

*Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Ciudad Guzmán (1406),
Estado de Jalisco*

*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.**

CDLXII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO"							
CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES							
ESTADO DE JALISCO							
1406	CIUDAD GUZMÁN	266.1	16.0	271.046823	105.6	0.000000	-20.946823

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.



Comisión Nacional del Agua

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD
DE AGUA EN EL ACUÍFERO
CIUDAD GUZMÁN, ESTADO DE JALISCO***

DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO CIUDAD GUZMÁN, ESTADO DE JALISCO

INDICE

1 Generalidades.....	2
Antecedentes.....	2
1.1 Localización.....	2
2 Estudios técnicos realizados con anterioridad.....	5
3 Fisiografía.....	5
3.1 Provincia fisiográfica.....	5
3.2 Clima.....	5
3.3 Hidrografía.....	6
3.4 Geomorfología.....	6
4 Geología.....	7
4.1 Estratigrafía.....	8
4.2 Geología estructural.....	8
4.3 Geología del subsuelo.....	9
5 Hidrogeología.....	9
5.1 Tipo de acuífero.....	9
5.2 Piezometría.....	9
6 Censo de aprovechamientos e hidrometría de las captaciones.....	10
7 Balance de aguas subterráneas.....	10
7.1 Entradas.....	11
7.2 Salidas.....	11
7.2.1 Evapotranspiración.....	11
7.2.2 Manantiales.....	12
7.2.3 Bombeo.....	12
7.3 Cambio de almacenamiento.....	12
8 Disponibilidad.....	13
8.1 Recarga total media anual.....	14
8.2 Descarga natural comprometida.....	14
8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA.....	14
8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas.....	14
9 BIBLIOGRAFÍA.....	14

DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO CIUDAD GUZMÁN, JALISCO

1 GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (LAN) contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) 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-011-CNA-2000 “Norma Oficial Mexicana que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”. 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 CONAGUA.

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 Registro Público de Derechos del Agua (REPGA)

El cálculo de la disponibilidad obtenida permitirá una mejor administración del recurso hídrico subterráneo ya que el otorgamiento de nuevas concesiones sólo podrá efectuarse en acuíferos con disponibilidad de agua subterránea. 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 REPGA. 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.

1.1 Localización

El acuífero Ciudad Guzmán se localiza en la porción sur del estado de Jalisco, abarcando una superficie de 4308 km², de la cual 1749 km² corresponden con el área de la Subcuenca y 1230 con el área de explotación, figura No 1. Al norte limita con los acuíferos Quitupan, Valle de Juárez, Tizapán, Aguacate, Unión de Guadalupe, Lagunas y Jiquilpan; al sur con los estados de Colima y Michoacán; al este con los acuíferos Colomos y Barreras y Al oeste con el acuífero Autlán.

Geográficamente, el acuífero se localiza entre los paralelos $18^{\circ} 54' 33''$ y $20^{\circ} 50' 13''$ de latitud norte y entre los meridianos $102^{\circ} 50' 13''$ y $103^{\circ} 43' 24''$ de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. El acuífero queda comprendido dentro de la poligonal cuyos vértices se enlistan en la tabla No. 1.

