

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Villa Hidalgo (3230),
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.**

CDXVIII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "CUENCAS CENTRALES DEL NORTE"

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

ESTADO DE ZACATECAS

3230	VILLA HIDALGO	31.9	2.1	51.400448	33.0	0.000000	-21.600448
------	---------------	------	-----	-----------	------	----------	------------

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 3230 VILLA HIDALGO

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	101	39	32.5	22	30	0.3	
2	101	40	41.9	22	29	18.5	
3	101	39	8.7	22	21	51.6	
4	101	41	47.7	22	16	2.6	
5	101	44	20.9	22	12	58.6	
6	101	48	30.9	22	11	11.1	
7	101	49	36.4	22	7	13.3	
8	101	50	39.5	22	7	54.6	
9	101	51	33.9	22	10	39.9	
10	101	52	45.6	22	10	26.8	
11	101	55	17.9	22	13	9.9	
12	101	55	46.1	22	17	54.8	
13	101	54	53.0	22	20	0.8	
14	101	52	38.2	22	26	22.8	
15	101	52	1.6	22	28	10.1	
16	101	53	45.4	22	31	55.6	
17	101	54	50.7	22	33	39.4	
18	101	54	53.7	22	35	53.0	
19	101	55	56.0	22	36	49.3	
20	101	53	55.9	22	38	30.9	DEL 20 AL 21 POR EL LIMITE ESTATAL
21	101	53	52.9	22	39	0.4	DEL 21 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	101	39	32.5	22	30	0.3	



Comisión Nacional del Agua

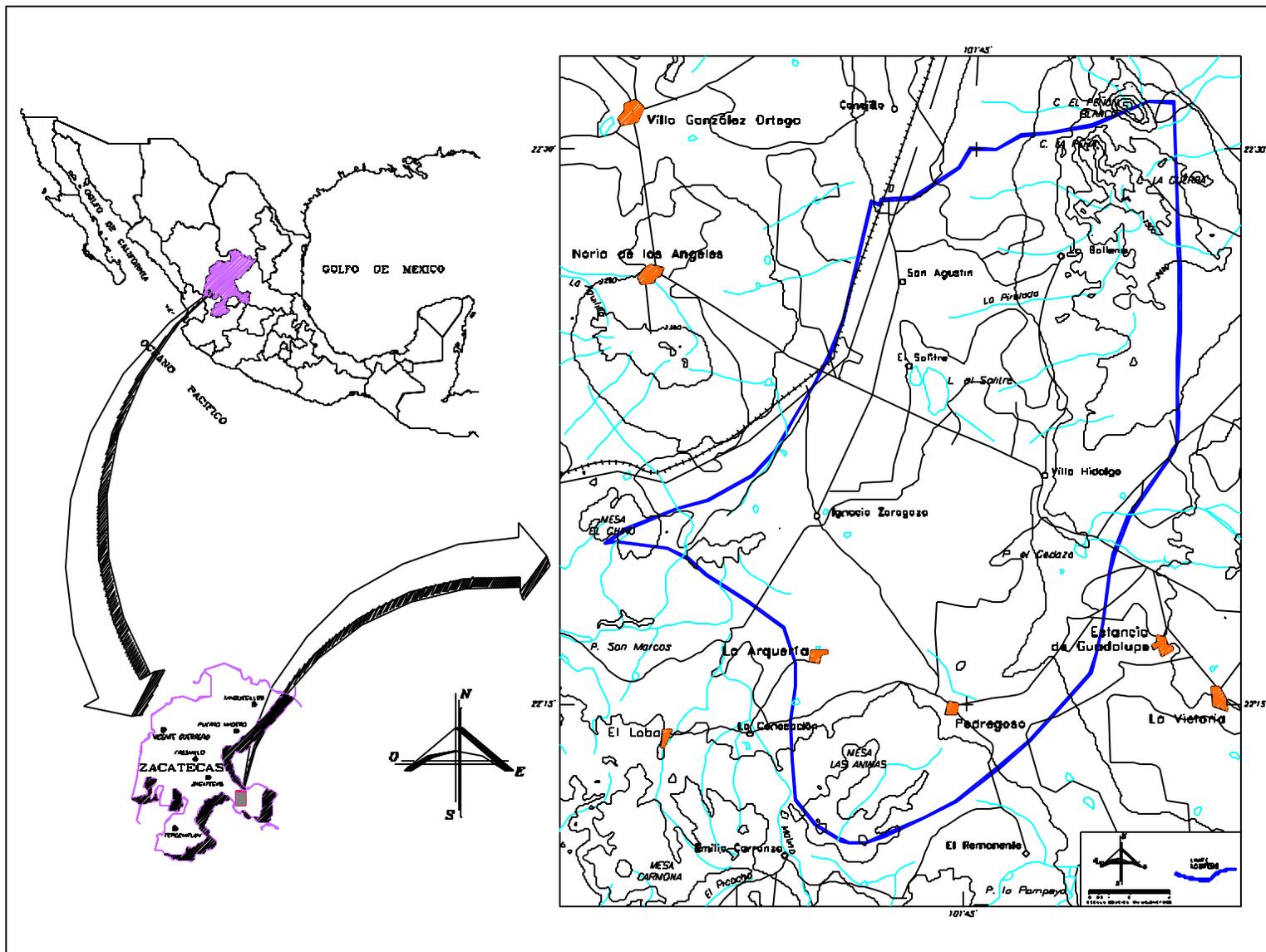
Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD
DE AGUA EN EL ACUÍFERO
VILLA HIDALGO, ESTADO DE ZACATECAS***

México, D.F., 30 de abril de 2002



Acuífero Villa Hidalgo, Zac.

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO VILLA HIDALGO, ESTADO DE ZACATECAS

CONTENIDO

1 Generalidades

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Localización, extensión y límites de la unidad hidrogeológica
- 1.3 División municipal
- 1.4 Estudios técnicos realizados con anterioridad

2 Marco físico

- 2.1 Clima
- 2.2 Hidrografía
- 2.3 Geología

3 Hidrología subterránea

- 3.1 El acuífero
- 3.2 Niveles del agua subterránea
- 3.3 Censo de aprovechamientos e hidrometría

4 Balance de aguas subterráneas

- 4.1 Ecuación de balance
- 4.2 Recarga
- 4.3 Descarga
- 4.4 Cambio de almacenamiento

5 Disponibilidad

- 5.1 Recarga total media anual
- 5.2 Descarga natural comprometida
- 5.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPGA
- 5.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

Figuras

Figura 1	Zona Villa Hidalgo, Zac.
Figura 2	Profundidad del nivel estático
Figura 3	Elevación del nivel estático
Figura 4	Evolución del nivel estático

Tablas

Tabla 1	Coordenadas que definen el área del acuífero Villa Hidalgo
Tabla 2	Aprovechamiento del agua subterránea
Tabla 3	Balance de aguas subterráneas

1 Generalidades

1.1 Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (LAN) contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CNA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, por acuífero en el caso de las aguas subterráneas, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la Norma Oficial Mexicana (NOM) “Norma Oficial Mexicana que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales” (NOM de Disponibilidad). Esta norma a sido preparada por un grupo de especialistas provenientes de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, organismos de los gobiernos de los estados y municipios, y de la CNA.

