



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO MINATITLÁN (0613), ESTADO DE
COLIMA**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES.....	3
Antecedentes.....	3
1.1 Localización	3
1.2 Situación Administrativa del acuífero.....	5
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	6
3. FISIOGRAFÍA.....	6
3.1 Provincia Fisiográfica.....	6
3.2 Clima	7
3.3 Región Hidrológica.	8
3.4 Geomorfología.....	9
4. GEOLOGÍA.....	9
5. HIDROGEOLOGÍA.....	10
5.1 Tipo de acuífero.....	10
5.2 Parámetros hidráulicos	11
5.3 Piezometría.....	11
5.4 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	13
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	14
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	14
8. DISPONIBILIDAD	15
8.1 Recarga total media anual (R).....	16
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	16
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	16
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	17
9. BIBLIOGRAFÍA	18

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 Minatitlán, definido con la clave 0613 por la Comisión Nacional del Agua tiene una extensión superficial de 9.75 km² y un área incluida su zona de recarga (Zona Geohidrológica) de 175.00 km²; se ubica en la parte alta del estado de Colima dentro de la Región Hidrológica N° 15 municipio de Minatitlán, Colima.

La Zona Geohidrológica del acuífero, se encuentra ubicada totalmente en el municipio de Minatitlán, Colima; dentro de las principales poblaciones se encuentran Minatitlán, Las Guásimas y Peña Colorada, su principal actividad es la minería, agricultura y comercio (INEGI).

