

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Tula-Bustamante
(2814), Estado de Tamaulipas***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación
20 de abril de 2015*

Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
ESTADO DE TAMAULIPAS							
2814	TULA-BUSTAMANTE	54.0	0.0	20.395590	21.8	33.604410	0.000000

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales “3” y “4” de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

ACUIFERO 2814 TULA-BUSTAMANTE

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	99	55	46.3	22	44	56.4	
2	99	54	45.3	22	47	51.2	
3	99	54	15.5	22	49	50.5	
4	99	54	54.1	22	52	53.1	
5	99	52	13.5	22	56	1.1	
6	99	54	51.6	22	56	38.4	
7	99	54	0.6	23	4	25.6	
8	99	59	50.0	23	8	3.4	
9	99	54	0.6	23	13	34.8	
10	99	57	40.0	23	14	40.7	
11	99	57	52.9	23	17	7.0	
12	100	3	9.7	23	18	7.6	
13	100	0	22.5	23	23	0.2	
14	100	1	13.5	23	23	43.9	DEL 14 AL 15 POR EL LIMITE ESTATAL
15	99	52	37.4	23	43	14.1	DEL 15 AL 16 POR EL LIMITE ESTATAL
16	99	37	45.1	23	45	54.5	
17	99	40	39.6	23	41	37.4	
18	99	36	14.8	23	27	33.5	
19	99	39	37.1	23	22	35.6	
20	99	38	19.8	23	20	28.7	
21	99	41	27.4	23	17	12.0	
22	99	37	11.8	23	14	4.5	
23	99	35	45.4	23	9	6.6	
24	99	35	47.8	23	5	42.5	
25	99	34	31.2	22	59	7.2	
26	99	36	11.5	22	56	1.2	
27	99	35	46.2	22	52	39.2	
28	99	34	13.5	22	49	17.5	
29	99	33	57.3	22	45	30.3	
30	99	32	43.6	22	44	36.6	DEL 30 AL 31 POR EL LIMITE ESTATAL
31	99	37	8.7	22	39	36.6	DEL 31 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	99	55	46.3	22	44	56.4	



Comisión Nacional del Agua

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD
DE AGUA EN EL ACUÍFERO TULA-
BUSTAMANTE ESTADO DE TAMAULIPAS***

México, D.F., 30 de abril de 2002

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO TULA-BUSTAMANTE, TAMAULIPAS

CONTENIDO

1 Generalidades

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Localización, extensión, y límites de la unidad hidrogeológica
- 1.3 División municipal
- 1.4 Estudios técnicos realizados con anterioridad

2 Marco Físico

- 2.1 Clima
- 2.2 Hidrografía
- 2.3 Geología

3 Hidrología subterránea

- 3.1 El acuífero
- 3.2 Niveles del agua subterránea
- 3.3 Censo de aprovechamientos e hidrometría

4 Balance de aguas subterráneas

- 4.1 Ecuación de Balance
- 4.2 Recarga
- 4.3 Descarga
- 4.4 Cambio de almacenamiento

5 Disponibilidad

- 5.1 Recarga total media anual
- 5.2 Descarga natural comprometida
- 5.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA
- 5.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

Figuras

Figura 1 Acuífero Tula-Bustamante, Tamaulipas.

Tablas

Tabla 1 Coordenadas que definen al área del acuífero
Tula-Bustamante, Tamaulipas.

Tabla 2 Balance de aguas subterráneas

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO TULA-BUSTAMANTE, TAMAULIPAS

1 Generalidades

1.1 Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (LAN) contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CNA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, por acuífero en el caso de las aguas subterráneas, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la Norma Oficial Mexicana (NOM) “Norma Oficial Mexicana que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales” (NOM de Disponibilidad). Esta norma a sido preparada por un grupo de especialistas provenientes de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, organismos de los gobiernos de los estados y municipios, y de la CNA.