Con la publicación de la LAN en diciembre de 1992, se establece que los aprovechamientos de agua subterránea deberán de estar inscritos en el Registro Público de Derechos del Agua (REPGA), estimándose a esa fecha un universo de 140,000 pozos existentes en todo el país, de los cuales, unos 42,600 contaban con registro nacional y otros 10,000 tenían algún tipo de autorización. A finales de 1995 se emitieron Decretos Presidenciales que otorgan facilidades a los usuarios para inscribir sus pozos en el REPGA, que se prorrogaron hasta finales de 1999, con lo que se ha logrado captar a casi todo el universo de usuarios. Uno de los instrumentos que le dará certidumbre jurídica a los actos de autoridad de la CNA, es la publicación en el DOF de los datos de disponibilidad de agua subterránea en cada uno de los acuíferos del país y la publicación de los estudios técnicos correspondientes. Esta publicación deberá estar dentro de los lineamientos que establece la NOM de disponibilidad.

El método que establece la NOM indica que para calcular la disponibilidad de aguas 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 REPGA.

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 Registro Público de Derechos del Agua (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.

1.2 Localización, extensión y límites de la unidad hidrogeológica

El acuífero Villa Hidalgo se localiza en la parte oriental del estado de Zacatecas; la zona donde se ubican los aprovechamientos subterráneos tiene una altitud media de 2 150 msnm; está situado en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental y limitado al este, por las sierras de Pinos, y al sur por la sierra de Los Angeles. Al norte y al oeste el valle se extiende con baja pendiente sin una marcada deli-

mitación topográfica de la cuenca. Al norte está limitado cerca de la línea estatal entre Zacatecas y San Luis Potosí

La zona de estudio cubre una superficie aproximada de 560 km², las coordenadas del polígono para enmarcar el área de estudio se presentan en la tabla 1:

Tabla 1 Coordenadas que definen al área del acuífero Valle Hidalgo

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	101	39	14.4	22	30	54.0	
2	101	39	7.2	22	21	50.4	
3	101	41	24.0	22	15	50.4	
4	101	44	20.4	22	12	57.6	
5	101	47	49.2	22	11	9.6	
6	101	48	32.4	22	11	9.6	
7	101	49	55.2	22	12	14.4	
8	101	50	16.8	22	16	55.2	
9	101	53	42.0	22	19	1.2	
10	101	55	33.6	22	19	4.8	
11	101	51	18.0	22	21	0.0	
12	101	48	3.6	22	28	12.0	Del 12 al 1 por el límite estatal
1	101	39	14.4	22	30	54.0	

1.3 División municipal

La mayor parte del acuífero pertenece al municipio de Villa Hidalgo, y el resto también parcialmente, aunque en pequeñas superficies, a los municipios Noria de Angeles, Pinos, Villa García y Loreto.

El acceso a la zona se hace a través de la carretera No. 57, que une a los poblados de Ojo caliente y Pinos; atraviesa el valle en dirección noroeste-sureste, pasando por los poblados La Honda, El Refugio, Villa Hidalgo y El Chino. Este camino entronca con la carretera federal No. 45, que va de Aguascalientes a Zacatecas. También entronca a la altura del poblado La Blanca con la carretera No. 49 ⁽¹⁾. En general el área esta bien comunicada por caminos vecinales y brechas, cuya circulación sólo se ve afectada ocasionalmente en tiempo de lluvias.

En el extremo noroeste de la zona de estudio pasa la línea de ferrocarril, que va de San Luis Potosí a Aguascalientes, teniendo una estación en el poblado La Honda. Por vía aérea, el aeropuerto más cercano es el de la ciudad de Aguascalientes.

Entre las poblaciones más importantes que se ubican dentro del área, destacan José María More-los, Francisco I. Madero, La Ballena, La Lagunita, El Tepetate y La Honda.

¹ Estudio geohidrológico preliminar en la zona de Villa Hidalgo, en el estado de Zacatecas, Consultores S.A. SRH. EIGZA-74-15,1974.

