

***Actualización de la disponibilidad media anual  
de agua en el acuífero Villanueva (3211),  
Estado de Zacatecas***

*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.**

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

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

#### ESTADO DE ZACATECAS

3211	VILLANUEVA	14.2	1.9	19.117541	18.2	0.000000	-6.817541
------	------------	------	-----	-----------	------	----------	-----------

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  
VILLANUEVA, ESTADO DE ZACATECAS***

**DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA  
SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO VILLANUEVA, ESTADO DE  
ZACATECAS**

**CONTENIDO**

	<b>Página</b>
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
1.1. Localización.....	2
1.2. Situación administrativa del acuífero.....	4
<b>2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.....</b>	<b>5</b>
<b>3. FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>5</b>
3.1 Provincia fisiográfica.....	5
3.2 Clima.....	6
3.3 Hidrografía.....	7
3.4 Geomorfología.....	8
<b>4. GEOLOGÍA.....</b>	<b>8</b>
4.1 Estratigrafía.....	8
4.2 Geología estructural.....	9
<b>5. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
5.1 Tipo de acuífero.....	10
5.2 Parámetros hidráulicos.....	10
5.3 Piezometría.....	11
5.4 Comportamiento hidráulico.....	11
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	11
5.4.2 Elevación del nivel estático.....	12
5.4.3 Evolución del nivel estático.....	12
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	13
<b>6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....</b>	<b>14</b>
<b>7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>15</b>
7.1 Entradas.....	16
7.1.1 Recarga natural.....	16
7.1.2 Recarga inducida.....	16
7.1.3 Entradas por flujo subterráneo horizontal.....	17
7.2 Salidas.....	18
7.2.1 Descargas naturales.....	18
7.2.2 Bombeo.....	19
7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal.....	19
7.3 Cambio de almacenamiento.....	19
<b>8. DISPONIBILIDAD.....</b>	<b>21</b>
8.1 Recarga total media anual.....	21
8.2 Descarga natural comprometida.....	21
8.3 Rendimiento permanente.....	21
8.4 Volumen concesionado de aguas subterráneas.....	21
8.5 Disponibilidad de aguas subterráneas.....	22
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>23</b>

## **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, para la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, para 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 Villanueva se localiza en la porción Centro - Suroeste del Estado de Zacatecas, delimitada por el parteaguas de la cuenca del río Villanueva. La zona cubre una superficie aproximada de 1,848 km<sup>2</sup>, que representa el 2 % del territorio Estatal; ocupando parcialmente a los municipios de Genaro Codina, Jeréz, Tepetongo y Villanueva. (Figura No. 1). La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la Tabla No. 1.

**ACUIFERO 3211 VILLANUEVA**

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	46	27.7	22	39	13.4	
2	102	45	7.6	22	38	17.6	
3	102	42	49.2	22	37	31.0	
4	102	41	43.5	22	36	36.0	
5	102	43	3.0	22	33	23.5	
6	102	37	53.0	22	33	55.9	
7	102	35	45.9	22	29	25.1	
8	102	36	8.8	22	27	15.9	
9	102	35	31.0	22	23	20.5	
10	102	36	58.6	22	21	53.0	
11	102	37	49.9	22	22	2.2	
12	102	39	26.5	22	20	35.2	
13	102	41	44.8	22	17	14.5	
14	102	44	47.7	22	15	3.8	
15	102	49	2.6	22	15	51.0	
16	102	51	9.3	22	15	28.2	
17	102	52	5.3	22	7	52.9	
18	102	57	43.0	22	6	50.9	
19	102	59	41.8	22	4	19.1	
20	103	0	1.4	22	5	27.3	
21	103	6	0.2	22	2	46.1	DEL 21 AL 22 POR EL LIMITE ESTATAL
22	103	3	28.9	22	14	42.9	
23	103	3	4.5	22	16	10.2	
24	103	3	59.2	22	19	54.2	
25	102	58	42.4	22	27	5.5	
26	102	56	55.5	22	27	24.6	
27	102	54	58.4	22	32	13.5	
28	102	55	16.2	22	33	59.1	
29	102	49	7.2	22	35	38.4	
1	102	46	27.7	22	39	13.4	

**Tabla No. 1 Coordenadas de la Poligonal simplificada del acuífero**

Los principales centros de población del área son la Cabecera Municipal de Villanueva y los poblados de Felipe Ángeles, La Quemada y Francisco I. Madero.

La zona esta bien comunicada, la vía más importante es la Carretera Federal No. 54, en el tramo Zacatecas - Guadalajara, esta atraviesa el área por su porción central de Norte a Sur; así mismo existen vialidades de terracería y pavimentadas que comunican a los diferentes poblados de la zona.

La economía de la región se basa principalmente en la agricultura de temporal, que en los últimos años se ha venido sustituyendo por riego por bombeo. Los cultivos que predominan son maíz, frijol y chile. Otra actividad de menor importancia es la ganadería, se cría el ganado vacuno, mular y caprino.

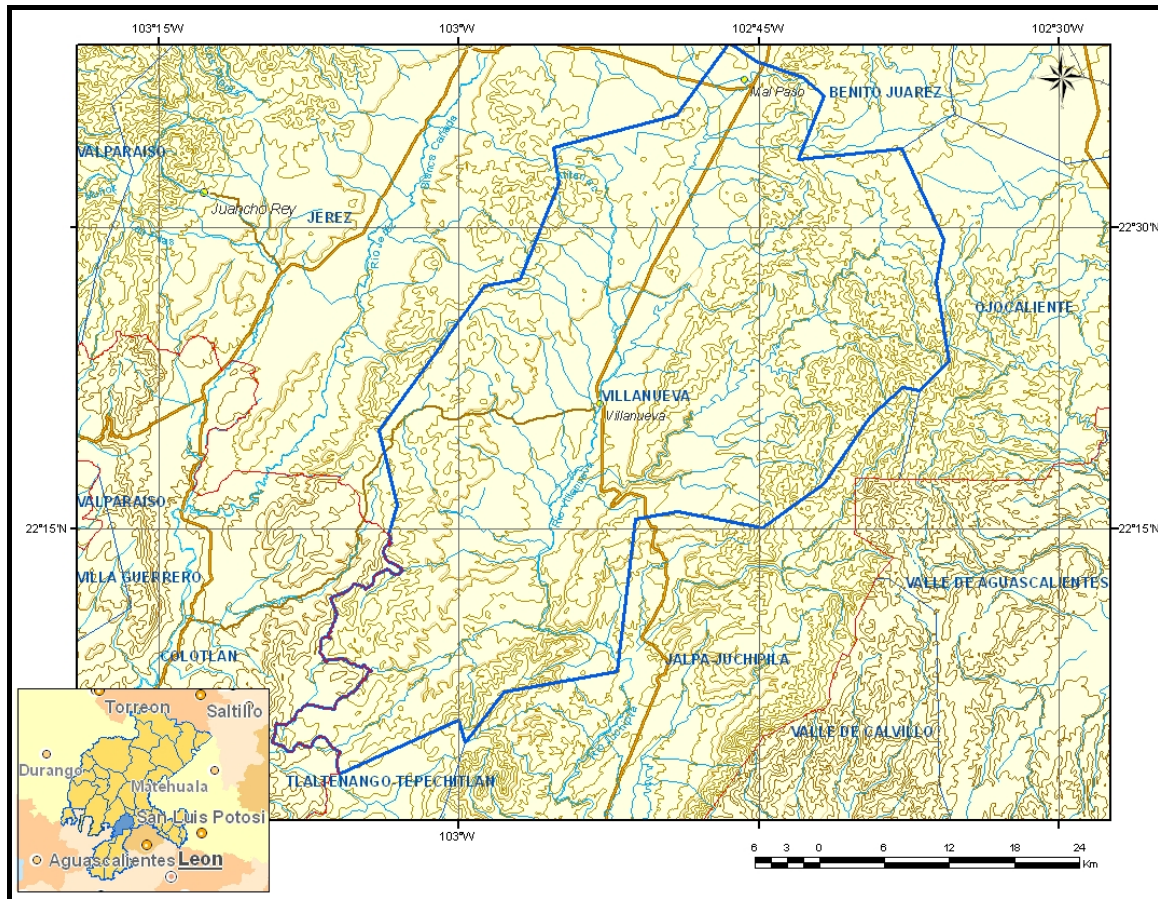


Figura No. 1. Localización del acuífero Villanueva

## 1.2 Situación Administrativa del Acuífero.

La zona de estudio se ubica dentro del perímetro que abarca el decreto de veda publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 5 de agosto de 1988, ordenamiento a través del cual se declara de interés público por el Ejecutivo Federal, la conservación de las aguas del subsuelo.

