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 TEPATITLÁN, ESTADO DE JALISCO

México, D.F., 30 de abril de 2002

DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO TEPATITLÁN, ESTADO DE JALISCO

Contenido

1 Generalidades
- 1.1 Localización
  - 1.1.1 Coordenadas
  - 1.1.2 Municipios

2 Estudios técnicos realizados con anterioridad

3 Fisiografía
- 3.1 Provincias fisiográficas
- 3.2 Clima
  - 3.2.1 Temperatura media anual
  - 3.2.2 Precipitación media anual
  - 3.2.3 Evaporación potencial media anual
- 3.3 Hidrografía
  - 3.3.1 Región hidrológica
  - 3.3.2 Cuenca
  - 3.3.3 Subcuenca
- 3.4 Geomorfología

4 Geología
- 4.1 Estratigrafía
- 4.2 Geología estructural
- 4.3 Geología del subsuelo

5 Hidrogeología
- 5.1 Tipo de acuífero

6 Censo de aprovechamientos e hidrometría del bombeo

7 Balance de aguas subterráneas
- 7.1 Entradas
  - 7.1.1 Recarga natural
  - 7.1.2 Recarga inducida
  - 7.1.3 Flujo horizontal
- 7.2 Salidas
  - 7.2.1 Evapotranspiración
  - 7.2.2 Descargas naturales
  - 7.2.3 Bombeo
  - 7.2.4 Flujo subterráneo horizontal
- 7.3 Cambio de almacenamiento

8 Disponibilidad
- 8.1 Recarga total media anual
- 8.2 Descarga natural comprometida
- 8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

Figuras

Figura 1 Localización del Acuífero Tepatitlán, Jal.
Figura 2 Plano del Acuífero Tepatitlán, Jal.

Tablas

Tabla 1 Vértices de la poligonal del Acuífero Tepatitlán, Jal.

DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO TEPATITLÁN, ESTADO DE JALISCO

1 Generalidades

1.1 Localización

El acuífero Tepatitlán se localiza en la porción nororiental del estado de Jalisco y cubre una superficie 1940 km^2, la cual representa cerca del 2.47% del territorio estatal, figura 1.

1.1.1 Coordenadas

Geográficamente, el área del acuífero se encuentra dentro de la poligonal cuyos vértices son los siguientes:

Tabla 1. Vértices de la poligonal del Acuífero Tepatitlán, Jal.

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	50	2.4	20	59	20.4	
2	102	49	30.0	20	59	49.2	
3	102	42	43.2	20	54	43.2	
4	102	37	1.2	20	52	44.4	
5	102	37	58.8	20	50	42.0	
6	102	43	26.4	20	47	6.0	
7	102	49	4.8	20	45	7.2	
8	102	54	18.0	20	45	32.4	
9	102	51	32.4	20	50	38.4	
10	102	52	15.6	20	51	57.6	
11	102	52	48.0	20	55	37.2	
12	102	50	34.8	20	56	27.6	
1	102	50	2.4	20	59	20.4	

1.1.2 Municipios

El área de estudio comprende los municipios de Valle de Guadalupe, San Miguel El Alto, Arandas, Acatic, Cuquio, Yahualica de Gonzáles Gallo Villa de Obregón y Tepatitlán de Morelos, figura 2.

En general la zona se encuentra bien comunicada, la vía más importante es la Carretera Federal No. 90, que comunica de Tepatitlán a Jalpan. Sin embargo hay carreteras de segundo orden, como la Carretera Tepatitlán-Arandas-Manuel Doblado, la de Valle de Guadalupe-San Diego de Alejandría y Atotonilco-San Miguel El Alto.

Las carreteras de tercer orden comunican la mayoría de poblados y rancherías con las cabeceras Municipales de la región. La región no se encuentra comunicada por los Ferrocarriles Nacionales

de México. La comunicación aérea regular con la ciudad de México es a través de León, Guadalajara y Aguascalientes.

