

***Actualización de la disponibilidad media anual  
de agua en el acuífero Chupaderos (3226),  
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.**

CDXIV REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "CUENCAS CENTRALES DEL NORTE"		R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
CLAVE	ACUÍFERO	CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
<b>ESTADO DE ZACATECAS</b>							
3226	CHUPADEROS	72.8	0.0	186.208951	138.0	0.000000	-113.408951

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 3226 CHUPADEROS**

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	9	21.2	22	46	34.6	
2	102	9	15.5	22	44	10.0	
3	102	9	58.4	22	41	1.2	
4	102	13	54.5	22	41	34.1	
5	102	15	54.7	22	43	22.9	
6	102	18	46.9	22	41	51.0	
7	102	22	11.4	22	43	11.7	
8	102	24	57.6	22	42	1.3	
9	102	28	5.0	22	44	21.7	
10	102	30	46.0	22	44	55.1	
11	102	32	9.2	22	47	14.7	
12	102	32	44.0	22	49	6.8	
13	102	34	18.2	22	54	43.4	
14	102	33	15.7	23	5	8.6	
15	102	35	45.8	23	13	28.7	
16	102	38	18.9	23	14	50.0	
17	102	38	31.9	23	20	5.3	
18	102	35	50.5	23	20	38.6	
19	102	35	50.5	23	22	23.1	
20	102	32	39.4	23	22	55.6	
21	102	26	42.1	23	21	25.5	
22	102	21	16.3	23	24	27.3	
23	102	20	10.3	23	21	10.5	
24	102	20	35.1	23	18	25.1	
25	102	19	46.1	23	16	59.6	
26	102	17	5.5	23	16	20.8	DEL 26 AL 27 POR EL LIMITE ESTATAL
27	102	7	55.5	22	47	58.1	
28	102	7	29.6	22	46	57.5	
1	102	9	21.2	22	46	34.6	



***Comisión Nacional del Agua***

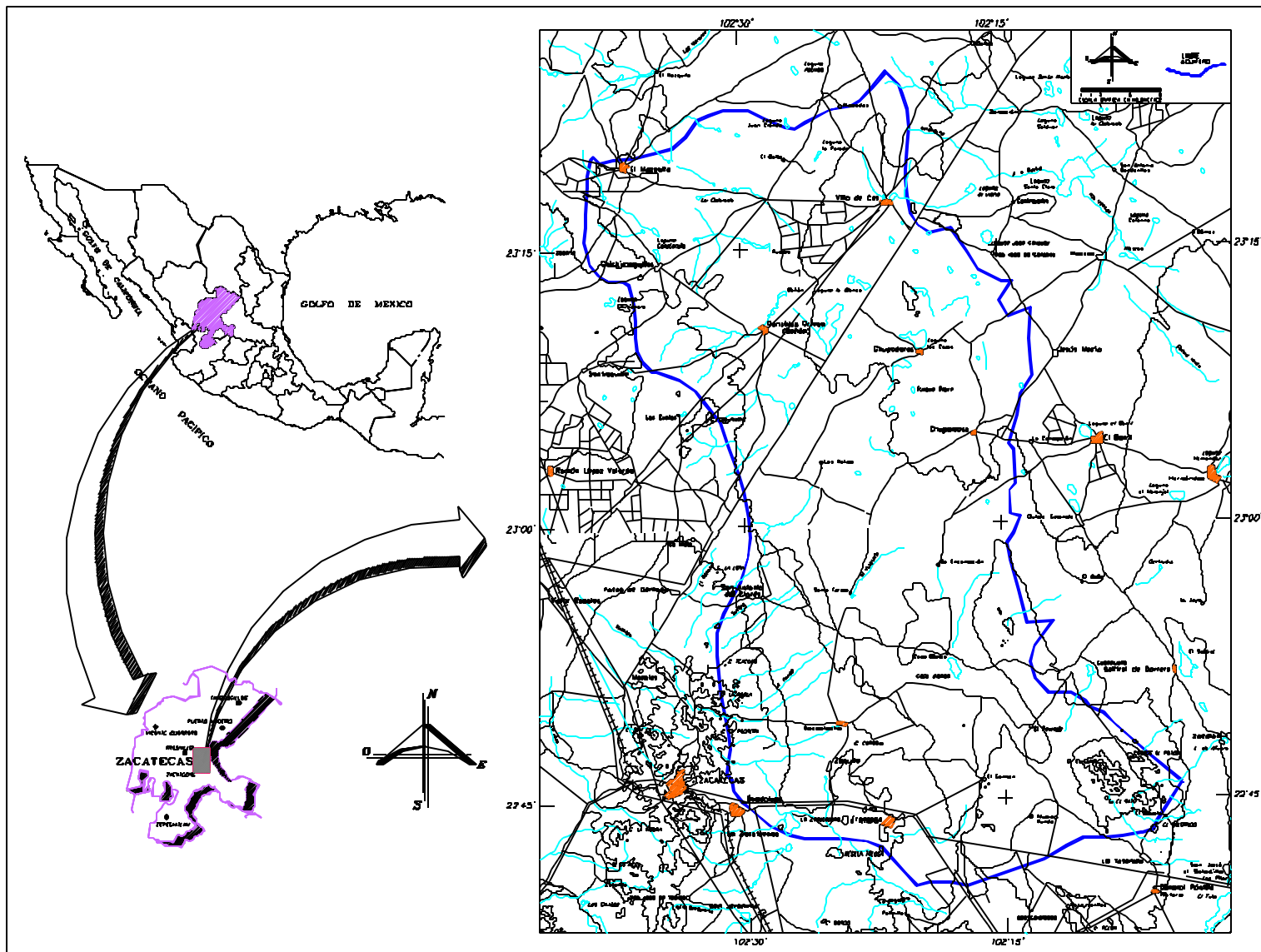
***Subdirección General Técnica***

***Gerencia de Aguas Subterráneas***

***Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica***

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD  
DEL AGUA EN EL ACUÍFERO CHUPADEROS,  
ESTADO DE ZACATECAS***

México, D.F., 30 de abril de 2002



Acuífero Chupaderos, Zac.

## **DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO CHUPADEROS, ZAC.**

### **CONTENIDO**

- 1 Generalidades**
  - 1.1 Antecedentes
  - 1.2 Localización, extensión, y límites de la unidad hidrogeológica
  - 1.3 Municipios
  - 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
  - 5.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

### **Figuras**

- |          |                                      |
|----------|--------------------------------------|
| Figura 1 | Localización del acuífero            |
| Figura 2 | Profundidad del nivel estático 1973. |
| Figura 3 | Profundidad del nivel estático 1997. |
| Figura 4 | Elevación del nivel estático 1997.   |

### **Tablas**

- |         |   |
|---------|---|
| Tabla 1 | Coordenadas que definen al área del acuífero Chupaderos, Zacatecas. |
| Tabla 2 | 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 (REPDA), 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 REPDA, 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 REPDA.