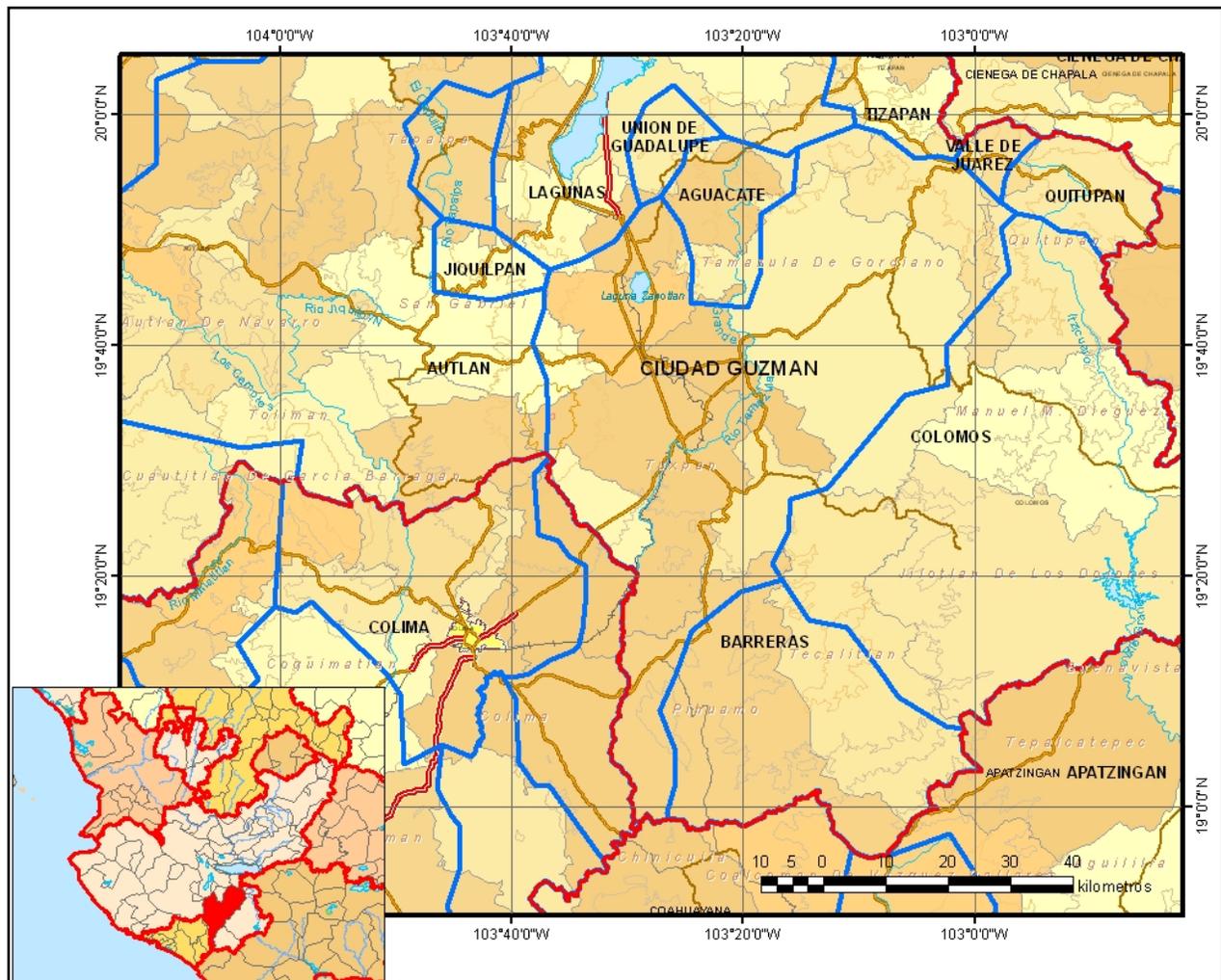


Figura 1. Localización del Acuífero de Ciudad Guzmán, Jal.

ACUIFERO 1406 CIUDAD GUZMAN

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	103	36	52.4	19	34	4.8	
2	103	37	2.9	19	37	13.2	
3	103	38	16.1	19	40	16.3	
4	103	37	13.3	19	43	24.7	
5	103	37	13.3	19	44	58.2	
6	103	36	42.3	19	46	32.5	
7	103	34	7.5	19	47	25.8	
8	103	31	11.3	19	49	1.9	
9	103	28	52.5	19	52	8.8	
10	103	27	9.3	19	52	56.4	
11	103	25	17.7	19	50	21.2	
12	103	24	24.0	19	47	10.3	
13	103	24	36.0	19	43	41.4	
14	103	19	33.6	19	43	15.6	
15	103	18	24.0	19	46	30.5	
16	103	18	36.0	19	51	18.9	
17	103	15	42.9	19	53	16.2	
18	103	15	15.3	19	57	8.9	
19	103	10	17.6	19	59	4.9	
20	103	7	56.9	19	58	25.2	
21	103	5	5.8	19	56	13.7	
22	103	3	12.6	19	56	29.0	
23	103	1	40.9	19	56	7.6	
24	103	0	34.8	19	55	15.7	
25	102	57	38.6	19	52	24.8	
26	102	56	21.8	19	51	30.4	
27	102	57	38.6	19	50	11.3	
28	102	56	55.9	19	46	21.8	
29	103	2	26.9	19	39	57.4	
30	103	2	16.2	19	36	39.9	
31	103	6	0.0	19	35	41.1	
32	103	12	40.8	19	27	40.6	
33	103	15	53.0	19	26	41.9	
34	103	16	3.7	19	23	51.1	
35	103	17	29.1	19	21	5.6	
36	103	16	36.5	19	19	45.2	
37	103	20	14.6	19	18	36.1	
38	103	24	25.6	19	15	13.2	
39	103	25	51.0	19	11	23.6	
40	103	27	16.4	19	8	22.1	
41	103	25	56.3	19	5	4.6	
42	103	25	51.0	19	2	8.4	
43	103	26	32.7	18	59	32.0	
44	103	26	26.8	18	58	57.8	DEL 44 AL 45 POR EL LIMITE ESTATAL
45	103	29	18.2	18	57	52.0	DEL 45 AL 46 POR EL LIMITE ESTATAL
46	103	37	2.7	19	30	43.4	
1	103	36	52.4	19	34	4.8	