En la actualidad es obvio hablar respecto a comunicaciones de teléfonos, telégrafos y correos aún cuando hay localidades con deficiencias en estos servicios.

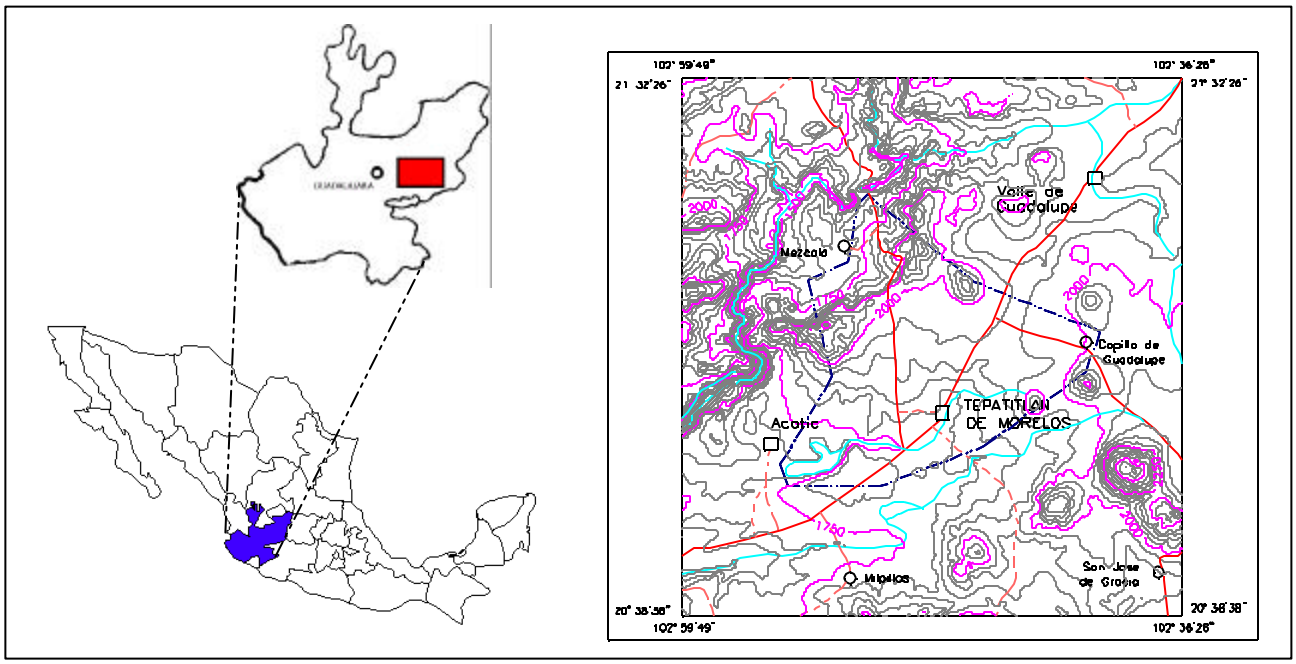

Figura 1. Localización del Acuífero Tepatitlán, Jal.

La principal actividad de la región en estudio es agrícola, con un desarrollo considerable en la cría de gallinas, puercos y ganado lechero.

2 Estudios técnicos realizados con anterioridad

En 1981, la empresa Geólogos Consultores, S.A., realizó el estudio "Servicios de Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos", cuyos principales objetivos fueron definir las condiciones hidrogeológicas y su relación con el funcionamiento de los acuíferos de la zona; localizar áreas con mayores posibilidades para el almacenamiento y explotación de aguas subterráneas; proponer zonas para la perforación de pozos de exploración; y delimitar la extensión y posibilidades acuíferas de las rocas terciarias.

Como resultado importante se señala que los depósitos residuales y aluviales tienen buena permeabilidad, y además dan lugar a un acuífero superficial del que se surten las norias de toda la región. Las aguas subterráneas resultaron de buena calidad, sirviendo también para uso ganadero, y para la industria con un mínimo de tratamiento, ya que presenta cierta tendencia al límite de bicarbonatos en potabilidad.