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 (REPDA). 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 área de estudio se localiza en el extremo oriental del estado de Zacatecas, colindando con en estado de San Luis Potosí. Puede compararse a un rectángulo con 2 514 km<sup>2</sup> de superficie, delimitado hacia el occidente por la sierra de Zacatecas, hacia el sur por la carretera San Luis Potosí a Zacatecas, y por parteaguas topográfico débilmente definidos en la planicie hacia el oriente y norte.

El área citada queda enmarcada dentro de la poligonal cuyos vértices se enlistan a continuación:

Tabla 1 Vértices de la poligonal del acuífero de Chupadero, Zacatecas <sup>(1)</sup>

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	7	4.8	22	42	54.0	
2	102	10	30.0	22	42	39.6	
3	102	17	16.8	22	40	8.4	
4	102	20	52.8	22	40	51.6	
5	102	23	9.6	22	42	39.6	
6	102	26	49.2	22	42	54.0	
7	102	30	57.6	22	45	28.8	
8	102	31	15.6	22	46	22.8	
9	102	30	0.0	23	1	48.0	
10	102	35	52.8	23	8	56.4	
11	102	36	36.0	23	13	4.8	
12	102	38	20.4	23	13	37.2	
13	102	38	31.2	23	20	6.0	
14	102	33	54.0	23	20	27.6	
15	102	31	40.8	23	22	15.6	
16	102	29	24.0	23	22	30.0	
17	102	26	42.0	23	21	25.2	
18	102	21	18.0	23	24	28.8	
19	102	19	30.0	23	16	4.8	
20	102	17	6.0	23	16	4.8	Del 20 al 21 por el límite estatal
21	102	5	16.8	22	44	49.2	
1	102	7	4.8	22	42	54.0	

### 1.3 Municipios

El área de estudio se localiza en la porción oriental del estado de Zacatecas, lo mismo que al NE de la capital Zacatecas; abarcando parcialmente los municipios de Villa de Cos, Fresnillo, Pánuco, Veta Grande, Guadalupe, Ojo Caliente y Gral. Pánfilo Natera, con una extensión aproximada de unos 2 514 km<sup>2</sup>.

En cuanto a comunicaciones, se llega fácilmente por el sur tomando la carretera San Luis Potosí-Zacatecas; cuenta con la carretera federal No. 49 que comunica a la población de Guadalupe con Troncoso, y que también comunica a la zona con la ciudad de Zacatecas al poniente. La zona queda bien comunicada por medio de la carretera No. 54 que va a Saltillo y que atraviesa el área de estudio en su parte occidental.

<sup>1</sup> Gerencia de Aguas Subterráneas, CNA. 2000



#### **1.4 Estudios técnicos realizados con anterioridad**

Entre los estudios geohidrológicos realizados con anterioridad, se tiene el de la Cía. INGESA en 1970 <sup>(2)</sup>, que cubrió apenas una superficie de casi 300 km<sup>2</sup>, desde la carretera a Zacatecas por el sur, hasta el ejido Chupaderos hacia el norte. Al parecer, la única actividad realizada consistió en el levantamiento de 261 obras de captación de agua, de las cuales 246 eran utilizados para riego, 13 para abrevadero y 2 para uso doméstico, denotando el carácter rural de la zona estudiada.

---

<sup>2</sup> Estudio muy preliminar de la Cía. INGESA realizado en 1970, mencionando como bibliografía en el estudio de 1973 de Técnicas Modernas de Ingeniería S.A.

Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero Chupaderos, Zacatecas.

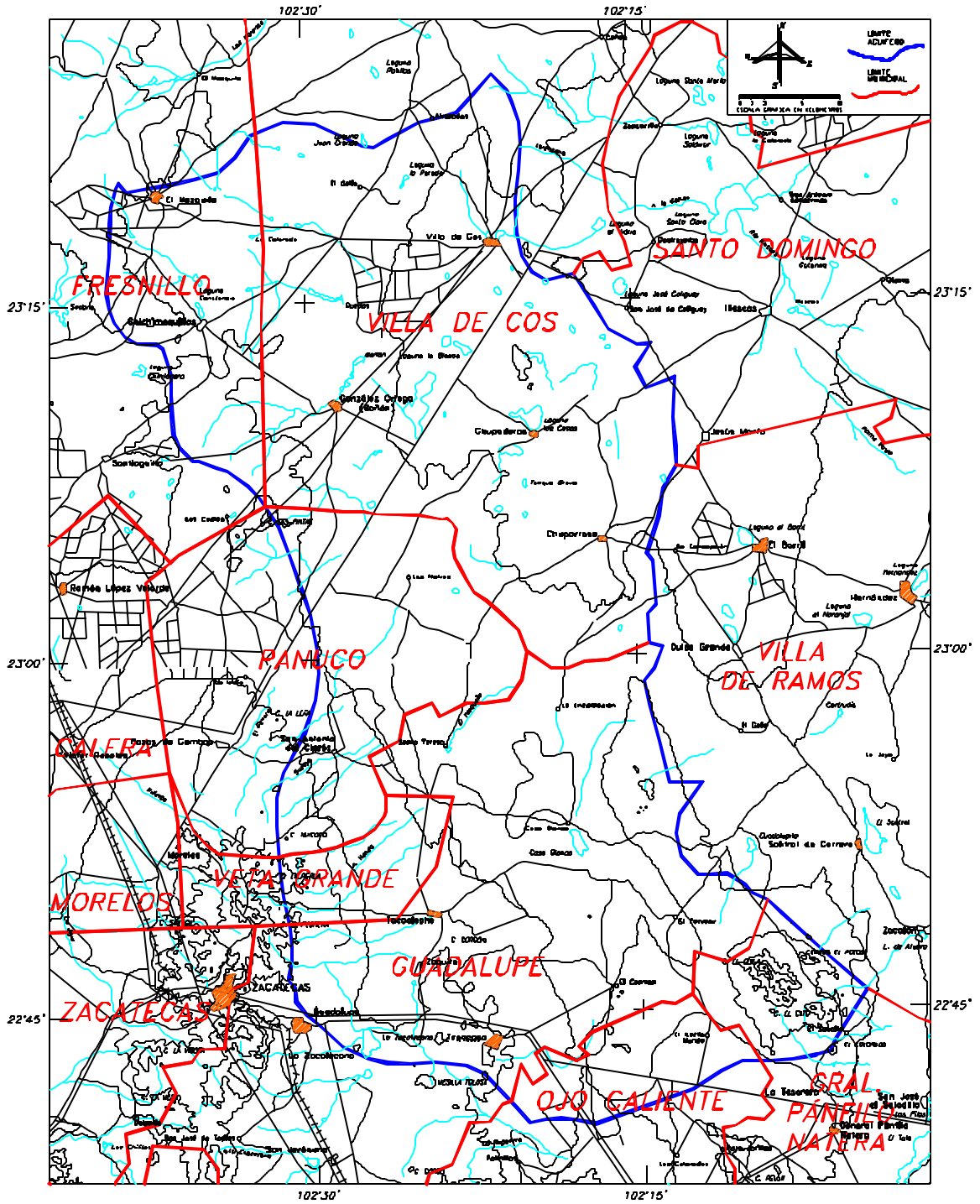


Figura 1 Acuífero Chupaderos, Zac.

