

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO VICTORIA-CASAS (2808), ESTADO
DE TAMAULIPAS**

Contenido

1 GENERALIDADES.....	2
1. Antecedentes.....	2
1.1 Localización.....	2
1.2 Situación administrativa del acuífero.....	4
2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	5
3 FISIOGRAFÍA	7
3.1 Provincia fisiográfica.....	7
3.2 Clima.....	8
3.3 Hidrografía.....	9
3.4 Geomorfología.....	10
4 GEOLOGÍA.....	10
4.1 Estratigrafía.....	11
4.2 Geología estructural.....	15
4.3 Geología del subsuelo.....	16
5 HIDROGEOLOGÍA	17
5.1 Tipo de acuífero.....	17
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.....	19
5.4.3 Evolución del nivel estático.....	20
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	20
6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....	20
7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	21
7.1 Entradas.....	21
7.1.1 Recarga vertical (Rv).....	22
7.1.2 Recarga por flujo subterráneo horizontal (Eh).....	22
7.1.3 Recarga inducida (Ri).....	23
7.2 Salidas.....	23
7.2.1 Evapotranspiración (ETR).....	23
7.2.2 Bombeo (B).....	25
7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh).....	25
7.2.4 Descarga a través de manantiales (Dm).....	25
7.3 Cambio de Almacenamiento $\Delta V(S)$	26
8 DISPONIBILIDAD	26
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
9 BIBLIOGRAFÍA.....	29

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 Victoria-Casas, definido con la clave 2808 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción centro-sur del estado de Tamaulipas, entre los paralelos 23° 19' y 23° 40' de latitud norte y entre los meridianos 98° 19' y 99° 14' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 1,907 km². Colinda al norte con el acuífero Jiménez Abasolo, al noroeste Victoria-Güémez; al oriente Aldama-Soto La Marina; al sur Llera-Xicoténcatl y al suroeste Palmillas-Jaumave, (Figura 1).

Tabla 1. Coordenadas de la poligonal simplificada que delimitan el acuífero

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	98	33	0.5	23	23	22.2
2	98	52	3.7	23	19	16.3
3	99	4	14.3	23	26	29.3
4	99	4	26.6	23	29	41.1
5	99	7	32.0	23	31	15.4
6	99	8	59.9	23	28	54.0
7	99	12	2.2	23	31	50.0
8	99	13	0.9	23	34	53.5
9	99	11	15.6	23	38	49.1
10	99	4	17.7	23	45	20.8
11	98	48	22.0	23	52	12.0
12	98	48	34.6	23	50	32.2
13	98	45	55.5	23	49	16.5
14	98	42	3.8	23	45	20.1
15	98	41	11.3	23	46	47.3
16	98	41	5.7	23	51	43.5
17	98	39	46.0	23	53	13.1
18	98	39	8.5	23	55	50.9
19	98	38	36.6	23	58	27.4
20	98	37	30.3	23	59	20.5
21	98	32	53.5	23	57	17.5
22	98	31	14.4	23	58	19.0
23	98	27	59.5	23	56	15.4
24	98	23	55.4	23	56	32.2
25	98	23	0.3	23	51	41.1
26	98	18	57.0	23	46	12.9
27	98	21	30.4	23	42	4.2
28	98	20	38.7	23	37	26.2
29	98	23	45.1	23	32	20.3
30	98	23	57.2	23	25	41.4
31	98	30	5.1	23	22	4.8
1	98	33	0.5	23	23	22.2

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Victoria-Casas pertenece al Organismo de Cuenca IX “Golfo Norte”. En el 95% del territorio del acuífero, se encuentra en vigor el decreto de veda tipo III, en las que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros, denominado “Decreto que establece veda por tiempo indefinido para 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 (DOF) el 10 de febrero de 1964.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 2.

No existen Distritos o Unidades de Riego, ni se ha constituido a la fecha un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En el territorio que cubre el acuífero y sus alrededores se han realizado algunos estudios hidrogeológicos de evaluación con el objetivo principal de conocer su geometría, disponibilidad, condición de explotación y la calidad del agua subterránea.

A continuación, se mencionan en orden cronológico los más importantes.

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PRELIMINAR DE PROSPECCIÓN GEOHIDROLÓGICA Y EVALUACIÓN DE ACUÍFEROS EN DIVERSAS ZONAS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS, 1980; Consultores, S. A., elaborado para la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. La zona que abarca el estudio se localiza en la denominada cuenca de Burgos que forma parte del geosinclinal del Golfo de México, en el que durante el Terciario se depositaron sedimentos compuestos por arenas, lutitas, conglomerados, areniscas y gravas, que con una compleja forma de depositación sobreyacen a las formaciones calcáreas del Cretácico.

Los acuíferos los constituyen: arenas, gravas, areniscas, conglomerados y probablemente rocas calcáreas, ubicados a diferentes profundidades y confinados o semiconfinados por formaciones de sedimentos constituidos por arcillas y lutitas, siendo aprovechable con ciertas restricciones, únicamente los sedimentos recientes que constituyen un acuífero libre, ya que los sedimentos calcáreos, aún no explotados por encontrarse a grandes profundidades.

Del censo de aprovechamientos de aguas subterráneas se determinó que en el área existen 221 aprovechamientos de los que 184 son pozos y 37 norias.

El volumen de extracción de agua subterránea es del orden de 2 millones de m³/año, el 56% se destina para satisfacer las demandas de agua potable y el restante para abrevadero. En los perfiles geoeléctricos se define la presencia de seis capas que se diferenciaron en base a sus valores de resistividad.

El agua en las captaciones con profundidades mayores de 50 m, es en general de mala calidad, ya que las concentraciones de sólidos totales disueltos son mayores de 1000 ppm, alcanzando valores de 11000 ppm en algunas áreas.

De acuerdo con los datos obtenidos, se estima que los caudales específicos son menores de 1 lps/m, valor que refleja la baja permeabilidad de los sedimentos que conforman el acuífero. Por lo expuesto, no es posible que el desarrollo agrícola de la zona tenga como fuente a las aguas subterráneas.

Un mejor aprovechamiento del acuífero libre, podrá sustentar a pequeños desarrollos agroindustriales.

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DEL ACUÍFERO VICTORIA-GÜÉMEZ, ESTADO DE TAMAULIPAS, 2001; Consorcio de Ingeniería Mexicana, elaborado para la Comisión Nacional del Agua. El modelo conceptual hidrogeológico de la región puede resumirse de la siguiente manera: las calizas de la SMO en su flanco NE son la zona de recarga de los acuíferos de las planicies. En estas, parte del agua proveniente de la SMO transcurre por la porción fracturada y alterada de las rocas del Cretácico Superior fluye aguas abajo hacia sus zonas de descarga alimentando en su paso a los materiales clásticos de relleno que conforman el acuífero granular.

