

***Actualización de la disponibilidad media anual  
de agua en el acuífero Encarnación (1422),  
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.**

### CDLXXVIII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO"

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					

#### ESTADO DE JALISCO

1422	ENCARNACIÓN	63.3	0.0	112.878265	72.6	0.000000	-49.578265
------	-------------	------	-----	------------	------	----------	------------

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 1422 ENCARNACION**

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	101	58	58.3	21	34	6.0	
2	102	0	1.9	21	31	46.2	
3	102	1	43.2	21	29	37.5	
4	102	3	29.0	21	27	23.2	
5	102	12	12.6	21	16	18.4	
6	102	19	37.4	21	19	3.7	
7	102	28	12.2	21	21	29.8	
8	102	32	50.6	21	17	47.3	
9	102	33	21.4	21	18	25.8	
10	102	34	38.4	21	19	27.5	
11	102	36	22.4	21	18	22.0	
12	102	37	27.9	21	17	1.1	
13	102	38	41.1	21	15	5.5	
14	102	39	38.8	21	15	9.4	
15	102	40	59.7	21	18	2.7	
16	102	42	43.7	21	20	9.8	
17	102	44	22.2	21	20	48.6	DEL 17 AL 18 POR EL LIMITE ESTATAL
18	102	46	55.5	21	38	52.3	DEL 18 AL 19 POR EL LIMITE ESTATAL
19	102	44	44.2	21	43	10.8	DEL 19 AL 20 POR EL LIMITE ESTATAL
20	102	38	1.4	21	45	59.1	DEL 20 AL 21 POR EL LIMITE ESTATAL
21	102	11	5.6	21	41	22.0	DEL 21 AL 22 POR EL LIMITE ESTATAL
22	101	52	5.4	21	54	31.2	
23	101	50	23.6	21	53	28.9	
24	101	51	58.9	21	51	15.4	
25	101	51	39.9	21	49	33.7	
26	101	50	23.6	21	48	17.5	
27	101	51	58.9	21	46	29.5	
28	101	52	5.3	21	44	9.7	
29	101	50	30.0	21	41	11.7	
30	101	50	25.2	21	37	52.3	
31	101	50	17.3	21	36	44.8	
32	101	52	56.1	21	34	56.8	
1	101	58	58.3	21	34	6.0	



*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 ENCARNACIÓN,  
ESTADO DE JALISCO***

México, D.F., 30 de abril de 2002

# **DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO DE ENCARNACIÓN, 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
- 5.2 Parámetros hidráulicos
- 5.3 Piezometría
  - 5.3.1 Elevación del nivel estático
  - 5.3.2 Evolución del nivel estático

### **6 Censo de aprovechamientos e hidrometría del bombeo**

### **7 Balance de aguas subterráneas**

- 7.1 Entradas
  - 7.1.1 Recarga total
- 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 de Encarnación, Jal.
- Figura 2 Plano del Acuífero de Encarnación, Jal.
- Figura 3 Elevación del nivel estático 1996
- Figura 4 Evolución del nivel estático 1985

## **Tablas**

- Tabla 1 Vértices de la poligonal del Acuífero de Encarnación, Jal.

# DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO DE ENCARNACIÓN, ESTADO DE JALISCO

## 1 Generalidades

### 1.1 Localización

El Acuífero de Encarnación se localiza en la porción noreste del Estado de Jalisco y cubre una superficie 2050 km<sup>2</sup>, que representa cerca del 2.6% del territorio estatal, figura 1.

#### 1.1.1 Coordenadas

Geográficamente el área del acuífero se encuentra dentro de la poligonal cuyos vértices se enlistan a continuación:

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

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	46	48.0	21	38	27.6	Del 1 al 2 por el límite estatal
2	102	44	45.6	21	43	12.0	Del 2 al 3 por el límite estatal
3	102	40	51.6	21	45	7.2	Del 3 al 4 por el límite estatal
4	102	3	57.6	21	47	34.8	Del 4 al 5 por el límite estatal
5	101	52	15.6	21	54	32.4	
6	101	51	28.8	21	53	49.2	
7	101	51	43.2	21	51	10.8	
8	101	53	6.0	21	49	12.0	
9	101	52	48.0	21	45	10.8	
10	101	48	54.0	21	39	32.4	
11	101	58	26.4	21	34	37.2	
12	102	1	19.2	21	29	24.0	
13	102	2	38.4	21	28	22.8	
14	102	3	14.4	21	27	28.8	
15	102	12	18.0	21	16	26.4	
16	102	28	8.4	21	21	36.0	
17	102	33	7.2	21	16	30.0	
18	102	33	39.6	21	18	28.8	
19	102	35	38.4	21	19	44.4	
20	102	37	15.6	21	15	25.2	
21	102	39	21.6	21	14	49.2	
22	102	44	20.4	21	20	49.2	Del 22 al 1 por el límite estatal
1	102	46	48.0	21	38	27.6	

### 1.1.2 Municipios

La zona de estudio comprende en su totalidad a los municipios de Teocaltiche y Villa Hidalgo, y parcialmente los municipios de Lagos de Moreno y Encarnación de Díaz, figura 2.