En 1973 la Subdirección de Geohidrología y de Zonas Áridas a través de la Cía. Técnicas Modernas de Ingeniería, S.A.<sup>(3)</sup>, realizó otro estudio calificado de preliminar en el área Chupaderos-Villa de Cos, con la finalidad de cuantificar en forma preliminar los recursos hidráulicos subterráneos. Abordan en este trabajo aspectos geológicos, hidrogeoquímicos y piezometría, proponiendo un modelo conceptual del aprovechamiento del sistema acuífero y aplicando la ecuación de balance volumétrico.

En 1981 <sup>(4)</sup>, la Subdirección de Geohidrología y de Zonas Áridas de la SARH, a través de la Cía Investigaciones Técnicas del Subsuelo, realizó algunas actividades de carácter geohidrológico, especialmente una prospección geofísica resistiva con el fin de determinar magnitud, procedencia, distribución de la recarga de los acuíferos y los volúmenes de explotación. Al parecer este trabajo es, a la vez, el más reciente hecho para la zona de Chupaderos.

En 1998, el Departamento de Aguas Subterráneas en Zacatecas, presenta un resumen de las características hidrogeológicas de todos los acuíferos ubicados en el estado. En este informe se presentan balances de agua subterránea, donde se clasifica al acuífero como sobre explotado <sup>(5)</sup>.

## **2 Marco físico**

### **2.1 Clima**

El clima regional se clasifica como semiárido, con verano cálido, régimen de lluvias en verano y un porcentaje invernal de lluvias entre 5 y 20 mm de la precipitación total anual <sup>(6)</sup>.

La temperatura varía entre 12° y 18 ° C como valores medios anuales, siendo los meses calurosos de abril a agosto.

La precipitación media anual es del orden de 450 mm.

### **2.2 Hidrografía**

La zona de estudio pertenece a la Región Hidrológica No. 37 (Cuencas Cerradas del Río Salado), Subregión Cuenca El Salado.

Al acuífero contenido en el área Chupaderos-Villa de Cos, se ha denominado: Chupaderos-Trancoso según la clasificación de la Gerencia de Aguas Subterráneas.

Los escurrimientos son de carácter torrencial, presentándose solo durante la temporada de lluvias. Entre los arroyos de mayor importancia destacan Guerreros, El Ranchito, La Sauceda Hondo, Pánuco y Los Arados.

---

<sup>3</sup> Informe final del estudio geohidrológico preliminar de la zona Chupaderos-Villa de Cos, Zac. Técnicas Modernas de la Ingeniería, S.A. para la Subdirección de Geohidrología y de Zonas Áridas. S.R.H. 1973.

<sup>4</sup> Actividades de carácter geohidrológico en las zonas de Chupaderos, Villa Hidalgo y La Blanca, Zacatecas. Investigaciones Técnicas del subsuelo, S.A. para la Subdirección de Geohidrología y de Zonas Áridas. SARH. 1981. Contrato No. GZA-81-99-GD.

<sup>5</sup> Resumen de Condiciones Geohidrológicas en el los Acuíferos del Estado de Zacatecas, Ubicados Dentro de la Región Hidrológica Cuencas Cerradas del Norte. Departamento de Aguas Subterráneas, Gerencia Estatal. 1999.

<sup>6</sup> Atlas Nacional del Medio Físico. Secretaría de programación y presupuesto. 1981.

## **2.3 Geología**

### **Fisiografía y geomorfología**

Los acuíferos de Chupaderos-Villa de Cos pertenecen a la Región del Altiplano Mexicano, en el borde meridional de la Mesa del Norte<sup>(7)</sup>.

El relieve topográfico más sobresaliente se localiza al sur-occidente del área formando la Sierra de Zacatecas, que está constituida por rocas extrusivas e intrusivas con elevaciones variables entre 2 200 y 2 800 msnm. Hacia el norte se observa otra expresión topográfica más suave, que es la prolongación de la sierra Zacatecana, constituida por rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, con una elevación promedio de 2 250 msnm, destacando los cerros La Leña, El Peñón, La Tinaja y Las Pintas. Esta serranía y su prolongación hacia el norte, descienden gradualmente hasta la población de González Ortega, rematando en una loma alargada con una elevación aproximada de 2 070 msnm.

El relieve más importante por su extensión es la planicie aluvial, con elevación promedio de 2050 msnm y una extensión de unos 1 075 km<sup>2</sup>.

El drenaje regional se restringe a la ladera oriental de la Sierra de Zacatecas, de donde descienden numerosos arroyos que en su mayoría se infiltran al contacto con la planicie, continuando hacia el centro de la misma los arroyos Santa Inés, Ranchito, Saucedo, Hondo y Los Arados, donde finalmente desaparecen por infiltración.

En general el área muestra el paisaje característico de las cuencas cerradas del norte, esto es, una llanura aluvial sin un drenaje bien definido, sobresaliendo esporádicamente unos lomeríos y cerros aislados en la porción oriental, en tanto que hacia el flanco occidental contrasta con el fuerte relieve montañoso.

### **Estratigrafía**

La zona ha sido motivo de levantamientos geológicos a fin de clasificar las unidades litológicas que afloran en el área. El más completo es el reportado en el estudio de 1973<sup>(8)</sup>, que a su vez se apoya en el de 1970<sup>(9)</sup>. La edad de las rocas abarca desde el Cretácico Superior al Reciente, tal como se describe a continuación, empezando por las rocas más antiguas.

Las rocas más antiguas corresponden a la Formación Indidura del Cretácico Superior (Cenomaniano), depósitos marinos que se pueden ver en los cerros Los Alejos, Pintas, Tinaja, Cal y Ratonera al SW del poblado González Ortega. Su espesor puede variar entre 170 a 300 m, según reconocimiento geológico<sup>(10)</sup>. Comprende una alternancia de capas compactas de calizas y lutitas, consideradas prácticamente impermeables, y que por su posición constituyen el basamento regional.

<sup>7</sup> Op. Cit. Informe final del estudio geohidrológico preliminar de la zona Chupaderos-Villa de Cos, Zac. ...1973.

<sup>8</sup> Op. Cit. Informe final del estudio geohidrológico preliminar de la zona Chupaderos-Villa de Cos, Zac ... 1973.

<sup>9</sup> Op. Cit. Estudio muy preliminar de la Cía. INGESA...1970.

<sup>10</sup> Reconocimiento geológico y depósitos de fosfatos del norte de Zacatecas y áreas adyacentes a Coahuila, , Nuevo León y San Luis Potosí. Boletín No. 56 del CRNNR.

### **Terciario**

Las rocas intrusivas del Terciario que afectaron a los sedimentos calizos, forman el macizo central de la Sierra de Zacatecas. A este conjunto de rocas se incluyen el llamado “complejo volcánico, ígneo, metamórfico”, y afloran en la ladera de la Sierra de Zacatecas; en el límite suroriental, en los cerros La Cal y Santa Cruz, y al NE del poblado Casa Blanca, en los cerros Méndez, Alto, Blanco y Verde. Son prácticamente impermeables y representa el basamento geohidrológico en la porción sur.