De acuerdo con su clasificación de tipo III, esta veda permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros; por un volumen máximo de 300 Mm<sup>3</sup>/año en toda la superficie que cubre. Establece que *excepto cuando se trate de extracciones para uso doméstico y de abrevadero, que se realicen por medios manuales, desde la vigencia del decreto nadie podrá efectuar obras de alumbramiento de aguas del subsuelo dentro de las zonas vedadas en el estado de Zacatecas, sin contar con el correspondiente permiso de construcción otorgado por la Autoridad del Agua.*

De acuerdo a la Ley Federal de Derechos vigente para el año 2006, los municipios de Jerez y Tepetongo, se ubican en la zona de disponibilidad No.6, los otros dos municipios que conforman la región (Villanueva y Genaro Codina), se ubican en la zona de disponibilidad No.7.

El acuífero queda comprendido dentro de la Región Administrativa VIII Lerma Santiago; forma parte del Consejo de Cuenca del Río Santiago y no cuenta con un Comité Técnico de Aguas Subterráneas, COTAS (situación al mes de mayo de 2006).

## **2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.**

Los estudios de carácter hidrogeológico realizados en la zona son los siguientes:

- Estudios Eléctricos de Resistividad estado de Zacatecas, S.A.R.H., 1981.

El estudio comprendió la realización de 200 sondeos eléctricos verticales, de los cuales 58 fueron realizados dentro de la unidad hidrogeológica de Villanueva. El objetivo fue evaluar los sitios explorados para la perforación de pozos encaminados a la extracción de agua para riego, así como recomendar el sitio más favorable para la perforación de los mismos.

- Servicios de Prospección Geohidrológicos del Área de Genaro Codina, Zacatecas. S.A.R.H., 1984.

Este estudio fue realizado en una superficie de 1,456 km<sup>2</sup>, comprendió parte de los municipios de Genaro Codina, Guadalupe y Villanueva, cubriendo parcialmente, en su porción oeste, la zona de nuestro interés. Los trabajos consistieron en la realización de levantamientos geológicos, censo de aprovechamientos durante el cual se censaron 74 obras, sondeos geofísicos, muestreo de agua para análisis físico-químico y toma de lecturas piezométricas, descripción de unidades hidrogeológicas, funcionamiento hidráulico superficial y subterráneo. Así mismo se realizaron, dentro del Acuífero Villanueva, 15 sondeos eléctricos verticales, distribuidos en dos perfiles geoeléctricos. Su objetivo fue el de determinar las posibilidades de producción de las rocas volcánicas ácidas, así como localizar las áreas más favorables para la perforación de pozos exploratorios. El estudio concluye que en el acuífero regional la extracción por bombeo es de 2.32 hm<sup>3</sup>/año, mientras que la recarga se estimó en 9.6 hm<sup>3</sup>/año por lo que resulta muy superior a la extracción.

- Reactivación de la red de monitoreo piezométrico del Acuífero del Valle de Villanueva en el Estado de Zacatecas, CNA, 2004.

Los objetivos del estudio fueron establecer una red de monitoreo simplificada y confiable para la obtención de información hidrogeológica-piezométrica del acuífero en estudio, mediante la ubicación, inspección y selección en campo de pozos de monitoreo. Conocer la evolución y la condición actual de los niveles del agua subterránea, así como las tendencias que se presentan inducidas por causas naturales o antropogénicas. Establecer un marco de referencia actualizado para identificar los cambios que generen los desarrollos futuros sobre las fuentes de agua subterránea. Mediante el análisis y depuración de la información mencionada, se marcó la zona acuífera. La red piezométrica de este valle que incluye 17 pozos, se elaboró con base en los datos de la CNA y en los recorridos de campo efectuados.

## **3. FISIOGRAFÍA.**

### **3.1. Provincia Fisiográfica**

La zona pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, queda dentro de la Subprovincia denominada Sierras y Valles Zacatecanos, la cual limita al norte con la provincia Mesa Central y al sur con el Eje Neovolcánico.



Se distinguen los siguientes rasgos fisiográficos: una cuenca alargada de noreste a suroeste donde predomina un piso amplio de valle con lomeríos, constituidos por material aluvial y conglomerados del Terciario, donde se ubican entre otras las poblaciones de Villanueva, La Quemada, Felipe Ángeles y Encarnación.

Al sur de la zona, se observan mesetas escalonadas con cañadas, así mismo, al oeste y este, el valle está delimitado por sierras altas con mesetas.

### 3.2. Clima

Para el análisis de la información climatológica se cuenta con 7 estaciones de las cuales una es hidrometeorológica (Palomas) y las seis restantes son climatológicas (Malpaso, Villanueva, Julián Adame, Felipe Ángeles, Tayahua y Canoas). Las características de estas estaciones se muestran en la siguiente tabla:

Estación Climatológica	Coordenadas Geográficas		Elevación (m.s.n.m.)	Periodo de información
	Latitud Norte	Longitud Oeste		
Palomas	22-20-47"	102-47-48"	2,030	1989-2004
Malpaso	22-37-05"	102-45-52"	2,135	1989-2004
Villanueva	22-21-43"	102.53-22"	1,920	1989-2004
Julián Adame	22-07-15"	102-51-44"	1,700	1989-2004
Felipe Ángeles	22-32-48"	102-47-28	2,075	1989-2004
Tayahua	22-05-30"	102-52-15"	1,549	1989-2004
Canoas	22-05-52"	102-51-43"	1,660	1989-2004

**Tabla No. 2 Localización de estaciones climatológicas**

Los valores de precipitación promedio mensual varían de un mínimo de 0.7 mm a 167.4 mm como máximo. Los valores más bajos se presentan en los meses marzo y abril, registrados en la estación Palomas, en tanto que los más altos se registran durante los meses de junio a septiembre, observándose el valor más alto en la estación de Julián Adame.

En cuanto a la precipitación media anual dentro de período analizado el valor mínimo es de 79.0 mm en el año de 1986, en la estación Malpaso. El valor máximo corresponde al año de 1987 con un valor de 783.5 mm y la precipitación promedio anual para la zona es de 621.47 mm.

La temperatura media mensual oscila entre un mínimo de 11.5° C y un máximo de 24° C, los valores máximos de temperatura se registran en el mes de junio, mientras los mínimos invariablemente se presentan en el mes de enero y diciembre.

Los valores promedio anual de temperatura en el período analizado, varían de una temperatura mínima de 14° C registrada en el año de 1992 y una máxima de 21.94° C registrada en el año de 1994, la temperatura media anual para la zona es de 17.9° C.

Los valores promedio mensual de evaporación varían de un mínimo de 98.68 mm registrada en el mes de diciembre, a un máximo de 292.51 mm registrada en el mes de abril, el rango de valores más altos se presenta entre los meses de marzo a julio.

Los valores promedio de evaporación anual para el período considerado, varían de un mínimo de 1,244 mm presentado en el año de 1990 a un máximo de 2,646 mm registrado en el año de 1989 La evaporación media anual dentro del período de análisis para el área de estudio es de 2,200 mm.

El clima, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por E. García es del tipo Bs1kw, que corresponde a un clima semiseco, con régimen de lluvias en verano, y un porcentaje de entre 5 y 10.2% en invierno. Se presentan de 20 a 40 heladas por año.