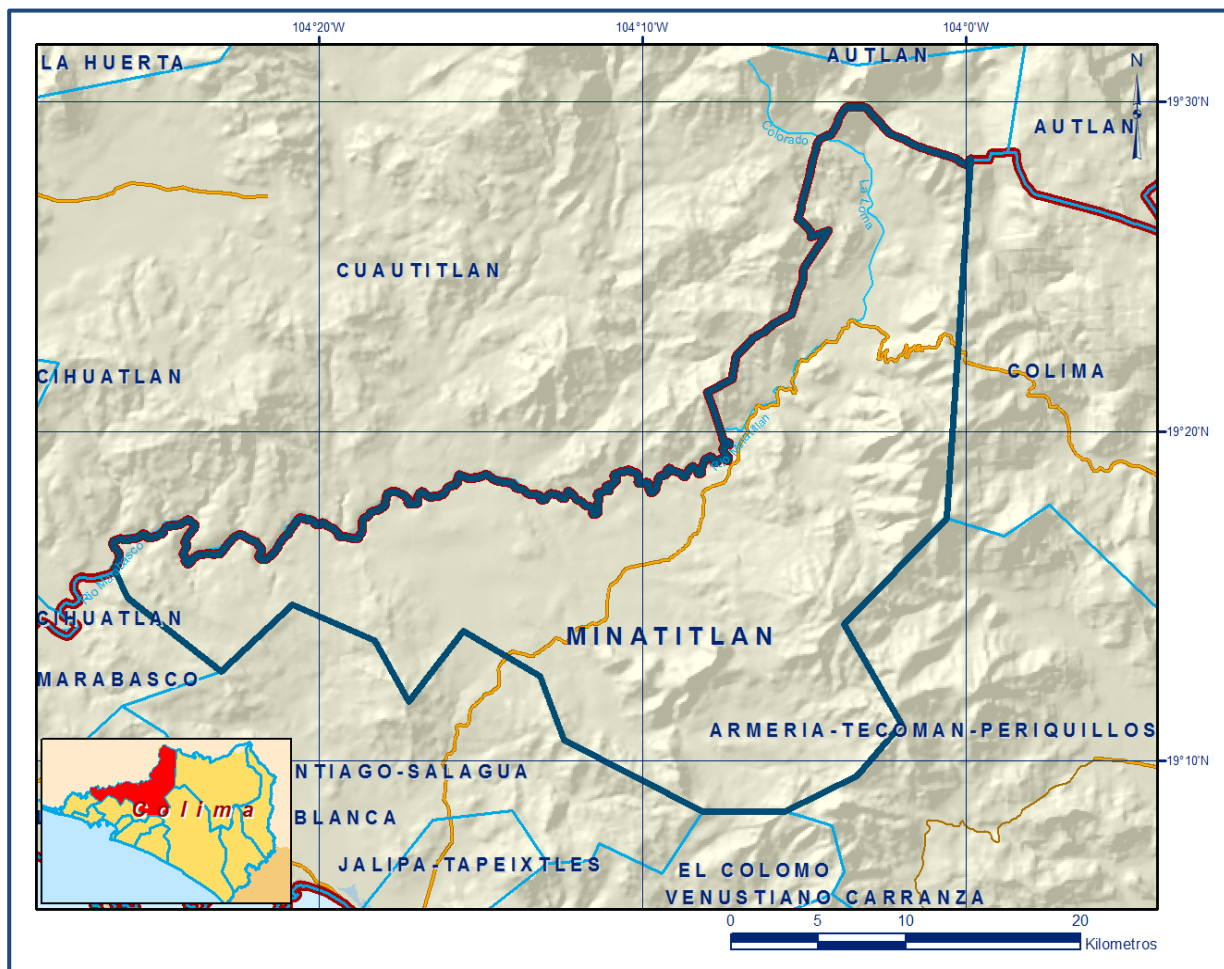


Figura 1. Localización del acuífero

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

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 061 3 MINATITLAN							OBSERVACIONES
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	103	59	51.1	19	28	15.5	
2	104	0	35.5	19	17	21.5	
3	104	3	46.4	19	14	7.5	
4	104	1	58.9	19	11	5.6	
5	104	3	21.3	19	9	31.2	
6	104	5	34.9	19	8	26.9	
7	104	8	7.9	19	8	26.1	
8	104	12	25.8	19	10	36.5	
9	104	13	9.0	19	12	33.0	
10	104	15	31.7	19	13	56.4	
11	104	17	12.1	19	11	46.8	
12	104	18	16.4	19	13	39.3	
13	104	20	48.2	19	14	43.6	
14	104	23	1.5	19	12	42.1	
15	104	25	54.5	19	14	56.4	
16	104	26	17.8	19	15	44.7	DEL 16 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	103	59	51.1	19	28	15.5	

1.2 Situación Administrativa del acuífero

Decretos de Veda

Actualmente se tienen dos Decretos de Veda de Aguas del Subsuelo, la Primera: Publicada el 20 de agosto de 1973 y que comprende la Costa de Colima, cuya extensión y límites geopolíticos corresponden a los municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán, del estado de Colima. El tipo de veda que se Decreta es de Control de las extracciones, uso o aprovechamiento de aguas del subsuelo de dicha Zona. La Segunda Veda: Publicada el 21 de septiembre de 1984 y que comprende la Zona que no fue incluida en la Veda Impuesta por el ordenamiento Presidencial Publicada en 20 de agosto de 1973, cuya extensión y límites geopolíticos, corresponden a los Municipios de: Colima, Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc, Ixtlahuacán, Minatitlán y Villa de Alvarez. El tipo de veda que se Decreta es de Control de las extracciones, uso o aprovechamiento de aguas del subsuelo de dicha Zona. Como hasta ahora (1990) la disponibilidad de agua sigue siendo, en términos generales, mayor que su demanda, las vedas referidas no se aplican todavía para limitar la construcción de captaciones sino más bien para cuidar que la explotación de los acuíferos progrese en forma ordenada, tomando en cuenta la magnitud y distribución de su volumen renovable y respetando las restricciones naturales de los acuíferos costeros. (Sinopsis Geohidrológica)

Zonas de Disponibilidad

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

Distritos y Unidades de Riego

De acuerdo con el Padrón de Unidades de Riego por bombeo de aguas subterráneas no existen Unidades.

Usuarios mayores de Agua Subterránea

El único Usuario, en este Acuífero es: Peña Colorada para uso Industrial.

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Los Estudios que se han realizado en la Zona son: Informe del Análisis del Funcionamiento de los Pozos de abastecimiento de la zona de Minatitlán Col. I.C.G. (1977) y Estudio Geohidrológico de la Cuenca del Río Minatitlán Mpio de Minatitlán Col. GEOX (1996).

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia Fisiográfica

La Zona Geohidrológica de Minatitlán, se ubica al Norte de la Provincia Fisiográfica denominada: Sierra Madre del Sur, cuyo drenaje principal lo constituyen las corrientes que fluyen de la Sierra hacia el Mar. Esta Provincia se caracteriza por tener un relieve variado que incluye Sierras, Valles y Llanuras Costeras.