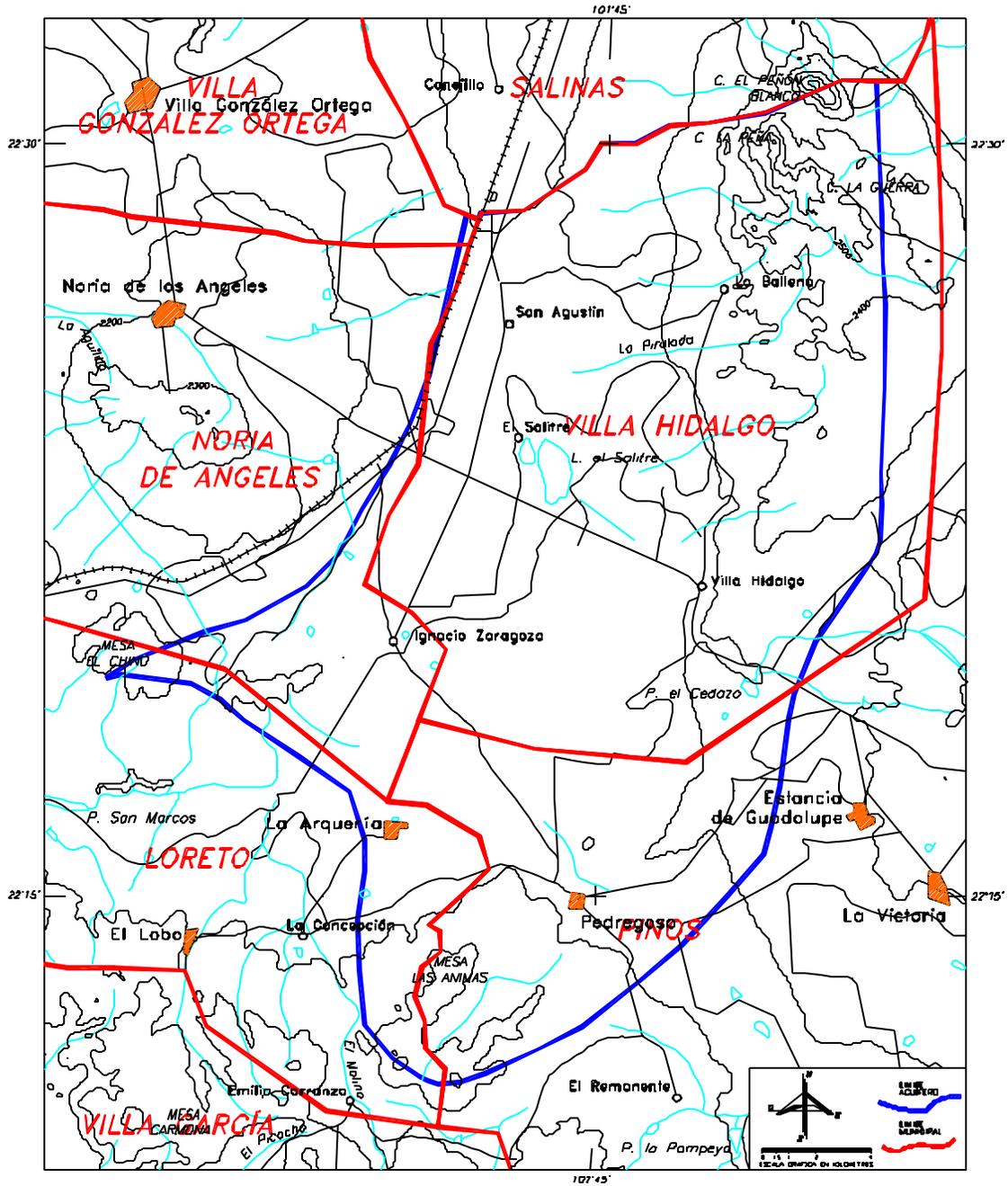


Figura 1 Zona Villa Hidalgo

1.4 Estudios técnicos realizados con anterioridad

El primer trabajo técnico realizado en la zona es el Inventario de aprovechamientos en Villa Hidalgo, Zacatecas, S.R.H., 1970. Posteriormente, en 1974 ⁽²⁾, Consultores S.A. se hizo un estudio geohidrológico preliminar en la zona de Villa Hidalgo.

En 1975 se realizaron los trabajos de ampliación del estudio geohidrológico antes citado; en 1981 se efectúan actividades de carácter geohidrológico, en las zonas de Chupaderos, Villa Hidalgo y La Blanca, también para la S.A.R.H., y en 1986 se llevaron a cabo trabajos de actualización del estudio geohidrológico ⁽³⁾.

2 Marco físico

2.1 Clima

En la clasificación climatológica, de acuerdo con Köppen el clima predominante es del tipo Bskwg, de estepa con vegetación xerófita, con lluvias en verano e invierno frío y seco. La temperatura media anual es de 17.1° C y la media mensual del mes más caluroso de 20.5° C (junio), y la media mensual del mes más frío de 12.3° C (enero). La precipitación media anual calculada para la zona es de 410 mm. Para esta área se ha registrado una evapotranspiración media anual de 2 130 mm ⁽⁴⁾.

2.2 Hidrografía

El valle del acuífero de Villa Hidalgo pertenece a la Región Hidrológica No. 37 "El Salado", asimismo a la cuenca "San Pablo". Desde el punto de vista administrativo pertenece a la Región VII, "Cuencas Centrales del Norte".

La zona de Villa Hidalgo está ubicada en una cuenca abierta ⁽⁵⁾, con escasa pendiente en dirección sur a norte. No presenta escurrimientos superficiales que drenen la cuenca hacia la salida norte de la misma, ya que los escurrimientos se presentan únicamente en épocas de lluvias y conducen el agua torrencial hacia pequeñas lagunas, presas y bordos diseminados en toda el área de la cuenca, mismos que en época de estiaje llegan a secarse.

Los arroyos que se presentan con cauce definido son El Puerto y Tres Marías, que descienden del norte de la cuenca con dirección este-oeste hacia la Laguna El Salitre, únicamente el arroyo Tres Marías llega a descargar su caudal en ella, pues el arroyo El Puerto descarga su caudal en el valle por infiltración, en época de lluvias.

Por la parte oriente de la cuenca descienden los arroyos Cañada Huerta y Guadalupe de los Pozos, que conducen su caudal hacia la presa El Cedazo, situada a unos 4.5 km al sureste de Villa Hidalgo.

En la parte sur existen únicamente los arroyos El Talega y El Arenal, que descargan su caudal en las presas La Providencia y La Pompeya, respectivamente.

² Op. Cit. Estudio geohidrológico en la zona de Villa Hidalgo... 1974.

³ Resumen de condiciones geohidrológicas de los acuíferos del estado de Zacatecas, ubicados dentro de la región hidrológica Cuencas Cerradas del Norte. Departamento de Aguas Subterráneas. 1998.

⁴ Op. Cit. Estudio geohidrológico preliminar en la zona de Villa Hidalgo... 1974.

⁵ Op. Cit. Estudio geohidrológico preliminar en la zona de Villa Hidalgo... 1974.

Todos los escurrimientos antes mencionados son de tipo torrencial y tienen escurrimientos únicamente en épocas de lluvias. Los pequeños bordos y lagunas diseminados en todo el valle, también llegan a secarse durante el estiaje. Desde el punto de vista de escurrimiento superficial, se puede concluir que los volúmenes de escurrimiento son de poca cuantía y desde el punto de vista geohidrológico, para la zona en estudio, se pueden tomar en cuenta indirectamente como recarga a los acuíferos.

2.3 Geología

Fisiografía y geomorfología

La zona de estudio ⁽⁶⁾ se encuentra ubicada dentro de la provincia fisiográfica denominada "Mesa Central" (Raisz 1954) describiéndola como una zona de planicies rodeadas por mesetas. Esta se diferencia de la provincia de Sierras y Valles, porque manifiestan mayores altitudes y sus valles presentan extensiones más planas; en lugar de tener sierras alargadas presentan colinas bajas, siendo notoria la presencia de antiguos volcanes. Los materiales clásticos que forman los rellenos de las cuencas son de poco espesor, dentro de los cuales se localizan lagunas de poca profundidad.