Con la publicación de la LAN en diciembre de 1992, se establece que los aprovechamientos de agua subterránea deberán de estar inscritos en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDa), estimándose a esa fecha un universo de 140,000 pozos existentes en todo el país, de los cuales, unos 42,600 contaban con registro nacional y otros 10,000 tenían algún tipo de autorización. A finales de 1995 se emitieron Decretos Presidenciales que otorgan facilidades a los usuarios para inscribir sus pozos en el REPDa, que se prorrogaron hasta finales de 1999, con lo que se ha logrado captar a casi todo el universo de usuarios. Uno de los instrumentos que le dará certidumbre jurídica a los actos de autoridad de la CNA, es la publicación en el DOF de los datos de disponibilidad de agua subterránea en cada uno de los acuíferos del país y la publicación de los estudios técnicos correspondientes. Esta publicación deberá estar dentro de los lineamientos que establece la NOM de disponibilidad.

El método que establece la NOM indica que para calcular la disponibilidad de aguas subterráneas deberá de realizarse un balance de las mismas, donde se defina de manera precisa la recarga de los acuíferos, y de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el REPDa.

Los datos técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información necesaria, en donde quede claramente especificado el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar, considerando los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDa). La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para fines de administración del recurso, en la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, en los planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, y en las estrategias para resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

1.2 Localización, extensión, y límites de la unidad hidrogeológica

El acuífero Tula-Bustamante se localiza en el extremo suroccidental del estado de Tamaulipas, a unos 50 km al Poniente de Ciudad Victoria, capital de la entidad.

Hacia el oeste y sur se extiende hasta el límite estatal de Tamaulipas con San Luis Potosí y hacia el norte con el estado de Nuevo León; cubriendo una superficie de 2 219 km² ⁽¹⁾, dentro de la poligonal cuyos vértices se enlistan a continuación:

Tabla 1 Vértices de la poligonal del acuífero de Tula Bustamante, Tamaulipas ⁽²⁾

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	99	41	16.8	22	47	2.4	
2	99	42	18.0	22	48	43.2	
3	99	47	6.0	22	48	54.0	
4	99	50	20.4	22	55	33.6	
5	99	54	36.0	22	56	52.8	
6	99	55	8.4	23	4	51.6	
7	99	59	27.6	23	7	58.8	
8	99	57	21.6	23	11	24.0	
9	99	58	48.0	23	14	42.0	
10	100	3	10.8	23	18	7.2	
11	100	0	21.6	23	22	8.4	
12	99	53	20.4	23	22	37.2	
13	99	48	21.6	23	29	24.0	
14	99	53	9.6	23	41	42.0	Del 14 al 15 por el límite estatal
15	99	52	37.2	23	43	15.6	Del 15 al 16 por el límite estatal
16	99	37	44.4	23	45	54.0	
17	99	40	22.8	23	42	18.0	
18	99	38	20.4	23	34	30.0	
19	99	35	45.6	23	33	0.0	
20	99	34	33.6	23	26	49.2	
21	99	36	39.6	23	21	57.6	
22	99	41	20.4	23	21	25.2	
23	99	41	13.2	23	15	14.4	
24	99	31	26.4	23	3	57.6	
25	99	28	48.0	23	4	26.4	
26	99	31	33.6	22	58	51.6	

¹ Catalogo de Acuíferos, CNA, 2000

² Gerencia de Aguas Subterráneas, CNA. 2000

27	99	32	9.6	22	52	55.2	
28	99	36	3.6	22	54	43.2	
29	99	36	50.4	22	58	33.6	
30	99	41	24.0	22	58	22.8	
31	99	38	42.0	22	46	51.6	
32	99	39	3.6	22	46	19.2	
1	99	41	16.8	22	47	2.4	

1.3 División Municipal

La superficie abarcada por el acuífero en estudio comprende también, en forma parcial, a los municipios de Miquihuana, Bustamante, Tula y Palmillas. Las poblaciones más importantes son las que corresponden a las cabeceras municipales, tales como Tula, Bustamante y los Charcos; Lucio Vázquez y Francisco I. Madero.