Las Sierras están ampliamente distribuidas en toda la Provincia y alcanzan elevaciones desde 500 metros sobre el nivel del mar (msnm), en la porción Centro-Occidental hasta más de 2,400 msnm, en la Nor-Occidental la Red de Drenaje está compuesta por cauces poco profundos en forma de V con pendiente pronunciada en las montañas y suave en los lomeríos.

Los valles se encuentran en las partes bajas de las cuencas son estrechos y tienen drenaje paralelo con Arroyos de poca pendiente las llanuras están diseminadas en la faja costera separadas por cadenas montañosas que desde las Sierras se extienden hasta el Litoral. (I.C.G.)

3.2 Clima

Prevalece el clima tropical lluvioso, la temporada lluviosa comprende los meses de junio a octubre. La precipitación más abundante se registra en los meses de julio a septiembre, durante los cuales son frecuentes las lluvias torrenciales de origen ciclónico.

El estiaje abarca de noviembre a mayo, con la lámina media mensual menor que 15 mm. Tabla 2.

Debido a su posición geográfica, a la cercanía del mar y a las corrientes de aire marítimo, el clima predominante en el estado de Colima es cálido subhúmedo con lluvias en verano A(W), sin embargo, a pesar de su extensión reducida existe una diversidad climatológica, la cual se describe en el cuadro siguiente:

Tabla 2. Climatología del estado de Colima

CLIMA	SÍMBOLO	% DEL ESTADO
Cálido subhúmedo con lluvias en verano	A (W)	78.8
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	AC (W)	7.8
Templado subhúmedo con lluvias en verano	C (W)	2.0
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	C (E) (W)	0.6
Semiseco muy cálido y cálido	BS (h)	10.8

Fuente: C.G.S.N.E.G.I. Cartas de Colima

Temperatura media anual

De acuerdo al promedio de los últimos 25 años, la temperatura media anual en la subcuenca Río Chacala es de 25.8° C mientras que la temperatura máxima oscila entre 39 y 40° C y la temperatura mínima entre 5.5 y 8° C. (Hidrología y Climatología Colima).

Precipitación Media Anual.

La precipitación anual promedio en el estado es de 1,026.42 mm, equivalente a un volumen de 5.6 hm³, la máxima una lámina de 1.6 mm lo que representa un volumen de 9.1 hm³ y la lámina mínima de 665 mm lo que da un volumen de 3.6 hm³ anuales.

En la subcuenca de la Laguna de Cuyutlán la precipitación media anual corresponde a una lámina de 1,077.7 mm mientras que la máxima fue de 1,498.6 mm y la mínima de 831.7 mm lo que representa un volumen medio anual de 1.836 hm³, 2.6 hm³ máximos y 1.4 hm³ para la precipitación mínima. (Hidrología y Climatología Colima).

La temporada de lluvias ocurre en los meses de junio a octubre, en los cuales se presenta el 88% de la precipitación anual, el 7% ocurre de enero a mayo y el 5% restante de noviembre a diciembre, las cuales corresponden a períodos de transición de lluvias irregulares y dispersas. (Hidrología y Climatología Colima).

3.3 Región Hidrológica.

El estado de Colima se encuentra ocupando parcialmente la Región Hidrológica # 15, denominada Costa de Jalisco, y la Región Hidrológica # 16, Ríos Armería – Coahuayna. Dentro de la primera ocupa parte de la cuenca Chacala – Purificación, y dentro de ésta queda comprendida parte de la subcuenca Chacala (Marabasco); dentro de la segunda se ocupa en forma parcial las cuencas de los ríos Armería y Coahuayana, subcuencas del río Armería, río Coahuayana y Lagunas de Alcuzahue y Amela respectivamente. (Hidrología y Climatología Colima).

La Zona Geohidrológica Minatitlán, está comprendida en la Región Hidrológica número quince, denominada Costa de Jalisco.