### 3.3. Hidrografía.

La zona pertenece a la Región Hidrológica No. 12, denominada "Lerma-Chapala-Santiago", ocupa una cuenca conocida como Río Juchipila, esta cuenca está circundada al oeste, por el parte aguas que forman, entre otros, el Cerro La Mesa, Mesa Las Palmas, El Palillo, Cerro San Francisco y El Espinazo del Diablo. Al este, está delimitada por el Cerro Quintero, Mesa La Sabina, Cerros Los Pilarillos, La Campana, Los Caracoles, La Leona y La China, esta cuenca está formada por dos subcuencas: la del Río Juchipila-Malpaso y la del Río Palomas.

Esta cuenca es de forma alargada y tiene una dirección de noreste o suroeste, al norte se inicia a la altura de la Presa Malpaso y termina al oeste de la Presa el Chique. En el área de estudio la única corriente superficial de importancia está representada por el Río Villanueva, que es afluente del Río Juchipila, mismo que confluye al Río Santiago.

Los días de lluvia en el transcurso del año son pocos, la precipitación es de forma de tormenta y los arroyos son avenidas torrenciales. El Río Villanueva es de carácter intermitente y fluye de norte a sur, es alimentado por los arroyos Malpaso, Boca de Tapias, Colorado, La Penitencia, La Parida y Río San Cristóbal. Existen en la zona algunas presas de importancia, mismas que se relacionan en la Tabla No. 3.

Existen además numerosos bordos y tanques que sumados con las presas constituyen un grupo importante de almacenamientos de aguas superficiales; algunos de estos son los localizados en las comunidades El Tigre, Boquillas del Carmen, La Quemada. Asimismo, se tienen identificados varios manantiales importantes como La Encarnación y Salitre de Enmedio.

Presa	Comunidad	Volumen Total hm <sup>3</sup>	Volumen Útil hm <sup>3</sup>	Volumen Actual hm <sup>3</sup>	% de Almacenamiento
Palomas	Villanueva	5,733	5,689	6,256	99.46
El Jagüey	El jagüey	3,000	2,800	2,800	93.33
El Carretero	Laguna del Carretero	950	935	935	98.42
Julián Adame	Zapoqui	34,477	33,000	33,840	98.15
Maravillas	Maravillas	400	200	200	50.00
El Fuerte	Malpaso	3,582	2,000	2,000	55.83
Matías Ramos	El salto	1,000	500	500	50.00
Chicomostoc	Villanueva	5,733	3,933	3,933	68.60

**Tabla No. 3 Principales aprovechamientos hidráulicos superficiales de la zona**

### 3.4 Geomorfología.

La prominencia topográfica más notable está representada por la Sierra Fría, ubicada al este de la ciudad de Villanueva, con elevaciones máximas de 2600 msnm, está constituida por un paquete volcánico formado por brechas, ignimbritas, tobas y riolitas. Al oeste de la zona, las elevaciones máximas son de 2500 msnm, y en la porción centro del valle las elevaciones son de 1800 msnm.

Los arroyos son de régimen torrencial y de carácter intermitente, constituyendo en las partes altas un drenaje de tipo dendrítico y subparalelo en el valle; por sus características la región se ubica en una etapa geomorfológica de madurez temprana.

## 4. GEOLOGÍA.

### 4.1 Estratigrafía.

Las rocas que afloran son de origen ígneo extrusivo de edad terciaria, y están constituidas por tobas riolíticas arenosas, líticas piroclásticas, y derrames riolíticos y basálticos que se encuentran sobrepuestas a las rocas antes mencionadas. Del cuaternario se tienen conglomerados y aluviones (figura No. 2).

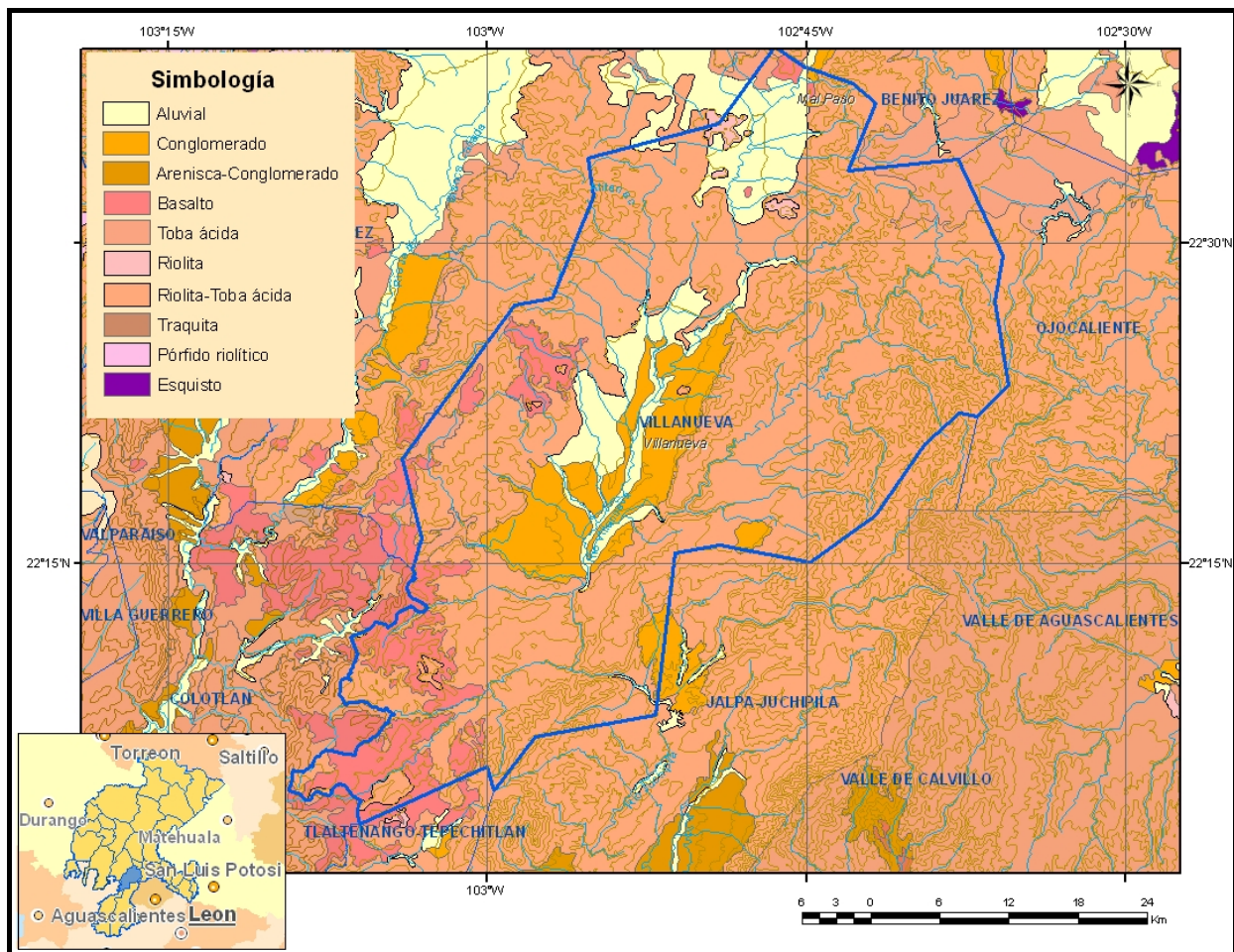


Figura No. 2. Mapa Geológico

## **SISTEMA TERCIARIO**

### **Toba Ácida**

La unidad consiste de tobas arenosas, tobas riolíticas, cristalinas e ignimbríticas; las tobas presentan en algunos sitios, fracturamiento columnar, y en otros características que las hacen útiles como material para construcción como mampostería y acabados.

Las tobas están expuestas principalmente en la porción sureste, en donde tiene una morfología de sierras escarpadas y están cubiertas por las unidades clásticas del Terciario Superior y por lavas del Terciario Superior y del Cuaternario.

### **Riolita - Toba Ácida**

Esta unidad está constituida por una intercalación de tobas ácidas y riolitas con características similares a la unidad anterior, además que se presenta en paquetes de hasta 1 m de espesor de cada unidad. Esta roca conforma la mayor parte de las mesetas de la zona.

