de agua al sistema acuífero, ya sean naturales o inducidas. De acuerdo con el modelo conceptual definido para el acuífero, la recarga total que recibe el acuífero ( $R_t$ ) está integrada por la recarga natural que se produce por efecto de la infiltración de la lluvia que se precipita en el valle y a lo largo de los escurrimientos ( $R_v$ ), y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo horizontal subterráneo ( $E_h$ ).

De manera inducida, la infiltración de los excedentes del riego agrícola constituye otra fuente de recarga al acuífero. Este volumen se integra en la componente de recarga inducida ( $R_i$ ).

### **7.1.1 Recarga vertical (Rv)**

Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que el cambio de almacenamiento ( $\Delta V$ ) fue estimado a partir de la sobreposición de configuraciones del nivel estático, y a que se tiene información para calcular las entradas y salidas por flujo subterráneo con base en la Ley de Darcy, el valor de la recarga vertical fue despejado de la ecuación de balance definida por la siguiente expresión:

$$\mathbf{Rv + Eh + Ri - B - Sh - ETR = \pm \Delta V(S)}$$

Donde:

- Rv:** Recarga vertical
- Eh:** Entradas por flujo subterráneo horizontal
- Ri:** Recarga inducida
- B:** Bombeo
- Sh:** Salidas por flujo subterráneo horizontal
- ETR:** Evapotranspiración
- $\Delta V(S)$ :** Cambio de almacenamiento

De esta manera, despejando la recarga vertical:

$$\mathbf{Rv = B + Sh + ETR - \Delta V(s) - Eh - Ri}$$

### **7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)**

Son los volúmenes que en forma subterránea circulan hacia la zona en las que se plantea el balance. Una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas topográficamente más altas del área se infiltra por las fracturas de las rocas que forman parte de ellas y a través del pie de monte, para posteriormente recargar al acuífero en forma de flujos subterráneos que alimentan la zona de explotación.

La recarga al acuífero tiene su origen en la precipitación sobre el valle y en la infiltración de los escurrimientos superficiales.

El cálculo de entradas por flujo horizontal se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático para el año 2007 (figura 5). De acuerdo con la ecuación de Darcy para medios porosos, tenemos que:

$$Q = B * i * T$$

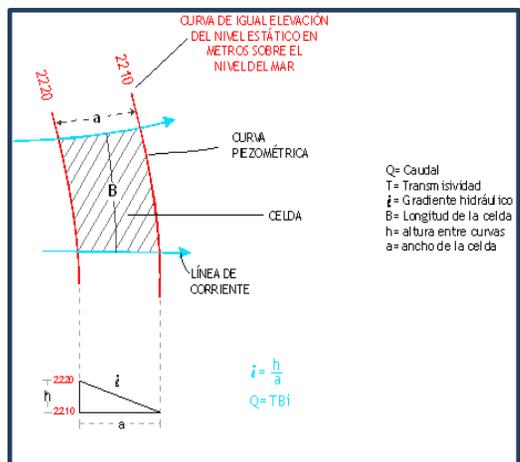
Donde:

**Q**= Gasto;

**T**= Transmisividad;

**B**= Longitud de la celda;

**i**= Gradiente hidráulico;



Para la selección el coeficiente de permeabilidad, y por no contar con pruebas de bombeo, se considero el que indica el Manual de Difusión y Divulgación sobre Temas Selectos de Agua Subterránea (Conceptos Básicos de Hidrogeología) editado por la Comisión Nacional del Agua en noviembre de 2000, donde en la pagina 10 tabla 2.2, consigna los valores típicos de la conductividad hidráulica, y de acuerdo a los materiales que constituyen el espesor saturado en la zona de entrada (calizas y lutitas) se le asigno un valor promedio de  $5 \times 10^{-5}$  m/s, y tomando como base los cortes litológicos de algunos pozos ubicados en las celdas de entradas se estimo el espesor del acuífero saturado en 12.0 m. Los resultados se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Cálculo de entradas subterráneas (Eh)

CELDA	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	$h_2-h_1$ (m)	Gradient e i	T ( $m^2/s$ )	CAUDAL Q ( $m^3/s$ )	VOLUME N ( $hm^3/año$ )
E1	12000	700	20	0.0286	0.0009	0.302	9.51
<b>TOTAL</b>							<b>9.5</b>

El cálculo de volumen total por flujo subterráneo horizontal (Eh) es de **9.5 hm<sup>3</sup>/año**.

### 7.1.3 Recarga inducida (Ri)

Corresponde al volumen de agua que recibe el acuífero derivado de prácticas de riego, y la forma que se está estimando es incluir este término como incógnita, es decir el volumen infiltrado por riego será igual a un coeficiente de infiltración el cual estará en función del tipo de material donde se aplica el riego, multiplicado por el volumen de agua aplicado en riego,  $I_r = Vol. r (C_i)$ .

En esta zona de acuerdo el Registro Público de Derecho de Agua, el volumen utilizado de agua subterránea para este uso es de 2.26 hm<sup>3</sup> y de aguas superficiales para el Distrito de Riego 086 Abasolo un volumen de 416.0 hm<sup>3</sup> medidos en la hidrométrica Mariano Matamoros los cuales provienen de la Presa Vicente Guerrero a través de la Derivadora La Patria es Primero.

Como ya se comento esta zona corresponde a la Llanura Costera del Golfo de México, donde predominan depósitos arcillo-limo-arenosos y de acuerdo a los métodos empíricos empleados por CETENAL (INEGI), a este tipo de materiales le asignan un coeficiente de infiltración de un 2%.