La zona se encuentra comunicada por una carretera federal No. 101 que viene de Ciudad Victoria, pasa por el poblado de Jaumave y entra al área de trabajo en su porción oriental para continuar rumbo al sureste pasando por el poblado Palmillas y comunicando con la ciudad de Tula ubicada a pocos kilómetros al sur. Esta carretera continúa para entroncar con la carretera federal No. 80, que procede de Ciudad del Maíz y continúa a San Luis Potosí y Saltillo.

Existen algunas terracerías que parten de la carretera pavimentada y comunican a los poblados de Miquihuana, Bustamante, además de otros poblados menores.

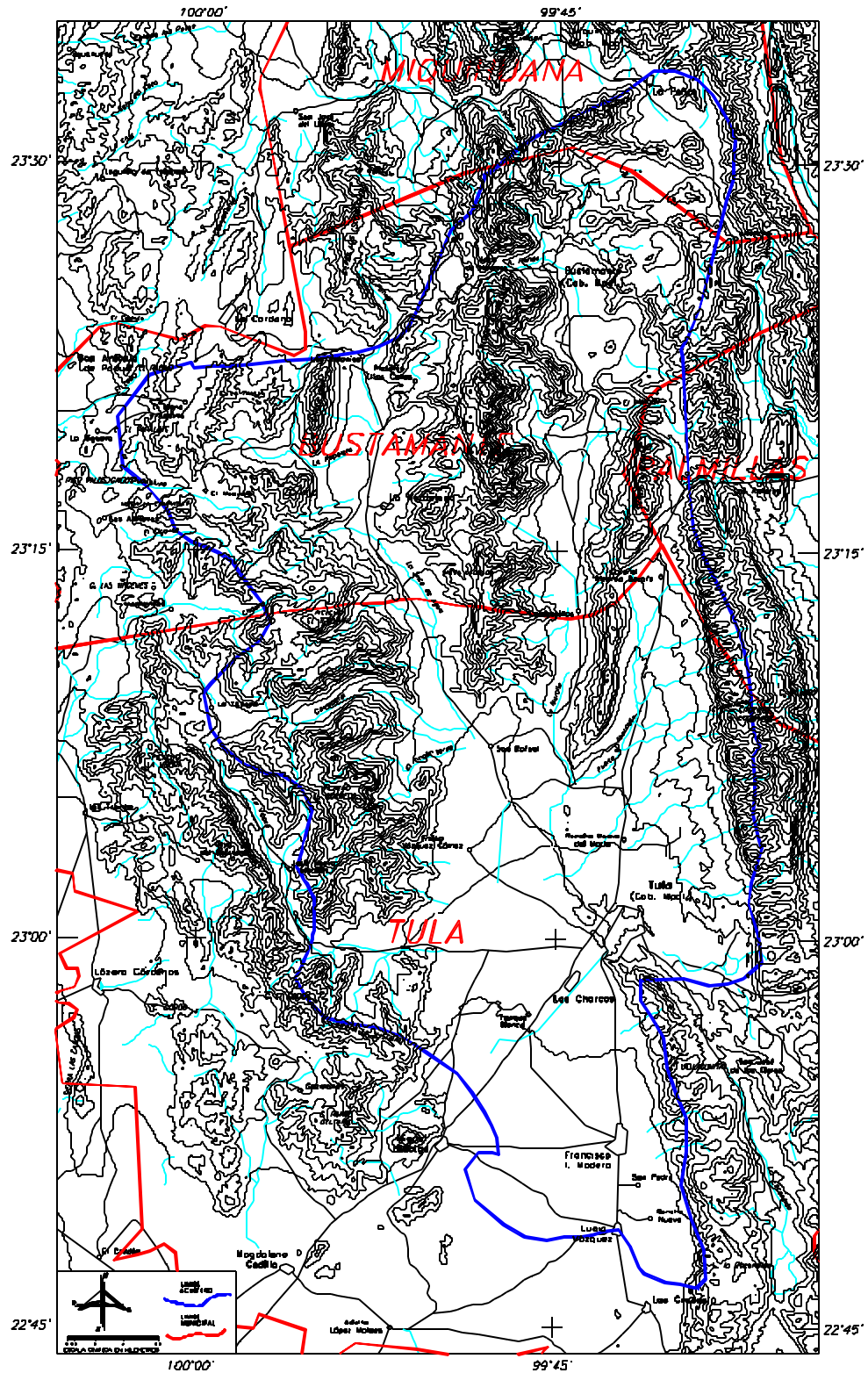


Figura 1 Acuífero Tula-Bustamante, Tamaulipas

1.4 Estudios técnicos realizados con anterioridad

El único estudio geohidrológico previo que se tuvo noticia fue realizado en 1980, por la Cía. Geohidrológica Mexicana (³), comprendiendo aspectos climáticos, el levantamiento geológico y su interpretación geohidrológica, muestras y análisis químicos del agua alumbrada, incluyendo isótopos naturales deuterio y oxígeno 18, una prospección geofísica resistiva y el censo de las captaciones del agua subterránea.

2 Marco Físico

2.1 Clima

El clima imperante en la porción corresponde al templado subhúmedo, con lluvia en verano, según las interpretaciones de Köppen y E. García, quienes lo clasifican con las siglas C(w1)a(e); norte (⁴). En la porción suroccidental el clima se clasifica como muy seco, estepario, con escasas lluvias en verano, clasificado como BsoW'(e); por último, en la porción suroriental, se clasifica como cálido, húmedo y lluvias en verano.

La temperatura media anual varía entre 15° y 24° C, con oscilaciones extremas mayores de 14° C, siendo el mes más caluroso el de mayo. La precipitación pluvial oscila entre 400 y 450 mm/año aunque en la parte sureste algo más de 550 mm/año.