### **Basalto**

Unidad de basaltos de olivino de textura intergranular y de estructura vesicular dispuesta en coladas de poco espesor, presentan intemperismo esferoidal.

### **Conglomerado**

Esta unidad consiste de conglomerados polimícticos en estratos gruesos y masivos, sus clásticos son de rocas volcánicas sedimentarias y metamórficas, de tamaños que varían entre 1 y 20 cm, tienen formas equidimensionales a tabulares, son subredondeados y se encuentran en una matriz areno-arcillosa, se presenta, en general, medianamente cementado por carbonatos.

La unidad está expuesta, principalmente en la porción central del valle, con una morfología de lomeríos de bordes redondeados.

### **Aluvión.**

La unidad incluye a los depósitos aluviales, lacustre y suelo residual, está constituida por fragmentos líticos y monominerales en tamaños que varían desde gravas gruesas hasta arcillas. Los fragmentos por lo general son de forma equidimensional y están subredondeados. Entre los líticos predominan los de rocas volcánicas y entre los monominerales, los de cuarzo y los de plagioclasa.

## **4.2 Geología Estructural.**

Los rasgos fisiográficos y estructurales característicos de la zona son el resultado de la evolución tectónica continental, misma que afectó a la porción centro y suroeste del estado.

Las estructuras dominantes en Zacatecas tienen un origen directamente relacionado con la Revolución Laramide desarrollada durante el Cenozoico Inferior, durante la cual se originó una serie de plegamientos anticlinales y sinclinales.

Una fase reciente Pliocuaternaria generó una serie de fallas de distensión, esta tectónica distensiva es responsable de la formación de fosas tectónicas que fueron rellenadas por

materiales aluviales, gravas, sedimentos lacustres, derrames de basalto y tobas, que actualmente conforman los principales acuíferos del estado.

Las tobas presentan diaclasas de enfriamiento, algunas de ellas mineralizadas con rumbos N20-60° E y N 70-75° W y echados variables de 70 a 80° al NW, SE y NE, esta mineralización es de origen hidrotermal, las soluciones se depositaron en fallas y fracturas formando vetas de fluorita encajonadas en riolitas, así como vetillas de manganeso, estaño y calcita óptica.

## **5. HIDROGEOLOGÍA.**

### **5.1 Tipo de Acuífero**

Con la información de 58 sondeos de resistividad realizados en la zona de interés, por la extinta Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos durante el estudio del año 1981, asimismo, con la recopilación de 60 cortes litológicos de pozos construidos en diferentes años y secciones geológicas realizadas, fue posible definir la mayor parte de la geometría del acuífero.

El acuífero superficialmente, tiene forma ligeramente alargada, con una orientación general Noreste - Suroeste, longitudinalmente mide 45 km, su ancho es de 13 Km. Presenta un estrechamiento en la parte media, a la altura de la Comunidad La Quemada, donde afloran rocas volcánicas.

Los cortes litológicos muestran que el acuífero es de tipo libre o no confinado, formado en su parte superior por basaltos y conglomerados, que se encuentran cubiertos parcialmente por depósitos aluviales, estas unidades presentan un espesor máximo del orden de 200 m. En su parte inferior el acuífero está conformado por rocas de origen ígneo, de edad Terciaria, constituidas por tobas riolíticas arenosas, líticas piroclásticas y algunos derrames de basalto. Estas rocas presentan permeabilidad media, que permite la circulación y almacenamiento de agua en el subsuelo. Los pozos construidos en la zona no han llegado a penetrar en su totalidad a esta unidad, siendo su espesor superior a los 400 m.

De acuerdo con la información geofísica, la última capa detectada está formada por material arcillo-arenoso de baja resistividad sin interés geohidrológico, por lo que es posible que esta unidad constituya el basamento del acuífero.

### **5.2 Parámetros hidráulicos.**

Las características hidráulicas del acuífero se determinaron mediante la interpretación, de 2 pruebas de bombeo de corta duración, en su etapa de abatimiento y recuperación y cálculo de caudales específicos en 13 pozos construidos, en diferentes años en la zona de estudio, a los cuales se les realizó la prueba de aforo. Con esta información, se elaboró el plano de curvas de igual valor de caudal específico. Los valores varían en gran medida, observándose caudales específicos de 0.02 a 10.53 lps/m. que van de la porción norte a la sur.

Para el caso del coeficiente de almacenamiento, considerando el tipo y características de los materiales que constituyen el subsuelo de la región, se adaptó un valor de 0.1, el cual queda dentro del rango para acuíferos libres.

### 5.3 Piezometría.

Existe información piezométrica recabada tanto de los estudios previos como de los recorridos que ha realizado la Gerencia Estatal en Zacatecas. Los primeros datos relativos a la posición del nivel del agua fueron tomados en el año de 1996. La red actual de monitoreo del acuífero consta de 15 pozos piloto, contándose a la fecha con información del comportamiento del acuífero que comprende de 1996 a 2004; lo cual nos permite contar con una historia piezométrica completa, que incluye información en temporada de estiaje y de lluvias.

### 5.4 Comportamiento hidráulico

#### 5.4.1 Profundidad al nivel estático

Con los datos de la profundidad al nivel estático medidos en julio del 2004 para los pozos de la red piezométrica, se construyó la configuración que se presenta en la Figura No. 3, donde se observa que el nivel estático se encuentra a profundidades que varían entre 20 y 140 metros. Los valores más altos se encuentran en la parte norte que corresponde al pie de las elevaciones topográficas, a partir de donde disminuye en forma gradual hacia el cauce del Río Juchipila para tener poco menos de 60 metros a la altura de Villanueva y continuar disminuyendo en dirección al sur hasta poco menos de 20 metros a la altura del poblado La Encarnación.

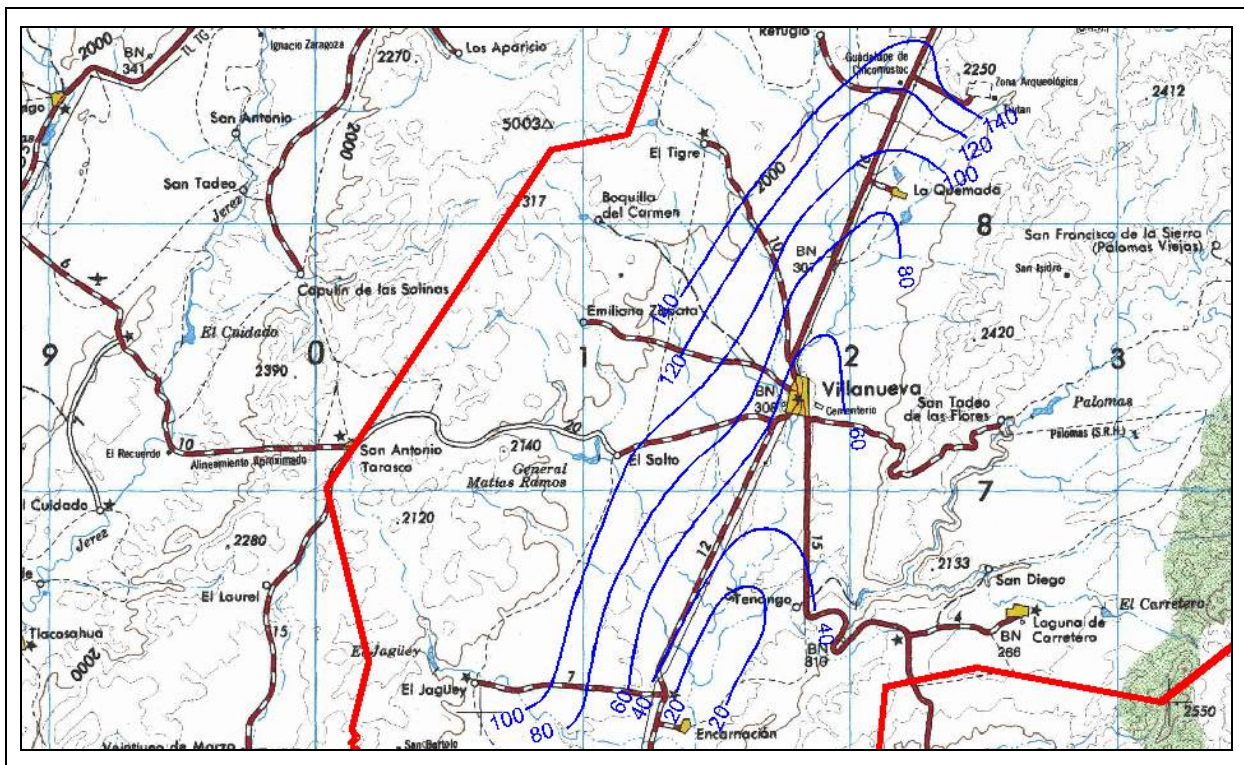


Figura No. 3 Profundidad al nivel estático (2004)

### 5.4.2 Elevación del nivel estático

La cota del brocal de los pozos que constituyen la red piezométrica fue interpolada a partir de las curvas topográficas del INEGI escala 1:50,000. Tomando en cuenta dichas cotas y la profundidad al nivel estático medida en el año 2004, se calculó la elevación del nivel estático en metros sobre el nivel del mar, la cual se presenta en la Figura No. 4.