La zona, en particular, presenta extensas planicies constituidas principalmente por materiales de relleno, sobre los que se localizan restos de llanuras de inundación, interrumpidas por mesetas, afloramientos reducidos de estructuras cretácicas marinas, intrusivos y rocas metamórficas. Su origen es tectónico y a la vez de erosión, debido el primero a la escasa estructura que presentan las rocas cretácicas metamórficas y la presencia del intrusivo, en tanto que la erosión se deduce por la existencia de mesetas donde se observa discontinuidad en las rocas riolíticas, que formaron depresiones que posteriormente fueron rellenadas por los sedimentos aluviales ⁽⁷⁾.

Superficialmente se observan planicies con desniveles que varían entre los 2 010 msnm y los 2 150 msnm, donde se asientan los poblados El Salitre, José María Morelos y El Refugio; presentan forma bastante irregular, con pendientes suaves, con un núcleo constituido por materiales clásticos correspondientes a los abanicos aluviales y depósitos aluviales, que generalmente sobreyacen y se acúan contra las rocas que forman los depósitos de tobas y brechas, las formaciones calcáreas marinas, los granitos y rocas metamórficas.

Por lo que concierne a las mesetas, se encuentran interrumpiendo a las planicies en las porciones oeste, sur y este, constituidas por tobas y brechas, cubiertas en sus partes bajas por materiales aluviales, que también se encuentran cubriendo a las rocas calcáreas de origen marino. También se observan mesetas como la de Rancho Mocho, que esta al oriente del valle y que presenta sus límites escarpados con un desnivel de 90 m; otras mesetas que se observan y que son dignas de mencionar son: Las Aguilas, Los Palos, Las Animas y Carmona, ubicadas en la porción sur.

Las rocas calcáreas marinas que corresponden a las formaciones Cuestas del Cura, Indidura y Caracol se manifiestan en afloramientos reducidos y aislados; en ocasiones se encuentran cubiertas parcialmente por los materiales riolíticos y aluviales.

⁶ Op. Cit. Estudio geohidrológico preliminar en la zona de Villa Hidalgo, capítulo 5,...1974.

⁷ Op. Cit. Estudio geohidrológico preliminar en la zona de Villa Hidalgo, capítulo 4,... 1974

Las rocas intrusivas y metamórficas se localizan en la porción noreste de la zona y en conjunto con las mesetas delimitan las planicies, en la porción Este están cubiertas por sedimentos aluviales.

Las principales elevaciones se encuentran en los flancos de Peñón Blanco con una altitud máxima de 2 500 msnm, y Real de los Angeles con 2 400 msnm.

El drenaje es escaso y se concentra en las partes aftas, presentando una disposición dendrítica, siendo hacia las partes más bajas, escaso y paralelo.

Estratigrafía

Las rocas que afloran dentro del área de estudio tienen edades que van del Paleozoico al Reciente; están representadas por ígneas, sedimentarias marinas y continentales, y metamórficas. Las ígneas son de composición riolítica, como piroclásticos y derrames de riolita, así como intrusivas, granito y diorita; las sedimentarias marinas, están compuestas por areniscas, calizas y lutitas; las continentales son depósitos más recientes; las metamórficas son las de mayor edad y comprenden pizarras, esquistos y filitas.

El afloramiento Paleozoico metamórfico, único que se observa en la zona de estudio, se localiza en la estribación sur del cerro de Peñón Blanco. Una buena exposición de estas rocas se encuentra en el cauce del arroyo que se localiza al este del poblado La Ballena; consiste de pizarras, esquistos y filitas, en general, de grano medio con minerales micaceos, los que en conjunto les dan un brillo lustroso y satinado; superficialmente se encuentran en estado de desintegración, ocasionando depósitos de arena y algunas veces, transformadas en arcillas. Debido a su estructura más o menos compacta, se les considera como impermeables, pero debido a su escasa distribución y extensión, no representan importancia geohidrológica en la zona de estudio.

Los afloramientos de rocas marinas corresponden al Cretácico Inferior y Superior, estando representadas por calizas, lutitas y areniscas. Ocupan superficies reducidas, correspondiendo a las formaciones identificadas como Cuesta del Cura, Indidura y Caracol.

Del Cretácico Inferior la Formación Cuesta del Cura es el único afloramiento en la porción central del área y está constituyendo una loma de forma redonda, que consiste de capas onduladas de espesores que varían entre 5 y 60 cm, alternando con bandas y nódulos de pedernal negro, con vetas de calcita. Las calizas son de textura arcillosa con gran contenido de calcita, se encuentran cubiertas por suelos arcillosos producto de la alteración de la misma caliza y se encuentran en contacto, en su alrededor, por rocas riolíticas que a su vez la sobreyacen. Por estar constituidas de calizas arcillosas es impermeable, permitiendo escasa infiltración al través de su fracturamiento; además, por su reducida extensión y distribución presenta poco interés geohidrológico.

Respecto al Cretácico Superior la Formación Indidura en la zona de estudio se manifiesta en la estribación sur de Real de Angeles, constituida por capas de caliza de grano medio, compactas y duras, con gran contenido de vetillas de calcita; se presentan en estratos delgados y medianos, con espesores que varían entre laminares y 50 cm. Se encuentran alternando con capas delgadas de lutitas arcillosas de 1 a 15 cm de espesor, bastante plegadas y fracturadas, y ocasionalmente presenta fallas locales. Es posible que estas mismas rocas se prolonguen en el subsuelo hacia el sureste de Real de Angeles, debido a que con ese rumbo se encuentran entre los depósitos de relleno, como se observa en los alrededores de

Ignacio Zaragoza. Otro afloramiento se localiza al sur de Rancho Nuevo, sitio donde se observaron las mismas calizas, sólo que con alto grado de alteración, ya que existe una cubierta de suelos arcillosos. En la parte sur del afloramiento se encuentran cubiertas por depósitos de rocas riolíticas, y en el contacto se nota cierto metamorfismo de contacto. Esta unidad, a mayores profundidades debe de estar sobreyaciendo a las rocas de la formación Cuesta del Cura, que corresponden al límite superior del Cretácico Inferior. Desde el punto de vista geohidrológico a esta unidad se le considera una mediana permeabilidad, debido a su fracturamiento y la presencia de estratos de lutita. Funciona como una roca transmisora del agua hacia el subsuelo y cuando se encuentra en la zona de saturación podrá ser buen acuífero.