Tabla 1. Vértices que definen la poligonal del Acuífero.

El acuífero comprende los municipios de Ciudad Guzmán, Gómez Farias, Zapotiltic, Atenquique, Tuxpan, Tamazula de Gordiano, Tecalotlán, Tonila, Concepción de Buenos Aires y Mazamitla.-

La zona se encuentra en general bien comunicada, destacando por su importancia la autopista Guadalajara-Mazatlán, así como también la Carretera Federal No. 110 y la Carretera Estatal No. 54, cuenta además con algunos caminos pavimentados y de terracería. Las carreteras mencionadas comunican a Ciudad Guzmán, Tuxpan, Zapotiltic, Tecalotlán y Tamazula de Gordiano, además de comunicar con las poblaciones de mayor importancia.

En cuanto a vías férreas, pasa la línea de Ferrocarril Guadalajara-Manzanillo y existe en uso una aeropista para naves pequeñas, a un lado del libramiento de Ciudad Guzmán.

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En todos los estudios que a continuación se mencionan se abarcó parte del acuífero Ciudad Guzmán.

a) Estudio Geohidrológico de la Cuenca de Cd. Guzmán y Zonas de Veda.

Las actividades que comprendió el estudio fueron: Geología, Geohidrología y Zonas de Veda.

b) Comentarios con respecto a las fallas Geológicas de Ciudad Guzmán, Jalisco. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1993.

Las actividades que comprendió el comentario fueron: Fisiografía, Tectónica, Hipótesis de las fallas en las que menciona que no existe interrelación del sistema de fallas con la explotación de aguas subterráneas de la zona, ya que no son radiales a los pozos.

3 FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

El área del acuífero se encuentra localizada en los límites de las Provincias Eje Neovolcánico (Raisz, 1969), o bien Faja Volcánica Transmexicana (Demant, 1981), y Sierra Madre del Sur, encontrándose la mayor parte del área dentro de la primera, ya que el límite sur y poniente esta constituido por el Volcán de Colima y el Nevado de Colima.

3.2 Clima

De acuerdo a la clasificación de climas enunciada en la síntesis geográfica del estado de Jalisco, la zona de estudio presenta un clima semicálido, subhúmedo, el cual presentan una época de lluvias en verano y un porcentaje invernal menor a 7 mm.

Temperatura media anual: La temperatura media anual se encuentra entre 18 y 22° C; el mes más caluroso del año es junio, mientras que el mes más frío es enero.

Precipitación media anual: La precipitación promedio anual registrada en las estaciones climatológicas Gómez Farias y Ciudad Guzmán, es de 910.8 mm; para el período 1982-1991, siendo los meses de julio y agosto los que presentan mayor incidencia de lluvias, siendo abril el mes más seco.

Evapotranspiración media anual: No se tienen datos disponibles de evaporación potencial de estaciones cercanas, sin embargo, con los datos anteriores y aplicando la fórmula de Turc para el cálculo de evapotranspiración real, se tiene que en el área de interés, se evapotranspiran 144.46 Mm³/año.

3.3 Hidrografía

El área corresponde a una cuenca cerrada de forma alargada; delimitada hacia el oeste por la Sierra de la Media Luna y la Falda Septentrional del Nevado de Colima, hacia el noroeste por la Sierra de Usmajac, y hacia la parte noreste por las Sierras los Manzanillos y el Tigre.