El censo se realizó en una superficie aproximada de 4750 km², correspondiendo a las zonas planas, las obras visitadas en toda la región fueron de 393, de las cuales 245 corresponden a pozos y 148 a norias; del total de pozos, 157 están activos; por lo que toca a las norias, 130 se encontraron activas y el resto inactivas. Los resultados finales obtenidos de las pruebas de bombeo indican valores de transmisividades en un rango de $2.54 * 10^{-3}$ a $68.62 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

La profundidad al nivel estático está en función del efecto que produce la explotación de los pozos y las norias, así como por el relieve del terreno. En el área se tienen profundidades al nivel estático en un rango de 3 a 15 m.

ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN DE MEDICIONES PIEZOMÉTRICAS EN EL ACUÍFERO VICTORIA- CASAS, EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS, 2006. Geofísica y Perforaciones del Medio Ambiente, elaborado para la Comisión Nacional del Agua. La unidad hidrogeológica Victoria-Casas, alberga un sistema acuífero de tipo libre, cuya profundidad máxima se encuentra a los 30 m en las cercanías de la sierra.

Las obras que extraen el agua subterránea, tanto pozos como norias, se han construido en general a menos de 80 m de profundidad, con caudales de extracción relativamente pobres, al no exceder los 2 ó 3 lps en cada obra. Por contraste, las obras de mayor capacidad se han construido sobre los materiales granulares aluviales.

En cuanto al movimiento del agua subterránea, esta tiende de manera evidente hacia el norte, esto es hacia la Presa Vicente Guerrero, quedando poca evidencia de la recarga que pueda general el acuífero al río Grande o viceversa.

Si bien las obras existentes en la zona en general extraen caudales bajos, también es cierto que las localidades a las que abastecen son de poca población, por lo que tienden a ser autosuficientes. Los registros generados en algunos pozos, muestran caudales específicos cercanos a 1.5 ó 2 m por cada litro de extracción, valores que resultan, especialmente en lutitas, bastante redituables. Los resultados y conclusiones de este estudio fueron la base para la elaboración del presente documento, por lo que sus conclusiones y resultados se analizan en los apartados correspondientes.

3 FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

El área se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica Planicie o Llanura Costera del Golfo y en menor proporción dentro de la Sierra Madre Oriental (INEGI, 1991).

La Provincia Planicie o Llanura Costera, abarca la mayor parte del estado y se caracteriza por la presencia de dos cuencas sedimentarias donde se depositaron rocas del Paleógeno-Neógeno formadas principalmente por lutitas y areniscas, cuyas características litológicas varían de acuerdo al ambiente en que se depositaron que van desde continental (deltas y barras) hasta marino somero.

El rango de altitud de la provincia va de 10 hasta 500 m, los materiales aflorantes son en su mayoría sedimentos marinos no consolidados (arcillas, arenas y conglomerados), presentan una relación directa de edades la cual aumenta en relación con la distancia de la costa. La planicie se extiende transversalmente, por el estado, hasta la base de la Sierra Madre Oriental y está interceptada por lomeríos, mesetas y planos ligeramente inclinados al oriente. Las rocas poco resistentes, como las margas y lutitas, expuestas ampliamente en la zona, son disectadas rápidamente, generando barrancas moderadamente profundas con laderas verticales y estables.

En cuanto a la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental, corre en sentido paralelo a la Costa del Golfo de México es fundamentalmente un conjunto de sierras menores de estratos plegados de antiguas rocas sedimentarias marinas (del Cretácico y del Jurásico Superior), entre las que predominan las calizas y en segundo término, las areniscas y las lutitas.

En estas sierras el plegamiento se manifiesta de múltiples maneras, pero su forma más notable es la que produce una topografía de fuertes ondulados paralelos, cuyas crestas son anticlinales y los senos sinclinales.

El flexionamiento de las rocas en las crestas, las estira y las fractura, haciéndolas más susceptibles a los procesos erosivos. Es por ello que en su estado actual de desarrollo son comunes en esta gran sierra las estructuras constituidas por dos flancos residuales de un anticlinal con un valle al centro.

Los rumbos de los plegamientos siguen la orientación de la sierra (paralelos a la costa), y es justamente al sur de Monterrey, en la unidad geológica llamada Anticlinorio de Arteaga, donde el conjunto de anticlinales paralelos se fracciona lateralmente y describen un arco, que cambia el rumbo de los mismos de sureste-noreste a este-oeste.

3.2 Clima

En la zona el clima varía en relación a su relieve, presentándose dos tipos en la región montañosa; de acuerdo con los criterios de Köppen modificados por Enriqueta García, para las condiciones de la República Mexicana, el primero semicálido con temperatura media anual superior a los 18° C, con régimen de lluvias en verano; el otro es extremoso con oscilaciones térmicas entre 7 y 14° C.

Por otra parte, en la Planicie Costera, el clima es el menos seco de los esteparios, muy cálido, con temperaturas que oscilan entre 2 hasta 40° C, con un régimen de lluvias de verano extremoso. Las variantes de precipitación, temperatura y evaporación, obtenidos de la estación climatológica Victoria, indica la existencia, al menos alrededor de Victoria, de un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano (A) C (w0).

Dentro de la zona no se identificó ninguna estación climatológica, no obstante en las inmediaciones del área se localizaron dos estaciones: La estación Victoria (28116), ubicada en el municipio del mismo nombre y la estación San Francisco (28222), localizada en el municipio de Casas. La temperatura promedio de la zona es de 29.2° C, presentando temperaturas que varía entre 26.6 y 40.1° C durante el año; siendo los meses de marzo a junio los más calurosos, mientras que de octubre a diciembre se presenta un promedio de 30 a 26° C, descendiendo un poco, a medida que la topografía asciende hacia las partes montañosas.

En cuanto a la precipitación promedio anual es del orden de 727 a 1000 mm; con valores máximos mensuales superiores a los 200 mm registrados en la estación Victoria y de 130 en la estación San Francisco. El promedio anual, considerando las estaciones y su área de influencia, es de 805 mm. La temporada de lluvias ocurre de junio a septiembre.

Se observa una relación directa que existe entre la evaporación potencial y el incremento de la temperatura, siendo los meses de marzo a julio los de mayor evaporación con valores mensuales máximos de 150 mm, registrado en la estación San Francisco.

Los valores de evaporación potencial varían de 1672 a 1458 mm anuales, en la estación San Francisco y Victoria, respectivamente.

3.3 Hidrografía

El acuífero queda comprendido dentro de la subcuenca Río Grande, perteneciente a la Cuenca del Río Soto-La Marina dentro de la Región Hidrológica No. 25 San Fernando-Soto La Marina.

Esta región incluye todos los escurrimientos que desembocan en el Golfo de México, los cuales se encuentran entre las cuencas de los ríos Bravo y Pánuco. Cuatro son las cuencas que parcialmente se integran dentro del Estado de Tamaulipas, siendo la del Río Soto-La Marina, la de mayor interés, ya que en ella no solo se encuentra el acuífero de Victoria-Casas, sino que se localizan cuatro embalses de importancia, de los cuales destaca la presa Vicente Guerrero (Las Adjuntas).

La cuenca Río Soto-La Marina es la que integra la subcuenca del Arroyo Grande, el cual confluye en la Presa Vicente Guerrero. Este río está conformado por escurrimientos provenientes del sur, logrando la perennidad a partir de la localidad Cinco de Febrero, ubicada al sur del acuífero Victoria-Casas.