Cuenca

Se ubica en la Cuenca denominada: Chacala – Purificación, Subcuenca Río Chacala (Marabasco). Dentro de la Subcuenca Chacala (Marabasco), cuya extensión superficial es de 2,134.00 km², uno de los tres colectores naturales principales de agua superficial en la Cuenca y que desemboca al Océano Pacífico es el Río Minatitlán-Marabasco; tiene su nacimiento al norte de Minatitlán (Sierra de Manantlán) con volumen de agua medio anual transportado de 100 hm³, drenando un área total de 2311 kilómetros cuadrados en la Cuenca compartida de Chacala-Purificación. El Valle en “V” el espesor de materiales fluviales y la forma del Río Minatitlán, son propias indicaciones de una etapa de juventud.

Las Unidades Geológicas que existen en las partes altas de la Cuenca son consideradas impermeables, por lo que todo lo que escurre hacia el Valle se infiltra en el contacto con los aluviones. (Geox).

3.4 Geomorfología

La porción correspondiente a la Sierra Madre del Sur, se caracteriza principalmente por su topografía montañosa con pendientes escarpadas, cuya altitud promedio varía de 300 a 1700 m.; sierras complejas constituidas por secuencias volcano-sedimentarias y rocas volcanoclásticas (noroeste y sur del estado); sierras formadas por rocas sedimentarias calcáreas, clásticas y asociaciones de ambas, expuestas principalmente en el norte y centro y sureste y cuya dirección de los ejes estructurales es en dirección general noroeste-sureste, donde el drenaje está controlado por la estratificación de estas rocas; y cerros de topografía suave debido a la erosión de las rocas plutónicas que pertenecen al batolito circumpacífico y aflora el oeste del estado. Estas rocas intrusivas en algunos sitios presentan intemperismo esferoidal.

Los derrames y piroclásticos que pertenecen a la Sierra Madre del Sur contrastan morfoestructuralmente con las rocas sedimentarias y plutónicas. El drenaje está controlado por las topoformas, el fracturamiento y la pseudo estratificación de las rocas piroclásticas, cuyo relieve presenta cuevas y contracuevas abruptas. La porción del estado correspondiente a la Sierra Madre del Sur se encuentra en una etapa de madurez avanzada. (INEGI).

4. GEOLOGÍA

El acuífero está formado por rocas ígneas de composición ácida, distribuidas ampliamente en los alrededores de Minatitlán; sobre estas rocas se encuentran tobas de composición ácida a intermedia, las que afloran en la margen izquierda del Río Minatitlán. A partir de las rocas mencionadas se desarrollan depósitos recientes del tipo abanico aluvial y fluviales. Se localiza sobre un abanico aluvial derivado de rocas ígneas.