La configuración de la elevación del nivel estático muestra que las mayores elevaciones se ubican en el extremo norte del valle con 1900 msnm, a partir de donde disminuyen en dirección sur para tener 1840 msnm en Villanueva. La dirección del flujo subterráneo es de norte a sur similar a los escurrimientos superficiales.

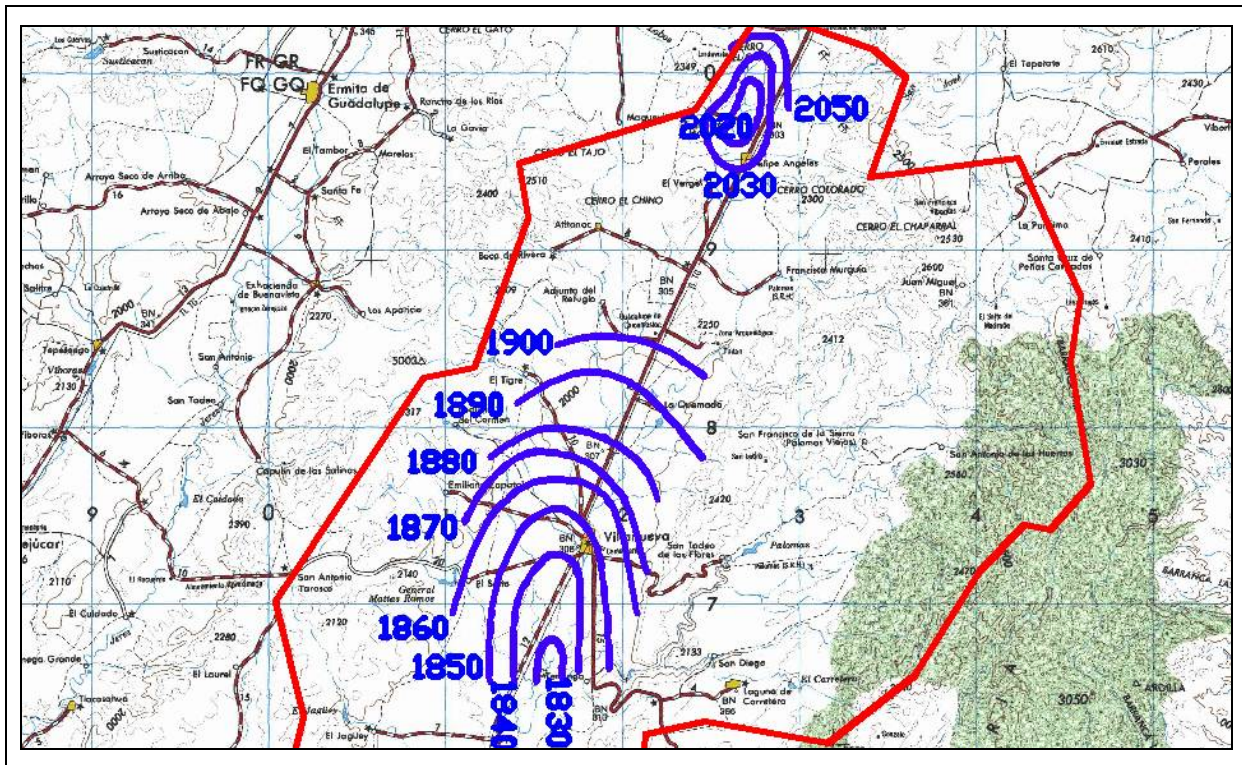


Figura No. 4. Elevación del nivel estático (2004)

### 5.4.3 Evolución del nivel estático

La configuración de la evolución del nivel estático para el periodo 2002-2004, muestra la formación de dos conos de abatimiento, el primero de estos se ubica en la porción norte del acuífero, entre las comunidades Malpaso y Felipe Angeles, donde se presentan abatimientos máximos del orden de 6 m en el periodo analizado.

Un segundo cono de abatimiento, de mayor extensión, se observa en la porción central del acuífero, a la altura de la Cabecera Municipal de Villanueva. En este se presentan abatimientos máximos de 5 m, como es de esperarse, la ubicación de los conos coincide con la ubicación de obras de uso agrícola y por lo tanto con la concentración del bombeo. (Figura No. 5). En promedio, el ritmo de abatimiento medio anual varía de 0.5 a 1.25 m.

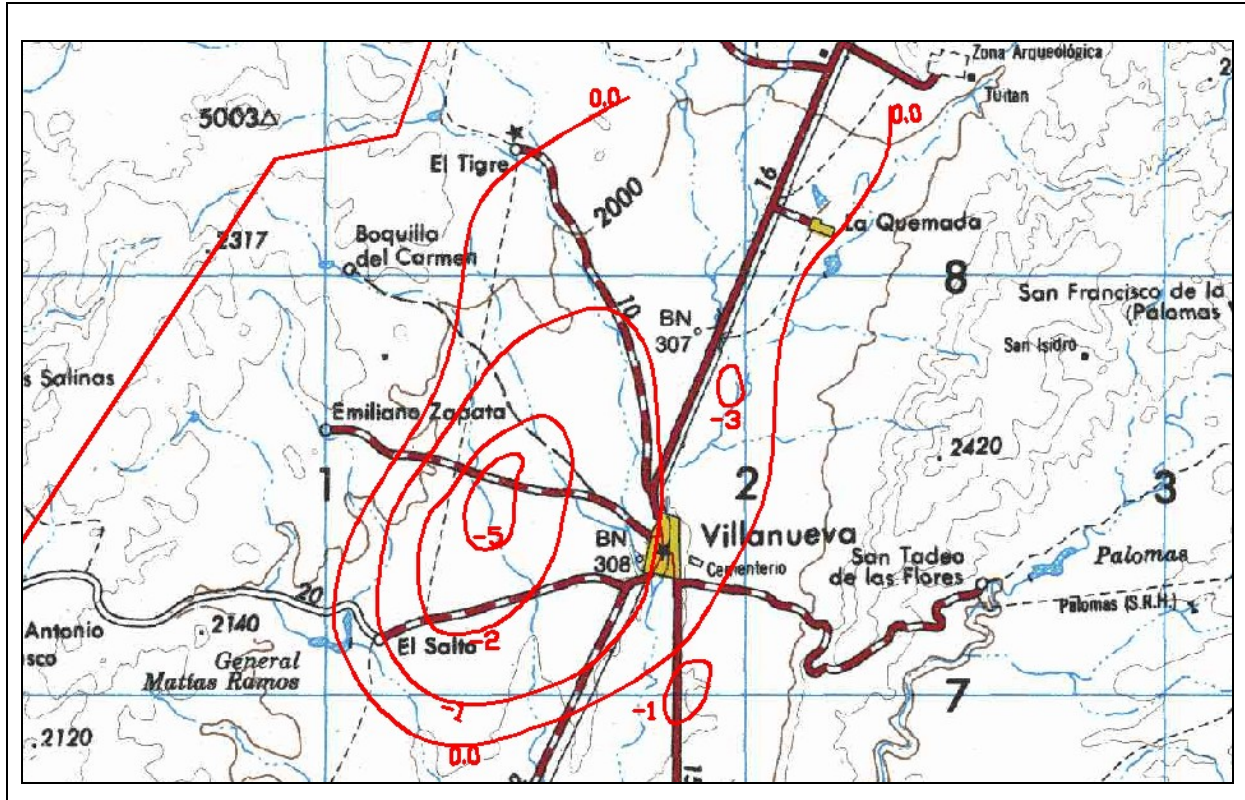


Figura No. 5 Evolución del nivel estático (2002-2004)

## 5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Para complementar el conocimiento hidrológico del área de estudio, se consideró la información obtenida durante la realización del estudio del año 1984, durante el cual se efectuó una selección de aprovechamientos, tomando en cuenta su acceso y distribución espacial. De esta manera, se seleccionaron un total de 20 obras para realizar su análisis químico, partir de estos resultados se conoce la calidad del agua de la región.