2.4 Hidrografía

La zona corresponde a la Región Hidrológica No. 37, El Salado; sin embargo, aunque superficialmente pertenece a esta región, subterráneamente se tienen algunas evidencias de que la estructura geológica permite una conexión hidráulica con los materiales acuíferos que se explotan en la vertiente del Golfo, dado que en esta zona se localizan rocas sedimentarias plegadas de la Sierra Madre Oriental.

2.3 Geología

Fisiografía y geomorfología

De acuerdo con la clasificación de provincias fisiográficas de M. Álvarez, el área que nos ocupa se ubica dentro de la Provincia Sierra Madre Oriental, correspondiendo esencialmente a un cordón montañoso de origen tectónico que se desarrolla con dirección NW-SE, y con una altitud promedio de 2 000 msnm. Colindando con la Provincia Llanura Costera del Golfo hacia el oriente.

Las formas características son: los valles internos, escalonados, que van desde el altiplano hasta la planicie costera, así como las sierras. Uno de los valles intermontanos es precisamente el de Miquihuana, de tipo erosional, habiendo tenido una formación en el núcleo de un anticlinal, en el cual se aprecia un afloramiento del basamento precámbrico. Las formas del valle son suaves, de pendientes moderadas hacia las partes central y oriental, con una elevación media de 1850 msnm.

³ "Servicios de prospección y levantamientos geológicos y geofísicos en la zonas de Miquihuana y Tula, estado de Tamaulipas." Geohidrológica Mexicana S.A. Subdirección de geohidrología y de Zonas Áridas. SARH. Contrato GZA-80-37-ED. 1980.

⁴ Atlas Nacional del Medio Físico. Secretaría de programación y presupuesto. 1981.