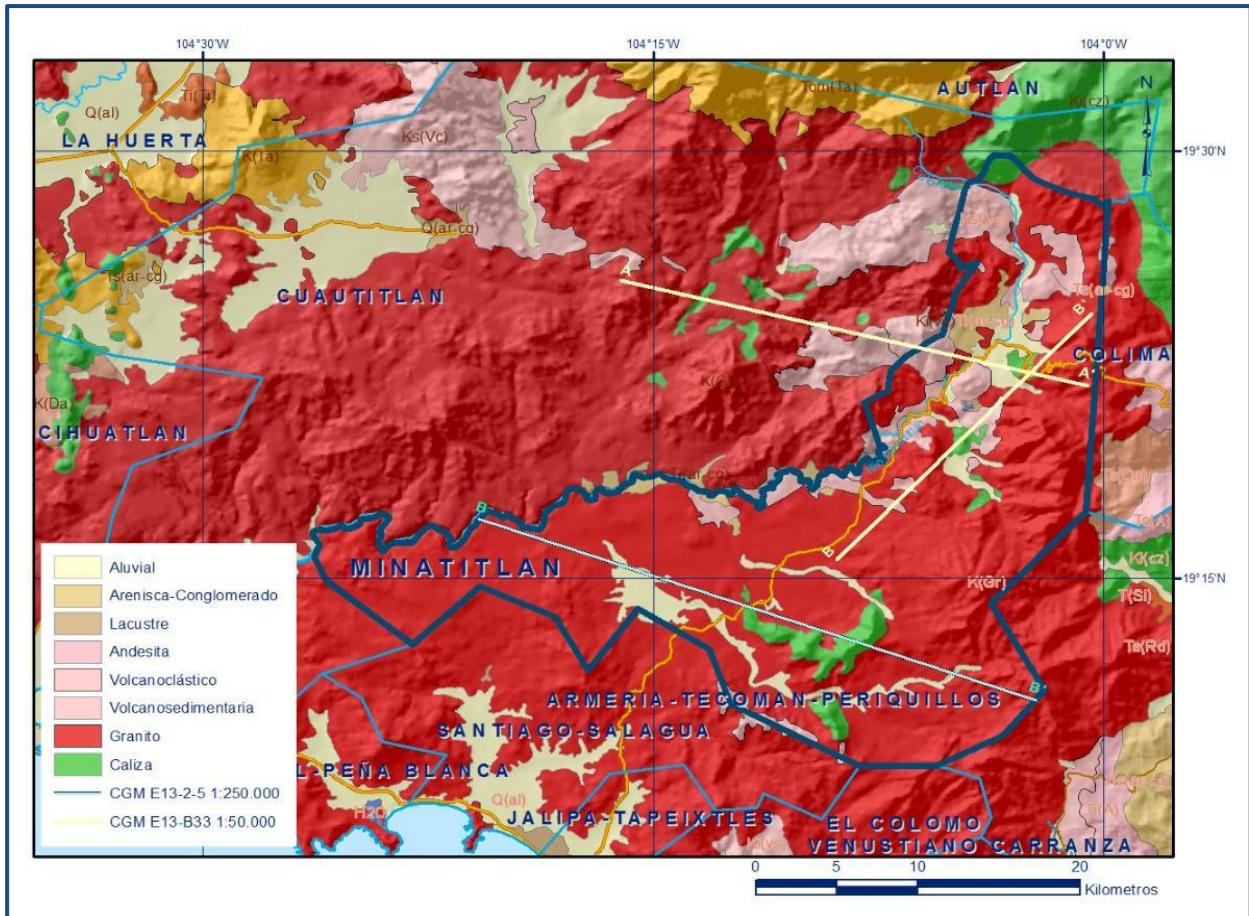


Figura 2. Geología general del acuífero

En los planos editados por INEGI, el Valle de Minatitlán aparenta ser una Fosa Tectónica con fallas normales NN-SSW Y NNW-SSE con los caídos hacia el centro. Las visitas de campo cambian esta visión, solo se puede deducir que el valle tiene forma de "V", con fuertes escarpes labrados por la acción combinada de diferentes agentes erosivos y la suavidad de las rocas limítrofes. (GOEX).

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

El Acuífero es de tipo libre, lo constituyen depósitos aluviales formados por mezclas de gravas y arenas en espesores que varían de 10 m. a 50m. Este acuífero se constituye a partir de que en la estribación Sur de la Sierra de Manantlán nace el Río Minatitlán-Marabasco el cual 8 km aguas abajo cruza el Valle denominado Minatitlán, en el que toda el agua que llueve escurre hacia el centro incrementando el volumen de este; que, a su vez, forma una serie de meandros con la erosión en las interdigitaciones de los depósitos aluviales y fluviales (de gran permeabilidad) poco consolidados. (GEOEX)

Las principales recargas provienen del Río Minatitlán y de sus afluentes, como es el caso de los arroyos: La Loma, El Rincón, La Mesa; El Tío Nacho, Bonete y El Peón; también recibe recarga de la precipitación pluvial directa. Su descarga se efectúa por salida de flujo de agua subterránea y extracción por bombeo de agua subterránea. (GEOEX).

5.2 Parámetros hidráulicos

Las características hidráulicas de los acuíferos aluviales dependen de su granulometría y espesor. En general, su coeficiente de transmisividad varía en el área dentro del rango de 0.15 y 0.30 m²/seg; los valores mayores se registran en la porción alta de la planicie Costera y en las inmediaciones de los cauces principales, donde predominan los clásicos gruesos muy permeables.

A escala original, son de tipo “libre” o freático”; por tanto, se estima que su coeficiente de almacenamiento es equivalente a su porosidad efectiva y toma valores entre 0.12 y 0.25, dependiendo de la granulometría de los clásticos en que oscila la superficie freática. Sin embargo, el valor de este coeficiente puede ser mucho menor en aquellas áreas donde los acuíferos están confinados o semiconfinados por estratos de materiales limo-arcillosos (Sinopsis Geohidrológica).

El valor de conductividad hidráulica (K) es igual a 0.25, el valor del coeficiente de almacenamiento es 0.16 y finalmente el valor de la porosidad eficaz por rendimiento específico (SY) es de 0.15 (I.C.G.)