La Formación Caracol del Cretácico Superior, aflora únicamente y en forma muy reducida al noroeste de la presa El Cedazo, en un lomerío donde extraen material para construcción, donde consiste de calizas y lutitas en estratos delgados y sumamente fracturados. Otro afloramiento se localiza en el cruce del arroyo y el camino que une Villa González Ortega con Villa Hidalgo, a la altura del km 52. En el cauce se observó esta unidad, que consiste en un estrato de unos 10 a 60 cm de espesor, de grano grueso a medio. Se encuentran alternando capas delgadas de caliza, con vetas de calcita, de grano medio. Estos afloramientos se observaron cerca de la Noria de Angeles y están cubriendo directamente a los de la formación Indidura. De acuerdo al contenido de lutitas y estratos delgados de caliza, esta unidad es de baja conductividad hidráulica, por lo que en el subsuelo funciona como confinante del agua con las rocas que le sobreyacen y subyacen.

Del sistema Cretácico Superior-Terciario Inferior, los afloramientos de rocas intrusivas se localizan hacia la porción noreste de la zona, en el flanco sur del cerro denominado Peñón Blanco, donde consiste de rocas intrusivas, granitos y dioritas. En esta zona se encuentran intrusionando a las rocas preexistentes y alteradas metamórficas, y éstas a su vez, subyacen a depósitos de rocas ígneas de origen riolítico. Por su textura masiva, geohidrológicamente se les considera impermeables y funcionan como barrera al paso del agua hacia el subsuelo. Debido a su escasa distribución y localización dentro de la zona de estudio, es posible que no represente importancia geohidrológica alguna.

Las tobas riolíticas del Terciario Ígneo se encuentra ampliamente distribuidas en la zona, consistiendo principalmente de 2 miembros, estando el de la parte inferior formado por depósitos de tobas líticas, con matriz arenosa, fracturamiento moderado, y en sentido vertical son susceptibles de rápida alteración ocasionando desvitrificación. El miembro de la parte superior está formado por las brechas riolíticas. De acuerdo a la composición estructural, estas rocas presentan una permeabilidad variable y puede funcionar como una unidad transmisora del agua hacia las rocas del subsuelo, pudiendo además, acumular grandes cantidades de agua en forma ocasional y contener acuíferos.

Los derrames riolíticos del Terciario ígneo se localizan en las partes altas de las mesetas ubicadas en diferentes lugares de la zona. Están formados por derrames fluidales de composición riolítica, de textura fina y mediana, presentan fracturamiento vertical; se encuentra sobreyaciendo a los depósitos formados por brechas y tobas riolíticas, así como a las rocas intrusivas que están al noreste del poblado El Maguey. Estos derrames presentan una mediana permeabilidad a través de sus fracturas, funcionando como transmisoras de agua hacia las brechas y tobas que le subyacen.

Corresponden al Cuaternario las rocas acumuladas en las depresiones y zonas más bajas, productos de la desintegración intermontana y transportadas por los agentes fluviales, formando depósitos como abanicos aluviales, depósitos lacustres y aluviales.

Los abanicos aluviales forman parte de las planicies; consisten de gravas, arenas y limos, y ocasionalmente, horizontes arcillosos. La composición de los clásticos es casi siempre de origen riolítico; estas rocas sobreyacen a las tobas riolíticas, calizas, granitos y rocas metamórficas. Por su contenido de clásticos presentan buena permeabilidad y funciona como buena transmisora de agua hacia el subsuelo, y si se encuentran dentro de la zona de saturación forma un buen acuífero.

Los depósitos lacustres se localizan en las partes bajas de las planicies, formando lagunas residuales constituidas por arcillas y limos. Debido a su constitución estos tipos de sedimentos son impermeables.

Los depósitos aluviales se localizan en las partes centrales y bajas de las planicies; están formadas por arenas y limos, con bajo porcentaje de arcillas. Este tipo de rocas presentan buenas permeabilidades y funciona como buenos transmisores del agua hacia las rocas subyacentes. Cuando se encuentran saturados forman buenos acuíferos.

3 Hidrología subterránea

La zona donde se ubica el acuífero de Villa Hidalgo presenta formaciones geológicas con características hidrogeológicas diferentes entre si.

Desde el punto de vista geohidrológico (⁸) las planicies del valle se encuentran abiertas en la porción norte; existe una barrera subterránea en la porción noreste debido a la presencia de rocas metamórficas e intrusivas que forman parte del cerro del Peñón Blanco; hacia la porción sureste, es posible que exista continuidad geohidrológica a través de los materiales de relleno, los depósitos de tobas y brechas, ya que éstos son de conductividad hidráulica variable de media a buena, ocurriendo lo mismo hacia la porción suroeste, de donde se deduce que la mejor alimentación subterránea de los acuíferos en explotación proviene de esta parte, constituida por depósitos de abanicos aluviales que sobreyacen a depósitos de tobas.

En la porción noroeste, donde se encuentran las rocas que corresponden a la formación Indidura y presentan mediana conductividad hidráulica, puede existir cierta relación hidrogeológica con los materiales de relleno, ya que los estratos de esta formación tienen una inclinación suave hacia las planicies sin perderse bruscamente, aflorando en forma repentina entre los sedimentos aluviales, aportando o recibiendo parte del flujo subterráneo.

3.1 El acuífero

El acuífero se encuentra ubicado principalmente en abanicos y depósitos aluviales. Los depósitos aluviales ocupan la parte central de la zona de estudio y se continúan hacia el noroeste, hasta la altura del poblado Guadalupe Victoria. Los abanicos aluviales ocupan la parte oriental de la zona, en una faja que

⁸ Op. Cit. Estudio geohidrológico preliminar en la zona de Villa Hidalgo, capítulo 5, 1974.

va desde el norte hacia el sureste y suroeste, separada por afloramientos de derrames de riolita situados al sur de Villa Hidalgo⁹).

Las zonas de recarga están formadas principalmente por rocas de composición riolítica; el basamento y barreras laterales lo constituyen las rocas sedimentarias marinas ⁽¹⁰⁾.

La recarga se produce por la infiltración de la precipitación pluvial que se realiza sobre las sierras y b-meríos, en tanto que parte de ésta alimenta por flujo subterráneo al acuífero; otra parte del volumen precipitado forma escurrimientos superficiales que al llegar al contacto con los materiales granulares propician su infiltración.

Existen entradas por flujo vertical como consecuencia de la infiltración de agua que se precipita sobre la superficie del acuífero, y por infiltración de arroyos formados en el llano, un volumen pequeño proviene de los retornos de riego por bombeo.