La zona en general se encuentra bien comunicada; la vía más rápida es la Carretera Estatal que comunica las poblaciones Lagos de Moreno-Encarnación-Aguascalientes; antes de llegar al poblado de Encarnación de Díaz hay una desviación que comunica al poblado de San Sebastián del Álamo con Encarnación.

El Ferrocarril es otra vía de comunicación importante; este corre desde Lagos de Moreno pasando por Encarnación, Aguascalientes y Zacatecas.

La actividad de mayor importancia en la región es la ganadería que se combina en ocasiones con la agricultura en algunas superficies planas; debido a la escasa productividad de los pozos, no existe una explotación uniforme en toda el área de estudio, por lo que no se aprecia un aprovechamiento exhaustivo del agua subterránea.

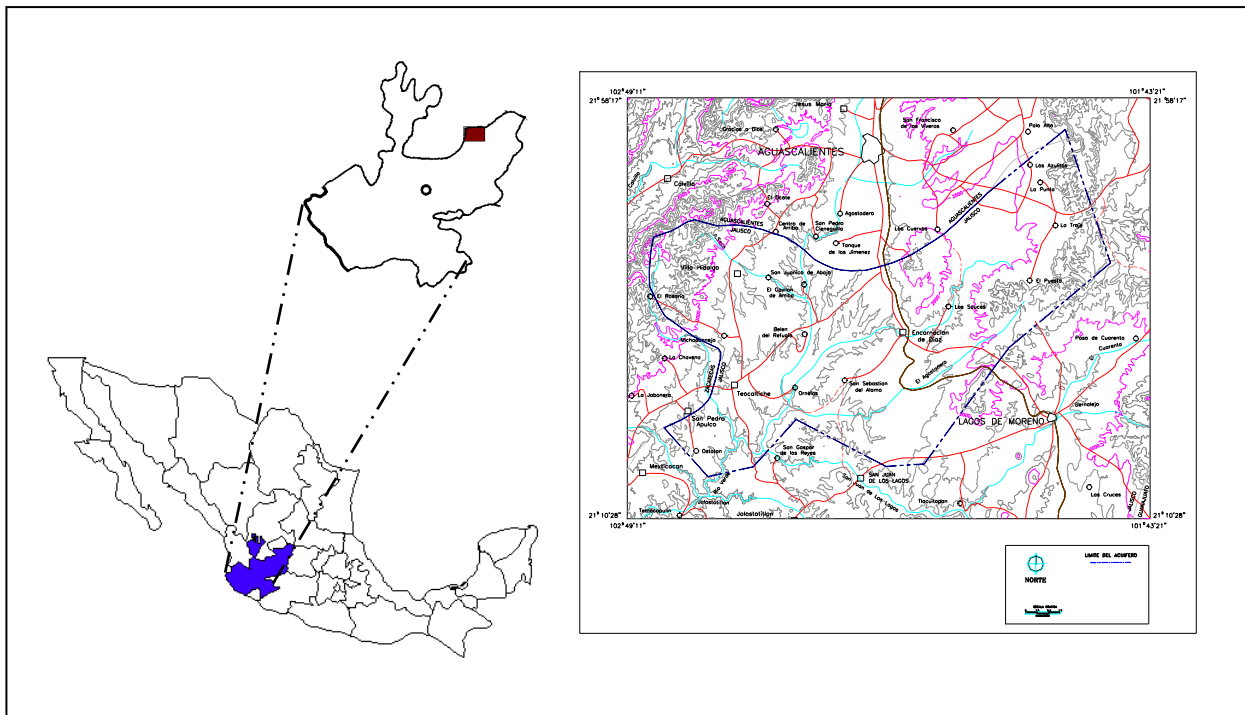


Figura 1. Localización del Acuífero de Encarnación, Jal.

## 2 Estudios técnicos realizados con anterioridad

En 1980 se realizó el estudio denominado “Estudio de Prospección Geohidrológica y Geofísica de la zona de Los Altos de Jalisco” por la empresa Clarión, S.A. Este estudio es de tipo exploratorio, de naturaleza regional y no cuantifica los volúmenes del balance de aguas subterráneas; sin embargo incluye actividades básicas como reconocimiento geológico, un análisis hidrogeoquímico y sondeos geoelectricos y su interpretación.