El valle se encuentra rodeado por las sierras, destacando las de Piñal y El Chirrión por el sur; cerro La Virgen y la sierra El Macho por el norte, donde alcanzan los 3000 msnm, y más de 1000 m sobre el piso del valle.

El drenaje está controlado por las fuertes pendientes de la sierra y la homogeneidad de los materiales que las constituyen.

Estratigrafía

La distribución de las unidades litoestratigráficas es el resultado de los eventos geológicos que definieron distintos ambientes y medios de depósito a través del tiempo. Las rocas de estas unidades abarcan desde el Precámbrico hasta el Cuaternario, que a continuación se describen empezando por la más antigua.

La unidad litológica más antigua está representada por los esquistos Granjeno del Precámbrico, que afloran en el núcleo del anticlinal Miquihuana. Está cubierta por la Formación Huizachal del Triásico, consistente en una secuencia de hasta 2 000 m de espesor de lutitas, lutitas arenosas, areniscas y conglomerados, que se puede observar a unos 20 km al suroeste de Cd. Victoria, en la que se considera como localidad tipo.

Sigue la Formación Olvido del Jurásico, secuencia estratigráfica compuesta de anhidritas, yesos, calizas y lutitas que sobreyacen a la Formación Huizachal. Está cubierta por la Formación La Casita, que es una secuencia de margas arenosas y carbonosas, areniscas, lutitas y yesos; aflora en prácticamente en todos los cañones que cortan a la Sierra Madre Oriental en el área de trabajo.

Ya perteneciente al Cretácico se observa la Formación Taraises, que consta de calizas grises en capas delgadas, en parte arcillosas y nodulares, fosilíferas, que hacia el área de Miquihuana se vuelve arcillosa. Está cubierta por la Formación Tamaulipas Inferior, consistente de calizas con grano fino, dispuestas en capas medianas y gruesas que subyace a otra formación calcárea arcillosa conocida como Horizonte Otates, a su vez cubierta por la Formación El Abra, de la cual se distinguen dos miembros: el inferior constituido por una caliza de rudistas, y el superior, por calizas con abundancia de miliólidos, indicando que se depositó en un medio de aguas someras y claras. Esta formación es la que presenta mayor extensión de sus afloramientos.

Le sobreyacen las formaciones Agua Nueva y San Felipe, compuestas por calizas arcillosas y una alternancia de calizas y lutitas, respectivamente. Sigue la Formación Cuesta del Cura con unos 200 m de espesor en el área de trabajo, compuesta de un horizonte masivo de calizas, calizas con estratificación cruzada y bandas de pedernal, y calizas con margas en su parte superior. Su depositación corresponde a mares poco profundos, y se correlaciona con la parte superior de la Tamaulipas Superior, que subyace a las formaciones Cuesta del Cura y El Abra.

Por último, se manifiestan los depósitos de la Formación Méndez constituida por lutitas, margas y un horizonte de areniscas, formando los flancos de las elevaciones topográficas de la parte sur del vecino valle de Palmillas, y algunos afloramientos de forma alargada en la porción noroccidental de Miquihuana.

En los flancos de las sierras principales se han formado depósitos de pie de monte, constituidos por arcillas, arenas, gravas y cantos rodados, mal clasificados y poco compactos. Se correlacionaron con el conglomerado Sabinas, por lo que se han considerado del Terciario.

Ya en el Cuaternario, se formaron los depósitos de aluvión hacia las partes topográficamente bajas, con espesores que varían desde pocos metros hasta un máximo de 100 m.

Unidades hidroestratigráficas

En el estudio de 1980 ⁽⁵⁾ se hizo una clasificación de rocas permeables, poco permeables e impermeables que agrupan a las unidades litológicas de acuerdo con esta característica.

Dentro de las rocas permeables se agrupan a las calizas El Abra, que constituyen la mayor parte de las sierras existentes, y debido a su carácter arrecifal presentan una porosidad primaria que permitió la formación de agujeros y conductos de disolución, a través de los cuales el agua de lluvia se infiltra y circula hacia rocas del subsuelo más profundos, que contienen acuíferos de gran potencial.