Por lo tanto, tendremos:

$$R_i = 8.85 \text{ hm}^3$$

## 7.2 Salidas

### 7.2.1 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

El volumen de las salidas subterráneas se calculó de la misma manera que las entradas subterráneas, tomando en cuenta la elevación del nivel estático y a través de la Ley de Darcy. En la tabla 3 se presentan los resultados.

Tabla 3. Cálculo de las salidas subterráneas (Sh)

CELDA	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	$h_2-h_1$ (m)	Gradient $e_i$	T (m <sup>2</sup> /s)	CAUDAL Q (m <sup>3</sup> /s)	VOLUME N (hm <sup>3</sup> /año)
S1	15000	1300	20	0.0154	0.0009	0.208	6.6
<b>TOTAL</b>							<b>6.6</b>

El cálculo de volumen total por flujo subterráneo horizontal (Sh) es de **6.6 hm<sup>3</sup>/año**.

### 7.2.2 Evapotranspiración

Este parámetro es la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas, por lo tanto es considerada una forma de pérdida de humedad del sistema. Existen dos formas de Evapotranspiración: la que considera el contenido de humedad en el suelo y la que considera la etapa de desarrollo de las plantas (Evapotranspiración Potencial y la Evapotranspiración Real), el escurrimiento y el volumen de evapotranspiración real (ETR).

Existe una pequeña zona dentro del área de balance donde los niveles estáticos se encuentran a profundidades menores a 10 m (figura 4), que se considera el límite de extinción para que se produzca el fenómeno de evapotranspiración, hasta donde penetran las raíces de las plantas. Se aplicó la fórmula de Turc para calcular que la lámina de Evapotranspiración real es de 615 mm anuales, considerando valores medios anuales de temperatura de 24.3° C y precipitación de 630 mm

$$ETR (mm) = \frac{P (mm)}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P^2 (mm)}{L^2}\right)}} \quad L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

T (°C) =	24.3	P <sup>2</sup> =	396900
P(mm) =	630	L <sup>2</sup> =	2640447.39
L =	1624.94535		
ETR (mm)	614.7		

Considerando la profundidad al nivel estático se determinó que el área en la que existen niveles freáticos someros es de 250 km<sup>2</sup>, considerando una profundidad media de 5 m y con el porcentaje de incidencia de 13% mostrado en la figura 7, se tiene que:

**ETR = 20 hm<sup>3</sup>/año**

RANGOS DE PROFUNDIDAD (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ÁREA (km <sup>2</sup> )	LÁMINA ETR (m)	PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EXTINCIÓN DE LA ETR	% ETR	VOLUMEN ETR (hm <sup>3</sup> /año)
0	5	250.0	0.6150	0	0.13	20.0
	Total	250.0				20.0

Esta información fue obtenida de la Tesis Actualización del Balance Geohidrológico en el Bajo Río Bravo, Tam., que presentó Alberto Islas Huitron para obtener el título de Ingeniero Civil en la ESIA del Instituto Politécnico Nacional en el año 1991. Se indica con línea roja el porcentaje de incidencia correspondiente para la profundidad de 5 m.

### 7.2.3 Bombeo (B)

Al no contar con un inventario actualizado de los pozos y norias existentes en la zona, se optó por utilizar la información con que cuenta el Registro Público de Derecho de Agua (REPDA), se tiene que de los aprovechamientos subterráneos en este acuífero se extrae un volumen de **3.1 hm<sup>3</sup>/año**.

### 7.3 Cambio de almacenamiento ( $\Delta V(s)$ )

Como se menciona en el apartado de evolución del nivel estático, no se dispone de información piezométrica para elaborar la configuración de la evolución del nivel estático para un periodo de tiempo. Los registros existentes de estudios previos se encuentran dispersos en tiempo y espacio y no cubren en su totalidad la extensión superficial del acuífero.

Por otra parte, la configuración de elevación del nivel estático no muestra aún la presencia de conos de abatimiento o deformaciones de la dirección natural del flujo subterráneo, que sean ocasionados por la concentración del bombeo o de aprovechamientos.

Bajo estas consideraciones, se considera que la posición del nivel del agua subterránea no ha sufrido alteraciones importantes y el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo. Por lo tanto  $\Delta V(s) = 0$

#### Solución de la ecuación de balance

Una vez calculados los valores de las componentes de la ecuación de balance, el único parámetro de los que intervienen y que falta por determinar es la recarga vertical ( $R_v$ ). De la ecuación correspondiente se tiene que:

$$\begin{aligned} R_v &= B + Sh + ETR - \Delta V(s) - E_h - R_i \\ R_v &= 3.1 + 6.6 + 20.0 - 0 - 9.5 - 8.4 \\ R_v &= 11.8 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

Por lo tanto el valor de la recarga total ( $R_t$ ) es igual a la suma de las entradas.

$$\begin{aligned} R_t &= R_v + E_h + R_i \\ R &= 11.8 + 9.5 + 8.4 \\ R_t &= 29.7 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

## 8 DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

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:

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

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 **29.7 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 **8.6 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 **6,831,055 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 29.7 - 8.6 - 6.831055 \\ \text{DMA} &= 14.268945 \text{ hm}^3/\text{año}. \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **14,268,945 m<sup>3</sup> anuales**.

## **9 BIBLIOGRAFÍA**

Comisión Nacional del Agua. 2007. Actualización de Mediciones Piezométricas en el Acuífero 2805 Jiménez-Abasolo, Estado de Tamaulipas. Realizado por la Compañía DSK Technologies S.A. de C.V.