Comisión Nacional del Agua
Subdirección General Técnica
Gerencia de Aguas Subterráneas
Subgerencia de Evaluación y
Ordenamiento de Acuíferos

Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Atlixco-Izucar De Matamoros (2103), Estado de Puebla

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 PUEBLA							
2103	ATLIXCO-IZÚCAR DE MATAMOROS	244.3	83.9	113.278661	129.1	47.141339	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 2103 ATLIXCO-IZUCAR DE MATAMOROS

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	98	34	5.1	19	2	22.2	
2	98	27	31.9	18	59	1.3	
3	98	19	13.0	18	58	34.9	
4	98	14	21.2	18	57	4.3	
5	98	17	26.1	18	52	52.8	
6	98	15	29.2	18	52	2.2	
7	98	12	52.9	18	48	56.4	
8	98	17	6.7	18	46	46.5	
9	98	19	3.0	18	44	57.7	
10	98	19	10.4	18	42	42.3	
11	98	15	51.2	18	41	20.2	
12	98	19	3.7	18	36	58.9	
13	98	22	38.7	18	32	50.6	
14	98	19	13.8	18	31	8.2	
15	98	19	50.5	18	28	19.6	
16	98	27	32.1	18	26	56.3	
17	98	32	51.2	18	26	50.8	
18	98	34	25.5	18	25	22.0	
19	98	37	37.3	18	24	33.7	
20	98	40	2.1	18	25	9.9	
21	98	41	54.7	18	26	24.7	
22	98	42	23.3	18	26	40.4	DEL 22 AL 23 POR EL LIMITE ESTATAL
23	98	42	25.9	18	53	46.4	DEL 23 AL 24 POR EL LIMITE ESTATAL
24	98	37	57.7	19	0	53.5	DEL 24 AL 25 POR EL LIMITE ESTATAL
25	98	37	38.7	19	1	18.8	
1	98	34	5.1	19	2	22.2	

Comisión Nacional del Agua

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBLIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO ATLIXCO-IZÚCAR DE MATAMOROS, ESTADO DE PUEBLA.

México, D.F., 30 de abril de 2002

DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO ATLIXCO-IZÚCAR DE MATAMOROS, ESTADO DE PUEBLA

CONTENIDO

1 **Generalidades**
- 3.2 Antecedentes
- 3.3 Localización
- 3.4 Municipios
- **3.5** Estudios técnicos realizados con anterioridad

2 Marco Físico
- 2.1 Clima
  - 2.1.1 Temperatura media anual
  - 2.1.2 Precipitación media anual
  - 2.1.3 Evaporación potencial media anual
- 2.2 Hidrografía
  - 2.2.1 Región hidrológica
  - 2.2.2 Cuenca
  - 2.2.3 Infraestructura Hidráulica
- 2.3 Geología
  - 2.3.1 Provincia Fisiográfica
  - 2.3.2 Geología estructural
  - 2.3.3 Estratigrafía

3 Hidrología Subterránea
- 3.1 Tipo de acuífero
- 3.2 Niveles del Agua Subterránea
  - 3.1.1 Profundidad del nivel estático
  - 3.1.2 Elevación del nivel estático
  - 3.1.3 Evolución del nivel estático
  - 3.1.4 Hidrogeoquímica y Calidad del Agua
  - 3.1.5 Censo de aprovechamientos e hidrometría

4 Balance de aguas subterráneas
- 4.1 Ecuación de balance
- 4.2 Recarga
  - 4.2.1 Recarga natural
  - 4.2.2 Recarga inducida
  - 4.2.3 Flujo horizontal
- 4.3 Descarga
  - 4.3.1 Evapotranspiración
  - 4.3.2 Descargas naturales
  - 4.3.3 Extracción de agua subterránea
  - 4.3.4 Flujo subterráneo
- 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
- 5.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

Índice de figuras

Figura 1 localización del Acuífero
Figura 2 Plano del Acuífero
Figura 3 Profundidad del nivel estático
Figura 4 Elevación del nivel estático
Figura 5 Evolución del nivel estático

Índice de tablas

Tabla 1 Coordenadas que definen al área del acuífero de Atlixco-Izúcar de Matamoros
Tabla 2 Aprovechamiento del agua subterránea

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 ha 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, estos decretos 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 aguas 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 subterránea deberá de realizarse un balance de aguas subterráneas, donde se defina de manera precisa la recarga de los acuíferos y de esta 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, se determine el rendimiento permanente, 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

El área analizada en el estudio, comprende una superficie de 2,000 km^2, el acuífero se localiza en la parte suroccidental del Estado de Puebla.