Las rocas poco permeables comprenden a las formaciones San Felipe, Agua Nueva, Cuesta del Cura, Tamaulipas Superior y Tamaulipas Inferior, así como al conglomerado y aluvión del Cuaternario.

Las formaciones antes citadas están constituidas por calizas en general, pero ocasionalmente se hallan fracturadas y en consecuencia contienen acuíferos. El conglomerado, compuesto por arenas, gravas, cantos rodados y arcillas, poco compacto y mal clasificado, forma el pie de monte de las sierras y son muy permeables, condición que se ve atenuada por su poco espesor y pendientes topográficas muy fuertes, principalmente. Los aluviales están constituidos por materiales granulares de tamaño medio y fino, pero consolidados y con espesores reducidos.

Las rocas clasificadas como impermeables son las formaciones Méndez, Olvido, Huizachal, La Casita, el cuerpo arcilloso de Miquihuana, Horizonte Otates y los esquistos Granjero. Están constituidos en general por lutitas, margas, yesos, areniscas, calizas y hasta algunas rocas metamórficas, lo cual hace que se comporten como impermeables por efectos prácticos, funcionando como barreras al flujo de agua subterránea.

Geología del subsuelo

El conocimiento de los materiales del subsuelo a partir de la prospección geofísica de 1980 ⁽⁶⁾, apoyada en 28 sondeos eléctricos verticales (SEV), repartidos en 7 secciones, no tiene un apoyo firme de cortes geológicos de perforaciones.

⁵ Op. Cit. "Servicios de prospección y levantamientos geológicos y geofísicos en las zonas de Miquihuana y Tula, estado de Tamaulipas." Geohidrológica Mexicana S.A. Subdirección de geohidrología y de Zonas Áridas. SARH. Contrato GZA-80-37-ED. 1980.

En general la correlación de las unidades litológicas con las características geoelectricas de los materiales del subsuelo, no hacen sino corroborar las permeabilidades asignadas cualitativamente y que permitieron agrupar a dichas unidades litográficas en permeables, poco permeables e impermeables.

Las secciones geoelectricas A-A' y B-B' son las que se ubican dentro del área de interés. La primera se localiza al norte de San José del Llano y manifiesta un espesor de 50 m de aluviones, que descansan en rocas calcáreas de las formaciones El Olvido y El Abra, separadas por una falla de tipo inverso que incluso afecta a rocas de la formación Huizachal y la fase dolomítica de la formación El Abra. La profundidad total de investigación llegó a los 250 m.

La sección geofísica B-B' se localiza al sur del poblado San José del Llano, donde el espesor de los aluviones es de apenas 15 m en promedio. Le subyacen las formaciones calcáreas Méndez, San Felipe y Agua Nueva, las cuales están en contacto directo por falla con rocas del Cretácico Inferior no diferenciado; hacia el poniente, y sobreyaciendo a las rocas calizas de El Abra hacia el oriente.

Geología histórica y estructural

La Sierra Madre Oriental coincide con el eje tectónico de intensa deformación de los sedimentos depositados en la paleocuena conocida como Geosinclinal Mexicano; las deformaciones fueron ocasionadas por las fuerzas de compresión de la Orogenia Laramídica (post-Paleoceno-pre Eoceno-Sup.), las cuales tuvieron su paroxismo durante el Eoceno.

Las fases de deformación de la Revolución Laramide afectaron a los sedimentos mesozoicos, de acuerdo a la posición del área de sedimentación con respecto a los elementos paleogeográficos del Jurásico Superior. Las fuerzas que originaron la deformación, actuaron en dirección W-E. En general los plegamientos anticlinales y sinclinales tienen una orientación que varía de N-S a N30°W y son de una extensión considerable, la mayoría de las estructuras son simétricas, pero se presentan también recumbentes hacia el E o NE, teniendo ambos flancos fuertes buzamientos hacia el W o SW.

