

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Cañón Del Derramadero
(0502), Estado de Coahuila***

*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.**

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
ESTADO DE COAHUILA							
0502	CAÑÓN DEL DERRAMADERO	18.0	1.1	27.425742	18.4	0.000000	-10.525742

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 SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO
CAÑÓN DEL DERRAMADERO, ESTADO DE
COAHUILA.***

**DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL
ACUÍFERO CAÑÓN DEL DERRAMADERO, ESTADO DE COAHUILA.**

1. GENERALIDADES	3
1.1 Localización	3
1.2 Situación administrativa el acuífero	4
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	5
3. FISIOGRAFÍA	8
3.1 Provincia fisiográfica	8
3.2 Clima	8
3.3 Hidrografía	9
3.4 Geomorfología	9
4. GEOLOGÍA	10
4.1 Estratigrafía	10
4.2 Geología estructural	13
4.3 Geología del subsuelo	13
5. HIDROGEOLOGÍA	15
5.1 Tipo de acuífero	15
5.2 Parámetros hidráulicos	16
5.3 Piezometría	17
5.4 Comportamiento hidráulico	17
5.4.1 Profundidad al nivel estático	17
5.4.2 Elevación del nivel estático	19
5.4.3 Evolución del nivel estático	19
Figura No. 8. Evolución del Nivel Estático (1976-1980)	21
Figura No. 9. Evolución del Nivel Estático (1998-2004)	21
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea	22
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	26
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	27
7.1 Entradas	28
7.1.1 Infiltración vertical (Rv)	28
7.1.2 Entradas subterráneas horizontales (Eh)	28
7.2 Salidas	30
7.2.1 Evapotranspiración	30
7.2.2 Extracción por bombeo (B)	30
7.2.3 Salidas Subterráneas (Sh)	30
7.3 Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$	31
8. DISPONIBILIDAD	33
8.1 Recarga total media anual	33
8.2 Descarga natural comprometida	33
8.3 Rendimiento permanente	34
8.4 Volumen concesionado de agua subterránea	34
8.5 Disponibilidad de agua subterránea	34
9. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	35

1. GENERALIDADES

1.1 Localización

El acuífero Cañón del Derramadero se localiza en la porción sur del Estado de Coahuila entre las coordenadas 25°05'00" y 25°21'30" de latitud norte y entre los meridianos 100°53' y 101°26' de longitud oeste (Figura No. 1). Cubre una superficie de 2,079 km².