Existen un gran número de escurrimientos que lo drenan, entre ellos se encuentran los arroyos Juan Capitán, Ojo Caliente y El Sarnoso, entre otros.

De acuerdo a la estación Hidrométrica Paso de Molina, ubicada a poco menos de 2 km al norte de Casas, el área de su cuenca es de 2,278 km², drenando un volumen promedio de 70.304 millones de m³ al año, siendo el gasto medio anual de 2.230 m³/s.

3.4 Geomorfología

La expresión geomorfológica del acuífero, corresponde a un sistema montañoso en su porción occidental donde se alcanzan elevaciones superiores a los 1500 msnm, mientras que hacia su porción oriental las máximas elevaciones son de 800 m.

Estas elevaciones topográficas corresponden en esencia a sierras de rocas mesozoicas plegadas, cortadas por drenajes profundos que originan grandes escarpes; entre los rasgos más notables del relieve están las formas cársticas y dolinas que existen en la superficie asociadas con cavernas de desarrollo vertical, controladas por sistemas de fracturas regionales.

En contraste, la parte central del acuífero donde se encuentra la mayoría de los aprovechamientos, presenta una morfología variada, con elevaciones que van de los 200 a los 300 msnm, con un relieve de superficies planas, inclinadas al oriente, originadas por acumulación fluvial y marina, así como por superficies onduladas formadas por una erosión diferencial en las capas del Neógeno.

La planicie se extiende transversalmente hasta la base de la Sierra Madre Oriental y está interceptada por lomeríos, mesetas y planos ligeramente inclinados al oriente.

Las rocas poco resistentes, como las margas y lutitas, expuestas ampliamente en la zona, son disectadas rápidamente, generando barrancas moderadamente profundas con laderas verticales; la capa de conglomerados en su caso, ha sido intensamente desmembrada en superficie, permaneciendo a manera de manchones delimitados por valles fluviales.

El frente de montaña consiste de numerosos pliegues angostos y alargados que pueden representar geometría de plegamiento por propagación de falla; hacia la Planicie Costera del Golfo, las formaciones Paleógeno-neógenas presentan un echado regional hacia el oriente, con deformaciones suaves, formando terrazas estructurales y pequeños anticlinales.

4 GEOLOGÍA

La historia geológica de la zona está definida por eventos de origen ígneo intrusivo y sedimentario, que van desde el Jurásico hasta el Reciente, (figura 2).

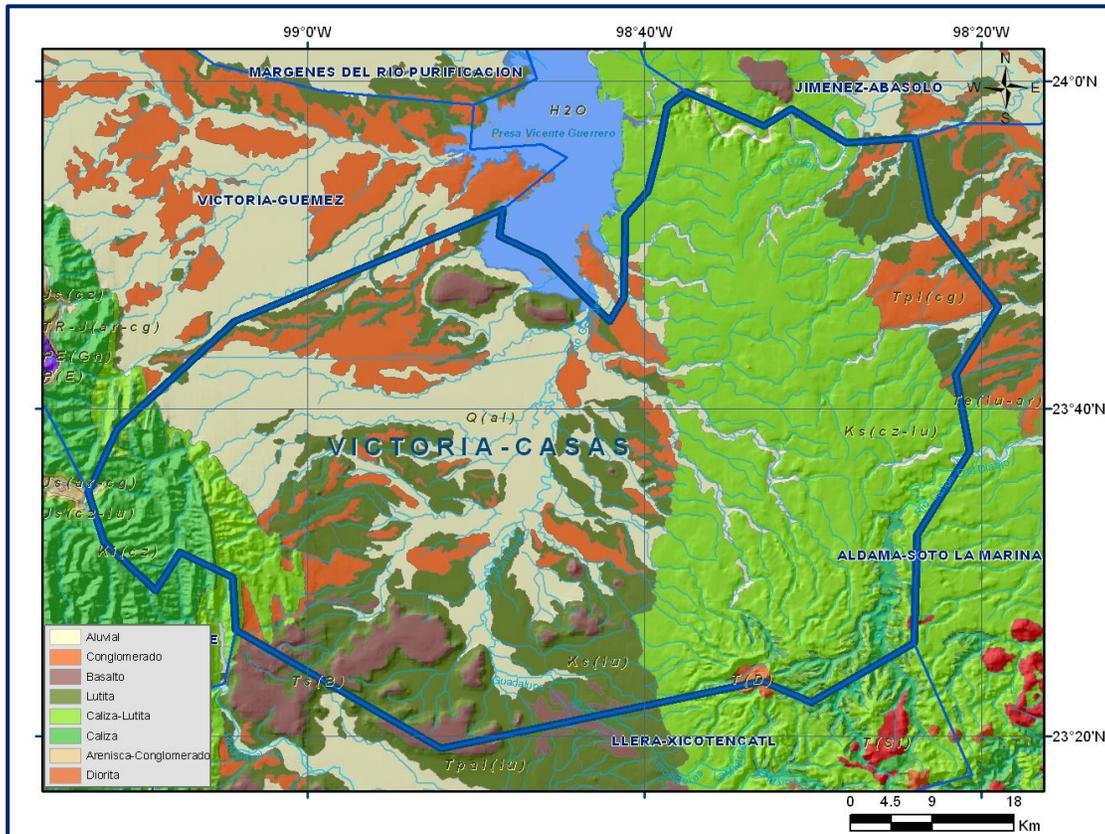


Figura 2. Geología general del acuífero

De esta forma, la Cuenca Tampico-Misantla, elemento paleo-geográfico al que pertenece la zona, presenta a profundidad Lechos Rojos y conglomerados del Triásico y Jurásico, que dieron origen a las Formaciones Huizachal y La Joya, unidades que integran el denominado “Complejo Basal”. Le sobreyacen las rocas calcáreas del Cretácico Inferior, carbonatos y terrígenos del Cretácico Superior, así como sedimentos marinos clásticos del Paleógeno-Neógeno y depósitos continentales del Cuaternario.

4.1 Estratigrafía

A continuación, se describe la secuencia estratigráfica presente en el área, de la unidad más antigua a la más reciente.

Triásico – Jurásico

Formación Zuloaga (TJ Zu)

Está constituida por calizas en estratos delgados, medianos y gruesos, con presencia de un conglomerado basal de clásticos de arenisca y fragmentos de rocas ígneas dentro de una matriz areno-arcillosa. Presenta un espesor aproximado de 400 m y aflora en el área de Huizachal–Peregrina.

Formación La Casita (Js Ca)

Descansando sobre la unidad anterior se presenta un espesor que varía entre 70 y 90 m de estratos delgados y medianos de areniscas calcáreas, calizas arcillosas con nódulos y lentes de pedernal, margas arenosas y calizas arcillo-arenosas; algunas de sus areniscas presentan estratificación cruzada.