Los esfuerzos de compresión originaron un fallamiento invertido, principalmente en las estribaciones orientales de la sierra, con una dirección paralela a los plegamientos; el fallamiento secundario se originó debido al desfogue de la tensión acumulada durante la deformación, produciendo fallas normales de poca extensión perpendiculares a la dirección de los plegamientos.

3 Hidrología Subterránea

3.1 El acuífero

La formación El Abra, considerada como el mejor acuífero regional, esta constituido en un medio de agujeros y conductos de disolución, en tanto que las demás formaciones calcáreas representan un medio fracturado cuando contienen acuíferos y deben estar funcionando como semiconfinados a confina-

⁶ Op. Cit. "Servicios de prospección y levantamientos geológicos y geofísicos en la zonas de Miquiahuala y Tula, estado de Tamaulipas." Geohidrológica Mexicana S.A. Subdirección de geohidrología y de Zonas Áridas. SARH. Contrato GZA-80-37-ED. 1980.

dos. Por su lado, los acuíferos en conglomerados y depósitos aluviales, están contenidos en materiales clásticos de relleno, o sea un medio granular y funcionan como acuíferos libres.

No se conocen las características hidráulicas transmisividad ni coeficiente de almacenamiento; en cambio, desde el punto de vista geoquímico predominan las familias de agua: cálcico-sulfatada o sódico-sulfatada en las aportaciones de manantiales y cálcico bicarbonatada en los pozos, como una generalización.

La calidad del agua no siempre cumple con los requisitos de potabilización, pues los sólidos totales disueltos varían entre 645 a 1 233 ppm ⁽⁷⁾ pero desde luego no tiene restricciones en la agricultura.

3.2 Niveles del agua subterránea

No se cuenta con configuraciones de los niveles del agua subterránea, ni en lo que respecta a la profundidad, elevación ni evolución de los niveles del agua subterránea en este acuífero; sin embargo, por las diferentes visitas a la zona se ha podido comprobar que los niveles del agua subterránea, aunque relativamente profundos, se han mantenido estables por largos periodos.

3.3 Censo de aprovechamientos e hidrometría

Respecto al número de aprovechamientos de agua subterránea y la extracción no se cuenta con información a este respecto. Se conoce, sin embargo que para satisfacer las necesidades de la región existen por lo menos 35 aprovechamientos que extraen 21.8 Mm³/año, principalmente para uso agrícola ⁽⁸⁾.

4 Balance de aguas subterráneas

4.1 Ecuación de Balance

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 anualmente por el almacenamiento no renovable del subsuelo.

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

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

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total, y el cambio de masa por el cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, queda como sigue:

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

⁷ Op. Cit. "Servicios de prospección y levantamientos geológicos y geofísicos en las zonas de Miquiahuala y Tula, estado de Tamaulipas." Geohidrológica Mexicana S.A. Subdirección de geohidrología y de Zonas Áridas. SARH. Contrato GZA-80-37-ED. 1980.

⁸ Gerencia de Aguas Subterráneas. CNA. 2000

hidrogeológica

4.2 Recarga

De acuerdo con las observaciones de campo y con las mediciones realizadas en las diferentes estaciones hidrométricas ubicadas en los cauces de los ríos principales y las climatológicas colocadas en diferentes lugares de la cuenca, se deriva que del total promedio de la precipitación ($1\,220\text{ Mm}^3/\text{año}$), $890\text{ Mm}^3/\text{año}$ se evapotranspiran, $222\text{ Mm}^3/\text{año}$ escurren a través de los ríos de la región y $108\text{ Mm}^3/\text{año}$ se infiltran, de éstos últimos conservadoramente se estima que constituyen la recarga para los mantos acuíferos un mínimo de $54.1\text{ Mm}^3/\text{año}$.