Las rocas extrusivas ácidas del Terciario están representadas por riolitas, derrames que forman suaves lomas aisladas hacia el NW del área. Exhiben un débil drenaje, escurriendo el agua de lluvia hacia unidades permeables donde se infiltra; funcionan como fronteras laterales del acuífero. Contemporáneas a estas emisiones deben ser las tobas volcánicas expuestas solamente en la porción sur de la cuenca, formando grandes masas de roca que sirven de límite al acuífero estudiado.

Los depósitos continentales del Terciario, son pequeños afloramientos de conglomerados calcáreos fuertemente cementados.

### **Cuaternario**

Los depósitos del Cuaternario cubren la mayor parte del área cubierta por el estudio, constituyendo el material de relleno de la planicie, donde se acumularon todos los materiales clásticos producto de la erosión de rocas más antiguas. Es un depósito muy heterogéneo que presenta cambios tanto horizontal como verticalmente de capas de arenas, arcillas, gravas y limos, siendo su espesor máximo de unos 60 m, decreciendo hacia el sur, de acuerdo con cortes litológicos de pozos, y donde se explota al acuífero contenido en esta unidad mediante norias que alcanzan a cortar los aluviones en todo su espesor. Desde luego, estos aluviones representan el acuífero principal de la región, cuya recarga proviene desde los bordes de la cuenca, donde se produce la mayor infiltración de los arroyos.

Dentro de estos aluviones hay capas de conglomerados pobremente compactados, formados por gravas en matriz arenosa, con alta permeabilidad, funcionando como zona de recarga al acuífero aluvial a través de drenajes, distribuidos en la porción noroccidental del área. También en su superficie capta el agua de lluvia por infiltración. Funciona como acuífero libre o freático, localizándose los niveles piezométricos más profundos en la parte norte, y los someros en la porción sur del área.

### **Geología subterránea**

Como ya se mencionó, el acuífero regional está constituido en los depósitos de aluvión recientes y en el conglomerado contemporáneo, es decir, en un medio granular, formado por arenas, gravas y arcillas que manifiestan en general una permeabilidad alta.

Ocupa una superficie semejante a la de la planicie, o sea unos 1000 km<sup>2</sup> y en cuanto a su espesor, varía desde unos 70-80 m en la porción norte del área donde el acuífero es explotado por medio de numerosos pozos (370 aprovechamientos reportados en 1973), hasta apenas una decena de metros en la parte sur, donde el acuífero se explota por medio de norias con poca profundidad.

Esta distribución gruesa acerca del espesor del acuífero, apoyada en algunos cortes geológicos, se diferencian con mayor detalle en la prospección geofísica resistiva de 1981<sup>(11)</sup>, consistentes en 54 sondeos eléctricos verticales (SEV) reportados en 5 perfiles, apoyados a su vez en 9 cortes geológicos de pozos.

Se concluye que la presencia de intrusivos en el valle crea una estructura compleja en el subsuelo y ocasiona la presencia de zonas permeables e impermeables, distribuidas en forma errática, de acuerdo tanto a la estratigrafía de las rocas sedimentarias como a los diferentes grados de metamorfismo alcanzado.

Los perfiles P-1 y P-2 se localizan en la porción norte del área, en tanto que los P-3 a P-5 en la sur, todos con rumbo general E-W, excepto el P-5 que se desarrolló de N a S, de Casablanca a El Carmen.

La interpretación muestra la presencia de cinco unidades geoelectricas. A la superficial, identificada como unidad 5, está presente en todos los perfiles y comprende la parte somera de los depósitos clásticos; se le asigna una permeabilidad variable, generalmente baja según las resistividades comprendidas entre 10 y 250 ohmios-metro.

La cuarta unidad, correlacionable con los depósitos continentales terciarios, es decir, una alternancia de conglomerados, areniscas, a veces empacados en matriz arcillosa, con resistividades variables entre 25 y 200 ohmios-metro, a los que se les consigna una permeabilidad variable, entre media y alta. Se intercalan estratos donde predominan los materiales arcillosos, de corto desarrollo, constituyendo horizontes de baja permeabilidad, y con resistividades inferiores a 25 ohmios-metros.

La tercera unidad corresponde a materiales granulares de compactación variable, con matriz arcillosa para valores menores de 25 ohmios-metro, y de tipo conglomerado para resistividades mayores de 50-60 ohmios-metro. Por lo tanto la permeabilidad de estos horizontes es variable, tendiendo a baja.

La segunda unidad está integrada por formaciones riolíticas con resistividades altas 120 y 400 ohmios-metro, permeables únicamente cuando están afectadas por fracturas.

Por último, la primera unidad, la más profunda, se correlaciona con depósitos sedimentarios de calizas y lutitas con resistividades comprendidas entre 300 y 560 ohmios-metro, lutitas areniscas con resistividades entre 90 y 200 ohmios-metro, así como rocas metamórficas y campos intrusivos prácticamente impermeables.

Hacia la Sierra de Zacatecas los depósitos aluviales son de escaso espesor, en tanto que para el centro del valle alcanzan algo más de 400 m.

## **Geología histórica y estructural**

A finales del Jurásico y durante todo el Cretácico, fueron depositadas una sucesión de rocas sedimentarias sobre las rocas del basamento en el Geosinclinal Mexicano, constituido éste posible-

---

<sup>11</sup> Op. Cit. Actividades de carácter geohidrológico en las zonas de Chupaderos, Villa Hidalgo y La Blanca, Zacatecas. 1981.

mente por rocas metamórficas esquistosas del Paleozoico. Refiriéndose a la Mesa del Norte, se tiene evidencia que durante la última mitad de la Era Mesozoica, se produjeron levantamientos locales que al finalizar el Cretácico y al iniciarse el Terciario se intensificaron y dieron lugar al levantamiento de toda la provincia. Dentro del área de estudio, las únicas evidencias de estos acontecimientos pasados se reflejan en los afloramientos de la Formación Indidura, que se localizan al borde occidental de la cuenca. La ausencia de depósitos marinos posteriores indican una época de no depósitos o de erosión anterior a las emisiones de lavas ácidas, y la presencia de los cuerpos intrusivos que afloran en la Mesa del Norte, corresponden al lapso comprendido del final del Cretácico al Eoceno. Estos fenómenos de actividad ígnea originaron el sepultamiento de gran parte de los sedimentos del Mesozoico.

El principio de la formación de la cuenca de estudio, fue originado por el levantamiento de un cuerpo intrusivo a principios del Terciario que actualmente forma la Sierra de Zacatecas y que delimitan a la cuenca en su flanco occidental y suroriental. Este intrusivo queda representado por el “Complejo volcánico ígneo y metamórfico”, que es conocido como “roca verde” descrita en el boletín No. 52 (Bosquejo Geológico del Distrito Minero de Zacatecas) del C.R.N.N.R., cuya composición no es vital para definir el funcionamiento hidrogeológico de esta formación, que es considerada como impermeable. Los movimientos posteriores que se llevaron a cabo dentro de la zona, originaron el hundimiento de bloques producidos por fallamientos normales, donde se formó el fondo de la cuenca y se sedimentó el conglomerado rojo de Zacatecas.