La descarga se realiza principalmente de manera artificial, por el bombeo de pozos y norias, y en forma natural por evapotranspiración en la laguna El Salitre y sus alrededores. Un volumen pequeño de flujo subterráneo drena hacia el estado de San Luis Potosí.

El acuífero es de tipo libre y tiene un espesor medio de 250 m ⁽¹¹⁾ Las características hidráulicas del acuífero⁽¹²⁾ se determinaron con base a 34 pruebas de bombeo de corta duración en etapas de abatimiento y recuperación, las transmisividades obtenidas fluctuaron entre 0.038×10^{-3} a $45.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ para la etapa de abatimiento y de 0.035×10^{-3} a $5.82 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ para la etapa de recuperación. En general se puede decir que las transmisividades de la zona son bajas debido posiblemente a la presencia de finos en los depósitos aluviales.

3.1 Niveles del agua subterránea

La profundidad del nivel de agua subterránea, varía desde valores mínimos de 15 m al norte de la zona, en los alrededores de la comunidad El Rocío, muy cerca de los límites con San Luis Potosí, a valores máximos de 75 m, que se manifiestan en las cercanías de las comunidades Progreso y Santa Cruz de las Palomas, al sur y al este de la zona, en las proximidades de las poblaciones Rincón de Cebada y Villa Hidalgo.

La configuración de las elevaciones del nivel estático para 1997 ⁽¹³⁾, muestra que el agua subterránea, en la zona suroeste y en las cercanías de Santa María Los Angeles, La Concepción y Santa Cruz de las Palomas, se mueve en forma radial y convergente; en la porción central del valle se mueve con dirección preferencial de sur a norte, existiendo aportaciones de recarga en dirección oriente-poniente y de poniente-oriente, para converger a las áreas bajas ubicadas en las poblaciones de La Victoria, El Refugio, Canoas, El Salitre, El Rusio, etc; inicia con valores máximos de 2090 msnm en la parte sur y des-

⁹ Op. Cit. Estudio preliminar en la zona de Villa Hidalgo, capítulo 7, 1974.

¹⁰ Op. Cit. Resumen de condiciones geohidrológicas en los acuíferos del estado de Zacatecas, ubicados dentro de la región hidrológica Cuencas Centrales del Norte. Departamento de Aguas Subterráneas, Subgerencia Técnica, Gerencia Estatal Zacatecas, CNA, 1998.

¹¹ Base de datos de acuíferos en Zacatecas, Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica, Gerencia de Aguas Subterráneas, CNA, 1998.

¹² Op. Cit. Estudio geohidrológico preliminar en la zona de Villa Hidalgo, capítulo 7... 1974.

¹³ Op. Cit. Resumen de condiciones geohidrológicas en los acuíferos del estado de Zacatecas...1998.

ciende gradualmente hacia el norte hasta valores de 2070 msnm en los alrededores de la laguna El Salitre.

De acuerdo con la configuración de curvas de igual elevación del nivel estático, el acuífero muestra una salida de aguas subterráneas hacia el norte de la zona de estudio, con dirección hacia el estado de San Luis Potosí, a la altura del poblado de San Agustín.

Los datos históricos del nivel del agua subterránea en el acuífero de Villa Hidalgo, datan desde mayo de 1974 hasta el año de 1997; de acuerdo al plano de curvas de igual evolución del nivel estático 1990-1997, figura 4, se registraron abatimientos máximos del orden de 3 m en la porción norte de la zona, al poniente de la laguna El Salitre, así como en la porción suroeste, en las cercanías del poblado de San Francisco; también en la porción oriental de la zona, al poniente de la población Rincón de la Cebada y un abatimiento puntual al suroeste del poblado Cerro Prieto. En términos generales, en el resto de la zona, los abatimientos en ese período oscilan de 0.5 a 2 m, presentándose conos de abatimiento por la concentración de bombeo. De acuerdo con los abatimientos registrados durante el período 1990-1997, el acuífero en estudio presenta un abatimiento promedio anual del orden de 0.3 m/año.

3.2 Censo de aprovechamientos e hidrometría

En la tabla siguiente se muestra la clasificación por usos del agua subterránea, provenientes del acuífero Villa Hidalgo.

Tabla 2 Aprovechamiento del agua subterránea

Uso	Volumen (Mm ³ /año)	Porcentaje (%)
Abrevadero	0.0	0.0
Agrícola	32.0	97.0
Doméstico	0.0	0.0
Público Urbano	1.0	3.0
Industrial	0.0	0.0
Total	33.0	100.0

La extracción total de agua subterránea en la zona era de 33.0 Mm³/año (¹⁴), la cual se destina principalmente para la agricultura, 32.0 Mm³/año, que corresponde al 97 % del total; el resto, 1.0 Mm³/año, que involucra al uso público urbano, corresponde al 3 %.

Del total de los 374 aprovechamientos registrados en el área para 1997, 278 son activos, de ellos 207 son de uso agrícola y 71 para uso público urbano.

¹⁴ Op. Cit. Resumen de condiciones geohidrológicas en los acuíferos del estado de Zacatecas...1998.