5.3 Piezometría

Las configuraciones piezométricas proporcionan valiosa información acerca de la circulación del agua en el subsuelo. El agua ingresa a los acuíferos en las áreas de recarga - flancos montañosas, abanicos aluviales y cauces de corrientes alimentadoras, localizadas en las partes altas de valles y planicies, y transita hacia las áreas de descarga bajo el control de la geología subterránea, transita hacia las áreas de descarga bajo el control de la geología subterránea. En condiciones naturales, el gradiente hidráulico tenía fuertes variaciones en el área, determinadas por cambios en la permeabilidad y en la sección de los acuíferos o por variaciones en el caudal de flujo; en general, su valor era de 10 a 30 por millar en el relleno angosto y delgado de los pequeños valles fluviales, y de 1 a 9 por millar en los acuíferos más amplios y gruesos de las planicies costeras.

A lo largo de las trayectorias de flujo, una parte del caudal afloraba en los cauces colectores o era transpirado por la vegetación nativa, el resto continuaba su curso subterráneo hacia aguas abajo y, finalmente escapaba al mar (Sinopsis Geohidrológica).

Así, en las zonas costeras el bombeo ha reducido el gradiente de flujo hacia el litoral, pero como los abatimientos no han sido continuos ni de gran magnitud, en la mayoría de aquéllas la carga hidráulica es todavía positiva y persiste el flujo subterráneo hacia el océano; sólo en la zona “Jalipa-Tapeixtles” se han generado depresiones piezométricas con elevaciones negativas de varios metros, a pocos kilómetros del litoral, aunque en su faja costera todavía se mantiene un pequeño gradiente de flujo hacia el mar. (Sinopsis Geohidrológica).

Actualmente simultáneamente, la recarga, la descarga natural y el bombeo, provocan la oscilación continua de los niveles de agua.

En general, estos descienden en los periodos de estiaje y ascienden durante las temporadas de lluvia, se encuentran en su posición más baja en los meses de abril a mayo y en su posición más alta en los de octubre a noviembre.

La magnitud de las oscilaciones es de varios metros, registrándose las mayores en las áreas de recarga y de bombeo, especialmente en aquéllas donde los acuíferos tienen baja capacidad de almacenamiento y de regulación. A estas fluctuaciones estacionales se superponen las tendencias piezométricas de largo plazo, generadas por las variaciones anuales de la precipitación pluvial.

En las zonas costeras del estado se observa una relación muy estrecha entre estas variaciones y el comportamiento de la superficie freática de los acuíferos: durante los ciclos secos, de varios años de duración, las porciones altas de los acuíferos se drenan a causa de la escasa recarga, como ocurrió en el lapso 1974-80 en las partes altas de las planicies costeras y en los estrechos valles, donde se observaron abatimientos de 5 a 18 m; por el contrario, en los ciclos lluviosos, los niveles del agua se recuperan rápidamente, como aconteció en el intervalo 1981-84. La fuerte oscilación de los niveles freáticos afecta la operación de los pozos someros emplazados donde el espesor de los acuíferos es reducido. (Sinopsis Geohidrológica).

La posición de los niveles estáticos del agua subterránea con respecto a la superficie del terreno varía especialmente en las zonas geohidrológicas, dependiendo de la distribución de la recarga y del bombeo, de la configuración topográfica y de la transmisividad de los acuíferos.

En las planicies costeras los niveles freáticos afloran en las proximidades del litoral. Desde esas áreas, la profundidad a los niveles del agua aumentó gradualmente hacia aguas arriba, debido a que el gradiente hidráulico es menor que la pendiente topográfica, hasta alcanzar valores de 5 a 20 m en el borde superior de las planicies; luego en los pequeños valles de las subcuencas de Cuyutlán y de Cihuatlán, varía en el rango de 20 a 70 m, también con tendencia creciente hacia aguas arriba, (Sinopsis Geohidrológica), en el caso del acuífero Minatitlán el rango varía de 2 a 5 m de profundidad (Geoex).