En los resultados obtenidos se reporta que los aluviones, basaltos y algunas riolitas son las rocas de mayor importancia hidrogeológica, ya que en ellas se han localizado los principales acuíferos de la región; con respecto a los aprovechamientos existentes en el acuífero no fue posible identificar los volúmenes de extracción por carencia del censo completo. Se determinó que el 90% de pozos son para riego y las norias se emplean para usos domésticos o pecuarios, teniendo un total de 150 pozos aproximadamente.

El agua subterránea es de muy buena calidad para los usos domésticos, industrial y riego y solo se encontró ligero termalismo en uno o dos pozos profundos.

En 1981 se llevó a cabo el estudio denominado “Servicios de prospección y levantamiento geológicos y geofísicos en Lagos de Moreno”. Este trabajo y el anterior se traslapan cerca del Río Verde, aunque comprenden zonas diferentes. Del último se obtuvo como resultado que el acuífero se encuentra en una zona de baja precipitación pluvial, donde los niveles freáticos se encuentran muy profundos; tiene además una compleja estructura geológica con numerosos estratos confinantes, que no favorece la infiltración vertical ni las entradas por flujo horizontal de otras áreas adyacentes.



Los niveles de la zona son los más profundos de la entidad, ya que al estar ubicado el acuífero en una meseta elevada de alrededor de 100 m sobre los valles próximos, resulta que los pozos se encuentran con niveles de 100 y 130 m de profundidad.

El balance hidrológico es negativo ya que la suma de las entradas arroja la cantidad de 15 Mm<sup>3</sup>/año y las salidas de aproximadamente 27 Mm<sup>3</sup>/año, de los cuales 24 Mm<sup>3</sup>/año corresponden a la extracción.

### **3 Fisiografía**

#### **3.1 Provincias fisiográficas**

El área de estudio se encuentra dentro de la Provincia Fisiográfica del Altiplano Mexicano, según E. Raisz, y de acuerdo con Álvarez Jr. a la Provincia Fisiográfica de la Mesa Central.

Se trata de una sucesión de lomeríos cuyas elevaciones varían entre 1800 y 1900 msnm en promedio; las partes más bajas corresponden a los valles labrados por las corrientes principales, entre las que destaca el Río San Pedro, que cambia de nombre cerca de Ajojuar a Río Verde. El rasgo montañoso más importante corresponde a la Sierra El Laurel ubicada al noroeste de la zona de estudio y que sirve como límite para los Estados de Jalisco y Aguascalientes.

#### **3.2 Clima**

Con base en los datos tomados del Atlas Nacional del Medio Físico, 1981 el área estudiada tiene un clima de tipo BS<sub>1</sub> hw(w), que corresponde a un clima cálido con lluvias en verano.

##### **3.2.1 Temperatura media anual**

La temperatura media anual es de 17° C; el período caluroso del año es de junio a septiembre siendo enero el mes más frío.

##### **3.2.2 Precipitación media anual**

La precipitación promedio anual es de 600 mm; el período de lluvias es de junio a octubre y en forma global, en el área llueve un volumen de casi 1230 Mm<sup>3</sup>/año.

##### **3.2.3 Evaporación potencial media anual**

La evaporación potencial media anual es del orden de 2200 mm.

### **3.3 Hidrografía**

El área corresponde a una cuenca cerrada de forma irregular; delimitada hacia el oeste y noroeste por el parteaguas que forman las Sierras de Pedernales, San Juan, Salitreña y Chuchupate; al sur por los Cerros La Bufa y Chichihuite; al oriente por la Sierra Azul, los Cerros El Venado y Los Gavilanes, y al nororiente por los Cerros Banco, Los Hidalgos y Rebote.

#### **3.3.1 Región Hidrológica**

El Acuífero de Encarnación pertenece a la Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago (CRM, 1999).

### **3.3.2 Cuenca**

El área en estudio esta localizada dentro de la Cuenca Río Verde y Río Encarnación (CRM, 1999).

### **3.3.3 Subcuenca**

El área en estudio esta localizada dentro de la Subcuenca No.5 (CRM, 1999).

Debido a la escasa precipitación, los ríos y arroyos solo llevan agua cuando existen manantiales o flujo base originado por aguas del subsuelo; este es el caso de los Ríos Verde y Encarnación, y del Arroyo “San Matías” o “Agostadero”.