Cretácico Inferior

Formación Taraises (Ki Ta)

Se encuentra formada por calizas criptocristalinas, en capas de espesor medio con estilolitas mal desarrolladas y paralelas al plano de estratificación; las capas de caliza alternan con delgados estratos de lutitas. Al N y SW del valle de Huizachal, se midió un espesor promedio de 26 m; en el cañón de Peregrina es de 55 m de espesor y en el Cañón del Rosario el grosor de la misma formación varía entre 50 y 60 m. El contacto entre la Formación Taraises y La Casita es concordante y con la Tamaulipas Inferior, que le sobreyace, es transicional concordante.

Formación Tamaulipas, (Ki Tm)

Está constituida por calizas criptocristalinas en estratos gruesos, con estilolitas paralelas a los planos de estratificación y nódulos esferoidales y elipsoidales de pedernal; alternando con las calizas anteriores, en ocasiones se observan algunos horizontes de calizas microcristalinas.

El espesor de esta formación tiene 214 m, en capas que varían de 10 cm a más de 2 m, se observan horizontes de calizas dolomitizadas que varían de unos centímetros hasta dos metros.

Formación Tamaulipas Inferior (Khap cz-lu)

Consiste de calizas de estratificación mediana a gruesa de color gris claro y gris oscuro con nódulos de pedernal y presencia de dolomitización en su porción basal. Se encuentra aflorando sobre los cañones de Juan Capitán, Ojo Caliente y el Novillo, que cortan la Sierra Madre Oriental, donde está constituida por calizas y dolomitas de color gris a gris oscuro, en estratos que varían de unos centímetros a dos metros de espesor, con pequeños horizontes de óxido de hierro interestratificados.

Formación Tamaulipas Superior (Kace cz)

El nombre fue introducido a la literatura geológica por W. Stephenson, para designar una sección de calizas criptocristalinas de estratificación media con lentes de pedernal.

Formación Otates, (Ki Ot)

Su localidad tipo se encuentra en el cañón de los Otates, ubicado sobre el flanco occidental de la Sierra de Tamaulipas. Inicialmente se consideró como "horizonte" y posteriormente fue elevado al rango de Formación, debido a su amplia extensión e importancia, conforme a la magnitud del evento geológico-sedimentológico que representa. Está constituida por calizas arcillosas de estructura laminar ligeramente carbonosas de color gris oscuro, su espesor se estima de 6 a 13 m.

Formación Cuesta del Cura (Ki Cu)

Constituida por calizas criptocristalinas en capas de espesor medio que alternan con estratos de espesor delgado a medio de margas laminadas; ambas rocas contienen abundantes lentes y bandas delgadas de pedernal negro. Hacia su cima muestra algunas capas de bentonita.

Su espesor promedio es de 150 m y subyace discordantemente a los sedimentos de la Formación Agua Nueva. Esta formación se presenta como una alternancia de calizas densas y calizas arcillosas con intercalaciones de lutitas calcáreas con bandas y lentes de pedernal negro, en una estratificación ondulante y formando estructuras de "boudinage".

Sus contactos son concordantes y transicionales, subyaciendo a la Formación Agua Nueva y sobreyaciendo al miembro inferior de la Formación Tamaulipas Superior. Sus exposiciones se presentan sobre los cañones de la Sierra de Tamaulipas, como el del Moro.

Cretácico Superior

Formación Agua Nueva (Kcet cz-lu)

Consiste de calizas criptocristalinas, calizas arcillosas y calizas arcillo-carbonosas, en capas de espesor delgado a medio que alternan con lutitas en capas de potencia parecida a la de las calizas.

En la porción inferior de la formación, las calizas contienen abundantes nódulos de pedernal negro y hematita; casi en el contacto con la Cuesta del Cura se observan capas delgadas de bentonita.

Su contacto es concordante y transicional con la Formación Cuesta del Cura, sobre la que descansa. Se le observa sobre el flanco oriental de la Sierra Madre Oriental, en los flancos del Anticlinorio Huizachal-Peregrina y en el flanco poniente de la sierra de Tamaulipas.

Formación San Felipe (Kcoss lu-cz)

Es una secuencia rítmica de calizas criptocristalinas y calizas arcillosas, dispuestas en estratos de espesor delgado a medio, que alternan con estratos de lutitas bentoníticas y calcáreas. Su localidad tipo se localiza en la ranchería de San Felipe, S.L.P., 6 km. al este de Cd. Valles.

Los sedimentos de esta formación se encuentran descansando sobre la Formación Agua Nueva y su espesor promedio es de 210 m.

Formación Méndez (Kcm lu-mg)

Corresponde a una serie de intercalaciones de lutitas calcáreas de colores gris azulado y café con fractura nodular, intercaladas con margas, en capas que varían de 5 cm a más de 2 m de espesor, las cuales en ocasiones alternan con estratos delgados de bentonita. Se le estima una potencia de 550 m. Se encuentra descansando concordantemente, de manera transicional, sobre la Formación San Felipe.

Paleógeno-Neógeno

Formación Velasco, (Ti Ve)

Unidad formada por lutitas calcáreas intercaladas con margas y areniscas calcáreas. La unidad presenta concreciones calcáreas de formas caprichosas hasta de 20 cm de diámetro.

Rocas Intrusivas del Paleógeno (Tm Gd-D, Tm Gd-Si)

Rocas intrusivas generadas durante el Paleógeno, de composición variable, desde el gabro hasta la granodiorita. De esta forma, pueden coexistir granodioritas y dioritas (Tm Gd-D) hasta granodioritas con sienitas (Tm Gd-Si).

Conglomerados del Plioceno (Tpl Cgp) Corresponde a conglomerados en estratos masivos constituidos por clásticos de caliza, caliza arcillosa, pedernal, calcedonia y cuarcita, en tamaños que varían desde las gravas hasta las arenas, cementados por carbonatos en matriz calcáreo-arcillosa.

Se encuentra expuesta formando terrazas, en ocasiones, cubierta por una capa delgada de caliche. Se ha asignado a estos depósitos con diversas edades (desde el Eoceno hasta el Plioceno y Pleistoceno); sin embargo, la falta de una definición y delimitación claras sólo permite asignarle una edad relativa correspondiente al Pleistoceno Temprano.

Cuaternario

Depósitos Aluviales y Fluviales (Q al)

Está constituido por un conjunto de materiales clásticos que varían desde gravas hasta arcillas, forman depósitos lenticulares con alto grado de heterogeneidad tanto lateral como vertical, debido a las posiciones sucesivas de las principales corrientes superficiales. Estos materiales descansan indistintamente sobre las rocas más viejas, su espesor es variable, desde unos cuantos metros hasta un máximo de 15 o 20 metros en el aluvión del río Grande. Los depósitos fluviales holocénicos están constituidos por gravas, arenas y limos, presentan poco espesor y se ubican hacia los cauces principales; aunque en algunas zonas se encuentran en paleocauces.

Basalto (QptB): Unidad constituida por basaltos de olivino, de estructura vesicular y amigdaloides con relleno de calcita; se les puede encontrar desde inalterados hasta muy intemperizados. Los derrames se encuentran localizados en el valle de Ciudad Victoria, descansando sobre los conglomerados cuaternarios.