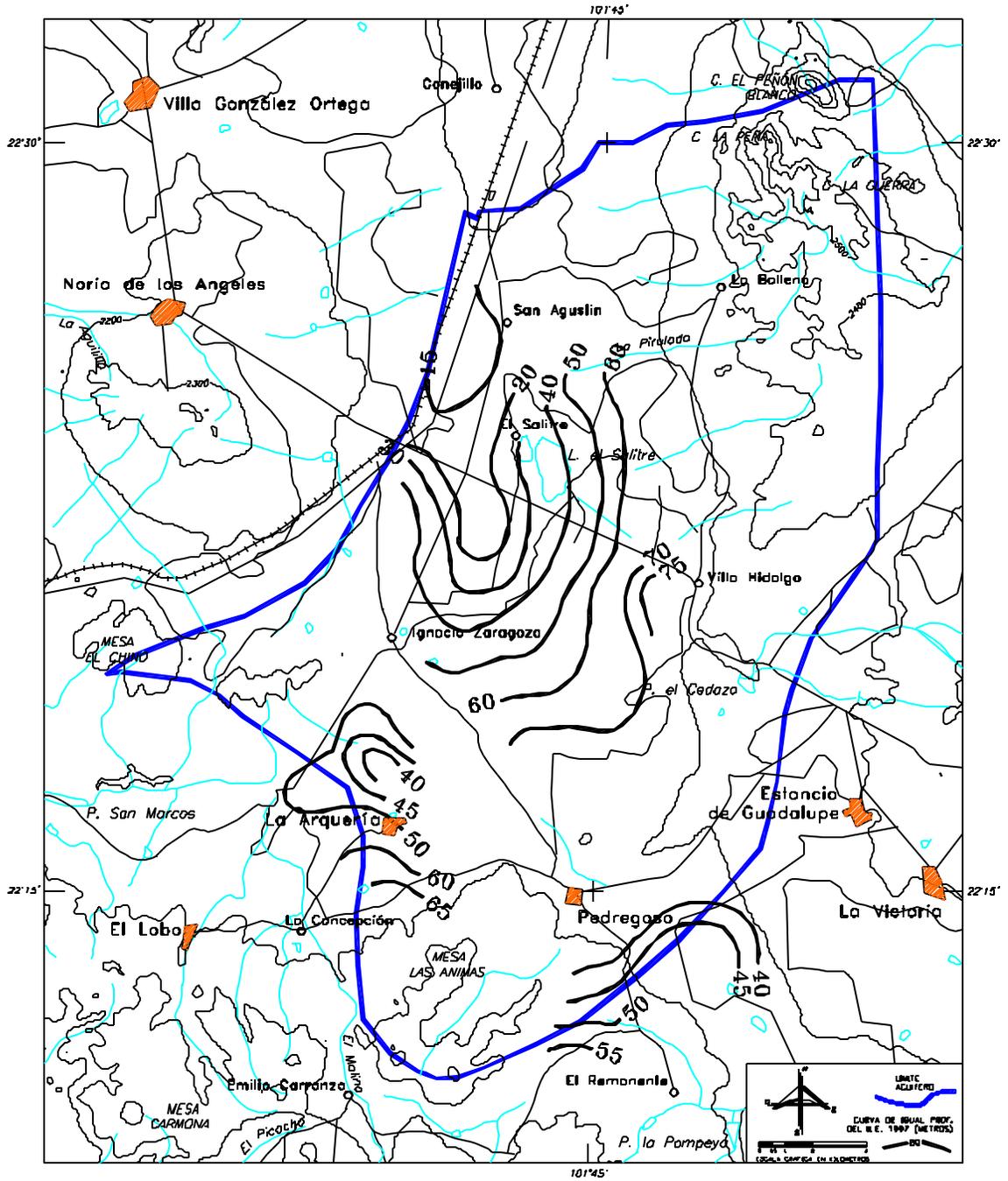


Figura 2 Profundidad del nivel estático, 1997

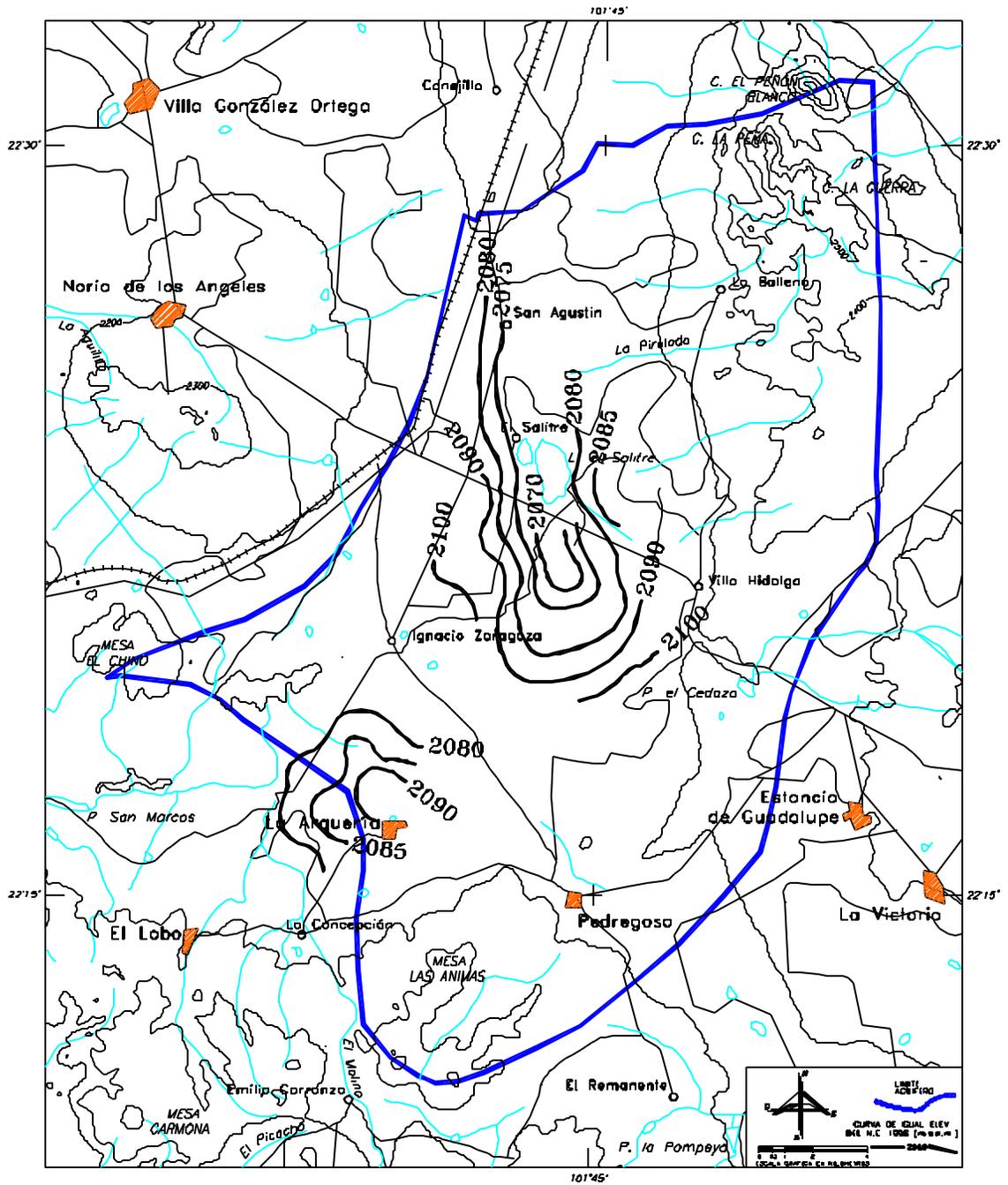


Figura 3 Elevación de los niveles estáticos, 1997.

4 Balance de aguas subterráneas

4.1 Ecuación de Balance

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga), y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado anualmente por el almacenamiento no renovable del subsuelo.