Siguiendo el curso del Río Verde, se presenta una derivación para el pequeño distrito de riego de Belem, a través de la Presa Derivadora de Ajojucar. Cerca de la población de Ornelas, recibe por su margen izquierda al Río Encarnación, su principal afluente dentro la Unidad Hidrogeológica Encarnación. El Río Encarnación, después de pasar por la Presa La Duquesa, sigue un curso hacia el poniente y recibe aportaciones de varios arroyos hasta ser captadas sus aguas en la Presa La Cascarona, ya dentro del área de estudio.

Finalmente a 8 Km aguas abajo de esta confluencia, el Río Verde recibe otro importante afluente por su margen derecha llamado Río Teocaltiche, que se origina en las faldas del Cerro La Campana cerca de los límites con el Estado de Zacatecas.

### **3.4 Geomorfología**

Las principales elevaciones de la región la forman las sierras y cerros prominentes que se localizan en la parte oriental de la hoja Lagos de Moreno, la altitud media de estas es de 2700 msnm.

Los valles son más estrechos en la parte oriental del área y se hacen más extensos y con menos afloramientos de rocas extrusivas hacia el occidente del área. En gran parte de ésta, las llanuras se interrumpen por mesetas de basalto siendo las más importantes la Mesa Redonda, La Mesita y Mesa los Indios, entre otras.

Se tienen mesetas de rocas ígneas extrusivas ácidas como son Mesa la Culata y Mesa Cuevas; así mismo, las llanuras se ven interrumpidas por cerros aislados de rocas extrusivas ácidas de grandes dimensiones como el Cerro Los Gallos al sur de Aguascalientes y el Cerro Mina de los Micos, este último con elevaciones promedio de 2250 msnm. Muchos de estos valles forman parte de antiguas cuencas lacustres, las que posteriormente fueron remodeladas y profundamente disectadas por corrientes que finalmente lograron romper las barreras naturales que daban lugar a las mencionadas cuencas endorreicas.

## **4 Geología**

El área de estudio queda comprendida dentro de la Provincia Geológica de la Mesa Central aunque tiene una ligera influencia del Eje Neovolcánico, según se puede apreciar en las emisiones basálticas, contemporáneas a las edades de la mayoría de los materiales volcánicos de finales del Terciario y Cuaternario.

En esta región destaca la presencia de materiales ácidos como las ignimbritas y las tobas riolíticas; solo se presentan afloramientos de riolitas, en las porciones más altas de la cordillera ubicada al oriente y en el cerro Los Gallos. La actividad volcánica riolítica se inició en el Cenozoico Medio y culminó hasta el Cuaternario.

Las rocas volcánicas fueron cubiertas después por materiales sedimentarios de relleno, depositados en ambientes fluviales y quizás, en algunas porciones cuando las corrientes superficiales fueron obstruidas por las nuevas extrusiones (correspondientes al Eje Neovolcánico), en ambientes lacustres. La Meseta del Llano no muestra características fisiográficas de ambiente lacustre.

#### **4.1 Estratigrafía**

En este apartado nos referimos exclusivamente a las rocas que afloran en la zona de estudio, de acuerdo con los resultados de los estudios hidrogeológicos consultados, indicando hasta el apartado siguiente las rocas que existen adicionalmente en el subsuelo, pero que no afloran. Las rocas que se presentan de mayor a menor antigüedad son:

##### **Riolitas en diferentes exposiciones (TRx)**

Aparecen intermitentes en varios cortes de arroyos y de los caminos de los municipios de Teocaltiche y Villa Hidalgo. En varias de las secciones consultadas se puede apreciar que no solamente aparecen rocas riolíticas, sino también algunas rocas producto de diferenciación magmática como traquiandesitas y dacitas. Bajo ciertas condiciones de fracturamiento y presencia de brechas, pueden tener cierto almacenamiento y permeabilidad para constituir acuíferos.

(TBx). Son basaltos que se presentan como afloramientos esporádicos en algunos puntos de la región, de hecho existen diferentes afloramientos que corresponden a diferentes emisiones basálticas y es posible que las más antiguas de estas rocas sean de edad Paleoceno-Eoceno; en varias porciones constituyen áreas de recarga a los acuíferos profundos.

(Tigi). Secuencias ignimbríticas que afloran al occidente de Villa Hidalgo, formadas por cuerpos irregulares de composición ácida. A esta unidad se le asigna una edad relativa del Oligoceno.

##### **Terciario lacustre evaporítico (Tlev)**

Son rocas originadas por procesos sedimentarios y están muy bien expuestas en la parte central del área sobre el cauce del mismo río. Esta unidad, con un espesor medido en el Río Verde de 82.2 m, consta de dos sub-unidades: la sub-unidad inferior consiste de 32 m de estratos medianos de lutitas y limolitas con diatomeas; la sub-unidad superior consiste de margas arenosas y travertino silícificado, dispuestos en estratos potentes, con bandas de pedernal y un espesor de 49.2 m.