Las características de los principales parámetros analizados son los siguientes:

**Calcio.**- Localmente sus concentraciones registran valores que oscilan entre 13 y 100 ppm, con un promedio aritmético de 52.05 de ppm.

**Magnesio.**- En la región las concentraciones de este catión registran contenidos que varían de 3 a 51 ppm, con un promedio aritmético de 20.8 ppm.

**Sodio.**- En la región las concentraciones de este catión, registran contenidos que oscilan entre 1 y 83 ppm, con un promedio aritmético de 37.5 ppm.

**Bicarbonatos.**- Localmente sus concentraciones registran contenidos que oscilan entre 61 y 439 ppm, con una media aritmética de 278.6 ppm. En la zona de estudio es el ión que tiene mayor predominancia.



**Carbonatos.**- se encontraron valores que oscilan entre 0.0 y 9 ppm, con un promedio aritmético de 0.45 ppm.

**Cloruros.**- Sus concentraciones manifiestan valores que oscilan entre 14 y 57 ppm, con un promedio de 34.1 ppm.

**Sulfatos.**- Se registran valores que oscilan entre 10 y 67 ppm, con una media aritmética de 22.6 ppm.

**Sólidos totales disueltos.**- Los valores detectados de este parámetro varían entre 170 y 681 ppm, su promedio aritmético es de 637.4 ppm.

**Dureza total.**- El 5 % de las muestras de la región corresponde a agua de tipo blando, el 40% se clasifican como aguas moderadamente duras, y el 55 % a aguas muy duras, por lo que es notoria la predominancia de esta última.

**Conductividad eléctrica.**- Estos valores varían de 213 a 600 micromhos por centímetro, calculándose una media aritmética de 404.9 mmhos/cm.

**Familias de agua.**- En los diagramas triangulares, se observa que el 95% de las muestras analizadas, predomina el ión bicarbonato. En términos generales, en la región, el 35% de las muestras analizadas corresponde a agua de tipo Mixta-Bicarbonatada, el 10% a Magnesiana-Bicarbonatada, el 15% a Sódica-Bicarbonatada, el 35% a Cálcica-Bicarbonatada y el 5% a Sódica Mixta. Se puede observar que no existe ninguna predominancia notoria entre ellas, es posible que estas sean producto de disolución sobre basaltos o calizas, que representa el principal proceso que controla la química del agua de la región.

**Calidad del agua.**- para conocer la calidad del agua para riego, se utilizó el diagrama de Wilcox, con base en el cual se determinó que el 95% de los aprovechamientos muestreados se clasifica como tipo C2-S1 que corresponde a salinidad media con bajo contenido de sodio; el 5% restante es del tipo C1-S1, baja salinidad con poco sodio.

## **6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA**

Con la finalidad de definir las condiciones físicas actuales, usos y volúmenes de extracción de las obras de la zona, durante los meses de mayo y junio de 2004 se realizó el inventario de aprovechamientos hidráulicos subterráneos, durante la cual se determinó que existen un total de 156 obras, de las cuales 131 están activas y 25 inactivas. De acuerdo al tipo, de las obras activas, 84 son pozos y 47 son norias.

Atendiendo el uso, del total de los pozos activos, 55 son destinados a la agricultura, 28 son utilizados para uso publico-urbano y 1 con fines domésticos. En lo que respecta a las norias, 37 son destinadas para uso agrícola, y 10 para abrevadero-doméstico.

En conjunto, estas obras extraen un volumen anual de 18.2 hm<sup>3</sup>/año (Millones de metros cúbicos anuales), del cual 13.69 hm<sup>3</sup>/año es utilizado para uso agrícola, 4.50 hm<sup>3</sup>/año en agua potable, y 0.01 hm<sup>3</sup>/año para fines pecuarios y domésticos.

El volumen de agua que se extrae por bombeo del acuífero, se estimó de acuerdo al siguiente criterio:

- En el caso de aprovechamientos de uso agrícola, se asignó un volumen de 6,000 m<sup>3</sup>/año por hectárea, que implica una lámina de riego promedio de 0.60 m, independientemente del cultivo realizado, a este volumen se le aplicó un valor de eficiencia total de acuerdo al tipo de riego.
- Para uso público urbano y doméstico se le asignó a cada habitante, una dotación de 150 litros por día, (54.75 m<sup>3</sup>/año).
- Para uso pecuario, se estimó aplicando un promedio de 50 litros por cabeza de ganado mayor, (18.25 m<sup>3</sup>/año), y 5 litros por cabeza de ganado menor, (1.825 m<sup>3</sup>/año).

En la Tabla No. 4 siguiente, se muestra la clasificación por usos del agua subterránea proveniente del acuífero.

Uso	Número de obras	Volumen (hm <sup>3</sup> /año)	Porcentaje (%)
Agrícola	92	13.69	75.22
Público Urbano	28	4.50	24.73
Doméstico y pecuario	11	0.01	0.05
Total	131	18.2	100.0

**Tabla No. 4 Numero de obras y volumen de extracción por uso.**

## 7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

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 por el almacenamiento del acuífero, en el periodo de tiempo definido.

La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

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

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 por el cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica:

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

El área donde se tiene información piezométrica, considerada para la realización del balance y que corresponde a la zona donde se localiza la gran mayoría de los aprovechamientos, es de 228 km<sup>2</sup>, esta representa el 12 % respecto al área total de la unidad hidrogeológica. Después de analizar la información histórica que se tiene de la zona, se decidió plantear el balance para el periodo 2002 a 2004.

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

$$\text{Entradas (E) - Salidas (S) = Cambio en el volumen almacenado (\Delta VS)}$$

Que de acuerdo al modelo conceptual de la zona puede representarse por los términos siguientes:

$$Eh + Rv + Ir - Sh - Cb - Dm - B = \Delta VS$$

Donde:

- Eh:** Recarga por flujo horizontal
- Rv:** Infiltración por lluvia
- Ir:** Infiltración en áreas de riego
- Sh:** Salidas por flujo horizontal
- Cb:** Caudal base
- Dm:** Descargas por manantiales
- B:** Bombeo
- \Delta VS:** Cambio en el volumen almacenado

## **7.1 Entradas**

La recarga total (Rt) al acuífero Villanueva está integrada básicamente por las entradas subterráneas (Eh), la recarga vertical por lluvia (Rv), y por los retornos del riego (Ir).

### **7.1.1 Recarga natural**

Esta recarga está constituida por la infiltración de una parte del agua precipitada en el área del valle y de la recarga por flujo horizontal subterráneo que se presenta al pie de las sierras y mesetas.

#### **Recarga vertical (Rv).**

Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que se tiene información para calcular el cambio de almacenamiento ( $\Delta VS$ ), así como las entradas y salidas por flujo subterráneo, este valor es la incógnita a despejar en la ecuación de balance.