La actividad volcánica correspondiente al Eoceno y que marca el fin de los eventos geológicos, dio origen a grandes cuerpos de lavas riolíticas, tobas y brechas, las cuales contribuyeron a la formación y evolución de la Sierra de Zacatecas, y que actualmente se encuentran suprayaciendo al conglomerado rojo.

Desde el final del Terciario hasta el Reciente los eventos geológicos predominantes fueron de erosión, originando el depósito de materiales clásticos que rellenaron la cuenca en estudio y que actualmente representa la unidad permeable donde se aloja el acuífero estudiado.

### **3 Hidrología Subterránea**

#### **3.1 El acuífero**

Como ya se mencionó, el acuífero regional está constituido en los depósitos de aluvión recientes y en el conglomerado contemporáneo, es decir, en un medio granular, formado por arenas, gravas y arcillas que manifiestan en general una permeabilidad alta.

Ocupa una superficie semejante a la de la planicie, o sea unos 1000 km<sup>2</sup> y en cuanto a su espesor, varía desde unos 70-80 m en la porción norte del área donde el acuífero es explotado por medio de numerosos pozos (370 aprovechamientos reportados en 1973); hasta apenas una decena de metros en la parte sur; donde el acuífero se explota por medio de norias con poca profundidad.

En el estudio de 1973 (<sup>12</sup>) se hicieron 13 pruebas de bombeo de corta duración, que una vez interpretado por el método del punto de inflexión de Hantush, manifiestan transmisividades variables entre 0.32 y  $4.21 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , y con una distribución irregular dentro del valle.

No se determinó el coeficiente de almacenamiento a partir de pruebas de bombeo por carecer de pozos de observación, aunque mediante la ecuación de balance se calculó entre 0.01 y 0.2, valores típicos de acuíferos libres.

### **3.2 Niveles del agua subterránea**

Las primeras configuraciones piezométricas datan del estudio de 1973 (<sup>13</sup>). Quedaron reportadas las curvas de igual profundidad, elevación y evolución de los niveles piezométricos, en planos donde definen dos zonas del valle: I y II; la primera, localizada en la porción SW, corresponde a la de menor espesor de rellenos, mientras que la II, en la porción NE, corresponde a la de mayores espesores.

Las últimas configuraciones piezométricas disponibles corresponden al año de 1997 (<sup>14</sup>), mismas que a continuación se describen.

#### **Profundidad de los niveles estáticos**

En realidad la configuración de 1973 no tiene mayor validez en la actualidad que no sea histórica; sin embargo se describirá para dar una idea de las evoluciones habidas. La profundidad del nivel estático, era de unos 10 m en la porción norte, hacia las lagunas de Las Casas, El Pardillo y La Blanca; de unos 5 m y aún menos en la porción sur, entre El Zoquite y Santa Mónica; en el centro del valle se presentaban máximos de hasta 50 m entre Santa Teresa y La Purísima. La profundidad media debe ser del orden de 20 m.

La configuración de las curvas de igual profundidad de los niveles estáticos para 1997, donde se aprecia que en la porción norte la profundidad de los niveles ya alcanza los 20 y 30 m; en la porción sur varía entre 5 y 40 m, y en el centro del valle los máximos valores alcanzan algo más de 70 m. La profundidad media debe ser del orden de 50 metros para esta fecha.

#### **Elevación del nivel estático**

En cuanto a las curvas de igual elevación del nivel estático, el flujo subterráneo era en general de sur a norte-noreste, con gradiente hidráulico uniforme en la porción sur, que disminuye hacia el norte, según el valor de las equipotenciales dibujadas, desde 2190 a 1940 msnm.

La zona de recarga a los acuíferos se localiza hacia el sur, proveniente del acuífero colindante de Bañuelos principalmente; queda también esbozada otra recarga del poniente, de la sierra de Zacatecas y el acuífero colindante de Calera. La descarga subterránea del acuífero es hacia en norte, hacia Villa de Cos, además de las descargas que se realizan por bombeo de los pozos, y que se marcan como depresiones piezométricas de carácter local, mediante las curvas 1 940, 1 950 y 1 965 msnm, indicando áreas de sobre explotación del recurso.

<sup>12</sup> Op. Cit. Informe final del estudio geohidrológico preliminar de la zona Chupaderos-Villa de Cos, Zac. Técnicas Modernas de la Ingeniería, S.A. ... 1973.

<sup>13</sup> Op. Cit. Informe final del estudio geohidrológico preliminar de la zona Chupaderos-Villa de Cos, Zac. Técnicas Modernas de la Ingeniería, S.A. ... 1973.

<sup>14</sup> Op. Cit. Resumen de condiciones geohidrológicas en los acuíferos del estado de Zacatecas...1999.



## **Evolución del nivel estático**

No se tiene un plano de evolución piezométrica, pero analizando las configuraciones de profundidad antes comentadas, de manera gruesa se puede decir que entre 1973 y 1997, han tenido lugar abatimientos del almacenamiento subterráneo del orden de 20 m.

## **Modelo Conceptual**

La extracción por el bombeo de pozos y las salidas por flujo subterráneo, representan las descargas del sistema acuífero, el cual recibe su recarga por la alimentación de otras cuencas más la infiltración por el agua aplicada sobre su superficie superior procedente de la lluvia y el riego.

La porción sur del valle, por sus características geohidrológicas, debe alimentar subterráneamente a la porción norte, cuya continuidad se establece por un gradiente piezométrico mayor a la altura de la falla inferida entre ambas. De esta manera ambas regiones reciben recargas horizontales y verticales y se descargan natural y artificialmente, cuya diferencia se traduce en un aumento o disminución del volumen almacenado en los acuíferos.

La red de drenaje superficial con características mal definidas, propicia la infiltración de los escorrentimientos que descienden de las laderas de los valles, los que alimentan a los acuíferos cuando pasan sobre materiales permeables. Las condiciones desérticas del lugar y la alta evaporación propician que gran parte de la precipitación pluvial sea devuelta a la atmósfera, sobre todo cuando se almacena en la superficie, sobre materiales impermeables o semi-permeables.

## **3.3 Censo de aprovechamientos e hidrometría**

El estudio de 1973 <sup>(15)</sup> reporta un censo que comprendía 372 obras en explotación, correspondiendo 172 a pozos, 196 a norias, 2 a tiros y 2 a manantiales.

Para 1981 <sup>(16)</sup>, fueron aforados 309 aprovechamientos de agua subterránea en la zona de Chupaderos y 159 en la zona Villa Hidalgo, sumando 468 aprovechamientos aforados.