Un pozo que corta totalmente a esta unidad es el Cumbres, a través del cual se infiere que tiene un espesor total de 296 m aproximadamente.

Al oriente de la localidad de Ojo Caliente en Aguascalientes, esta unidad aparece en la parte superior de los lomeríos interdigitada con aluvión del Terciario, el cual generalmente le sobreyace. Estos depósitos sobreyacen discordantemente a las ignimbritas y brechas volcánicas

descritas anteriormente y subyacen discordantemente a la Toba Aguascalientes.

Por su posición estratigráfica se le ha asignado una edad relativa que va del Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano.

#### **Toba Aguascalientes del Pleistoceno (Tta)**

Son secuencias de tobas poco consolidadas de pseudoestratificación gruesa; se encuentran interdigitadas con materiales aluviales con alto contenido de arenas y gravas ya consolidados.

Hacia la base de esta unidad se ha observado una toba de lapilli con aspecto masivo y deleznable, de naturaleza riolítica y color café rojizo; algunas veces aparece interdigitada con material aluvial grueso y lentes de ceniza volcánica, con espesores variables de 0.3 a 4m; en otras se interdigita con material aluvial grueso (gravas y arenas) de composición riolítica, con gradación normal y en algunas porciones gradación inversa. Estas estructuras se observan en los Arroyos Paso Hondo y El Cedazo.

Hacia la cima de esta unidad se observa la toba con apariencia masiva, intercalada con material aluvial, esta parte puede ser observada en los cortes sobre la carretera N70° hacia SLP, a 10 km al este de Aguascalientes. El espesor máximo de esta unidad se calcula en unos 120 m, y en cortes litológicos de pozos se han medido 64 m como máximo.

Esta unidad sobreyace discordantemente a la brecha volcánica del Terciario Medio y subyace a depósitos sedimentarios del Cuaternario; además se encuentra afectada por la falla del graben de Aguascalientes, considerada del Terciario medio.

#### **Sedimentos no consolidados del Pleistoceno (Tsn)**

Constituidos por areniscas de cuarzo, conglomerados y/o brechas, que contienen restos de material volcánico retrabajado por agentes sedimentarios. Los espesores varían entre unos cuantos metros hasta cerca de 200 m en el centro del valle.

#### **Depósitos continentales y aluvión del Cuaternario (Qdca)**

Materiales sueltos constituidos por horizontes mal clasificados de arenas, limos y arcillas que se han depositado principalmente en las márgenes de los arroyos antiguos o actuales. Cuando existen depósitos adicionales en los valles, estos son de poco espesor y en general no tienen una extensión importante, por lo cual solo aparecen en las zonas topográficamente bajas.

### **4.2 Geología estructural**

La zona de estudio se localiza hacia la porción sur de la estructura regional denominada Fosa de Aguascalientes, por lo que las estructuras que se localizan en el área del acuífero se relacionan a la formación de este accidente el cual se atribuye al desarrollo del evento distensivo que se ha identificado prácticamente en todo el norte de la República Mexicana, que tuvo lugar en el Terciario medio y que se conoce como Basin and Range.

La Fosa de Aguascalientes está limitada por dos grandes lineamientos regionales de orientación general N-NE y S-SW que se ubican oriente y al occidente de dicha fosa y que se localizan desde la porción sur de la ciudad de Zacatecas en su extremo norte, hasta el poblado de Encarnación de Díaz en su porción sur. La fosa o graben formado se ha rellenado paulatinamente desde sus

orígenes en el Terciario Medio con sedimentos arrastrados por corrientes fluviales, consistentes en gravas arenas arcillas y material tobáceo.

A la formación de las fallas normales se asocia la extravasación de los flujos de lava e ignimbritas que afloran en la región. Localmente es posible identificar patrones de lineamientos y fracturamiento en rocas volcánicas con orientaciones similares a las de las fallas regionales.

#### **4.3. Geología del subsuelo**

Con el objeto de establecer un concepto sobre la configuración del acuífero en el subsuelo, se utilizaron los resultados de los estudios geológicos y geofísicos realizados en los trabajos previos. Aunque en estos trabajos existen diferencias en las interpretaciones de subsuelo, se identifican algunos criterios comunes en el establecimiento de la estratigrafía. Uno de estos criterios comunes es el reporte de la presencia de ignimbritas y tobas de texturas variadas.

Las rocas más profundas corresponden a rocas riolíticas de variadas texturas de, contemporáneas quizás a las secuencias ignimbríticas mencionadas en el apartado de estratigrafía.