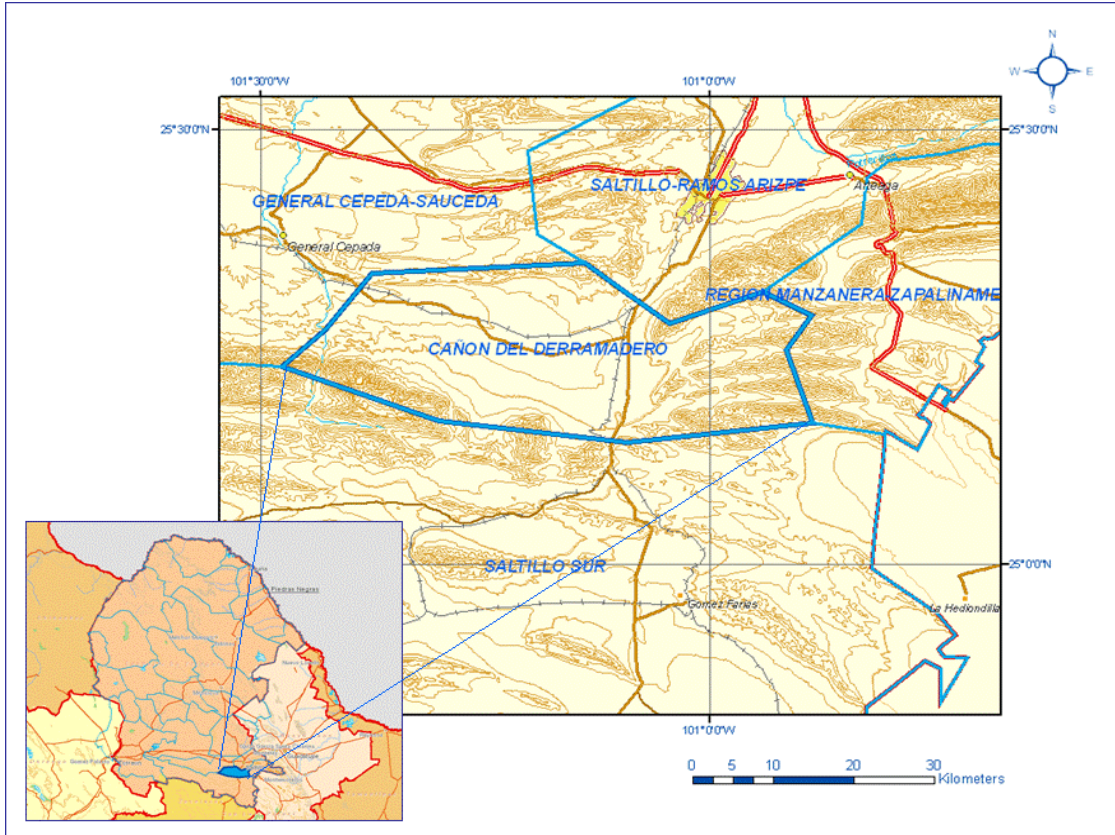


Figura No. 1. Localización del acuífero Cañón del Derramadero

Los vértices y coordenadas que delimitan oficialmente al acuífero Cañón del Derramadero identificado con la clave 0502, se definen en la Tabla No.1.

Tabla No. 1. Coordenadas de los vértices de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 0502 CAÑÓN DEL DERRAMADERO

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	101	8	20.2	25	20	47.9
2	101	2	41.7	25	16	37.1
3	100	56	29.9	25	18	51.8
4	100	53	12.6	25	17	13.8
5	100	54	57.4	25	14	45.9
6	100	53	10.0	25	9	48.5
7	101	5	33.6	25	8	27.5
8	101	18	6.5	25	9	53.0
9	101	28	36.8	25	13	41.6
10	101	25	42.2	25	16	10.7
11	101	22	33.7	25	20	4.2
1	101	8	20.2	25	20	47.9

De acuerdo con la división política del estado de Coahuila, el acuífero en estudio se encuentra prácticamente en su totalidad en el municipio de Saltillo y solo una pequeña parte en el municipio General Cepeda.

Existen aproximadamente 80 localidades ubicadas dentro del municipio de Saltillo y comprendidas en la zona del acuífero, las principales, por el número de habitantes son: Agua Nueva, San Juan de la Vaquería, El Derramadero, Santa Teresa de los Muchachos, Chapula, El Rancho Nuevo, Providencia y San José del Refugio

De acuerdo con el INEGI¹, en las 80 localidades comprendidas en la zona del acuífero la población es de 6 051 habitantes y la tasa media de crecimiento anual es 2.76% considerando la tasa del municipio de Saltillo.

1.2 Situación administrativa el acuífero

La zona del acuífero está cubierta casi en su totalidad por dos vedas, la primera establecida el 7 de febrero de 1952 en el "Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en los terrenos de la ciudad de Saltillo, Coah., en la zona que el mismo delimita" y la segunda decretada el 25 de abril de 1979 a través del "Decreto por el que se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas subterráneas, de la zona no vedada por el diverso publicado el 7 de febrero de 1952, en el área que ocupa el Municipio de Saltillo, Coah., y se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en dicha zona". El primer decreto se clasifica dentro de la fracción II del artículo 11 del Reglamento de la Ley de fecha 29 de diciembre de 1956, en materia de aguas del subsuelo, este artículo clasifica las zonas de veda, la fracción II se refiere a "Zonas de veda en las que la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite extracciones para uso doméstico"; el segundo decreto, no menciona en ningún artículo la clasificación, sin embargo por el contenido del artículo tercero, "*Excepto cuando se trate de extracciones para uso doméstico y de abrevadero que se realicen por medios manuales, desde la vigencia del presente decreto nadie podrá efectuar obras de alumbramiento de aguas del subsuelo dentro de la zona vedada,....., sin la concesión o asignación que expida también,....,la propia secretaría*", se puede interpretar que corresponde a la fracción II del mismo artículo 11.

En 2003, se instaló en este acuífero el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), esté comité esta integrado por usuarios de aguas subterráneas y tiene como objetivo coadyuvar en la formulación y ejecución de programas y acciones para la recuperación y preservación de los acuíferos, así como la mejor administración del agua subterránea, tanto en cantidad como en calidad, con la participación de los usuarios y de las diferentes instituciones relacionadas.

El acuífero se encuentra, prácticamente en su totalidad, dentro del municipio Saltillo; de acuerdo a las zonas de disponibilidad de la Ley Federal de Derechos, en 2005 Saltillo se encuentra en la zona 3.