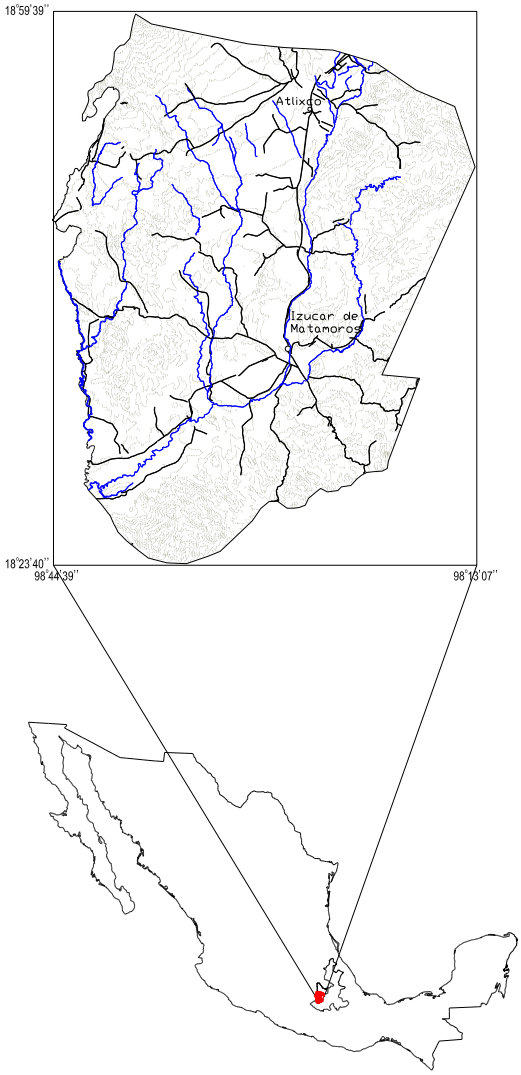

FIGURA 1 LOCALIZACION DEL ACUÍFERO DE ATLIXCO-IZUCAR DE MATAMOROS

Las coordenadas del polígono para enmarcar el área de estudio se presentan en la tabla 1.

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	98	38	56.4	18	59	38.4	
2	98	19	12.0	18	58	33.6	
3	98	13	22.8	18	56	31.2	
4	98	14	38.4	18	53	2.4	
5	98	13	8.4	18	48	32.4	
6	98	19	48.0	18	34	44.4	
7	98	17	16.8	18	34	19.2	
8	98	19	26.4	18	28	37.2	
9	98	38	42.0	18	23	42.0	
10	98	42	18.0	18	25	19.2	
11	98	43	8.4	18	24	32.4	
12	98	45	3.6	18	26	6.0	
13	98	44	24.0	18	27	18.0	Del 13 al 1 por el límite estatal
1	98	38	56.4	18	59	38.4	

Tabla 1 Coordenadas que definen al área del Acuífero de Atlixco-Izúcar de Matamoros.

1.3 Municipios

De acuerdo con la división política, el área de estudio incluye, en forma parcial o total, los siguientes municipios: Acteopan, Atlixco, Atzala, Atzitzihuacán, Cohuecan, Epatlán, Huaquechula, Izúcar de Matamoros, San Diego la Mesa Tochimiltzingo, San Martín Totoltepec, Tepemaxalco, Tepeojuma, Tepexco, Tianguismanalco, Tilapa, Tlapanalá y Tochimilco.