Para 1995 se reportan <sup>(17)</sup> un total de 1 200 aprovechamientos, de los cuales 1 121 estaban activos y los restantes 79 inactivos. De los activos 948 se usan en la agricultura, 72 en el uso público urbano, 7 en la industria y 94 en las zonas rurales para abrevadero y domésticos.

Respecto a los volúmenes de extracción, también para 1995, se usó un volumen total de 138.0 Mm<sup>3</sup>/año, de los cuales 125.2 Mm<sup>3</sup>/año se utiliza en la agricultura, 7.8 Mm<sup>3</sup>/año en los centros de población, 4.7 Mm<sup>3</sup>/año en la industria y 0.30 Mm<sup>3</sup>/año le corresponde al abrevadero y doméstico.

---

<sup>15</sup> Op. Cit. Informe final del estudio geohidrológico preliminar de la zona Chupaderos-Villa de Cos, Zac. Técnicas Modernas de la Ingeniería, S.A. .. 1973.

<sup>16</sup> Op. Cit. Actividades de carácter geohidrológico en las zonas de Chupaderos, ... 1981.

<sup>17</sup> Op. Cit. Resumen de condiciones geohidrológicas ... 1998.

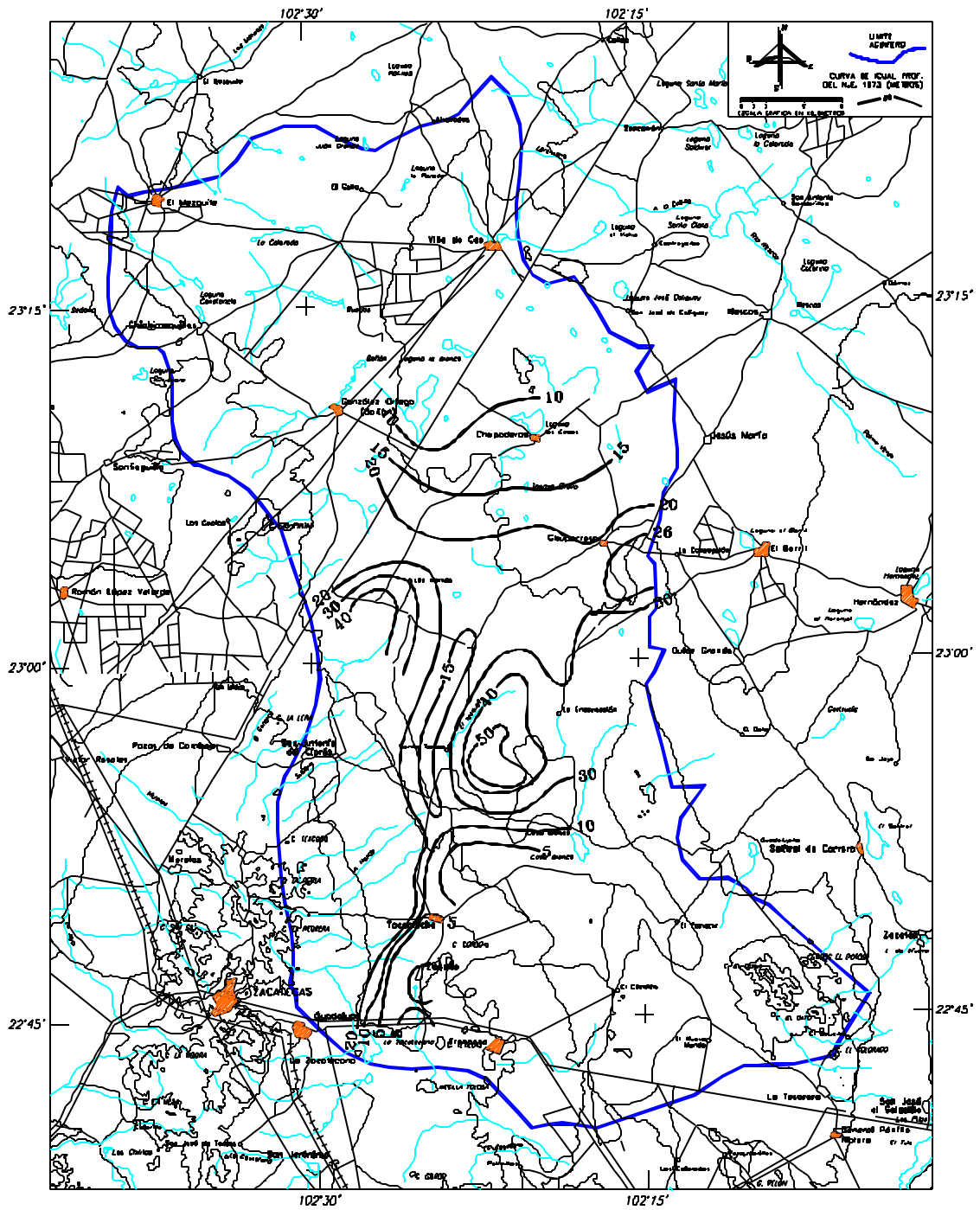


Figura 2 Profundidad del nivel estático agosto 1973. metros

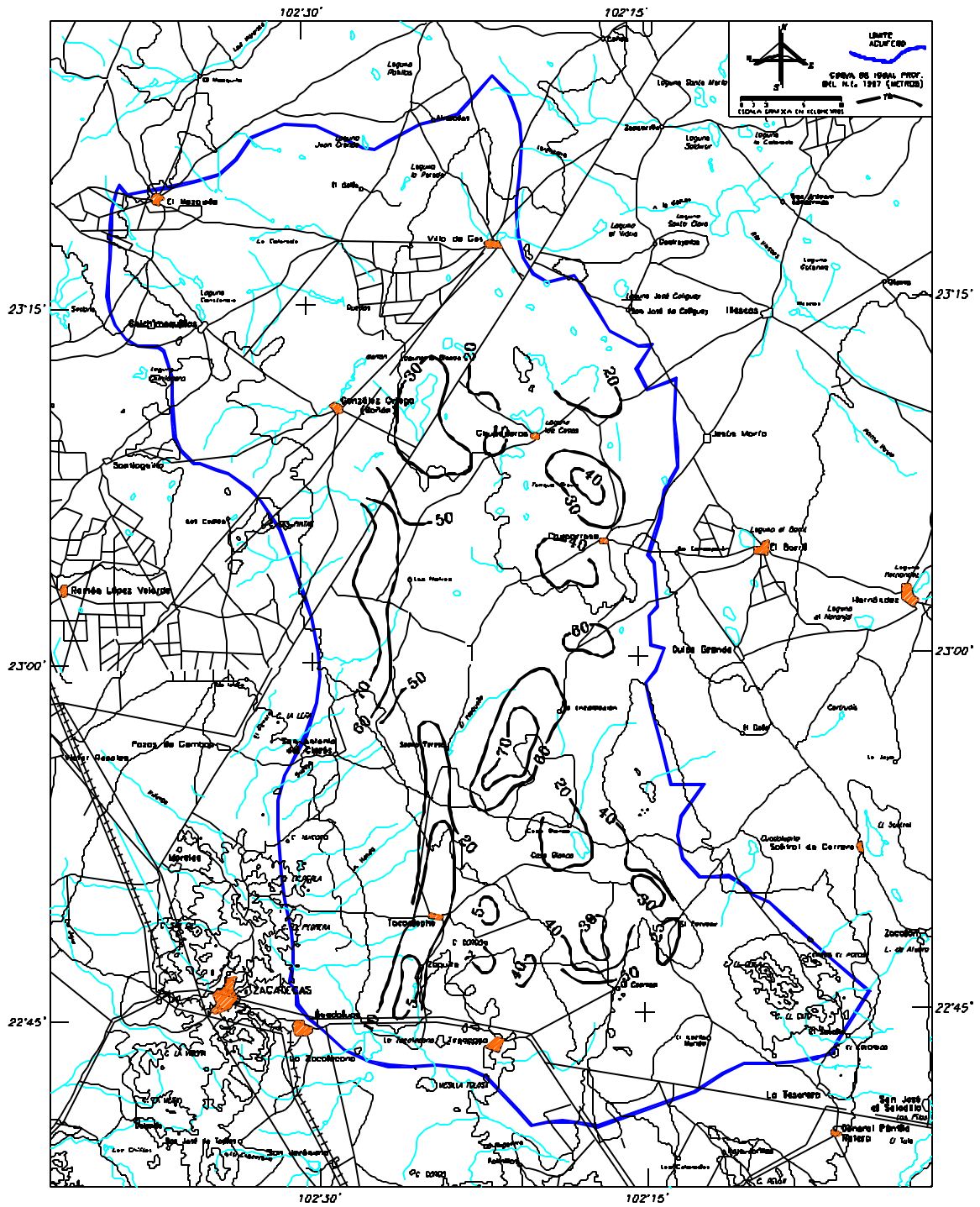


Figura 3 Profundidad del nivel estático agosto 1997 m