El principal usuario de agua subterránea, por el volumen que extrae, es el uso público-urbano, seguido del agrícola y en menor proporción el uso pecuario e industrial.

¹ FUENTE: **INEGI**. Tabulados Básicos Nacionales y por Entidad Federativa. Base de Datos y Tabulados de la Muestra Censal. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Aguascalientes, Ags., México, 2001.

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Existen algunos estudios hidrogeológicos realizados en la zona que comprende el acuífero, Entre los más importantes destacan los siguientes.

ESTUDIO GEOHIDROLÓGO PRELIMINAR ZONA DERRAMADERO, ESTADO DE COAHUILA, elaborado en el año de 1983-1984 por Bufete Geológico y Construcciones, S.A. de C.V. para la SARH (Ref.1).

Incluye tanto la descripción general del área como el marco geológico, así como un censo de aprovechamientos, piezometría e interpretación hidrogeoquímica. Los objetivos del trabajo fueron: Determinar la recarga del acuífero, definir las condiciones de explotación en que se encontraba el mismo y el volumen de agua aprovechable sin inducir efectos perjudiciales.

EL censo reveló la existencia de 455 aprovechamientos, se registraron lecturas piezométricas en 90 pozos piloto, se efectuaron análisis químicos a 40 muestras de agua y se realizaron 7 pruebas de bombeo.

Describe a los aluviones como materiales permeables que funcionan como zona de recarga; a las areniscas del Grupo Difunta con cierta permeabilidad a través de fracturas; a las lutitas de la Formación Parras como acuíferas por fracturamiento; a las calizas de las formaciones Indidura y Cuesta del Cura con una permeabilidad media; a las calizas de las formaciones Cupido y Aurora como de buena permeabilidad; a las calizas de la Formación Taraises como probablemente permeables y; a las lutitas y calizas de las formaciones la Caja y Zuloaga como impermeables.

Calcula que el volumen de extracción anual ascendía a 16.755 Mm³/año, de los cuales 12.7 correspondían a pozos, 3.9 Mm³/año a manantiales e inapreciable el volumen extraído a través de norias y galerías. Realiza balances de agua subterránea para períodos de 2 meses, en los cuales calcula recarga, descarga y cambio de almacenamiento. Elabora configuraciones de la profundidad, elevación y evolución del nivel estático mediante los cuales deduce que las entradas subterráneas se presentan en la porción noreste, este, sureste y sur y, una salida subterránea hacia el noroeste. La recarga al acuífero es por infiltración del agua de lluvia que se genera principalmente sobre los pie de monte y la descarga corresponde a la extracción a través de pozos y en menor proporción por el drenado de manantiales.

Concluye que alrededor del poblado Derramadero existe una clara sobreexplotación local y que los manantiales drenan un volumen de 3.9 Mm³/año. Recomienda para las áreas de Derramadero, Agua Nueva, norte de San Juan de la Vaquería y La Encantada disminuir la extracción, que para dicho año (1983) ya afectaba al acuífero.

Datos sobresalientes:

- ✓ *En 1983 existían 455 aprovechamientos.*
- ✓ *Extracción por pozos 12.7 Mm³/año.*
- ✓ *En el poblado de Derramadero existía sobreexplotación local.*
- ✓ *Rendimiento de los manantiales 3.9 Mm³/año.*

ESTUDIO DE REACTIVACIÓN DE REDES DE MONITOREO DE LOS ACUÍFEROS DE LOS VALLES DE: MONCLOVA, SALTILLO-RAMOS ARIZPE, ALLENDE-PIEDRAS NEGRAS, CUATROCIÉNEGAS-OCAMPO, LA PAILA Y DERRAMADERO, COAH. elaborado en el año de 1998 por Estudios y Proyectos de Agua y Tierra Rubriselva, S.A. de C.V. para la CNA (Ref.2).

El objetivo de este trabajo fue establecer una red de monitoreo piezométrico en 6 valles del Estado de Coahuila, uno de los cuales correspondió al Cañón del Derramadero. En este trabajo se toman en cuenta los aspectos geológicos y geohidrológicos del estudio elaborado en 1983 (Ref. 1). Se efectuaron recorridos de campo para la localización de pozos piloto mediante los cuales se integró la red piezométrica. Incluyó 31 vértices de medición, a partir de los cuales se elaboraron configuraciones de profundidad y elevación del nivel estático.