### **7.1.2. Recarga inducida**

#### **Infiltración en áreas de riego (Ir)**

El volumen de agua que anualmente retorna al acuífero como consecuencia del riego que se realiza en el área, se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Ir = \text{vol. r} * Cr$$

Donde:

- Ir:** Infiltración por riego
- vol. r:** Volumen de agua aplicado al riego
- Cr:** Coeficiente de infiltración en la parcela

Sustituyendo valores:

$$Ir = 13.7 * 0.12$$

$$Ir = 1.6 \text{ hm}^3/\text{año} \text{ (Millones de metros cúbicos anuales)}$$

### 7.1.3. Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

El cálculo de entradas por flujo horizontal, producto de la precipitación que se infiltra en las zonas de recarga, se realizó con base en el plano de la red de flujo, partiendo de la configuración de elevación media del nivel estático para el periodo 2002-2004 (Figura No. 6), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = T * B * i$$

Donde:

- Q:** Gasto que pasa por una determinada celda
- T:** Transmisividad
- B:** Ancho de celda
- i:** Gradiente hidráulico

El volumen obtenido en un total de 20 celdas de entrada fue de **8.1 hm<sup>3</sup>/año** (Millones de metros cúbicos anuales), ver Tabla No. 5.

CANAL	ANCHO B (m)	LONGITUD L (m)	h <sub>2</sub> -h <sub>1</sub> (m)	Gradiente i (m)	T ( m <sup>2</sup> /s)	CAUDAL Q (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> /año)
E1	1857	960	20	0.0208	0.00045	0.0174	0.5
E2	1776	726	20	0.0275	0.00045	0.0220	0.7
E3	1776	565	10	0.0177	0.00045	0.0141	0.4
E4	1615	969	10	0.0103	0.00045	0.0075	0.2
E5	1696	888	10	0.0113	0.00045	0.0086	0.3
E6	1938	969	10	0.0103	0.00045	0.0090	0.3
E7	1776	888	10	0.0113	0.00045	0.0090	0.3
E8	1292	888	10	0.0113	0.00045	0.0065	0.2
E9	3312	3060	10	0.0033	0.00045	0.0049	0.2
E10	3715	2900	10	0.0034	0.00045	0.0058	0.2
E11	2827	2100	10	0.0048	0.00045	0.0061	0.2
E12	1858	1050	10	0.0095	0.00045	0.0080	0.3
E13	2019	1630	10	0.0061	0.00045	0.0056	0.2
E14	3958	1690	10	0.0059	0.00108	0.0253	0.8
E15	2908	1210	10	0.0083	0.00108	0.0260	0.8
E16	1696	2740	10	0.0036	0.00045	0.0028	0.1
E17	1292	1210	10	0.0083	0.00045	0.0048	0.2
E18	2908	880	10	0.0114	0.00108	0.0357	1.1
E19	2746	1210	10	0.0083	0.00108	0.0245	0.8
E20	1938	1450	10	0.0069	0.00108	0.0144	0.5
<b>Total entradas</b>							<b>8.1</b>

**Tabla No. 5 Entradas subterráneas por flujo horizontal**

Los valores de transmisividad utilizados para el cálculo de las entradas y salidas subterráneas, fueron obtenidos de pruebas de bombeo y de pruebas de aforo recopiladas en los últimos años, como ya se explicó en el apartado de Parámetros Hidráulicos.

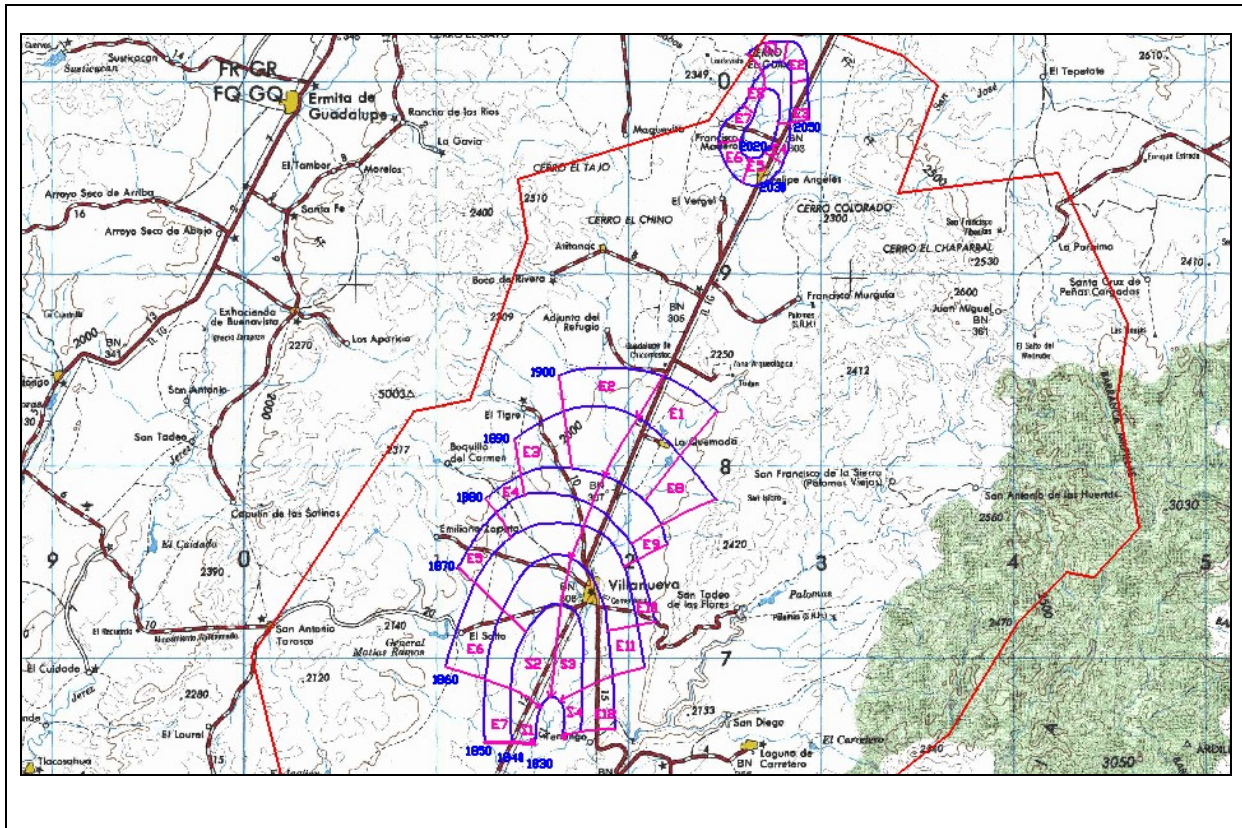


Figura No. 6. Celdas de entrada y salida y red de flujo (elevación media 2002 - 2004)

## 7.2 Salidas

### 7.2.1 Descargas naturales

#### Caudal base

La descarga de un acuífero a una corriente superficial, se le denomina “Caudal Base”, se determina a partir de los datos registrados en estaciones hidrométricas instaladas sobre el cauce de la corriente, mediante el análisis de hidrogramas para diferenciar el caudal base. En el caso de la unidad hidrogeológica Villanueva, el caudal base fue obtenido del análisis de datos del gasto medio mensual registrado como aportaciones en el periodo 2004-2005, durante el periodo de estiaje, a la Presa Julián Adame Alatorre, perteneciente al Distrito de Riego 034. El valor obtenido equivale a **0.9 hm<sup>3</sup>/año** (Millones de metros cúbicos anuales).

#### Descarga por manantiales

El volumen de agua que brota a la superficie del terreno, por medio de 8 manantiales existentes en la zona Villanueva, fue estimado ya que no se cuenta con observaciones hidrométricas. Este valor fue de **1.9 hm<sup>3</sup>/año** (Millones de metros cúbicos anuales).

### 7.2.2 Bombeo (B)

El volumen extraído del acuífero a través del bombeo, ya fue analizado en el apartado de hidrometría, el cual resultó ser de **18.2 hm<sup>3</sup>/año** (Millones de metros cúbicos anuales).

### 7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

El volumen que sale del área de balance por flujo horizontal, fue calculado de igual manera que las entradas, dando como resultado un valor de **0.7 hm<sup>3</sup>/año** (Millones de metros cúbicos anuales), obtenido en un total de 4 celdas de salida, que drenan con dirección sur (figura No. 6).