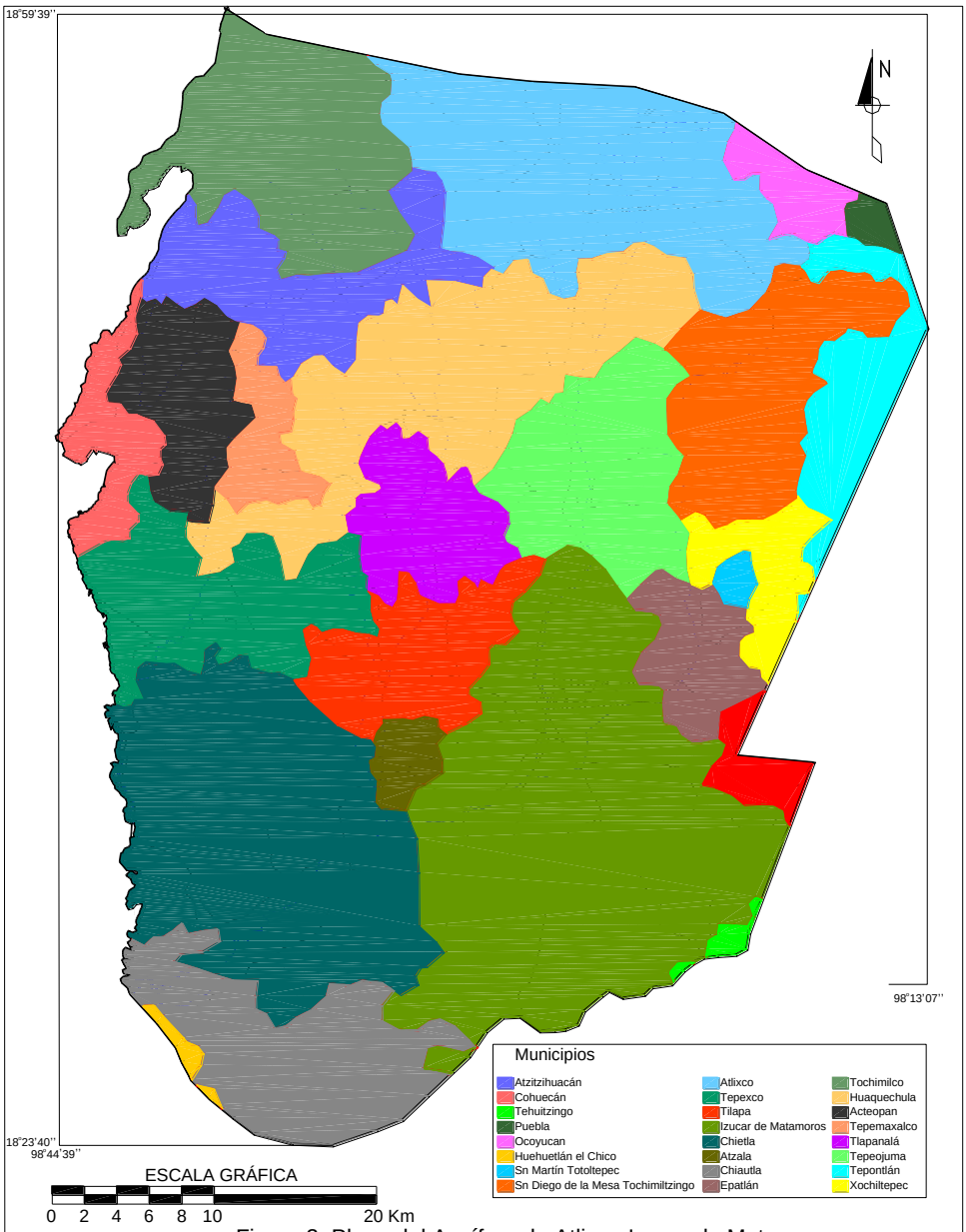

Figura 2 Plano del Acuífero de Atlixco-Izucar de Matamoros
(Sinopsis Geohidrológica Actualizados a 2000)

1.4 Estudios técnicos realizados con anterioridad

1. La información fue recopilada del: "Estudio Geohidrológico preliminar de la zona de Atlixco–Izúcar de Matamoros, Puebla", realizado por la Empresa "Perforaciones y Estudios Geológicos, S.A.", concluido en el año de 1981 y del

2. "Estudio Geohidrológico Preliminar de la zona Atencingo-Atlixco Pue." realizado por la Empresa Geocalli, S.A., concluido en el año de 1982, y actualizada con los datos registrados en el REPDA, 2000, Registro Público de Derechos de Agua, Gerencia Estatal en Puebla, corte a junio del 2000.

2. Marco Físico

2.1 Clima

En la clasificación climatológica, de acuerdo con Köppen, se describe como un clima semicálido con régimen de lluvias de verano y poca oscilación de temperatura en la zona de Atlixco y un clima cálido con lluvias en verano y ligera oscilación de la temperatura en la zona de Izúcar de Matamoros.

2.1.1 Temperatura media anual

La temperatura media anual va de 16.1 a 21.8° C

2.1.2 Precipitación media anual

La información obtenida de nueve estaciones climatológicas, distribuidas en todo el área indican que la precipitación media anual varía de 719.9 a 1,061.2 mm, siendo la precipitación media anual de 890 mm.

Los meses más lluviosos ocurren en junio, julio, agosto y septiembre con alturas de lluvia hasta de 1273.2 mm.

2.1.3 Evapotranspiración potencial media anual

La evaporación potencial media anual es de 1,926.4 mm.

2.2 Hidrografía

El estudio Geohidrológico preliminar de la zona de Atlixco–Izúcar de Matamoros, Puebla, manifiesta que las corrientes superficiales más importantes que escurren por el valle son: El río Nexapa, Río Epatlán y el río Atila o Huitzilac, los dos últimos se consideran afluentes del primero.

El Nexapa, nace en la falda oriental del Popocatépetl a unos 20 km al norte de la ciudad de Atlixco, es un río de régimen permanente, alineado en su porción alta por los deshielos del volcán, solo que pocos kilómetros debajo de su nacimiento derivan sus aguas a través de un canal, cuyo nombre va cambiando, en este sitio es conocido como los Molinos, estimándose un gasto de 400 lps. Sobre su porción occidental, recibe aportaciones de los arroyos Cuescomate y el Río Cantarranas, este último, se inicia donde nacen los manantiales de San Baltazar Atlimeyaya, cuyas aguas son conducidas por el canal Catecuxco con un gasto estimado de 1 m^3/s.