Concluye que: (1) En la zona de Derramadero existe un acuífero confinado formado por depósitos aluviales y lutitas de la Formación Parras, mientras que hacia la periferia del valle el acuífero es semiconfinado. (2) El acuífero recibe aportes subterráneos en prácticamente toda la periferia con excepción de la zona noroccidental, hacia donde se presenta una salida de agua subterránea. (3) En la localidad de Derramadero hay una marcada tendencia de sobreexplotación, mientras que en el resto del valle no se observa esta característica.

Datos sobresalientes:

- ✓ *Se integró la red de medición piezométrica de la CNA.*

ESTUDIO DE ISÓTOPOS PARA LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CIUDAD DE SALTILLO, elaborado en el año de 1994, por MALCOLM PIRNIE, INC, para el Fideicomiso Fidagua de la Ciudad de Saltillo, Coah. (Ref. 3).

Se llevó a cabo este trabajo con el fin de identificar las áreas de recarga de los acuíferos y evaluar la conexión hidráulica entre los acuíferos regionales que son explotados para el abastecimiento de agua a la Ciudad de Saltillo. Incluye a los pozos de Agua Nueva que se encuentran en la zona Cañón del Derramadero. Indica que la profundidad al nivel estático en los acuíferos alojados en calizas va desde 100 hasta 250 metros por debajo de la superficie y que la producción promedio es de 75 a 80 lps. Recolecta muestras de agua en 52 localidades, correspondientes a 44 pozos y 8 manantiales, a las cuales les efectuaron determinaciones de cationes, aniones, oxígeno 18, deuterio y tritio. Concluye que: (1) *Los análisis de tritio indican que la edad del agua subterránea es por lo menos mayor de 43 años, lo cual indica que la recarga en las calizas es pequeña.* (2) *Los datos isotópicos de deuterio y oxígeno 18 indican que el agua subterránea se deriva casi de manera exclusiva de la precipitación, con cuya interpretación confirma que se está sacando más agua de los acuíferos de la que se le está metiendo como recarga.*

Datos sobresalientes:

- ✓ *La edad del agua en las calizas es de por lo menos de 43 años, lo cual indica que la recarga en calizas es pequeña.*

ACTUALIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO CAÑÓN DEL DERRAMADERO, COAH., elaborado en el año 2004, por Lesser y Asociados, S.A. de C.V: (Ref. 4).

Este trabajo tuvo como objetivo actualizar el conocimiento de las condiciones geohidrológicas que imperan en el acuífero con el objeto de establecer un diagnóstico de la evolución de los niveles del agua y contar con la información geohidrológica necesaria para determinar la recarga media anual del agua subterránea.

Entre sus actividades más importantes destacan las siguientes:

1. Llevar a cabo el censo de captaciones de agua subterránea.
2. Determinar el volumen de extracción de aguas subterráneas para los diferentes usos, así como cuantificar la magnitud de los componentes de la recarga natural, inducida y artificial.
3. Obtener los valores de los parámetros físicos e hidráulicos regionales que rigen el movimiento del agua en el subsuelo, como son: conductividad hidráulica, espesor del acuífero, transmisividad y coeficiente de almacenamiento, que describan satisfactoriamente el comportamiento histórico y actual del recurso subterráneo.
4. Afinar el modelo conceptual de funcionamiento del acuífero.
5. Elaborar el balance hidrometeorológico de la subcuenca y de aguas subterráneas del acuífero.

Los resultados de este trabajo fueron la base para la elaboración del presente documento por lo que se presentarán en los apartados correspondientes.

RECOPIACIÓN DE CORTES LITOLÓGICOS DE POZOS, proporcionados por la Gerencia Estatal de la CNA en Coahuila (Ref. 5).

Se recopilaron varios cortes litológicos de pozos que fueron de valiosa ayuda para conocer e interpretar el marco geológico en que se mueve el agua subterránea. Entre los cortes litológicos recopilados destacan los siguientes:

RECOPIACIÓN DE DATOS EN LA CNA. OFICINAS DE SALTILLO, COAH. (Ref. 6).

La CNA Estatal datos piezométricos de pozos ubicados en el Valle Cañón del Derramadero. Corresponden a varias fechas entre las que destacan niveles de diciembre de 1983, abril de 1984, febrero de 1984, octubre de 1995 y mayo de 1998.

Se obtuvieron datos de las estaciones climatológicas Derramadero y Carneros, así como de los estudios geohidrológicos previos.

RECOPIACIÓN DE CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA, HIDROLÓGICA Y GEOLÓGICA DEL INEGI (Ref. 7).