La zona del Acuífero Ciudad Guzmán pertenece a la Región Hidrológica No. 12 "Lerma-Santiago", localizada dentro de la Cuenca Lago de Chapala, Subcuenca Laguna de Zapotlán.

Los arroyos que alimentan la Laguna de Zapotlán llegan a ésta formando un modelo de drenaje de tipo radial centrípeto los cuales son de carácter intermitente y de tipo torrencial, conduciendo el agua solo durante el periodo de lluvias. En esta zona no se cuenta con ríos de tipo perenne, básicamente esta drenada por arroyos intermitentes y de manera secundaria por algunos otros de menor importancia.

En cuanto a manantiales, existen tres: la Catarina (Cd. Guzmán), las Tubias (Gómez Farias) y del Nevado.

Los principales alimentadores de la laguna son: el Arroyo La Chala, el cual nace en la sierra de los Manzanillos y que tienen una dirección hacia el S-SW hasta llegar a la Laguna de Zapotlán por la parte occidental; los Arroyos las Minas, la Catarina, Chuluapan y los Guayabos, los cuales provienen de la Sierra el Tigre y llegan a la Laguna con una dirección hacia el suroeste, estos arroyos conservan cierto paralelismo entre ellos, durante su trayecto; los Arroyos la Cuevitas y Agua Nueva, provenientes de la vertiente meridional de la Sierra de Usmajac, también presentan un paralelismo entre ellos y su dirección casi oeste-este, el Arroyo Cuevitas es un tributario del Arroyo la Chala, proveniente de la sierra de los Manzanillos; Los Arroyos la Llave, Delgado y las Carboneras, los cuales provienen de la Sierra de la Media Luna presentan una estructura subdendrítica en la parte de la sierra, hacia la cuenca el drenaje es un poco paralelo, su dirección es hacia el noreste hasta llegar a la Laguna de Zapotlán; y finalmente los Arroyos la Tijera, el Agua, Piedra Ancha, Salto de Cristo y el Chapulín, nacen en la falda septentrional del Nevado de Colima, al igual que los anteriores, también muestran cierto paralelismo en sus drenajes, su dirección es hacia el noreste. Además de los arroyos antes mencionados se encuentran otros de menor importancia, los cuales se encuentran drenando a los anteriores.

La mayor cantidad de los escurrimientos hacia la laguna son originados en las Sierras de la Media Luna y de Manzanillos, el menor número de escurrimientos proviene de la Sierra de Usmajac.

Los manantiales existentes se localizan dos de ellos en la Sierra el Tigre, las Tubias y la Catarina; y el manantial del Nevado, en las faldas del Nevado de Colima.

3.4 Geomorfología

Dentro del área, por efectos de los movimientos tectónicos se acentuó la diferencia de los niveles de los bloques hundidos y semihundidos de la fosa de Colima, que

combinados con el acarreo de partículas a la depresión, se terminó por elaborar dentro del Graben (hundimiento) de Zapotlán una cuenca cerrada, observándose las formaciones características de esta zona, consistentes en cordones de montañas, volcanes y una depresión en la parte central.

4 GEOLOGÍA

Los tipos de rocas existentes en el área corresponden con rocas ígneas extrusivas de tipo básico y naturaleza piroclástica; además de rocas sedimentarias representadas por las rocas calcáreas del Cretácico Inferior, las areniscas y conglomerados del Terciario, y por los sedimentos Cuaternarios de tipo aluvial y lacustre, Figura No. 2.