El río Epatlán escurre paralelamente al río Nexapa y vierte sus aguas a este a la altura del poblado de Puctla, a 4 km al sur de Izúcar de Matamoros y poco más adelante a 10

km confluye con el río Atila en el poblado denominado Atzala, este último río nace en la falda suroriental del volcán Popocatépetl, a unos 12 km al NW de Tochimilco, escurre en dirección sureste hasta llegar al poblado de Huaquechula, donde cambia su rumbo para dirigirse al sur; en su trayecto recibe aportaciones de los ríos Ahuizoc, César Matadero y Ahuehueyo, que bajan de las faldas de este mismo volcán.

2.2.1 Región hidrológica

Pertenece a la Región Hidrológica No. 18, del río Balsas. A la Subregión hidrológica del Alto Balsas.

2.2.2 *Cuenca*

El área de estudio, pertenece a la Cuenca del Río Atoyac y Subcuenca del río Nexapa.

2.2.3 Infraestructura hidráulica

Existen presas de reducida capacidad, bordos y canales.

2.3 Geología

2.3.1 Provincia fisiográfica

El Acuífero de Atlixco-Izucar de Matamoros, se ubica en el Altiplano Mexicano, dentro de la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico, en donde forma un amplio valle dividido por serranías y cerros separados (Raiz, 1964). En el área afloran rocas de tipo sedimentario e ígneo que varían en edad y composición.

El acuífero geomorfológicamente, comprende a la Sierra Nevada, representada por un lineamiento complejo de grandes volcanes dirigidos de NNW a SSE.

Está limitado hacia el oriente por las Sierras de Zoapiltepec (2500 msnm), Teyuca (1800 msnm), y Vaquería (1600 msnm), y hacia el poniente la falda oriental del Popocatepetl (4000 msnm), Sierras de Tochimilco (2250 msnm) y Huaquechula (1750 msnm).

2.3.2 Geología estructural

El valle, corresponde a estructuras hundidas, las cuales han recibido el aporte de una gran cantidad de materiales volcánicos, mientras que las montañas entre las que figuran los volcanes Popocatépetl e Iztaccihuatl, son estructuras que han emergido a través de grandes fracturas o fallas, o levantamientos por movimientos tectónicos en el caso de las montañas de origen sedimentario.

2.3.3 Estratigrafía

El territorio del estado de Puebla, está constituido por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de edad variable –Paleozoico al Reciente-, siendo las rocas plutónicas

(granitos, principalmente) y las metamórficas (pizarras verdes y gneisses), las más antiguas, ocupando casi la cuarta parte de sus superficie total; ambas constituyen la mayor parte de las sierras que se levantan al sur-suroeste del estado, cerca de las localidades de Matamoros, Acatlán y Tehuacán; en otros sitios, son atravesadas por intrusiones de granito con grandes elementos –pegmatitas, diques y dioritas-, que hicieron su aparición a finales del Paleozoico. Por otro lado, las rocas metamórficas se encuentran plegadas y dislocadas, cubiertas por sedimentos cretácicos o por rocas ígneas recientes – riolitas y andesitas-.

Las formaciones mesozoicas están representadas por conglomerados, areniscas, pizarras (fosilíferas, arcillosas y yesíferas), esquistos y calizas que, en gran parte, están fracturadas, plegadas o dislocadas; algunas de ellas afloran en reducidas áreas, y otras, como las calizas, en superficie de gran extensión.

Acompañadas de las emisiones lávicas, se efectuaron numerosas erupciones de carácter explosivo, con producción de arena y material cinerítico depositados en las partes bajas, especialmente en la región de Los Llanos. En el valle de Puebla predominan las tobas, aunque en las cercanías de los volcanes La Malinche, Acajito y Tecajete, entre otros, existen arenas pumíticas.

El relleno de los valles está compuesto por rocas ígneas y sedimentarias, cuya edad varía del Terciario Medio al Cuaternario Superior. Su espesor es irregular: de decenas a centenas de metros en valles fluviales, siendo aun mayores en las fosas tectónicas rellenas de depósitos aluviales, lacustres y rocas ígneas.

2.3.4 *Geología del Subsuelo*

Durante la realización de los estudios previos, se hicieron 27 sondeos eléctricos verticales, ubicados en la zona de Huaquechula, en el área de Atlixco y en la zona de Tepeojuma en el área de Matamoros, 18 sondeos forman el perfil 1, y 9 sondeos integran el perfil 2, todos ellos fueron ubicados transversalmente al valle.

Durante la ejecución de los sondeos, se obtuvieron 810 medidas, también se construyeron las curvas de isorresistividades y los perfiles de resultados.

Con estos datos, se observa que la distribución de la corriente en el subsuelo no es homogénea, presentándose variaciones, tanto en profundidad como lateralmente. Las características eléctricas del subsuelo dadas en Ω-m, se agruparon sus valores en unidades que van de la I a la V, las cuales, se han correlacionado con formaciones geológicas y geohidrológicas, basándose en algunos datos de pozos y observación de superficie.

Con la información obtenida mediante la geofísica eléctrica por resistividad, se construyeron los perfiles geofísicos, habiéndose detectado seis unidades numeradas del I al VI, con sus respectivas subdivisiones.