Toda la información utilizada para el estudio antes mencionado fue recopilada de diferentes instituciones como son: boletines editados por la SARH, también se utilizó la Carta Geológica

editada por el Instituto de Geología de la UNAM, y finalmente se recurrió a Petróleos Mexicanos y al Consejo de Recursos Minerales.

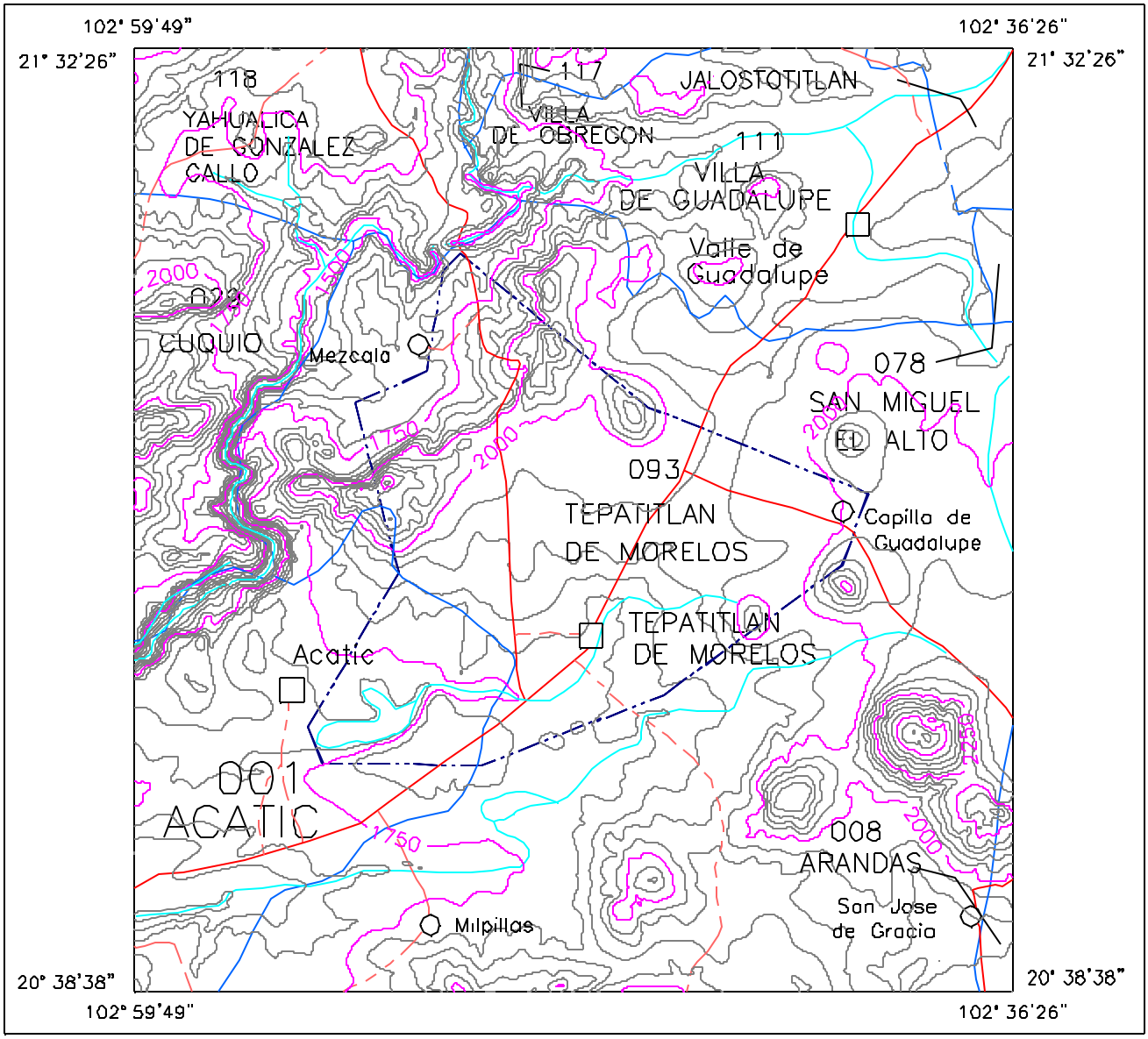

Figura 2. Plano del Acuífero Tepatitlán, Jal.