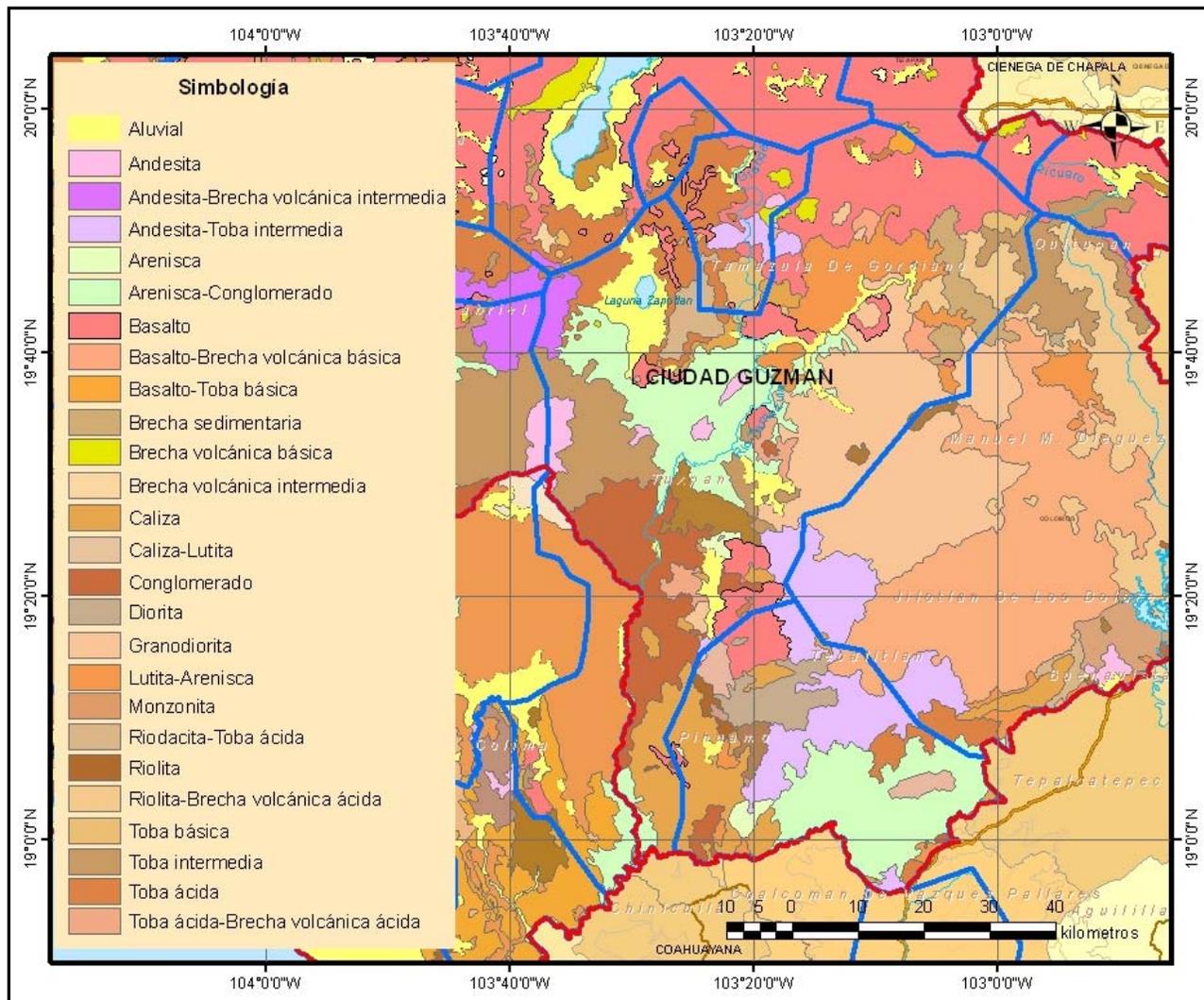


Figura No. 2. Mapa Geológico

4.1 Estratigrafía

La estratigrafía regional para la Laguna de Zapotlán, se encuentra constituida por rocas ígneas extrusivas y rocas sedimentarias marinas y continentales. El basamento que sostiene a toda la secuencia volcánica está integrado por rocas volcánicas, volcanosedimentarias y sedimentarias marinas relacionadas con procesos de arco magmático insular (Pantoja-Alor y Estrada-Barraza, 1986), el cual se encuentra aflorando al oriente y suroriente del Volcán de Colima, correspondiendo con brechas volcánicas bien consolidadas y andesitas masivas zeolitizadas; las rocas carbonatadas, que afloran en Tenexcamilpa, pertenecientes al basamento se encuentran bastante metamorfizadas, como producto de la intrusión de diques andesíticos.

Las unidades del Terciario se encuentran constituidas por derrames de basalto y andesitas, y por derrames piroclásticos de composición riodacítica, representados por un paquete de ignimbritas de textura eutaxítica.