3. Hidrología Subterránea

Para conocer las características físicas del acuífero, se efectuaron pruebas de bombeo de corta duración. En los estudios previos, se hicieron 15 pruebas de bombeo, las lecturas de variación de niveles piezométricos así como las tablas de transmisividad, tanto para la etapa de abatimiento como de recuperación cuyos promedios varían de 0.39×10^{-2} a 5.59×10^{-2} m^2/s, observándose que los valores más altos, se encuentran en el área de Matamoros y los valores bajos, en la parte alta y media del valle.

3.1 Tipo de acuífero

En general el acuífero, se considera de tipo libre presentando condiciones de buena permeabilidad, esto ocurre principalmente en las rocas basálticas fracturadas y rocas calcáreas, sin embargo también los piroclásticos presentan localmente permeabilidad interesante.

3.2 Niveles del Agua Subterránea

En toda el área se eligieron 75 pozos piloto, a los que se les determinó la elevación de los brocales mediante nivel fijo.

La Gerencia Estatal en Puebla de la Comisión Nacional del Agua, ha realizado recorridos piezométricos en el valle, con la finalidad de verificar las características y comportamiento del mismo.

3.2.1 Profundidad del nivel estático

En agosto de 1979, se midió la profundidad del nivel estático de la mayoría de aprovechamientos censados, en diciembre del mismo año se realizó una segunda campaña de medición únicamente en pozos piloto, que suman 75.

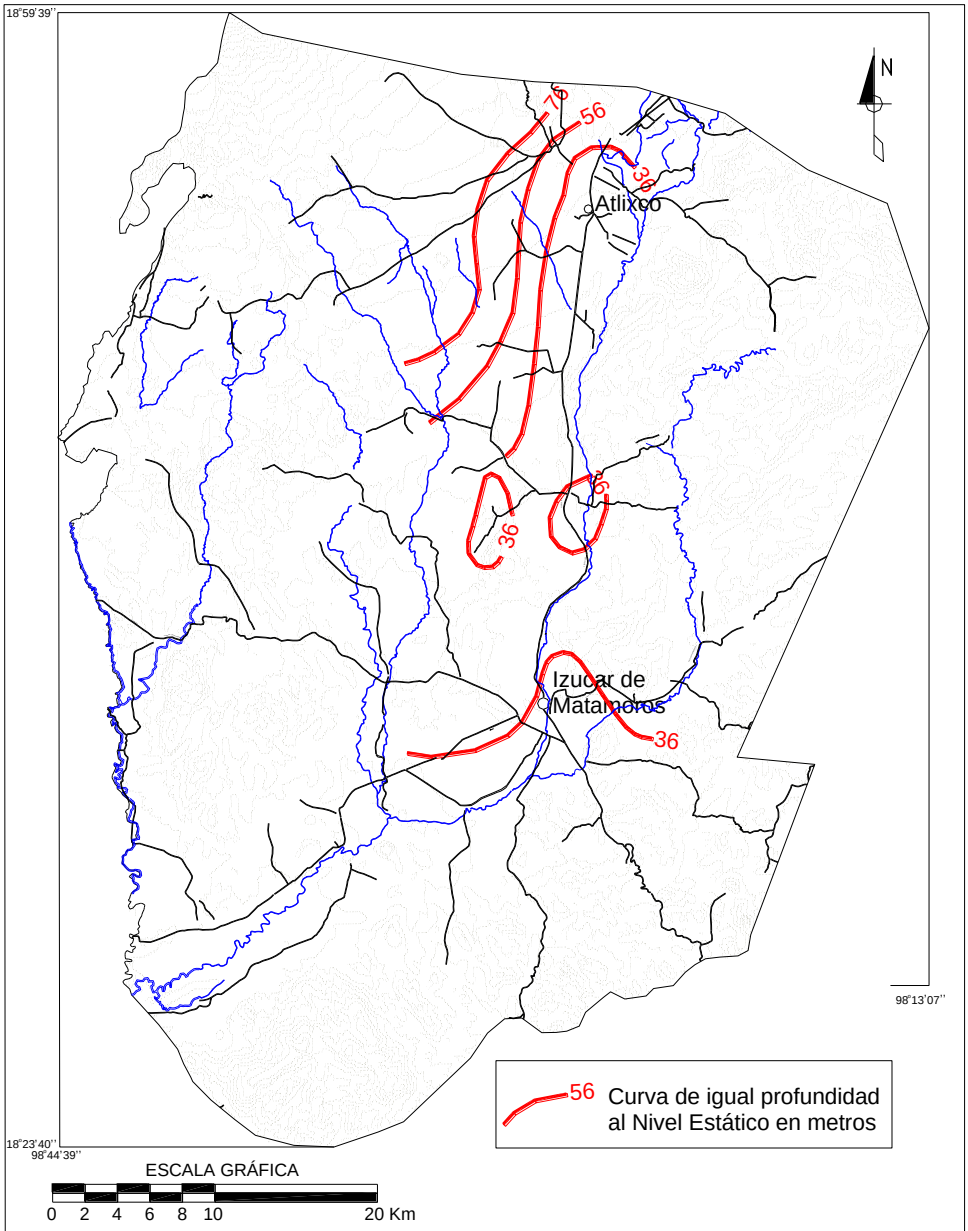

Figura 3 Profundidad al Nivel Estático en 1992
(Sinopsis Geohidrológica Actualizados a 2000)

3.2.2 Elevación al nivel estático

La tendencia de la dirección de flujo de aguas subterráneas es la de seguir la pendiente del Valle.