Se recopilaron las cartas topográficas y geológicas escala 1:50,000 del INEGI correspondientes a las claves:

G14-C32	General Cepeda
G14-C33	Saltillo
G14-C34	Arteaga
G14-C42	Sierra El Laurel
G14-C43	Agua Nueva
G14-C44	Huachichila

RECOPIACIÓN DE ARTÍCULOS GEOLÓGICOS

La zona en estudio presenta una geología peculiar, lo cual ha propiciado que un gran número de investigadores haya llevado a cabo trabajos de esta región. Los principales artículos recopilados se enlistan en la bibliografía al final de documento y corresponden a las referencias 8 a 15:

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

La zona de estudio se encuentra en el límite entre dos importantes provincias fisiográficas de la República Mexicana, la Sierra Madre Oriental y la cuenca de Parras. La Sierra Madre Oriental corresponde principalmente a sedimentos calcáreos del Cretácico y Jurásico los que se encuentran plegados y se extienden en una franja alargada desde Chihuahua-Coahuila hasta el Istmo de Tehuantepec. Con una orientación noroeste-sureste la cual presenta una flexión con orientación este-oeste entre Torreón y Monterrey. Estos sedimentos corresponden a pliegues que incluyen valles estructurales en los sinclinales y serranías en los anticlinales cuando las formaciones son resistentes a la erosión, pero cuando estos últimos dejan al descubierto un núcleo constituido por rocas menos resistentes, entonces se forman valles en el centro de los anticlinales (Manuel Álvarez Jr.). Debido a la intensidad de los plegamientos, la topografía es sumamente accidentada, ofreciendo perfiles típicamente aserrados. La porción sur y este del área de estudio corresponden a esta provincia fisiográfica.

Otra provincia que se incluye dentro del área de trabajo, corresponde a la Cuenca de Parras. Esta, es una depresión topográfica que se extiende a través de Coahuila, desde la Ciudad de Saltillo hasta Torreón, por una longitud de unos 260 km y una anchura de 50 km, angostándose hacia el este.

3.2 Clima

En el área del Valle del Cañón del Derramadero, se presenta un clima del tipo BS₁ Kx' que de acuerdo a la clasificación de Köppen, corresponde a un tipo semiseco, templado. Hacia las elevaciones topográficas que limitan el valle al norte del área de estudio, el clima es de tipo BS₀ Hx' que corresponde a un subtipo seco, semicálido. En la porción sur y oriental, o sea en la Sierra Madre Oriental, el clima es de tipo Cx', templado, subhúmedo.

Por lo que se refiere a la temperatura, ésta presenta valores promedio de entre 15 y 16° C en el valle, que disminuyen hacia la Sierra Madre Oriental hasta 10 y 12° C.

La precipitación pluvial varía de alrededor de 300 mm anuales hacia el centro del valle a 400 mm hacia las elevaciones topográficas que lo limitan hacia el norte y a poco más de 500 mm en la Sierra Madre Oriental, que limita el valle al sur y al oriente.

Se recopiló información climatológica de las estaciones denominadas Carneros y Derramadero. El período de información existente fue de 1983 al 2000 para la estación Carneros y de 1973 a 1990 para la estación Derramadero. Las precipitaciones medias mensuales varían de mínimos entre 5 a 15 mm para los meses de febrero y marzo, a valores máximos de 30 a 70 mm entre los meses de mayo y septiembre para la estación Carneros y de 70 a 105 mm para la estación Derramadero.

Por lo que se refiere a la precipitación anual, ésta fue de 375.2 mm para la estación climatológica Carneros y 578.8 mm para la estación Derramadero.

3.3 Hidrografía

La zona del acuífero pertenece a la Región Hidrológica No. 24 denominada Bravo- Conchos, cuenca "B" Río Bravo- San Juan,

En el centro del valle se forma el arroyo San Juan, el cual constituye el dren de aguas superficiales más importante de la cuenca. Circula en dirección al noroeste y presenta escurrimiento solamente en épocas de lluvias, estos escurrimientos son de poca magnitud debido a la reducida extensión de su cuenca de captación.

3.4 Geomorfología

Dentro de la zona en estudio se pueden diferenciar las cuatro unidades geomorfológicas siguientes: Sierras anticlinales, valles sinclinales, valle principal y lomeríos-sierras de suave relieve.