4.2 Geología estructural

Derivado de múltiples procesos tectónicos desencadenados en la región, la zona muestra un complejo patrón geológico-estructural, evidenciado por la manifestación de extensos y amplios pliegues y fallas, con un desarrollo regional que afecta principalmente a la secuencia de rocas mesozoicas, siendo estas las más antiguas que afloran. Los periodos de emersión y fallamiento del tipo normales durante el Triásico-Jurásico, preparan la paleogeografía de la parte superior del Mesozoico, desarrollando condiciones ambientales favorables para el depósito de secuencias sedimentarias de origen marino. En las primeras etapas de la transgresión se desarrollaron, en el denominado Golfo de Sabinas.

En el área, a escala regional, se pueden inferir dos fases tectónicas de deformación. La de tipo compresional se inicia hacia finales del Cretácico y culminó en el Eoceno, originando plegamientos y el cabalgamiento de las rocas sedimentarias cretácicas; la segunda, de tipo distensiva, se origina durante el Oligoceno-Mioceno y propició el emplazamiento de cuerpos intrusivos. Esta fase provocó la dislocación y fallamiento normal de grandes bloques. Durante el Paleógeno-Neógeno se depositaron sedimentos terrígenos, -conglomerado Reynosa-, provenientes de la porción occidental de México y para el Reciente predomina un proceso erosivo, que favorece el depósito de material aluvial y coluvial, originando la actual expresión topográfica.

4.3 Geología del subsuelo

De acuerdo con la información hidrogeológica del subsuelo recopilada y la presencia de los afloramientos de rocas en superficie, se puede deducir que los aprovechamientos existentes en la zona extraen agua de materiales predominantemente arcillosos; propiamente de intercalaciones de lutitas y margas que constituyen la Formación Méndez.

En este sentido, se puede catalogar como un acuífero desarrollado principalmente en rocas sedimentarias arcillosas intercaladas con carbonatos débilmente cementados (lutitas- margas), depositadas durante el Cretácico. En menor proporción, por materiales sedimentarios de tipo conglomerático y arenosos formados durante el Neógeno y Holoceno.

Esto implica que el agua se aloja entre lutitas y margas moderadamente fracturadas, que permiten la extracción del agua a través de un gran número de pozos y norias de bajo rendimiento que en promedio aportan caudales no mayores a los 2 lps.

La presencia de fracturas en las lutitas y el reducido espesor de los conglomerados, frecuentemente cementados, sólo permite la extracción de caudales pequeños. Sin embargo, estos conglomerados permiten la infiltración del agua pluvial e incluso, llegan a formar parte del acuífero, aun cuando sea solamente en su porción superficial.

En la figura 3, se presenta una sección esquemática de la zona, donde se puede observar que parte de las formaciones arcillosas no fracturadas constituyen el basamento de la región, lateralmente el flujo subterráneo es controlado por la presencia de altos topográficos hacia sus extremos oriental y occidental, desde donde desciende el agua subterránea hacia la parte central del valle, en el que predomina la secuencia arcillosa.

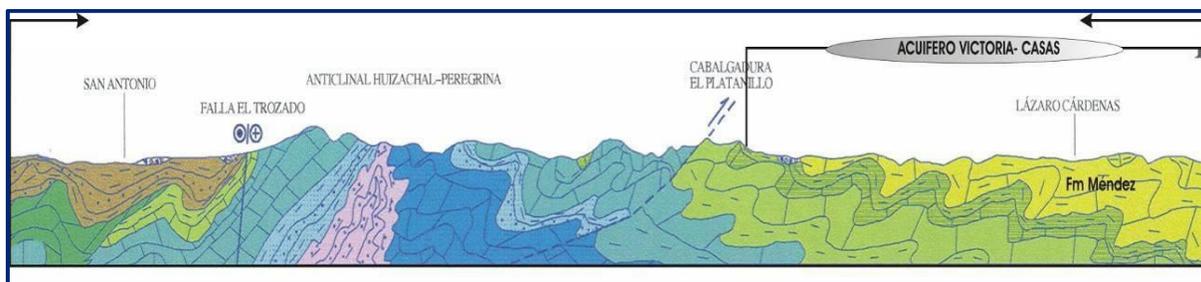


Figura 3. Sección Hidrogeológica

5 HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

La zona cubre una superficie aproximada de 4,200 km², que se extiende principalmente en el subsuelo del valle y en la zona de pie de montes. El acuífero aloja un sistema acuífero de tipo **libre a semiconfinado**, que es explotado por una gran cantidad de aprovechamientos. El agua se encuentra en promedio a una profundidad menor de 25 m, disminuyendo hacia el centro y norte del acuífero hasta alcanzar algunos metros. Sin embargo, son evidentes valores discrepantes por efecto de los cambios topográficos.

Las cargas hidráulicas definen flujos subterráneos provenientes de las sierras existentes al occidente, oriente y sur de la zona, que se concentran hacia la presa Vicente Guerrero, ubicada en el extremo norte del acuífero.

5.2 Parámetros hidráulicos

No se cuenta con pruebas de bombeo en la zona. No obstante, se tomaron en cuenta los datos del informe de la cuantificación de los recursos hídricos del valle de Cd. Victoria, realizado por la empresa consultora *Geoexploraciones y Construcciones S.A. en 1980*, donde se efectuaron tres pruebas de bombeo de corta duración, tanto en la etapa de bombeo como de recuperación, de las que se obtuvieron valores de transmisividad que varían **de 1.12 a 2.0 X 10⁻³ m²/s.**

Por otra parte, no existe información referente al coeficiente de almacenamiento regional, por lo que su estimación se basó en las consideraciones relativas a la estratigrafía y a la litología. De esta manera, dado que los pozos de explotación están alojados en los primeros 50 m de una secuencia de materiales arcillosos, se considera que el valor del coeficiente de almacenamiento (o rendimiento específico para el caso particular de los acuíferos libres), es **de 5 x 10⁻².**

5.3 Piezometría

Para la descripción del comportamiento de los niveles del agua subterránea, se referirán las configuraciones del 2006.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

En febrero de 2006, se visitaron 107 aprovechamientos subterráneos, de los cuales 67 fueron pozos y 38 norias (figura 4)..