3 Fisiografía

3.1 Provincias fisiográficas

De acuerdo a la clasificación de las Provincias Fisiográficas realizada por INEGI (1997), la zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la Provincia Meseta Central, que se encuentra entre la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental. Hacia la porción sur, una parte de la zona se ubica en los límites de esta provincia con la parte nororiental de la Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico.

3.2 Clima

Con base en los datos históricos de precipitación, temperatura y evaporación de las estaciones climatológicas que cubren la zona de estudio, y con apoyo del Atlas escala 1:1,000,000 de climas, se observa que el área de estudio está caracterizada por tres tipos de climas: (**A**) **C**(**w1**)**w**, **C**($\mathbf{w_1}$)(**w**) y **C**($\mathbf{w_2}$)(**w**), que corresponden a un clima semiseco subhúmedo y templado subhúmedo.

3.2.1 Temperatura media anual

La temperatura media anual es de 18.1° C; el período caluroso del año es de mayo a agosto, siendo enero el mes más frío.

3.2.2 Precipitación media anual

La precipitación promedio anual en el periodo 1942-1980 es de 919.6 mm; el período de lluvias, en general, es de junio a septiembre, siendo marzo el mes más seco.

3.2.3 Evaporación potencial media anual

La evaporación potencial media anual es del orden de 1906.6 mm; el mes con índice mayor de evaporación media es mayo, y el de menor evaporación corresponde a diciembre.

3.3 Hidrografía

El área corresponde a una cuenca abierta; presentando como afluentes principales el Río Tepatitlán y el Río del Valle, que drenan hacia el Río Verde y posteriormente desembocan en la Laguna de Chapala.

3.3.1 Región Hidrológica

El Acuífero de Tepatitlán pertenece a la Región Hidrológica No. 12.

3.3.2 Cuenca

El área en estudio esta localizada dentro de la cuenca del Río Verde (Monografía del Estado de Jalisco, 1992).

3.3.3 Subcuenca

El área en estudio esta localizada dentro de la Subcuenca No.5 (Monografía del Estado de Jalisco, 1992).

3.4 Geomorfología

Esta región, conocida como los Altos de Jalisco se caracteriza geomorfológicamente por la presencia de sierras de composición riolítica que alcanzan altitudes de 2500 msnm y cuyas laderas tienen una disección madura y bajan abruptamente, pero en forma cóncava; también se presenta un conjunto de mesetas lávicas de composición basáltica, que son el sistema de geoformas dominantes en esta zona y cuyas altitudes varían de 1900 a 2350 msnm.

Otras geoformas presentes en la zona de estudio corresponden con mesetas escalonadas disectadas por cañadas con pendientes convexas, que forman el talud de la gran Mesa de Los Altos.

4 Geología

El área de estudio queda comprendida dentro de la Provincia Geológica Meseta Central y parcialmente dentro de la Provincia Geológica del Eje Neovolcánico. Presenta una columna geológica que comprende un sustrato basal de rocas volcánicas de tipo ácido, formado por tobas riolíticas e ignimbritas que corresponden al Terciario Medio, cubiertas por depósitos continentales constituidos por areniscas pumíticas y brechas; la secuencia continua con la presencia de derrames basalto-andesíticos, y piroclástos de fines del Plioceno y principios del Pleistoceno, por último se presentan depósitos aluviales así como suelos residuales recientes.