En una de las secciones presentadas, de orientación NE-SW, aparecen también en todos los pozos las secuencias ignimbríticas, coronadas por brechas volcánicas de composición ácida.

No se distingue una regularidad en los materiales cortados por los pozos, pues aparecen también algunos horizontes de arenas y gravas interdigitados con las tobas y/o las ignimbritas; de manera que difícilmente se correlacionan con las unidades descritas en el apartado de estratigrafía.

En los perfiles contruidos a partir de los cortes litológicos, no se muestra alguna unidad que pueda constituir exclusivamente el acuífero; al parecer, la mayoría de los materiales cortados puede contener agua en cantidades económicamente explotables, con permeabilidades de características secundarias, es decir, conformada por diaclasas de enfriamiento, fracturas o por la alternancia de los diferentes materiales ignimbríticos.

Sobreyaciendo a los materiales volcánicos, aparece una secuencia de conglomerados y/o areniscas con intercalaciones de arcillas, que se pueden identificar con la unidad de sedimentos no consolidados y posiblemente con algunas capas de la Toba Aguascalientes.

Finalmente aparecen en algunos pozos materiales aluviales de poco espesor que no tienen una extensión regional; llama la atención que en algunos de los cortes litológicos consultados, no se menciona la existencia de esta unidad.

### **5 Hidrogeología**

#### **5.1 Tipo de Acuífero**

De acuerdo a la geología del subsuelo, se deduce que este acuífero es un sistema compuesto por varias unidades geológicas que, por su origen, se pueden conjuntar en dos grupos principales, por una parte, las que son de origen volcánico y de composición riolítica, y por otra parte, los materiales de origen sedimentario, como arenas y gravas empacadas en matriz arcillosa.

De esta forma se tiene un sistema de tipo libre a semiconfinado, existiendo este último cuando los paquetes de arcillas predominan sobre las gravas y arenas, reduciendo la permeabilidad de la capa superior.

## **5.2 Parámetros hidráulicos**

Por sus características hidrogeológicas, se deduce que el acuífero es de tipo mixto, es decir, presenta materiales tanto porosos como fracturados, y dependiendo de la intensidad, los parámetros hidráulicos tendrán una variabilidad muy importante en el acuífero.

En la zona no se tiene conocimiento de la realización de pruebas de bombeo, por lo que no se dispone de información directa sobre los parámetros hidráulicos del acuífero. Los valores que se presentan a continuación, se obtuvieron de la consulta bibliográfica relacionada con el tema.

Todd mencionan rangos de valores de 0.2 a 3.1 m/día para la conductividad hidráulica vertical de areniscas y conglomerados y de 0.2 a 0.5 para tobas e ignimbritas sanas. Es necesario comentar que el grado de fracturamiento de las rocas le confiere una permeabilidad adicional, que no es posible evaluar si no se diseñan e interpretan pruebas de bombeo en zonas donde se tengan evidencias de flujo a través de fracturas.

En la Sinopsis Geohidrológica de Aguascalientes, se indica un valor de aproximadamente  $17 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  para la transmisividad en un espesor de 250 m, lo cual significa un valor promedio para la conductividad hidráulica horizontal de casi 5.875 m/día.

En cuanto al valor del coeficiente de almacenamiento, este se determinará como un promedio de los valores para cada uno de los materiales sedimentarios que existen en los valles de la zona de estudio. Para el caso de este acuífero se tiene una combinación de conglomerados y areniscas, así como gravas y arenas intercaladas con arcillas.

## **5.3 Piezometría**

Para una mejor comprensión del sistema de flujo subterráneo se efectuó la configuración del nivel estático para el año de 1996 con datos de ambas porciones del acuífero y eliminando lecturas que al parecer no corresponden al principal acuífero en estudio.

### **5.3.1 Elevación del nivel estático**

De acuerdo con la información piezométrica de 1996 se observa que el flujo preferencial del agua subterránea se presenta de las partes topográficamente más altas a las más bajas, siendo en la parte central del área donde se presentan las menores elevaciones, de 1865 msnm, la cota predominante en el área es la de 1890 msnm, figura 3.

### **5.3.2 Evolución del nivel estático**

La evolución del nivel estático del acuífero, presenta abatimientos generalizados. Se obtuvieron abatimientos generalizados en el acuífero de 2 m en un área de aproximadamente  $423 \text{ km}^2$ ; en un área de  $111.2 \text{ km}^2$  se obtuvieron abatimientos de 10 m y en un área de  $28.2 \text{ km}^2$  se obtuvieron abatimientos de 20 m, figura 4.



## 6 Censo de aprovechamientos e hidrometría del bombeo

En el área de Aguas Subterráneas de esta Gerencia, se lleva un inventario de pozos y norias por municipio que se integra por los pozos censados en épocas anteriores y los pozos nuevos que se han perforado de 1989 a la fecha (1<sup>er</sup> semestre de 1999).