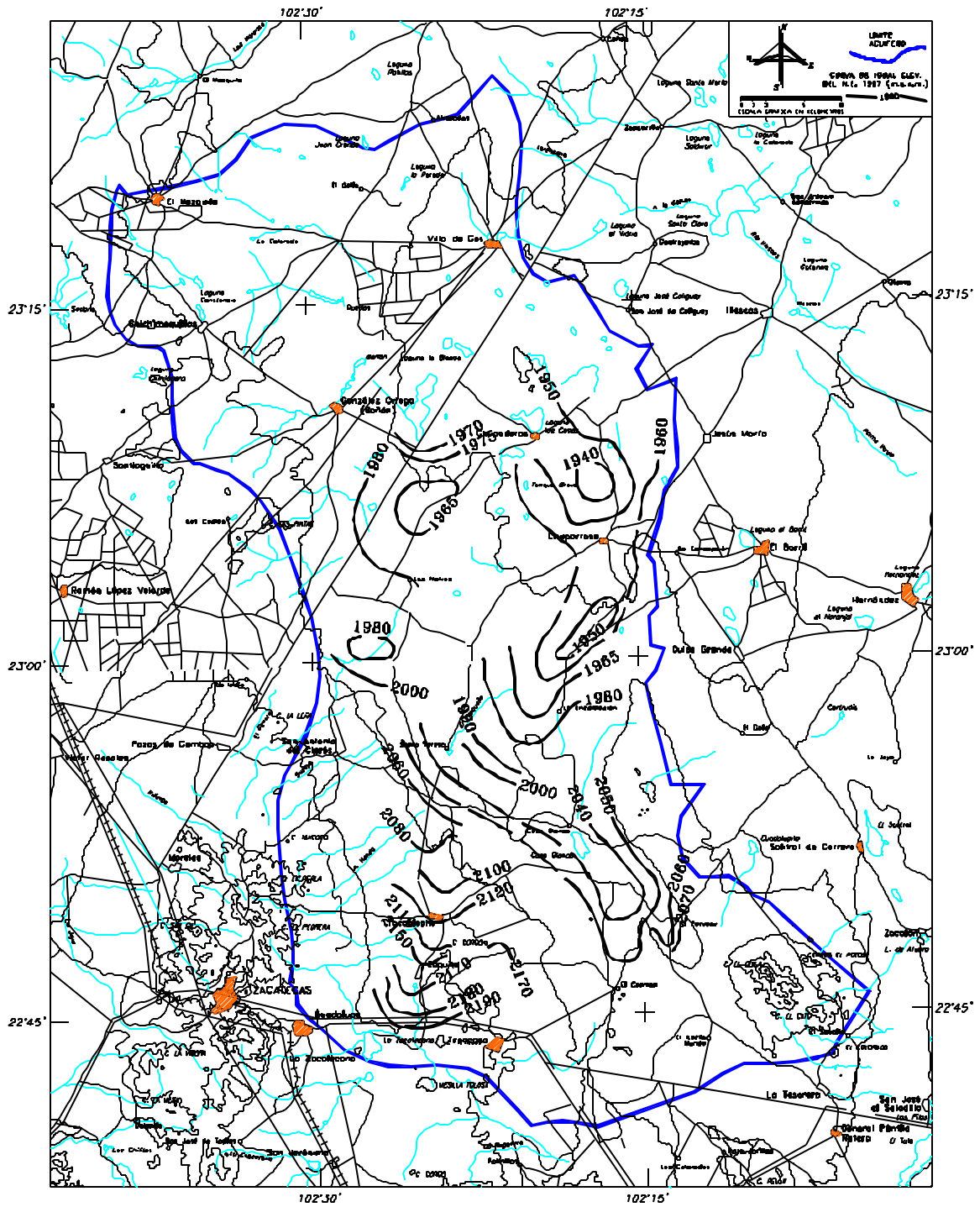


Figura 4 Elevación del nivel estático agosto 1997 msnm.

## **Calidad del agua subterránea**

En el estudio de 1973 (<sup>18</sup>), se analizaron 57 alumbramientos distribuidos en toda el área. Las altas concentraciones de 1 000 a 2 000 ppm en la porción sureste, con evidencia de la gran cantidad de elementos de complejo ígneo y metamórfico cercano, lo que indica que son aguas útiles para la actividad agrícola. En la parte sur los sólidos totales disueltos se presentan en concentraciones de 300 a 500 ppm, y en la parte norte una zona de concentración con valores de 700 ppm.

## **4 Balance de aguas subterráneas**

### **4.1 Ecuación de Balance**

En el estudio de 1998 (<sup>19</sup>) se estimó un recarga total de 65.9 Mm<sup>3</sup>/año, por lo tanto el acuífero es considerado como sobre explotado. Estas mismas condiciones ya se estimaban en 1973, donde de hizo un balance de aguas subterráneas tanto por la zona I como la II, adoptando valores de 0.01 a 0.2 para el coeficiente de almacenamiento; por lo que la recarga varió entre 1.04 y 9.17 Mm<sup>3</sup>/año. Llegando a la conclusión de que el acuífero no estaba sobreexplotado.