4.1 Estratigrafía

La estratigrafía regional para la cuenca de Tepatitlán, se encuentra constituida por rocas sedimentarias continentales e ígneas extrusivas que abarcan una edad del Mioceno al Reciente.

Los afloramientos de las unidades litológicas van del Cenozoico al Reciente, representadas, de la más antigua a la más joven, por tobas riolíticas del Mioceno, de las cuales sus principales afloramientos se observan hacia el NE de Tepatitlán, en los alrededores de San Miguel el Alto, con espesores que varían de 100 a 200 m.

Las ignimbritas y las tobas riolíticas corresponde a depósitos de nubes ardientes; estas se encuentran sobreyaciendo a las tobas riolíticas e infrayacen indistintamente a rocas extrusivas de tipo básico, o a depósitos continentales presentes en la zona; se encuentra aflorando hacia en noroeste del poblado de Valle de Guadalupe.

Los depósitos continentales en el área corresponden a areniscas, teniendo sus principales afloramientos entre las poblaciones de Tepatitlán y Valle de Guadalupe; debido a sus características de permeabilidad, representan una unidad importante desde el punto de vista geohidrológico.

Las areniscas y conglomerados constituyen otra unidad del área que se presenta en forma horizontal; los únicos afloramientos de esta unidad se localizan en la porción norte de la zona de estudio y se encuentran suprayaciendo a las areniscas y a las rocas extrusivas ácidas. Debido a su alto grado de fracturamiento, esta unidad funciona como receptora y transmisora del agua hacia las unidades inferiores, y cuando se encuentra por abajo del nivel de saturación es capaz de contener agua, funcionando como acuífero.

Las unidades correspondientes al Reciente están representadas por depósitos *in situ* producto de la desintegración de las rocas preexistentes, principalmente de las rocas basalto-andesíticas. El aluvión se encuentra principalmente depositado en los cauces de los arroyos y ríos, su espesor es muy reducido, y esta constituido por materiales granulares consistentes en gravas, arenas, limos y arcillas.

4.2 Geología estructural

El marco tectónico-estructural que se observa en el área de estudio está relacionado a un vulcanismo de tipo riolítico principalmente que da inicio a finales del Eoceno, y que produjo la presencia de ignimbritas, tobas y brechas riolíticas. Durante esta fase y de manera mas o menos simultánea, se desarrolló una gran actividad tectónica, básicamente un fallamiento de tipo distensivo, que dio origen a grandes bloques delimitados por fallas normales que, en la región donde que da involucrada el área del acuífero, presentan una orientación general NNE-SSW, originándose de esta manera "fosas" o "cuencas" de dimensiones considerables, originadas a finales del Mioceno.

Las fallas mayores originadas por la tectónica descrita, produjeron sistemas locales de fallamiento y fracturamiento, como es el caso delos sistemas conjugados, que se pueden detectar y medir en las rocas que afloran en el área de estudio.

4.3. Geología del subsuelo

Para describir el subsuelo del área del acuífero se utilizaron tres secciones que cubren todo el valle.

En la primera sección, que se orienta en dirección N-S, se puede identificar que la unidad que constituye el basamento corresponde a una secuencia denominada tobas riolíticas, que involucra a un conjunto de rocas volcánicas, como tobas e ignimbritas. Esta unidad se extiende por todo el subsuelo en la zona de estudio, y en algunas partes se encuentra aflorando.

Sobreyaciendo a las tobas riolíticas se encuentra una unidad identificada como ignimbritas de composición riolítica, la cual presenta espesores de 150 m.

Por encima de las ignimbritas se encuentra una cubierta de lavas, brechas y escoria de composición basáltica-andesítica muy permeable con un espesor máximo de 100m.

Finalmente se tienen pequeños afloramientos de suelos residuales y aluvión sobre toda la sección.

Las dos secciones restantes presentan una dirección W-E, localizadas en los extremos de la zona estudiada y se encuentran constituidas por las mismas unidades geológicas descritas en la sección anterior.