El Terciario Superior-Pleistoceno Tardío está representado por el Grupo Nevado, el cual se encuentra constituido principalmente por un conjunto de unidades litoestratigráficas de composición predominantemente andesítica, formadas por derrames de lava y material piroclástico, originadas por las diversas emisiones del volcán de Nevado de Colima. Las unidades litoestratigráficas que integran este grupo son: andesita La Calle, formación Atenquique, toba Los Mazos y dacita Loma Alta.

Finalmente, el Reciente se encuentra representado por la andesita La Membrillera, la avalancha Los Lobos y la avalancha San Antonio. Del último periodo de actividad del Volcán de Colima se tienen los derrames andesíticos denominados: andesita La Lumbre, el lahar Cofradía, andesita El Playón y la grava Cordobán.

4.2 Geología estructural

El marco tectónico-estructural que se observa en el área, se originó con las primeras fases tectónicas del Cretácico Superior con la Orogenia Laramide, la cual provocó un plegamiento y levantamiento de las rocas sedimentarias marinas. Durante el Cenozoico Inferior y Medio tuvieron lugar los derrames volcánicos formando montañas de relieves positivos.

Probablemente los movimientos tectónicos del Terciario Superior sean los responsables de la formación de la fosa de Colima; ya que estos movimientos dieron origen a bloques de la corteza, los cuales debido a la actividad tectónica dieron lugar a la formación de grabens que caracterizan al sector occidental del Eje Neovolcánico. La actividad efusiva del Cenozoico Superior fue la causante de la división de la fosa de Colima en dos sectores, uno de ellos el del Valle de Zapotlán y el otro corresponde con el Llano Grande. Finalmente en el Pleistoceno y Holoceno tienen lugar la formación de los cerros La Calera y Apaxtepec, constituidos por brechas volcánicas.

Debido a la gran actividad volcánica y tectónica del área, en esta se pueden apreciar tres sistemas de fracturas N-S, NE-SW y NW-SE. Las fallas mejor expuestas son las N-S, en la Sierra el Tigre, con un escalonamiento hacia el valle de Laguna de Zapotlán, provocados por el sucesivo levantamiento de esta misma, este sistema se desarrolla hasta la zona de Huescalapa. Entre esta zona y el Arroyo la Catarina se encuentra el sistema de fracturas NE-SW. El otro sistema de fracturas se localiza en el borde oriental de la Sierra de la Media Luna, el cual obedece a empujes tectónicos, al igual que los correspondientes al borde occidental de la Sierra El Tigre.

4.3. Geología del subsuelo

Desde hace mucho tiempo, se ha considerado a la zona de la Laguna de Zapotlán como una fosa tectónica rellena por materiales aluviales y lacustres, dispuestos en capas con buena permeabilidad, alternando con otras de menor valor por su grado de arcillosidad. Esta porción del valle se une a la zona de Tuxpan, primeramente por un apilamiento de rocas volcánicas, depositadas, al parecer, sobre un antiguo relieve topográfico compuesto por rocas batolíticas y calcáreas, ambas de edad cretácica, que se han venido erosionando, rellenándose de esta manera las partes bajas, compartiendo en forma alternante el fondo del valle con derrames lávicos y depósitos de material piroclástico.

5 HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de Acuífero

En lo que respecta a las unidades hidrogeológicas, se puede resumir que la zona está constituida en parte por materiales aluviales y areniscas asociadas con conglomerados, provenientes de la erosión e intemperismo de las rocas volcánicas preexistentes. Por lo tanto se considera que el acuífero es de tipo libre alojado en un medio granular, constituido por brechas volcánicas y materiales aluviales; además se ha considerado que el acuífero alojado en las rocas volcánicas fracturadas es de tipo semiconfinado.

5.2 Piezometría

De acuerdo con la configuración piezométrica correspondiente al año de 2000, los niveles del agua subterránea se encuentran a profundidades que van de 1.7 a 76.6 m, dependiendo de la época en que se hagan éstas observaciones, así tenemos que en la época de estiaje los niveles del agua corresponden con las mayores profundidades, del centro hacia la periferia y en temporada de lluvias, empiezan a recuperarse, incrementándose principalmente de la periferia hacia el centro del valle.

Derivado de la interpretación piezométrica se definieron dos zonas en la cuenca, una denominada zona de recarga que se localiza en la mayoría de las serranías con diferentes grados de permeabilidad y transmisividad.