CANAL	ANCHO B (m)	LONGITUD L (m)	h <sub>2</sub> -h <sub>1</sub> (m)	Gradiente i (m)	T ( m <sup>2</sup> /s)	CAUDAL Q (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> /año)
<b>S1</b>	969	2400	10	0.0042	0.00108	0.0044	0.1
<b>S2</b>	1696	3790	10	0.0026	0.00108	0.0048	0.2
<b>S3</b>	1938	3470	10	0.0029	0.00108	0.0060	0.2
<b>S4</b>	969	1610	10	0.0062	0.00108	0.0065	0.2
<b>Total salidas</b>							<b>0.7</b>

**Tabla No. 6 Salidas subterráneas por flujo horizontal**

### 7.3 Cambio de almacenamiento (ΔVS).

Para la determinación de este término se consideró la evolución piezométrica del acuífero en el intervalo de tiempo que comprende el periodo 2002 - 2004, con base en la cual se realizó la configuración de curvas de igual evolución del nivel estático, determinando la variación del almacenamiento mediante la siguiente expresión:

$$\Delta VS = h * A * S$$

Donde:

- ΔVS:** Cambio de almacenamiento en el período analizado
- h:** Valor medio de la variación piezométrica en el período
- A:** Área entre curvas de igual evolución del nivel estático
- S:** Coeficiente de almacenamiento de la zona de balance

Como consecuencia de la explotación del recurso, la posición de los niveles piezométricos ha descendido propiciando una variación negativa del almacenamiento. El volumen de agua drenado en el intervalo 2002 – 2004, fue de -15 hm<sup>3</sup>, que equivale a 7.5 hm<sup>3</sup>/año (Millones de metros cúbicos anuales), los resultado de éste cálculo se presentan en la Tabla No. 7.

No. Área	Abatimiento (m)	Area (km <sup>2</sup> )	S	$\Delta V(S)$ (hm <sup>3</sup> /a)
A1	-5	19.60	0.07	-6.860
A2	-2	1.32	0.07	-0.185
A3	-1	1.94	0.07	-0.136
A4	-0.5	1.94	0.07	-0.068
A5	-0.5	1.74	0.07	-0.061
A6	-5	1.18	0.07	-0.413
A7	-2	15.44	0.07	-2.162
A8	-1	34.13	0.07	-2.389
A9	-0.5	54.38	0.07	-1.903
A10	-0.5	20.50	0.07	-0.718
A11	0	44.68	0.07	0.000
A12	0	29.61	0.07	0.000
A13	-3	0.63	0.07	-0.132
A14	0	0.98	0.07	0.000
	<b>Area balance</b>	<b>228.07</b>	<b>Total</b>	<b>-15.0</b>
			<b>promedio anual</b>	<b>-7.5</b>

**Tabla No. 7 Resultados del cálculo del cambio de almacenamiento ( $\Delta VS$ )**

### Resultado Obtenido

De esta manera el único parámetro, de los que intervienen en la ecuación de balance que queda por determinar es la infiltración por lluvia ( $R_v$ ), por lo que despejando este término en la ecuación de balance, se tiene:

$$R_v = Sh + Dm + B + Cb - Eh - Ir - \Delta VS$$

Sustituyendo valores:

$$R_v = 0.7 + 1.9 + 18.2 + 0.9 - 8.1 - 1.6 - 7.5$$

$$R_v = 4.5 \text{ hm}^3/\text{año} \text{ (Millones de metros cúbicos anuales)}$$

Sustituyendo valores en la ecuación general de balance:

$$Eh + R_v + Ir - Sh - Cb - Dm - B = \Delta VS$$

$$8.1 + 4.5 + 1.6 - 0.7 - 0.9 - 1.9 - 18.2 = -7.5$$

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

$$14.2 - 21.7 = -7.5 \text{ hm}^3/\text{año} \text{ (Millones de metros cúbicos anuales)}$$

De los resultados antes expuestos, se desprende que el balance hidráulico de los recursos subterráneos es negativo, puesto que actualmente, la recarga total que recibe el acuífero es del orden de 14.2 hm<sup>3</sup>/año (Millones de metros cúbicos anuales), en tanto que las salidas ascienden a 21.7 hm<sup>3</sup>/año (Millones de metros cúbicos anuales), existiendo un déficit de 7.5

hm<sup>3</sup>/año (Millones de metros cúbicos anuales), volumen que esta siendo extraído a costa del almacenamiento subterráneo, el cual es un volumen no renovable.

## 8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas se aplica el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, conservación del recurso agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

Dicha disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$\begin{array}{rclclcl} \text{Disponibilidad media} & = & \text{Recarga} & - & \text{Descarga} & - & \text{Volumen anual de} \\ \text{anual de agua} & & \text{total} & & \text{natural} & & \text{agua subterránea} \\ \text{subterránea en una} & & \text{media} & & \text{comprometida} & & \text{concesionado e} \\ \text{unidad hidrogeológica} & & \text{anual} & & & & \text{inscrito en el REPGA} \end{array}$$

### 8.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, calculada como la suma de la recarga natural (12.6 hm<sup>3</sup>/año) más la recarga inducida (1.6 hm<sup>3</sup>/año), arroja un valor de **14.2 hm<sup>3</sup>/año** (Millones de metros cúbicos anuales).

### 8.2 Descarga natural comprometida

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero

Para el caso de la zona de estudio, en donde no existen descargas ni caudal base comprometido, sólo se considerará como descarga comprometida el volumen concesionado de manantiales, estimado en **1.9 hm<sup>3</sup>/año** (Millones de metros cúbicos anuales).

### 8.3 Rendimiento permanente

El rendimiento permanente es la recarga total media anual menos la descarga natural comprometida. Por lo tanto, para el caso del acuífero Villanueva el rendimiento permanente equivale a **10.7 hm<sup>3</sup>/año** (Millones de metros cúbicos anuales).

### 8.4 Volumen concesionado de aguas subterráneas

El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), de la Subdirección General de Administración del Agua, con fecha de corte al 31 de mayo de 2005 es de 18'527,958 m<sup>3</sup>/año.



## 8.5 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas, conforme a la metodología indicada en la NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, se obtiene de restar a la recarga total los volúmenes de la descarga natural comprometida y el volumen concesionado e inscrito en el REPDA, de acuerdo a la expresión siguiente:

$$\begin{array}{rccccccc}
 \text{Disponibilidad media} & = & \text{Recarga} & - & \text{Descarga} & - & \text{Volumen anual de} \\
 \text{anual de agua} & & \text{total} & & \text{natural} & & \text{agua subterránea} \\
 \text{subterránea en una} & & \text{media} & & \text{comprometida} & & \text{concesionado e} \\
 \text{unidad hidrogeológica} & & \text{anual} & & & & \text{inscrito en el REPDA} \\
 \text{(hm}^3\text{/año)} & & & & & & \\
 \\ 
 \text{-6.227958} & = & \text{14.2} & - & \text{1.9} & - & \text{18.527958}
 \end{array}$$

Los resultados indican que no existe volumen disponible para nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 6'227,958 m<sup>3</sup> anuales, que se están extrayendo del almacenamiento no renovable del acuífero. En este sentido, no se deberá autorizar concesiones para nuevos aprovechamientos para la explotación, uso o aprovechamiento del recurso, que implique un incremento a las extracciones, fundamentalmente para uso agrícola.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

S.A.R.H., 1981. Estudios Eléctricos de Resistividad estado de Zacatecas,

S.A.R.H., 1984. Servicios de Prospección Geohidrológicos del Área de Genaro Codina Zacatecas.

CNA, 2004. Reactivación de la red de monitoreo piezométrico del Acuífero del Valle de Villanueva en el Estado de Zacatecas,

Consejo de Recursos Minerales, 1991, Monografía Geológico - Minera del Estado de Zacatecas.

Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, 1981, Síntesis Geográfica de Zacatecas, Texto y Planos.

Custodio, Llamas E., Hidrogeología Práctica.

Johnson, Edward E., 1975, El Agua Subterránea y los Pozos: Johnson Division, UOP Inc.