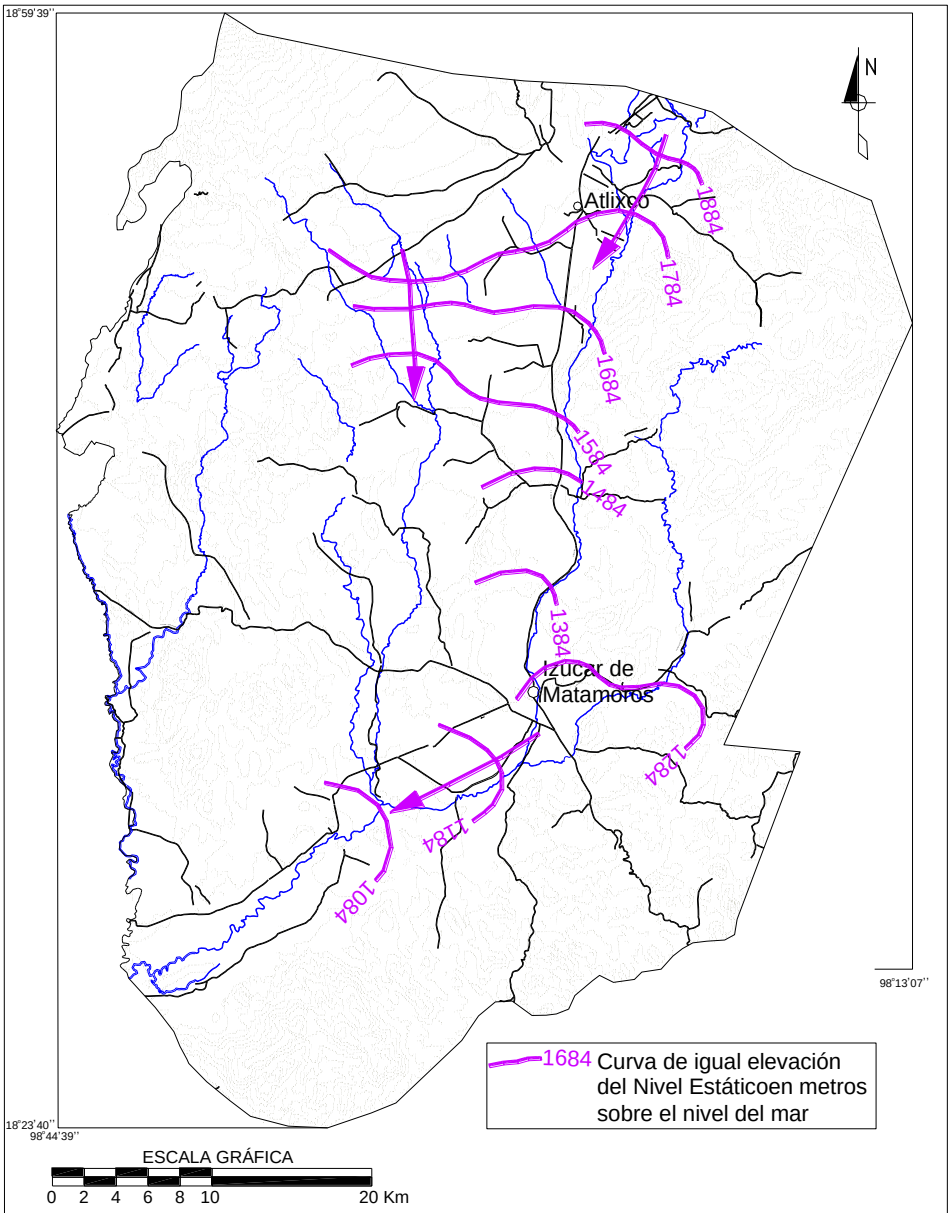

Figura 4 Elevación del Nivel Estático en 1992
(Sinopsis Geohidrológica Actualizados a 2000)

3.2.3 Evolución del nivel estático

Para conocer la evolución del almacenamiento subterráneo, se presenta la figura 5, en donde se observan abatimientos en la parte central del valle, hasta de –4 m y recuperaciones en la parte noroeste de la zona de Atlixco y a lo largo del valle de San

Juan Epatlán que llegan a ser de +2 a +4 m, respectivamente, estas últimas corresponden claramente a áreas cercanas a zonas de recarga.