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

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

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, por el cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, queda como sigue:

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

4.2 Recarga

Recarga natural

La recarga natural del acuífero proviene principalmente de los volúmenes infiltrados del agua de lluvia en las sierras y lomeríos, y que llega al acuífero en forma de flujo horizontal subterráneo, además de la que se infiltra directamente en las planicies.

La recarga natural considerada como la suma de la infiltración del agua de lluvia más el flujo subterráneo proveniente de las partes altas que se encuentran alrededor del valle, se ha calculado en 17.0 Mm³/año. Para la infiltración de lluvia se consideró un área de valle de 280 km², una precipitación de 410 mm y un coeficiente de infiltración de 0.1, lo que da como resultado una recarga de 11.5 Mm³/año.

Recarga inducida

La recarga inducida proviene del agua que se utiliza en el riego, y en una pequeña parte del agua utilizada en el uso público urbano.

El monto total de la recarga inducida fue calculada en 3.8 Mm³/año, la cual se calculó multiplicando al volumen aplicado al riego (32.0 Mm³/año), por un coeficiente de infiltración de 0.12, la recarga por uso urbanos no se consideró.

Flujo horizontal

El cálculo de entradas por flujo horizontal (Eh), se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático del año 1997, y la transmisividad obtenida a través de las pruebas de bombeo efectuadas en pozos distribuidos en la zona de estudio, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = T * B * i \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

Q = gasto que pasa por un determinado canal de flujo;

T = transmisividad;

B = ancho de la celda;

i = gradiente hidráulico

La recarga por flujo horizontal resultó de 16.6 Mm³/año, al considerar 11 canales de corriente subterránea.

4.3 Descarga

Las salidas del sistema acuífero están integradas por las descargas naturales que en condiciones originales presentaba el sistema, y que no obstante hayan sido modificadas por las condiciones de explotación, aun persistan; más las descargas artificiales por efecto del bombeo en los pozos. Las salidas totales del sistema se han calculado en 35.1 Mm³/año, distribuidos de la siguiente manera.

La extracción de agua subterránea es la principal componente de las salidas, 33.0 Mm³/año, conformada por la extracción en pozos de bombeo, aprovechada principalmente para uso agrícola y en menor proporción para uso público urbano. Las descargas por flujo subterráneo que siempre ha tenido el acuífero consisten en el flujo subterráneo que se dirige hacia el norte y con dirección al estado de San Luis Potosí; este volumen es insignificante y se ha calculado en 2.1 Mm³/año.

4.4 Cambio de almacenamiento

Como se ha comentado anteriormente, el acuífero de Villa Hidalgo se encuentra ligeramente sobreexplotado, debido a que las extracciones son mayores que la recarga cubriéndose dicho déficit a costa del almacenamiento subterráneo, y por tanto provocando abatimientos de los niveles de agua subterránea, con un cambio de almacenamiento de -3.2 Mm³/año, cifra que resulta de considerar un abatimiento del orden de 0.12 m/año, en un área de 270 km² y un coeficiente de almacenamiento de 0.098.

El balance descrito anteriormente se puede consultar en la tabla 3.

5 Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas se aplica el procedimiento establecido en la Norma que establece la metodología para calcular la disponibilidad de aguas nacionales.

Dicha disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Disponibilidad media anual} \\ \text{de agua subterránea en} \\ \text{una unidad hidrogeológica} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Recarga total} \\ \text{media anual} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Descarga} \\ \text{natural} \\ \text{comprometida} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Volumen anual de agua} \\ \text{subterránea concesio-} \\ \text{nado e inscrito en el} \\ \text{REPDA} \end{array} \quad (5)$$

Tabla 3 Balance de aguas subterráneas

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, ACUÍFERO VILLA HIDALGO, ZAC.				1997	
Área total del acuífero			km ²	560	
RECARGA TOTAL					
Recarga natural por lluvia	Área de valle	I ₁	km ²	280	
	Coefficiente		mm/año	0.10	
	Precipitación	M m ³ /año	410.0	11.5	
Entradas horizontales			Eh	M m ³ /año	16.6
Total de recarga natural				M m ³ /año	28.1
Recarga inducida P.U.			I ₂		0.00
Público Urbano				M m ³ /año	0.0
Recarga inducida Agrícola + otros			I ₃		0.12
Agrícola más otros				M m ³ /año	3.8
RECARGA TOTAL				M m ³ /año	31.9
DESCARGA TOTAL					
Salidas horizontales			Sh	M m ³ /año	2.1
Caudal base			Q _{base}	M m ³ /año	0.0
Evapotranspiración				M m ³ /año	0.0
	278	Extracción total		M m ³ /año	33.0
		Manantiales comprometido		M m ³ /año	
	207	Agrícola		M m ³ /año	32.0
	71	Público urbano		M m ³ /año	1.0
		Industrial		M m ³ /año	0.0
		Otros		M m ³ /año	0.0
DESCARGA TOTAL				M m ³ /año	35.1
Cambio de almacenamiento			DA	M m ³ /año	-3.2
Coefficiente de almacenamiento			S		0.09854
Volumen drenado (0.12 m/año)			Vd	M m ³ /año	32
Area de abatimiento				km ²	270

5.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, calculada como la suma de la recarga natural (28.1 Mm³/año) más la recarga inducida (3.8 Mm³/año), arroja un valor de 31.9 Mm³/año.

5.2 Descarga natural comprometida

Este concepto está integrado por los volúmenes captados para diferentes usos en los manantiales, el flujo subterráneo que constituye un aporte importante hacia otros acuíferos, y una parte importante del flujo base y del drenaje hacia ríos alimentados por el acuífero. Para el caso de la zona de estudio en donde básicamente no existen manantiales, ni caudal base, sólo se considerará como descarga comprometida el valor de 2.1 Mm³/año, que se tiene como salida de flujo subterráneo hacia el estado de San Luis Potosí.

5.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el RE-PDA

El volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el Registro Público de Derechos del Agua (RE-PDA), al 30 de abril de 2001, consiste en 49'164,666 m³/año.

5.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas, conforme a la metodología indicada en la "Norma que establece la metodología para calcular la disponibilidad de 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 esta forma la disponibilidad es de -19'364,666 m³/año.

$$-19'364,666 = 31'900,000 - 2'100,000 - 49'164,666$$

Por lo tanto, no es recomendable incrementar las extracciones del agua subterránea, a fin de lograr con más facilidad la estabilización del acuífero a través de un mejor manejo y administración del recurso.

México, D.F., 30 de abril de 2002