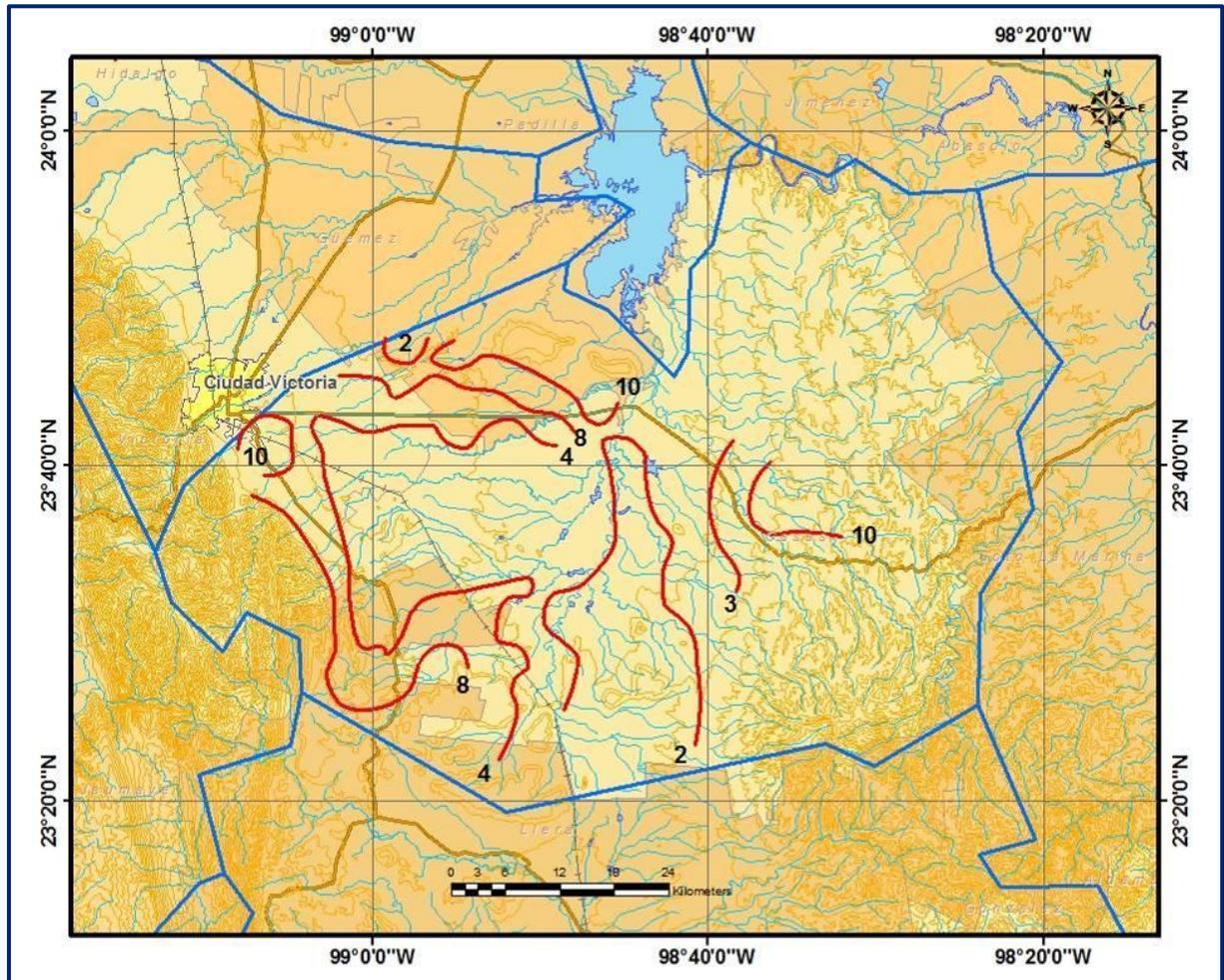


Figura 4. Profundidad al nivel estático en m (2006)

De los resultados obtenidos se pudo observar que las máximas profundidades registradas se localizan hacia la porción sur de Ciudad Victoria, en donde se alcanzan valores de hasta 25.5 m.

A partir de este punto la profundidad empieza a disminuir en forma gradual hasta alcanzar una profundidad de 5 m, curva que envuelve completamente la zona.

La profundidad al nivel del agua subterránea está controlada por la topografía: los valores más altos se registran hacia las estribaciones de las sierras que rodean el valle y las más bajas hacia el centro de él.

Hacia la porción oriental del acuífero se aprecian valores de 10 m, en las inmediaciones de la localidad San Francisco, disminuyendo hacia el occidente hasta alcanzar una profundidad de 2 m, en la planicie del valle.

5.4.2 Elevación del nivel estático

Los resultados indican una dirección preferencial de flujo subterráneo hacia el NW, con recargas laterales provenientes de las sierras aledañas. La configuración del flujo del agua subterránea se presenta en la figura 5. Las mayores elevaciones del nivel estático se localizan al sur, hacia las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, donde los valores de elevación son superiores a los 300 msnm, descendiendo gradualmente hacia el norte en dirección hacia la Presa Vicente Guerrero, donde se registran valores de hasta 120 msnm.

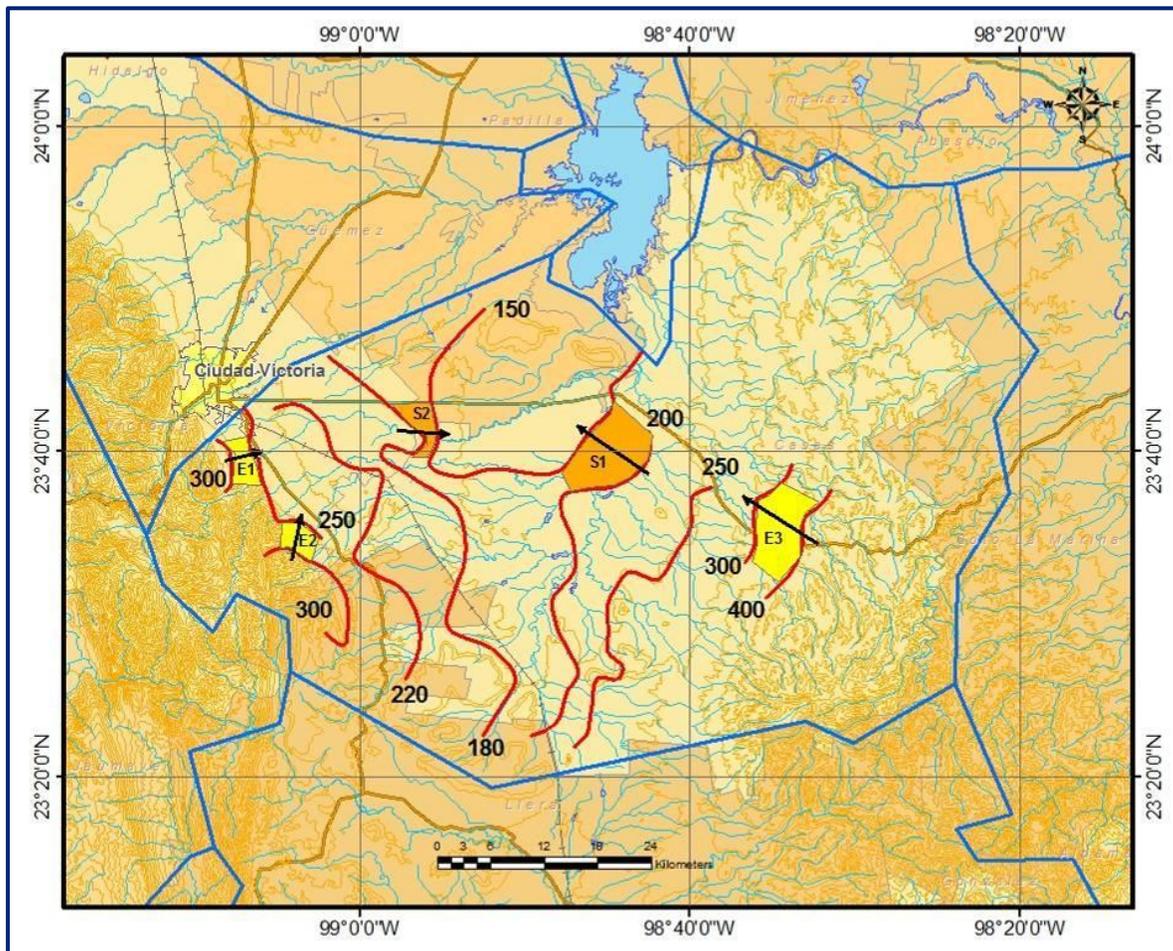


Figura 5. Elevación del nivel estático (msnm) 2006

En la porción occidental del acuífero la configuración de las equipotenciales manifiesta una dirección del flujo del agua subterránea de oeste a este, en donde la sierra actúa como zona de recarga, comportándose en forma paralela al eje principal de la misma. Los gradientes hidráulicos varían de 0.016 al sur de Ciudad Victoria a 0.009 en la zona cercana a la localidad de Casas.