5.4 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

La salinidad total del agua subterránea es baja en la mayor parte de la entidad; en general, la concentración de sales es menor que 500 partes por millón (ppm) de sólidos totales disueltos (STD), en todas las zonas geohidrológicas. Tan favorable característica hidrogeoquímica, se debe a la combinación de varios factores:

La corta permanencia del agua en el subsuelo, derivada de su rápida circulación a través de acuíferos bastante permeables y de dimensiones relativamente reducidas; la gran resistencia al ataque químico del agua, de las rocas acuíferas predominantes ígneas fracturadas y clásticas gruesas derivados de su erosión y la abundante precipitación pluvial.

Calcio, Sodio y bicarbonato son los iones disueltos predominantes en esas aguas, procediendo los dos primeros de la disolución de los feldespatos cálcicos y sódicos constituyentes de las rocas ígneas. (Sinopsis Geohidrológica).

Actualmente en este Acuífero se tienen concentraciones entre 530 y 810 partes por millón de sólidos totales disueltos. (Geoex)

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

VALLE DE: MINATITLÁN											
APROVECHAMIENTOS			USO AGRICOLA		USO A/P Y DOM		USO PECUARIO		INDUSTRIAL		SERV
POZOS	NORIAS	TOTAL	POZOS	NORIAS	POZOS	NORIAS	POZOS	NORIAS	POZOS	NORIA	P N
8		8							8		
ELECTRIFICADOS		COMB. INTERNA	SIN EQUIPO		S/ORIF. SECOS		ACTIVOS		INACTIVOS		
POZOS	NORIAS	POZOS	NORIAS	POZOS	NORIAS	POZOS	NORIAS	POZOS	NORIAS	POZOS	NORIA
6				2				6		2	

(Aguas Subterráneas Colima 1998)

USO ACTUAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA (hm³)

CUENCA	ACUÍFERO	AGRÍCOLA	USOS DEL AGUA			
			PÚBLICO URBANO	DOMESTICO ABREVADERO	INDUSTRIAL	SUBTOTAL
Chacala-Purificación	Minatitlán			-	5.6	

(Sinopsis Geohidrológica)

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, 1987 (hm³)

ACUIFERO	Eh	Sh	B	+	D n	Rv
Minatitlán	8.45	0.202	5.6	4.298	0	1.65

Eh = Entradas subterráneas

Sh = Salidas subterráneas

B = Bombeo

AV = Cambio de almacenamiento

Dn = Descargas naturales (incluye la evapotranspiración)

Rv = Recarga vertical +Recarga Inducida

$$E - S = AV + R$$

E = Entradas totales al sistema

S = Salidas totales del sistema

AV = Cambio de almacenamiento

S = Coeficiente de almacenamiento

RECARGA MEDIA ANUAL DEL ACUÍFERO, 1979-1990 (hm³)

SUBCUENCA	ACUÍFERO	RECARGA MEDIA ANUAL	RENDIMIENTO PERMANENTE
Chacala Purificacion	MINATITLAN	10.1	8.39

Entradas	(hm ³)	Salidas	(hm ³)
Recarga Vertical	1.10	Flujo Subterráneo	0.20
Recarga Inducida	0.50	Descargas Naturales	
Flujo subterráneo	8.50	Incluye Evapotranspiración	0.0
Recarga Total	10.1	Bombeo	5.60

La ecuación de balance considerada para el acuífero Minatitlán. El balance de aguas subterráneas en su forma más simple, está representado por la expresión siguiente:

$$\text{Recarga Total} = \text{Cambio de Almacenamiento} + \text{Descarga Total}$$

$$R = 4.3 + 5.80$$

$$R = 10.1 \text{ hm}^3$$

8. DISPONIBILIDAD

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

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

Donde:

- DMA** = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero
R = Recarga total media anual
DNC = Descarga natural comprometida
VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso, su valor es de **10.1 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 el acuífero Minatitlán, en el estado de Colima, existe una descarga natural comprometida de **1.7 hm³/año**.

8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica.

En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos, aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **8,458,477 m³** anuales, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 10.1 - 1.7 - 8.458477 \\ \text{DMA} &= -0.058477 \text{ hm}^3/\text{año}. \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **58,477 m³ anuales**.

9. BIBLIOGRAFÍA

Ampliación del Estudio Geohidrológico de los Valles Costeros cercanos a Manzanillo, en el Estado de Colima, Ingeniería Civiles y Geólogos Asociados, S.A.; Consultores. Diciembre de 1975.

Sinopsis Geohidrológica del Estado de Colima, Diciembre de 1990.