El inventario tiene como base la depuración de todos los pozos en la zona (ya que no se había cuantificado su condición). Se inventariaron alrededor de 703 aprovechamientos, 389 en Jalisco y 314 en Aguascalientes. De estos, 511 son pozos y el resto norias; los pozos se concentran hacia el Estado de Jalisco y las norias hacia Aguascalientes; aproximadamente 460 aprovechamientos (el 65%) son exclusivamente para uso agrícola, y alrededor del 15% son para usos pecuario y agrícola.

La extracción global en Jalisco es de alrededor de 72.6 Mm<sup>3</sup>/año y en Aguascalientes es de casi 40 Mm<sup>3</sup>/año; esto significa un total de aproximadamente 112.6 Mm<sup>3</sup>/año.

La extracción anual distribuida por usos es la siguiente: 101.9 Mm<sup>3</sup>/año es para uso agrícola, 7.37 Mm<sup>3</sup> para uso público urbano, 1.08 para uso industrial, 1.22 Mm<sup>3</sup> para usos domésticos y 1.01 Mm<sup>3</sup>/año para uso pecuario. Estos valores indican que los usos agropecuarios representan más del 90% del volumen extraído en el acuífero.

## 7 Balance de aguas subterráneas

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

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

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

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

Más específicamente la ecuación queda como sigue:

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



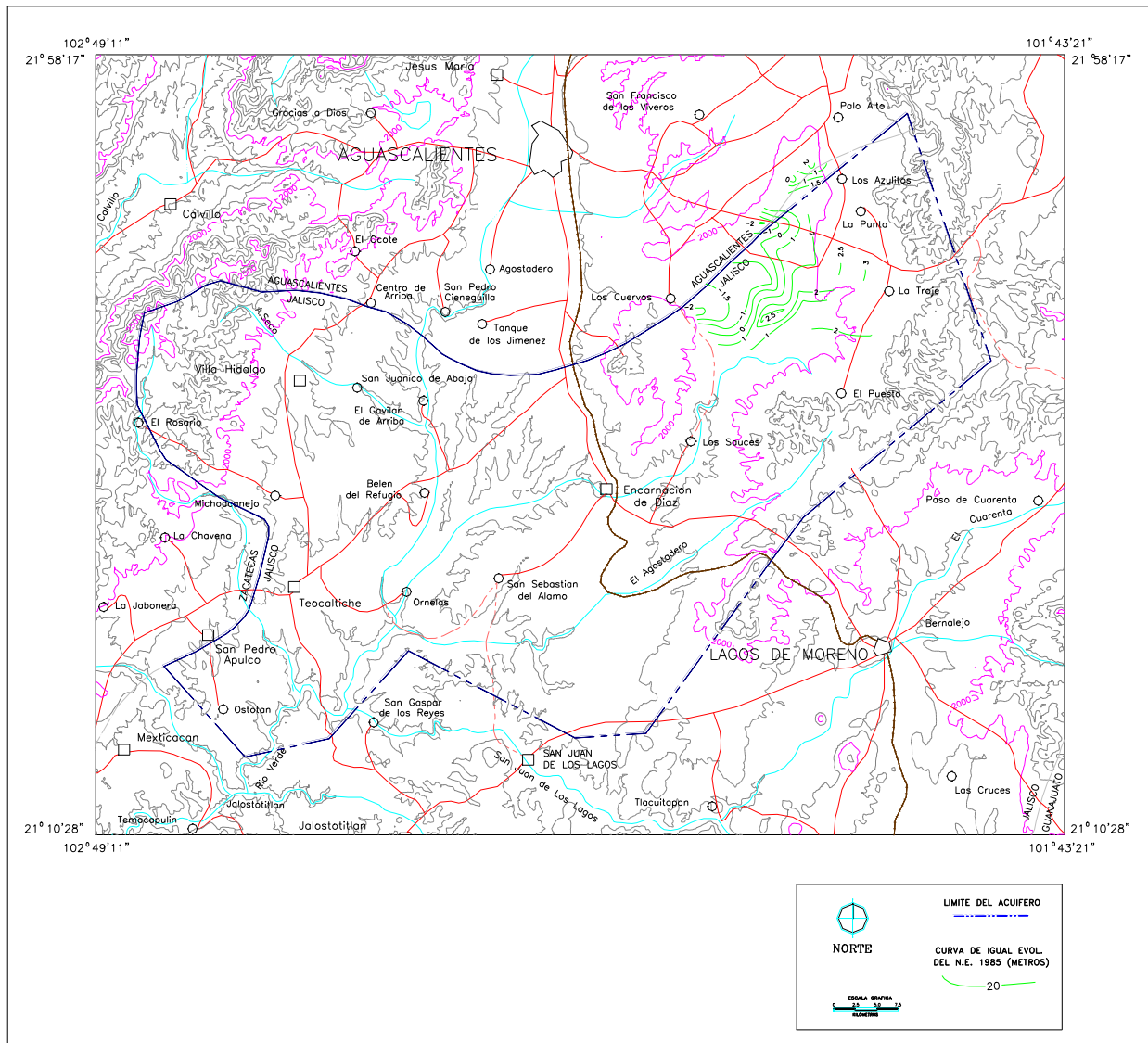


Figura 4. Evolución del Nivel Estático 1985-1996.

## **7.1 Entradas**

La recarga total está 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 total**

La recarga total, de acuerdo con los datos proporcionados por la Gerencia Regional Lerma-Santiago-Pacífico, 2000, se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Suma de las Entradas} = \text{Cambio de Almacenamiento} + \text{Suma de las Salidas}$$

Por lo tanto, existe un cambio de almacenamiento negativo que se descontará a la suma de las salidas:

$$72.6 + 11.0 = 83.6 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

por lo tanto se tiene que las entradas totales son iguales a:

$$83.6 - 20.3 = 63.3 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

## **7.2 Salidas**

### **7.2.1 Evapotranspiración**

El acuífero no pierde volúmenes de agua por este concepto, debido a la profundidad del nivel estático, que son mayores a los 10 m.

### **7.2.2 Descargas naturales**

En la zona se obtuvo una descarga por manantiales de  $11.036 \text{ Mm}^3/\text{año}$ , principalmente por el Manantial Los Gavilanes.

### **7.2.3 Bombeo**

El volumen extraído total del acuífero a través del bombeo, para todos los usos resultó de  $72.6 \text{ Mm}^3/\text{año}$ .

### **7.2.4 Flujo subterráneo horizontal**

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

## **7.3 Cambio de almacenamiento**

Para el cálculo de este término se consideró la evolución piezométrica del acuífero en el intervalo de tiempo de 1985 a 1996, con base en la configuración de curvas de igual evolución del nivel estático, resulta un cambio de almacenamiento negativo de  $20.35 \text{ Mm}^3/\text{año}$ .

En forma resumida, el balance 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:

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

### 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 63.3 Mm<sup>3</sup>/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 el volumen comprometido es de 11,036,000 m<sup>3</sup>/año, el cual corresponde con el caudal base.

### 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 (REPD), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002, es de 86,907,193 m<sup>3</sup>/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 -34,643,193 m<sup>3</sup>/año.

$$-34,643,193 = 63,300,000 - 11,036,000 - 86,907,193$$

La cifra indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada Acuífero Encarnación, Jalisco.

México, D.F., 30 de abril de 2002.

## BIBLIOGRAFÍA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, GERENCIA REGIONAL LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO, SUBGERENCIA TÉCNICA, PROYECTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS “ACTUALIZACIÓN DE LA DELIMITACIÓN Y CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA DE ENCARNACIÓN”, EN EL ESTADO DE JALISCO.

Tabla 2. Balance de aguas subterráneas.

Área total del acuífero				km <sup>2</sup>	2050
RECARGA TOTAL					
		Área del valle		km <sup>2</sup>	111.2
		Coeficiente			
		Precipitación		mm/año	600
Recarga natural por lluvia					
Entradas naturales					
Total de recarga natural					
	Público Urbano				
Recarga inducida P.U.					
	Agrícola más otros				
Recarga inducida Agrícola + otros					
RECARGA TOTAL				Mm <sup>3</sup> /año	63.3
DESCARGA TOTAL					
Salidas horizontales				Mm <sup>3</sup> /año	0.0
Caudal base				Mm <sup>3</sup> /año	11.036
Evapotranspiración					
	Extracción total			Mm <sup>3</sup> /año	72.6
	Manantiales comprometidos			Mm <sup>3</sup> /año	0
	Agrícola			Mm <sup>3</sup> /año	-
	Público-urbano			Mm <sup>3</sup> /año	-
	Domestico-Pecuario			Mm <sup>3</sup> /año	-
	Industrial y otros			Mm <sup>3</sup> /año	-
DESCARGA TOTAL				Mm <sup>3</sup> /año	83.636
Cambio de almacenamiento				Mm <sup>3</sup> /año	-20.35
<b>Coeficiente de almacenamiento</b>					-
<b>Volumen drenado</b>					
AGUA SUPERFICIAL					
Agrícola					
Público Urbano					
Industrial					