5 Hidrogeología

5.1 Tipo de Acuífero

Las unidades hidrogeológicas de esta área se determinaron de acuerdo a las características de porosidad y permeabilidad.

La unidad de rocas riolíticas del Terciario, que comprende a las tobas e ignimbritas, presentan una permeabilidad secundaria producida por fracturas y diaclásas, esta unidad se explota en el norte de la zona de estudio, en los alrededores de la población de San Miguel El Alto, por medio de pozos que tienen en promedio un gasto de 151.1 lps.

La unidad de depósitos continentales del Terciario, en algunas partes presenta alta capacidad de infiltración y mucha permeabilidad, por lo que en la zona de estudio se encuentran formando acuíferos libres.

Otra unidad ampliamente distribuida en la zona de estudio está representada por rocas extrusivas básicas; se trata posiblemente de la unidad volcánica más importante de la región, ya que constituye considerables áreas de recarga; y en las partes donde se encuentra sobreyaciendo a rocas impermeables que le sirvan de confinante inferior, puede formar acuíferos libres.

Finalmente, se tiene la unidad de rellenos aluviales del cuaternario, con afloramientos muy restringidos y en donde los aprovechamientos consisten principalmente en norias.

6 Censo de aprovechamientos e hidrometría del bombeo

El censo de aprovechamientos hidráulicos subterráneos reportado en 1981 (CNA), reveló la existencia de 81 aprovechamientos activos, de los cuales 70 son utilizados para fines agrícolas, 1 para uso industrial y 10 son de uso público urbano; con los cuales, se explota un volumen del orden de 8.83 Mm^3/año.

Del volumen extraído, 7 Mm^3/año (77%) es utilizado para fines agrícolas, 1 Mm^3/año (11%) es para uso público urbano, y 0.83 Mm^3/año (9.2%) se utilizan en la industria.

Para 1998, la CNA tiene registrada la existencia de 261 aprovechamientos, de los cuales 124, extraen 10.84 m^3/año para uso agrícola, 73, extraen 23.4 Mm^3 anuales para uso público-urbano, 21 extraen 4.9 Mm^3 anuales para uso industrial y 43 extraen 1.8 Mm^3 por año para usos doméstico, pecuario y otros.

7 Balance de aguas subterráneas

El área donde se tiene información piezométrica considerada para la realización del balance es de 1940 km^2. La CNA a partir de la configuración de la elevación del nivel estático del año de 1999, trazó la red de flujo y el área de balance.

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.....(2)
en la unidad hidrogeológica

Más específicamente la ecuación queda como sigue:

$$[Eh + 1_1 \text{ (Volumen lluvia)} + 1_2 \text{ (Uso público urbano)} + 1_3 \text{ (Usos agrícola + otros)}] - [Sh + Q_{base}, + \text{Manantiales} + \text{Evapotranspiración} + \text{Extracción}] = V_d S = \Delta A \quad (3)$$

7.1 Entradas

La recarga total esta constituida por la recarga natural y la recarga incidental o inducida por la aplicación de agua en las actividades humanas, tanto de origen superficial como subterránea.

7.1.1 Recarga natural

La recarga natural del acuífero corresponde básicamente a los volúmenes infiltrados por agua de lluvia y recarga horizontal proveniente de las zonas de recarga. La recarga por lluvia es de 39Mm^3/año, al considerar un área de 1940 km^2, y una precipitación en el periodo de 1942-1980 de 919.6 mm/año.

Respecto a la recarga por infiltración de agua de escurrimientos superficiales naturales, no existen corrientes importantes y permanentes que se generen en la cuenca o que provengan de otras cuencas vecinas y que contribuyan a la recarga del acuífero.

7.1.2 Recarga inducida

El volumen de agua que anualmente retorna al acuífero como consecuencia del riego en el área, se calculó multiplicando el volumen aplicado al riego por un coeficiente de infiltración, resultando así un volumen de recarga de 2.1 Mm^3/año.