Referente al flujo subterráneo, éste tiene una dirección que va de las partes altas a las bajas en dirección a la zona de recarga que se ubican en el Valle de Zapotiltic,

Tecalitlán y Tuxpan, así como en la Laguna de Zapotlán localizada en el Valle de Ciudad Guzmán que se encuentran en la zona.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA DE LAS CAPTACIONES

El padrón de usuarios con que cuenta la Subgerencia Técnica de la Regional Lerma-Santiago Pacífico, después de la depuración realizada hasta el mes de agosto del año 2003, de la información generada por el REPDA, dio como resultado 600 aprovechamientos que en conjunto extraen un volumen de 105.6 millones de metros cúbicos anuales.

Para el balance se estima un volumen de extracción anual por pozo con un régimen de operaciones promedio de la zona. Además de los gastos aforados y las hectáreas regadas con una lámina de riego que fluctúa de 0.60 a 1.0 metros para el caso del uso industrial y público urbano se considero el volumen declarado.

Para el año 2003 la CNA reporta la existencia de 600 aprovechamientos, de los cuales 442 son de uso agrícola, 116 son de uso público urbano y 17 son para la actividad industrial y servicios, y el resto son destinados para otros usos (múltiple, recreativo y doméstico), de los cuales se extrae un volumen de 105.6 Mm³/año.

Del volumen extraído 72.6 Mm³ son destinados para el uso agrícola, 26.5 Mm³ para el uso público urbano, 5.9 Mm³ para la actividad industrial y servicios, y el resto es destinado para otros usos.

7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El área considerada para la realización del balance es de 1230 km². Los datos considerados para el balance se tomaron de la información proporcionada por el REPDA (agosto 2003).

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

$$\text{Entradas (E) - Salidas (S) = Cambio de almacenamiento } \Delta V \text{ (s).....1)}$$

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 un acuífero, representada como sigue:

$$\text{Recarga total - Descarga total = Cambio de almacenamiento en el acuífero.....2)}$$

Más específicamente la ecuación queda como sigue:

$$[Eh + 1_1 (\text{Volumen lluvia}) + 1_2 (\text{Uso público urbano}) + 1_3 (\text{Usos agrícola + otros})] -$$

$$[Sh + Q_{base} + \text{Manantiales} + \text{Evapotranspiración} + \text{Extracción}] = V_d S = \Delta V(s) \dots \dots \dots (3)$$

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.

Para el acuífero Ciudad Guzmán la recarga total media anual queda como incógnita, dando al final un resultado de 266.1 Hm³/año (Millones de metros cúbicos anuales).

7.2 Salidas

7.2.1 Evapotranspiración

Aplicando el método de Turc basado en la precipitación promedio de 910.8 mm y una temperatura promedio de 20° C se tiene:

$$Evpt = \frac{P}{\sqrt{0.9 + (P/L)^2}} \quad \text{donde } L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

por lo tanto:

$$L = 300 + 25(20) + 0.05 (20)^3 = 1200$$

$$Evpt = \frac{910.8}{\sqrt{0.9 + (910.8/1200)^2}}$$

$$Evpt = 910.8 / 1.21 = 749.7$$

Aplicado a un área donde aflora el material aluvial, donde se localizan los niveles más someros:

$$0.7497 (385.2) = 288.8 \text{ Hm}^3$$

Aplicando un valor promedio de 5 m de profundidad al nivel estático y bajo la siguiente consideración:

Profundidad al n. e. (m)	Evapotranspiración (%)	factor
0	100	1.0
2	80	0.8
5	50	0.5
7	30	0.3
10	0	0.0

Por lo tanto la evapotranspiración se calcula como sigue:

$288.8 (0.5) = 144.4 \text{ Hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

7.2.2 Manantiales

Es la suma de volúmenes de agua concesionados (utilizados) de los manantiales del acuífero que están comprometidos como agua superficial para diversos usos. Se estima un volumen anual de **16.0 Hm³/año** (Millones de metros cúbicos anuales).

7.2.3 Bombeo

El volumen extraído total del acuífero a través del bombeo, para todos los usos resultó de $105.6 \text{ Hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

7.3 Cambio de almacenamiento

De acuerdo al registro de los niveles estáticos, se observa que los niveles del agua subterránea no han sufrido cambios significativos en su posición. Existen sólo algunos valores aislados, tanto de abatimiento como de recuperación, mientras que en la mayor parte del área se mantienen los niveles. Por lo tanto, se considera que el cambio en el almacenamiento tiende a ser nulo. **$\Delta V(S) = 0$** .