5.4.3 Evolución del nivel estático

Con respecto a la evolución del nivel estático, no se cuenta con información piezométrica histórica que permita la configuración. Las escasas mediciones piezométricas recabadas 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 demuestra alteraciones del flujo natural del agua subterránea que indiquen la presencia de conos de abatimiento causados por la concentración de pozos.

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

A la fecha no se cuenta con información hidrogeoquímica derivada de análisis fisicoquímicos de muestras de agua subterránea. En cuanto a la calidad el agua subterránea, definida en función de la concentración de Sólidos Totales Disueltos (STD), durante el censo realizado en el año 2006 se tomaron lecturas in situ para su determinación. Con base en ella se pudo determinar que, de manera general, la concentración de STD no rebasa las 1000 ppm que establecen las normas mexicanas para su consumo humano. Localmente se registran valores superiores que reflejan la influencia de focos puntuales de contaminación. El incremento en la concentración de STD se registra de las partes topográficamente más altas hacia la planicie, en dirección de la Presa Vicente Guerrero, evidenciando de esta manera la trayectoria preferencial del flujo subterráneo.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

De acuerdo con el censo realizado en el 2006 se registraron en el acuífero un total de 107 de aprovechamientos; de estos, 67 son pozos y 38 norias, 2 pozos están inactivos por encontrarse secos. En cuanto a los usos, 41 aprovechamientos se utilizan para uso pecuario, 21 para el uso agrícola, 16 para uso doméstico y 23 para abastecimiento de agua potable. De los seis restantes, dos no se usan y 4 más se encuentran sin datos de uso. De todos estos, 49 aprovechamientos se encontraron dentro del Municipio de Victoria, 31 en Casas, 12 en Llera y 15 en Güémez. En este sentido cabe señalar que el censo realizado, solo presenta datos de localización de los aprovechamientos y del nivel estático; no se reporta tiempo de operación ni gastos promedio, por lo que resulta muy aventurado estimar el volumen de extracción en la zona.

Aunado a lo anterior, en el Registro Público de Derechos del Agua de la CONAGUA, tiene registrados un total de 300 aprovechamientos, por lo que el censo realizado en el 2006 sólo cubre una tercera parte del total de los aprovechamientos. Es por ello que el valor de **13.5 hm³ anuales** que tiene registrado el REPDA se considera más real.

7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El balance de agua subterránea, se planteó para una superficie que corresponde a la zona donde se cuenta con información piezométrica y en la que se localiza la mayoría de los aprovechamientos subterráneos. 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:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio en almacenamiento } \Delta V(S)$$

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 del acuífero:

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

7.1 Entradas

De acuerdo con el modelo conceptual definido para el acuífero Victoria-Casas, las entradas están integradas 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 (Rv) y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo horizontal subterráneo (Eh).

De manera inducida, la infiltración de los excedentes del riego agrícola y del agua residual de las descargas urbanas, así como las fugas en el sistema de abastecimiento de agua potable, constituyen otras fuentes de recarga al acuífero. Estos volúmenes se integran en la componente de recarga inducida (Ri).

7.1.1 Recarga vertical (Rv)

Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que se tiene información para calcular el cambio de almacenamiento (ΔV), así como las entradas y salidas por flujo subterráneo, su valor será despejado de la ecuación de balance.

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

Donde:

Eh: Recarga por flujo subterráneo horizontal

Rv: Recarga vertical

Ri: Recarga inducida

B: Bombeo

Sh: Salidas por flujo subterráneo horizontal

ETR: Evapotranspiración

Dm: Descarga a través de manantiales

$\Delta V(S)$: Cambio de almacenamiento

De esta manera:

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

7.1.2 Recarga por flujo subterráneo horizontal (Eh)

Una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas 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 llegar a recargar al acuífero en forma de flujos subterráneos que alimentan la zona de explotación localizada en la planicie. Las entradas al acuífero, tienen su origen en las zonas de recarga localizadas en las sierras que rodean al valle. 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 2006 (figura 5) mediante la siguiente expresión:

$$Q = T * B * i$$

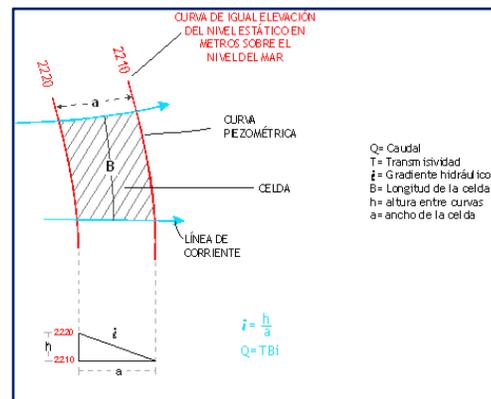
Donde:

Q= Gasto;

T= Transmisividad;

B= Longitud de la celda;

i= Gradiente hidráulico;



El valor obtenido asciende a 0.128 m³/s que representan un volumen de **4.0 hm³/año**

Tabla 2. Cálculo de las entradas subterráneas

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	3500	5000	50	0.0100	0.0012	0.0420	1.3
E2	2800	5000	50	0.0100	0.0012	0.0336	1.1
E3	11000	16667	100	0.0060	0.0008	0.0528	1.7
TOTAL							4.0

Donde: T = transmisividad; i = gradiente hidráulico; B = ancho de flujo; Q = gasto.

7.1.3 Recarga inducida (Ri)

En esta variable se incluyen los volúmenes de infiltración que se producen por concepto de los excedentes del agua utilizada para el riego en las zonas agrícolas, principalmente, ya que el volumen destinado al uso público-urbano es muy pequeño y por lo tanto el volumen de las fugas en los sistemas de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado es muy bajo en comparación con los retornos del riego.

Aún en sistemas de riego eficientes, un cierto volumen del agua aplicada no es usado como uso consuntivo, se infiltra y eventualmente alcanza la superficie freática. De acuerdo con la literatura, esta contribución al acuífero varía entre el 20 y 40% del volumen usado en la irrigación. Para este caso particular, considerando que para el uso agrícola se utiliza un volumen de 11.4 hm³ anuales (10.2 de aguas subterráneas y 1.2 de aguas superficiales provenientes de la presa La Lajilla) y un coeficiente de infiltración del 15 % (recarga efectiva al acuífero), el valor de la recarga por retornos del riego asciende a **1.7 hm³ anuales**.