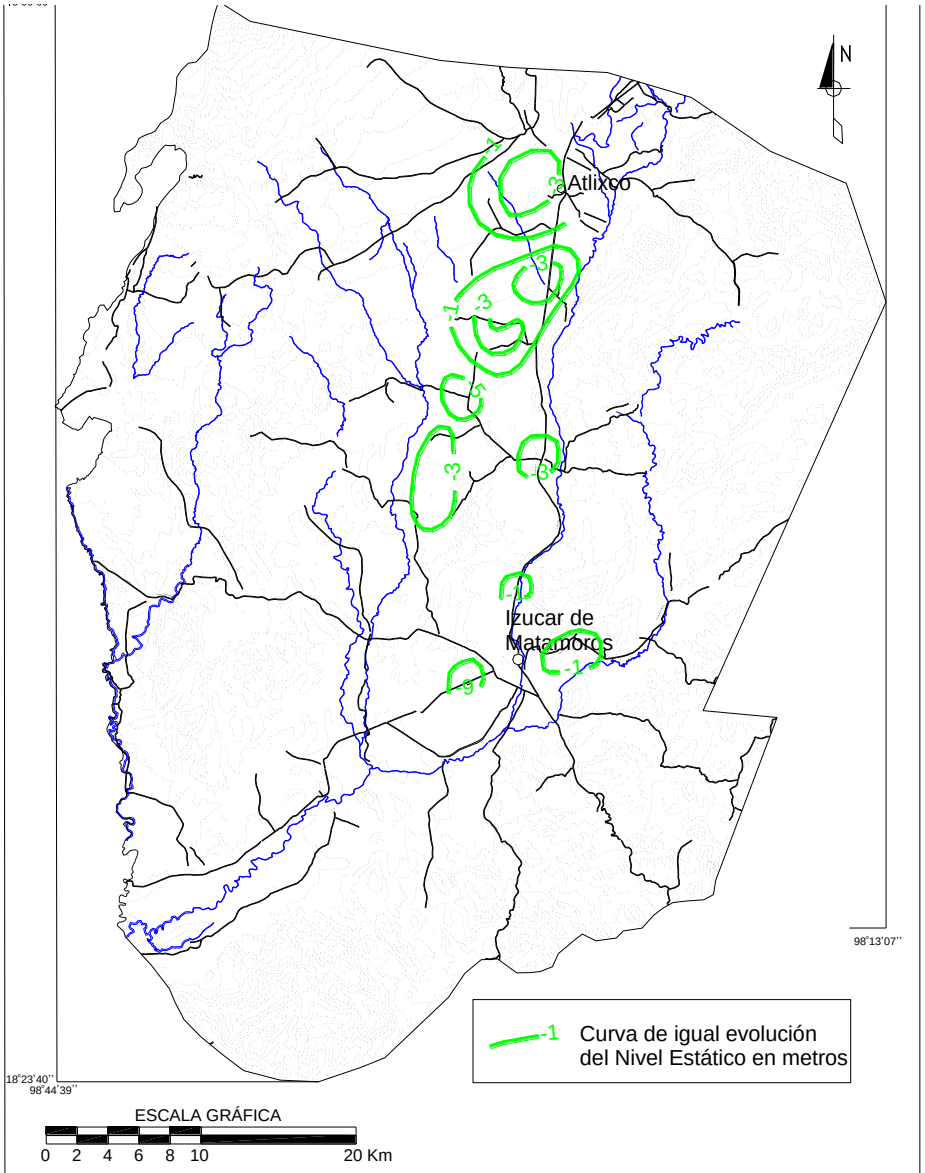

Figura 5 Evolución del Nivel Estático 1979-1990

3.3 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

En los estudios previos se obtuvieron 64 muestras de agua.

Se observa que en general el agua es apropiada para usos agrícolas, las aguas con mayores concentraciones de STD de 1100 a 2200 ppm, corresponden a los manantiales de Xuchiapa, San Lucas Colucan y San Vicente, localizados en la parte suroriental de Matamoros, donde existen rocas calcáreas yesíferas, que proporcionan aguas altamente sulfatadas, que aún con estas características, son utilizadas para riego de caña de azúcar.

3.4 Censo de aprovechamientos e Hidrometría

En la tabla siguiente, se muestra el aprovechamiento por usos del agua subterránea en los municipios del acuífero de Atlixco-Izucar de Matamoros.

Uso	**Volumen Mm^3/año**	**Porcentaje (%)**
Público Urbano	16	12.39
Agrícola	110.2	85.38
Doméstico	1.4	1.08
Industria	1.5	1.16
Total	**129.06**	**100%**

Tabla 2 Aprovechamiento del agua subterránea

La extracción total de agua subterránea en la zona es de 129.06 Mm^3/año, la cual se destina principalmente para uso agrícola.

En la sinopsis geohidrológica de Puebla, se consignan 606 aprovechamientos, 560 agrícolas, 42 de uso público-urbano y 4 industriales.