Solución a la ecuación de balance.

Una vez calculadas las componentes de la ecuación de balance, procedemos a evaluar la recarga vertical por lluvia mediante la expresión:

$$R_v = E_{vpt} + B + S_m - \Delta V(S)$$

$$R_v = 144.4 + 105.6 + 16.0$$

$R_v = 266.0 \text{ Hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales) que incluye la recarga vertical por lluvia, las entradas horizontales, la infiltración a lo largo de los cauces de los arroyos, las pérdidas en los canales de riego y las fugas en las zonas urbanas, así como los excedentes de los retornos agrícolas en el Distrito de Riego.

La tabla No. 2, presenta un resumen con los valores de cada una de las componentes del balance de aguas subterráneas.

Área total del acuífero				km ²	4308.00
RECARGA TOTAL					
Área del valle				km ²	1230.00
Coeficiente					
Precipitación				mm/año	910.80
Recarga natural por lluvia				Hm ³ /año	
Entradas naturales					
Total de recarga natural					
Público Urbano					
Recarga inducida P. U.					
Agrícola más otros					
Recarga inducida Agrícola + otros					
RECARGA TOTAL				Hm ³ /año	266.0
DESCARGA TOTAL					
Salidas horizontales				Hm ³ /año	
Caudal base				Hm ³ /año	
Evapotranspiración				Hm ³ /año	144.4
Extracción total					105.6
Manantiales comprometidos					16.0
Agrícola				Hm ³ /año	
Público Urbano				Hm ³ /año	
Doméstico				Hm ³ /año	
Industrial				Hm ³ /año	
Otros				Hm ³ /año	
DESCARGA TOTAL				Hm ³ /año	266.0
Cambio de almacenamiento				Hm ³ /año	0.00
Coeficiente de almacenamiento					
Volumen drenado				Hm ³ /año	

Tabla 2. Balance de aguas subterráneas para el acuífero de Ciudad Guzmán.

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 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:

$$\begin{array}{l} \text{Disponibilidad media} \\ \text{anual de agua} \\ \text{subterránea en una} \\ \text{unidad hidrogeológica} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Recarga total} \\ \text{media anual} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Descarga natural} \\ \text{comprometida} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Volumen anual de} \\ \text{aguas subterránea.....(4)} \\ \text{concesionado e} \\ \text{inscrito en el REPDA} \end{array}$$

8.1 Recarga total (Rt)

La recarga total es igual a **266.0 Hm³/a** (Millones de metros cúbicos anuales).

8.2 Descarga Natural Comprometida (DNC)

Es la suma de volúmenes de agua concesionados (utilizados) de los manantiales y del caudal de los ríos alimentados por un acuífero, que están comprometidos como agua superficial para diversos usos y de las descargas que deban de conservarse para no afectar a los acuíferos localizados aguas abajo o destinados para sostener el gasto ecológico. Para este caso **DNCOM = 16.0 Hm³/año** (Millones de metros cúbicos anuales), que corresponde a las salidas del acuífero a través de manantiales.

8.3 Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS)

Se determinó sumando los volúmenes de agua concesionada e inscrita por la CNA, mediante títulos registrados en el REPDA. Para el caso de este acuífero la información proporcionada por el REPDA, con fecha de corte al **31 de mayo de 2005 es de 114.918 531 m³/año**.

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas (DAS)

Es la determinación de volúmenes medios anuales de agua disponibles, que tendrán derecho a explotar, usar o aprovechar los interesados, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro los ecosistemas.

$DAS = 266.1 - 16.0 - 114.918531 = 135.181469 \text{ Hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

La cifra indica que existe un volumen disponible de 135.181469 Mm³/año (Millones de metros cúbicos anuales), para nuevas concesiones en el acuífero denominado Ciudad Guzmán, Jal.

9 BIBLIOGRAFIA

Comentarios con respecto a las fallas Geológicas de Ciudad Guzmán, Jalisco. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1993.

Estudio Geohidrológico de la Cuenca de Cd. Guzmán y Zonas de Veda.- Comisión Nacional del Agua.