7.2 Salidas

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B), las salidas subterráneas hacia el mar (Sh), evapotranspiración (ETR) y descargas naturales a través de manantiales (Dm).

7.2.1 Evapotranspiración (ETR)

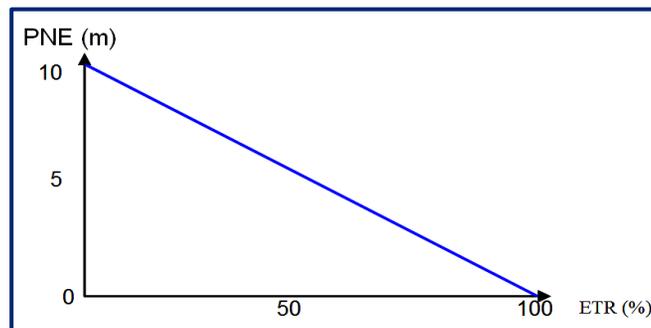
Este parámetro es la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas, por lo tanto es considerada una forma de pérdida de humedad del sistema. Existen dos formas de Evapotranspiración: la que considera el contenido de humedad en el suelo y la que considera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

En una buena parte de área de balance los niveles estáticos se encuentran a profundidades menores a 10 m, 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 795 mm anuales, considerando valores medios anuales de temperatura de 29.2° C y precipitación de 805 mm.

Fórmula de Turc:	$ETR (mm) = \frac{P(mm)}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P^2(mm)}{L^2}\right)}}$		$L = 300 + 25T + 0.05T^3$
T (°C) =	29.2		
P(mm) =	805	P ² =	648025
L =	2274.8544	L ² =	5174962.54
ETR (mm)	795.0		

El cálculo de la evapotranspiración corresponde con aquella pérdida de agua freática somera y que se aplica al balance de aguas subterráneas, considerando que el concepto tiene influencia hasta una profundidad máxima de 10 m, bajo el siguiente proceso:

En zonas donde el nivel estático se encuentra a una profundidad menor a 10 m, se calcula el valor de ETR exclusivamente para estas zonas de niveles someros y se pondera el valor del volumen obtenido, partiendo de una relación lineal entre la profundidad al nivel estático (PNE) y el % de ETR.



Suponiendo una profundidad límite de extinción de 10 m para el fenómeno de ETR, a menor profundidad mayor será el % de ETR, de tal manera que a 10 m el valor de ETR es nulo y a 0 m el valor es del 100 %, a 5 m el 50%, a 2 m el 80% etc.

El resultado de este proceso se presenta en la siguiente tabla, en la que se muestra que el valor de la evapotranspiración real calculado es de **15.3 hm³ anuales**.

Tabla 3. Cálculo de la Evapotranspiración

RANGOS DE PROFUNDIDAD (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ÁREA (km ²)	LÁMINA ETR (m)	PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EXTINCIÓN DE LA ETR	% ETR	VOLUMEN ETR (hm ³ /año)
2 A 3	2.5	15.0	0.7950	0	0.75	8.9
4 A 8	6	20.0	0.7950	0	0.4	6.4
Total		35.0				15.3

7.2.2 Bombeo (B)

Considerando que el REPDA tiene registrados un total de 300 aprovechamientos dentro de los límites del acuífero, se optó por tomar el valor reportado de extracción de esta base (**13.5 hm³/año**, al 31 de marzo de 2008), como un valor más aproximado a la realidad.

7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

El volumen de las salidas por flujo subterráneo se calculó de la misma manera que las entradas subterráneas, utilizando la configuración de elevación del nivel estático, aplicando la ley de Darcy a las secciones de salida, localizadas en las inmediaciones de la presa Vicente Guerrero, hacia el arroyo El Sarnoso donde se dirigen las curvas equipotenciales, como se observa en la figura No. 9 de elevación del nivel estático.

Tabla 4. Cálculo de las salidas subterráneas

CELDA	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	h ₂ -h ₁ (m)	Gradient e _i	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN N (hm ³ /año)
S1	6000	12500	50	0.0040	0.0012	0.0288	0.9
S2	7200	5000	30	0.0060	0.0012	0.0518	1.6
TOTAL							2.5

El cálculo arroja un caudal de 0.081 m³/s, cifra que representa un volumen de **2.5 hm³ anuales**. Este flujo subterráneo posteriormente aflora para alimentar al flujo base del arroyo El Sarnoso.

7.2.4 Descarga a través de manantiales (Dm)

La descarga a través de manantiales representa un volumen bajo, los cuales descargan sus aguas hacia la presa Vicente Guerrero. Estos manantiales son los que se localizan sobre el arroyo El Sarnoso, a la altura de la cabecera municipal de Casas.

No existen aforos de estas descargas pero se considera que su volumen máximo indicador son las salidas subterráneas, ya que éstas son las que los alimentan. Esta es la razón de que, a pesar de saber que existen manantiales que alimentan un flujo base en el arroyo, no se incluyen en la ecuación de balance porque al incluir este volumen estaríamos duplicando su valor, debido al hecho de que al proceder de las salidas subterráneas su valor está implícito en ellas.

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 escasos registros existentes se encuentran dispersos en tiempo y espacio y no cubren en su totalidad la extensión superficial del acuífero. Adicionalmente, todavía no se registran alteraciones en la dirección natural del flujo subterráneo, ni conos de abatimiento. Bajo estas consideraciones, la posición del nivel del agua subterránea no ha sufrido alteraciones y el cambio de almacenamiento se considera nulo, $\Delta V(S) = 0$.

Solución de la ecuación de balance

Una vez calculadas las componentes de la ecuación de balance, procedemos a evaluar la recarga vertical por lluvia y por las infiltraciones a lo largo del cauce del río, mediante la siguiente expresión:

$$R_v = S_h + B + ETR + D_m \pm \Delta V(S) - E_h - R_i$$

$$R_v = 2.5 + 13.5 + 15.3 - 0 - 4.0 - 1.7$$

$$R_v = 25.6 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

De esta manera la recarga total media anual:

$$R_t = R_v + E_h + R_i$$

$$R_t = 25.6 + 4.0 + 1.7$$

$$R_t = 31.3 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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:

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

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 **31.3 hm³/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 **2.5 hm³ anuales**, que corresponde a las salidas subterráneas que aún 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 (REPDA), 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 **30,000,593 m³ 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 31.3 - 2.5 - 30.000593 \\ \text{DMA} &= -1.200593 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **1,200,593 m³ anuales**.

9 BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua, 2001. Estudio Geohidrológico del Acuífero Victoria-Güemez, Estado de Tamaulipas, 2001; realizado por la empresa Consorcio de Ingeniería Mexicana.

Comisión Nacional del Agua, 2006. Estudio de Actualización de Mediciones Piezométricas en el Acuífero Victoria- Casas, en el Estado de Tamaulipas. Realizado por la Compañía Geofísica y Perforaciones del Medio Ambiente, S.C.