Datos recientes (1999) consideran 727 aprovechamientos, 583 agrícolas, 60 de uso público-urbano, 8 industriales y 76 de uso doméstico-agrícola.

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:

Entradas (E) - Salidas (S) = Cambio de almacenamiento ……. (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, al cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, representada como sigue:

Recarga total	-	Descarga total	=	Cambio de almacenamiento en la unidad hidrogeológica	..(2)

Con el propósito de determinar el volumen de recarga al acuífero y su coeficiente regional de almacenamiento, en este Estudio, se procedió a efectuar el análisis de la ecuación de balance volumétrico del período comprendido entre agosto y diciembre de 1979 que conjuntamente con la establecida en la "Sinopsis Geohidrológica del Estado de Puebla 1992", nos permite definir los conceptos de la manera siguiente:

4.2 Recarga

De acuerdo al modelo conceptual, la recarga está representada por la suma de las entradas horizontales del flujo subterráneo y la entrada vertical, debida a la infiltración de la lluvia.

4.2.1 Recarga natural

Se aprecian dos zonas principales de recarga al acuífero del Atlixco-Izúcar de Matamoros, una se localiza en las estribaciones de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl, y la otra en las estribaciones de las Sierras de Zoapiltepec, Teyuca y Vaquería. También se observan recargas provenientes del valle de Epatlán y es probable que existan aportaciones de las montañas localizadas al sur de Matamoros.

Recarga Natural = 197 Mm^3/año
Entradas Subterráneas = 47.3Mm^3/año que incluyen 14.8 Mm^3 que provienen del Acuífero de Puebla
Total = 244.3 Mm^3/año

4.3 Descarga

De acuerdo al modelo conceptual del Estudio Geohidrológico preliminar de la zona de Atlixco-Izúcar de Matamoros, la descarga del sistema está integrada por la salida del flujo subterráneo en forma horizontal, la extracción que se hace por medio de la operación de pozos existentes y la descarga natural de manantiales que se encuentran dentro del área estudiada. Las salidas totales del sistema, se han calculado en 234.1 Mm^3/año, distribuidos de la siguiente manera.

4.3.1 Evapotranspiración

Para el balance de aguas subterráneas existente del acuífero del Atlixco-Izúcar de Matamoros, no se consideró este término.

4.3.2 Descargas naturales

Las principales descargas naturales del acuífero consisten en las descargas por manantiales calculadas en 83.88 Mm^3/año.

4.3.3 Extracción de agua subterránea

Este concepto, se ha obtenido de la información proporcionada por la Gerencia Estatal y es de 99.06 Mm^3/año y se consideran 30 Mm^3/ año adicionales de volumen no concesionado pero que es un volumen realmente extraído del subsuelo, a la fecha del balance de aguas subterráneas, con lo que la descarga por bombeo asciende a 129.06 Mm^3/año.

4.3.4 flujo subterráneo

Las descargas por flujo subterráneo, se han calculado en 21.13 Mm^3/año.

4.4 Cambio de almacenamiento

El acuífero del Atlixco-Izúcar de Matamoros, se encuentra en equilibrio dinámico, debido a que el volumen que entra es mayor al volumen que sale, con un cambio de almacenamiento con valor positivo de 10.2 Mm^3.

5 Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la Metodología para calcular la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas

La disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica	=	Recarga total media anual	-	Descarga natural comprometida	-	Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA	(3)

5.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual (Rt), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural, más la recarga inducida, que para este caso es de 244.3 Mm^3/año.

5.2 Descarga natural comprometida

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el caso de la zona en estudio la descarga natural comprometida es de 83.88 Mm^3/año.

5.3 Volumen concesionado de agua subterránea

El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002, es de 152,068,372 m^3/año.

5.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas, conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar el volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA, que de acuerdo con la expresión (3), resultó ser de 8,311,628 m^3/año.

$$\mathbf{8{,}351{,}628 = 244{,}300{,}000 - 83{,}880{,}000 - 152{,}068{,}372}$$

La cifra indica que existe volumen disponible de 8,351,628 m^3 anuales para nuevas concesiones en el acuífero de Atlixco-Izúcar de Matamoros, Edo. de Puebla.

Bibliografía y Referencias

Estudio Geohidrológico preliminar de la zona de Atlixco–Izúcar de Matamoros, Puebla", realizado por la Empresa "Perforaciones y Estudios Geológicos, S.A., concluido en el año de 1981

Estudio Geohidrológico Preliminar de la zona Atencingo-Atlixco Pue." realizado por la Empresa Geocalli, S.A., concluido en el año de 1982,

Sinopsis Geohidrológica del Estado de Puebla, Gerencia de Aguas Subterráneas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1992.

REPDA, 2000, Registro Público de Derechos de Agua, Gerencia Estatal en Puebla, corte a octubre del 2000.

Raisz, Landforms of México, Mapa con texto explicativo, Cambridge Mass, Segunda Edición, 1964.