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, representada como sigue:

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

En el caso del acuífero del valle de Chupaderos, este se encuentra en condiciones de sobre explotación.

### **4.2 Recarga**

la recarga al acuífero proviene principalmente de la infiltración del agua de lluvia, además de las entradas por flujo subterráneo y por la recarga inducida por los diferentes usos, principalmente el agrícola.

### **Recarga natural**

La recarga natural considerada como la suma de a infiltración del agua de lluvia más el flujo subterráneo proveniente de las zonas montañosas que rodean al valle, se ha calculado en 52.8

<sup>18</sup> Op. Cit. Informe final del estudio geohidrológico preliminar de la zona Chupaderos-Villa de Cos, Zac..... 1973.

<sup>19</sup> Op. Cit. Informe final del estudio geohidrológico preliminar de la zona Chupaderos-Villa de Cos, Zac..... 1973.

Mm<sup>3</sup>/año. Para el agua de lluvia se consideró un área de valle de 1 200 km<sup>2</sup>, una precipitación de 450 mm y un coeficiente de infiltración de 0.07, lo que da como resultado una recarga natural de 37.8 Mm<sup>3</sup>/año.

### **Recarga Inducida**

Se incluyeron como componentes de la recarga inducida a la infiltración en la red de canales de riego, las fugas en las redes de agua potable y de drenaje en las ciudades, las infiltraciones por sobre riego directamente en las parcelas, ya sea por riego mediante pozos como por las aguas residuales. La más importante es la debida al uso agrícola siendo esta de 18.8 Mm<sup>3</sup>/año y para el uso público-urbano fue de 1.2 Mm<sup>3</sup>/año.

### **Flujo Horizontal**

De acuerdo a la geología y la piezometría existentes, la recarga por flujo horizontal es de 15 Mm<sup>3</sup>/año.

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 a 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

### **4.3 Descarga**

Las salidas del sistema acuífero están integradas por las descargas naturales que en condiciones originales presentaba el sistema y que aún cuando hayan sido modificadas por las condiciones actuales de explotación, aún persisten; más las descargas artificiales por efecto del bombeo en los pozos y por los niveles freáticos resultantes. Las salidas totales del sistema se han calculado en 143 Mm<sup>3</sup>/año (20).

### **Descargas naturales**

La descarga natural del acuífero tiene lugar en diferentes formas; por proceso de evapotranspiración, también escapa directamente a la atmósfera por evaporación directa, cuando los niveles freáticos afloran o se hallan a menos de uno o dos metros de la superficie, aunque esto sólo ocurre en las inmediaciones de algunos cauces; además el caudal base de los ríos y el subterráneo que escapa hacia otras zonas y la descarga de agua subterránea a través de manantiales.

---

<sup>20</sup> Op. Cit Sinopsis Geohidrológica del Estado de Nuevo León... Cuadro No. 6.

## Evapotranspiración

No se consideraron salidas por evapotranspiración, debido a que la profundidad del nivel estático es considerable y no propicia este fenómeno.

## Extracciones

Este concepto se ha calculado en 138 Mm<sup>3</sup>/año, considera la extracción en pozos de bombeo más el volumen aprovechado en los manantiales captados para diferentes usos.

## Flujo subterráneo

Las descargas por flujo subterráneo se han calculado en 5 Mm<sup>3</sup>/año.

## 4.4 Cambio de almacenamiento

Debido a que se tienen 72.8 Mm<sup>3</sup>/año de recarga al acuífero y 143 Mm<sup>3</sup>/año de descargas totales, se tiene que el acuífero tiene un cambio de almacenamiento de -70.2 Mm<sup>3</sup>/año.

Tabla 2 Balance de aguas subterráneas

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS ACUÍFERO CHUAPADERS TRONCOSO, ZAC..				1997		
Área total del acuífero			km <sup>2</sup>	2,514		
<b>RECARGA TOTAL</b>						
Recarga natural por lluvia	Área de valle Coeficiente Precipitación	I <sub>1</sub>	km <sup>2</sup>	1,200		
			mm/año	450.0		
			M m <sup>3</sup> /año	<b>37.8</b>		
Entradas horizontales		Eh	M m <sup>3</sup> /año	<b>15.0</b>		
<b>Total de recarga natural</b>			M m <sup>3</sup> /año	<b>52.8</b>		
Recarga inducida P.U.	Público Urbano	I <sub>2</sub>	M m <sup>3</sup> /año	0.15		
			M m <sup>3</sup> /año	<b>1.2</b>		
Recarga inducida Agrícola + otros	Agrícola más otros Agua Subterránea	I <sub>3</sub>	M m <sup>3</sup> /año	0.15		
			M m <sup>3</sup> /año	<b>18.8</b>		
<b>RECARGA TOTAL</b>			Rt	M m <sup>3</sup> /año		
<b>DESCARGA TOTAL</b>				<b>72.8</b>		
Salidas horizontales			Sh	M m <sup>3</sup> /año		
			Q <sub>base</sub>	M m <sup>3</sup> /año		
Evapotranspiración			M m <sup>3</sup> /año	<b>5.0</b>		
			M m <sup>3</sup> /año	<b>0.0</b>		
1,121	Extracción total		M m <sup>3</sup> /año	138.0		
			948	Agrícola	M m <sup>3</sup> /año	125.2
			72	Público urbano	M m <sup>3</sup> /año	7.8
			7	Industrial	M m <sup>3</sup> /año	4.7
			94	Otros	M m <sup>3</sup> /año	0.3
<b>DESCARGA TOTAL</b>			M m <sup>3</sup> /año	<b>143.0</b>		
Cambio de almacenamiento			DA	M m <sup>3</sup> /año		
Coeficiente de almacenamiento			S	0.06		
Volumen drenado (1 m/año)			Vd	M m <sup>3</sup> /año		
				1200.0		

## 5 Disponibilidad de aguas subterráneas

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.

La disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Disponibilidad media} \\ \text{anual} \\ \text{de agua subterránea en una} \\ \text{unidad hidrogeológica} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Recarga} \\ \text{total} \\ \text{media anual} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Descarga} \\ \text{natural} \\ \text{comprometida} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Volumen anual de} \\ \text{agua subterránea} \\ \text{concesionado e} \\ \text{inscrito en el RE-} \\ \text{PDA} \end{array} \quad \dots(3)$$

### 5.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, calculado como la suma de la recarga natural más la recarga inducida, arroja un valor de 72.8 Mm<sup>3</sup>/año.

### 5.2 Descarga natural comprometida

Este concepto está integrado por los volúmenes captados para diferentes usos en los manantiales, y el flujo subterráneo que constituye un aporte importante hacia otros acuíferos. No se consideró que existan descargas comprometidas.

### 5.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

El volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), al 30 de abril de 2002, consiste en 176'746,259 m<sup>3</sup>/año.

### 5.3 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, calculada en -103'946,259 m<sup>3</sup>/año.

$$-103'946,259 = 72'800,000 - 0.0 - 176'746,259$$

La cifra indica que no existe un volumen disponible para nuevas concesiones.

México, D.F., 30 de abril de 2002