4.3 Descarga

Las salidas del acuífero son a través de los pozos ubicados dentro de la región, y que ascienden a $21.8\text{ Mm}^3/\text{año}$ y el resto ($32.2\text{ Mm}^3/\text{año}$), se escapa por flujo subterráneo hacia los acuíferos vecinos ubicados aguas debajo de las cuencas de la planicie costera del golfo, con quien se encuentra conectados subterráneamente.

4.4 Cambio de almacenamiento

Como se mencionó anteriormente, no existen variaciones de los niveles, por lo tanto el cambio de almacenamiento es nulo.

Tabla 2 Balance de aguas subterráneas

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, ACUÍFERO TULA BUSTAMENTE, TAM.					2000
Área total del acuífero				km ²	2,219
RECARGA TOTAL					
	Área de valle		km ²		1,610
	Coefficiente	I ₁			0.07
	Precipitación		mm/año		450.0
Recarga natural por lluvia			M m ³ /año		50.7
Entradas horizontales			Eh	M m ³ /año	0.0
Total de recarga natural				M m ³ /año	50.7
	Público Urbano	I ₂			0.20
Recarga inducida P.U.				M m ³ /año	0.0
	Agrícola más otros agua subterránea	I ₃			0.15
Recarga inducida Agrícola + otros				M m ³ /año	3.3
RECARGA TOTAL			Rt	M m ³ /año	54.0
DESCARGA TOTAL					
Salidas horizontales			Sh	M m ³ /año	32.2
Caudal base			Q _{base}	M m ³ /año	0.0
Evapotranspiración				M m ³ /año	0.0
35	Extracción total			M m ³ /año	21.8
35	Agrícola			M m ³ /año	21.8
	Público urbano			M m ³ /año	0.0
	Industrial			M m ³ /año	0.0
	Otros			M m ³ /año	0.0
DESCARGA TOTAL				M m ³ /año	54.0

Cambio de almacenamiento		DA	M m ³ /año	#iDIV/0!
Coeficiente de almacenamiento		S		#iDIV/0!
Volumen drenado (0 m/año)		Vd	M m ³ /año	0

5 Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas se aplica el procedimiento establecido en la Norma (⁹), que establece la metodología para calcular la disponibilidad de aguas nacionales.

La disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Disponibilidad media anual} \\ \text{de agua subterránea en} \\ \text{una unidad hidrogeológica} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Recarga total} \\ \text{media anual} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Descarga natu-} \\ \text{ral} \\ \text{Comprometida} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Volumen anual de} \\ \text{agua subterránea} \\ \text{concesionado e ins-} \\ \text{crito en el REPDA} \end{array} \quad (3)$$

5.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, calculada como la suma de la recarga natural más la recarga inducida, arroja un valor de 54.0 Mm³/año.

5.2 Descarga natural comprometida

Este concepto está integrado por los volúmenes captados para diferentes usos en los manantiales, el flujo subterráneo que constituye un aporte importante hacia otros acuíferos, y una parte importante del flujo base. Para este caso, no existe agua comprometida aguas abajo.

5.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

El volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), al 30 de abril de 2002, consiste en 15,836,310 m³/año.

5.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas, conforme a la metodología indicada en la "Norma que establece la metodología para calcular la disponibilidad de aguas nacionales" se obtiene de restar a la recarga total los volúmenes de la descarga natural comprometida y el volumen concesionado e inscrito en el REPDA, de esta forma la disponibilidad es de 38,163,690 m³/año.

$$38\,163,690 = 54\,000,000 - 0.00 - 15,836,310$$

La cifra indica que existe volumen disponible de 38,163,690 m³/año para nuevas concesiones en el acuífero de Tula-Bustamante, Tamaulipas. En este sentido, se debe considerar no incrementar la ex-

⁹ Norma que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de aguas nacionales.

tracción en las áreas donde se tienen condiciones geohidrológicas que presentan síntomas de abatimiento

México, D.F., 30 de abril de 2002