7.1.3 Flujo horizontal

De acuerdo a la geología y la piezometría existentes, no se tienen entradas por flujos provenientes de acuíferos contiguos, el agua que fluye de las sierras y que entra al acuífero en forma horizontal por el pie de las mismas proviene de las precipitaciones ocurridas en las partes altas; en este sentido una parte del volumen de lluvia que recarga al acuífero se calculó como una entrada horizontal (Eh). La CNA (1999) menciona que existen entradas por flujo subterráneo por lo menos de 32.1 Mm^3 anuales provenientes del intenso fracturamiento que presenta el material volcánico que se encuentra en el subsuelo.

7.2 Salidas

7.2.1 Evapotranspiración

De los datos tomados de la Gerencia Regional de Aguas Subterráneas de la CNA (2000), se obtiene que las salidas por la evapotranspiración son consideradas como nulas.

7.2.2 Descargas naturales

En la zona se tiene una descarga natural de 0.2 Mm^3/año (CNA, 2000).

7.2.3 Bombeo

El volumen total extraído del acuífero a través del bombeo, para todos los usos resultó de 40.9Mm^3/año.

7.2.4 Flujo subterráneo horizontal

En este acuífero de acuerdo a la piezometría, se concluye que no se presentan volúmenes que salen del sistema por flujo horizontal.

7.3 Cambio de almacenamiento

De acuerdo con los datos mencionados anteriormente (obtenidos de la Gerencia Regional de Aguas Subterráneas, CNA, 2000), no existe cambio de almacenamiento en el acuífero.

En forma resumida el balance, para el año de 1998, se presenta en la tabla 2, de acuerdo con la expresión (3).

8 Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad de las 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 disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas establece que 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 aguas subterráneas. concesionado e inscrito en el REPDA	.....(4)

8.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural, más la recarga inducida, que para este caso es de 41.1Mm^3/año.

8.2 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 de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el caso de la zona en estudio la descarga natural comprometida para este acuífero se considera de 200,000m^3/año.

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

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 10,764,643 m^3/año.

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar al 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 (4) resultó ser de 30,135,357 m^3/año:

30,135,357 = 41,100,000 - 200,000 - 10,764,643

La cifra indica que existe un volumen disponible de 30,135,357 m^3 anuales para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada Acuífero Tepatitlán, Jalisco.

México, D.F., 30 de abril de 2002.

BIBLIOGRAFÍA

Servicio de Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos en la Zona de Acatic, Tepatitlán y Arandas, Jalisco. Geólogos Consultores, S. A., Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1981.

Tabla 2. Balance de aguas subterráneas.

Área total del acuífero				km^2	1940
RECARGA TOTAL					
		Área del valle		km^2	
		Coeficiente			
		Precipitación		mm/año	919.6
Recarga natural por lluvia				Mm^3/año	6.9
Entradas naturales				Mm^3/año	32.1
Total de recarga natural					
	Público Urbano				
Recarga inducida P.U.					
	Agrícola más otros				
Recarga inducida Agrícola + otros				Mm^3/año	2.1
RECARGA TOTAL				Mm^3/año	41.1
DESCARGA TOTAL					
Salidas horizontales				Mm^3/año	0.0
Caudal base				Mm^3/año	0.2
Evapotranspiración				Mm^3/año	0
	Extracción total			Mm^3/año	40.9
	Manantiales comprometidos				
	Agrícola			Mm^3/año	10.8
	Público			Mm^3/año	23.4
	Doméstico y otros			Mm^3/año	1.8
	Industrial			Mm^3/año	4.9
DESCARGA TOTAL				Mm^3/año	41.1
Cambio de almacenamiento				Mm^3/año	0
Coeficiente de almacenamiento					
Volumen drenado					
AGUA SUPERFICIAL					
Agrícola					
Público Urbano					
Industrial					