Sierras anticlinales.- Las sierras anticlinales corresponden a plegamientos anticlinales de calizas principalmente del Cretácico que se encuentran en la porción oriental y sur del área de estudio. Estos anticlinales al oriente del área, buzan hacia el poniente donde terminan las sierras. Los pliegues que las constituyen presentan echados fuertes, en ocasiones verticales, así como plegamientos recumbentes. Estas sierras alargadas se llegan a elevar a hasta 900 metros por arriba de los valles, sus pendientes son fuertes llegando a formar acantilados espectaculares.

Valles sinclinales.- Corresponden a angostos valles alargados, llamados también valles estructurales (Ing. Manuel Álvarez Jr.), los que se presentan entre los plegamientos de la Sierra Madre Oriental, en la porción oriente y sur del área de estudio.

Valle principal.- Corresponde al Valle Cañón del Derramadero el cual es una extensa planicie limitada por sierras de sedimentos marinos plegados. Este valle presenta una ligera pendiente de sur a norte y posteriormente del centro del valle hacia el poniente. Los escurrimientos superficiales son escasos. Se encuentra a una altitud de 1,900 msnm.

Lomeríos y sierras de suave relieve.- En el norte de la zona de estudio se encuentra la Sierra de Huachichila, la cual presenta formas suaves, redondeadas, debido a que las rocas que la constituyen son lutitas y areniscas poco resistentes a la erosión, lo cual ha dado origen a estas prominencias. En ocasiones presentan altura de entre 50 y 100 metros, dando origen a lomeríos de suave pendiente y en otras ocasiones, presentan alturas de hasta 200 metros con formas suaves y redondeadas como en la Sierra de Huachichila. En algunos sitios llegan a presentarse escarpes de poca altura, denominados “Espinazos” por Manuel Álvarez Jr., debido a la presencia de capas de areniscas de mayor resistencia a la erosión.

4. GEOLOGÍA

4.1 Estratigrafía

En la zona del acuífero, la mayor parte de las rocas existentes corresponden a sedimentos marinos que corresponden a la Formación Zuloaga del Oxfordiano hasta el Grupo Difunta del Maestrichtiano-Campaniano. A continuación se describe la secuencia estratigráfica, de la unidad más antigua a la más reciente, obtenida tanto de los diferentes trabajos consultados como de observaciones de campo.

Formación Zuloaga

La Formación Zuloaga está constituida por calizas negras de textura fina, de estratificación delgada y media, con algunas interestratificaciones de lutitas calcáreas. En el área se le han identificado dos miembros, uno superior calcáreo constituido por rocas calcáreas de plataforma y uno denominado intermedio, constituido por yesos y anhidritas con lutitas intercaladas. Tiene una edad que corresponde al Oxfordiano y aflora en la porción sur del área de estudio, en el núcleo de un anticlinal recumbente con orientación este-oeste, a la altura de la Estación Carneros, así como al sur de Agua Nueva.

Formación La Caja

Puede ser dividida en tres unidades. La primera corresponde a la parte basal que incluye limolitas carbonosas y calizas de textura fina. En la unidad intermedia predominan areniscas y conglomerados. La unidad superior está formada por limolitas y areniscas de grano fino con delgadas capas de calizas y dolomitas. Las lutitas presentan un color amarillento y nódulos de fosfatos y carbonatos, son muy fósiles y fosilíferas. Se les asigna una edad Kimeridgiano-Titoniano y se correlacionan con las formaciones La Casita y Olvido de la Sierra Madre Oriental y de la Cuenca de Sabinas, respectivamente. Dentro de la zona de estudio aflora en forma de cordones alargados sobre los flancos de anticlinales recumbentes ubicados en la parte sur del área de trabajo, tanto al este como al oeste de Carneros y al sur de Agua Nueva.

Formación Taraises

La Formación Taraises consiste de calizas negras de textura fina, arcillas y lutitas. Tiene una edad que va del Hauteriviano Inferior al Berriasiano. Los afloramientos de esta unidad, en la zona de

estudio, se presentan sobre los flancos de los anticlinales que se ubican en la porción sur, tanto al este como al oeste de Carneros, así como en el anticlinal que se ubica al sur de Agua Nueva.

Formación Cupido

Corresponde a calizas depositadas en forma de bancos gruesos de varios metros de espesor, que en ocasiones impiden observar claramente la estratificación. Tiene una textura que varía de calcilitita a calcarenita. Incluye microfósiles bentoníticos y fragmentos de rudistas. Tiene una edad que va del Aptiano Inferior al Hauteriviano Superior. La Formación Cupido, debido a su alta competencia (resistencia a la erosión) aflora coronando las partes altas de las sierras. Al oeste de Carneros se encuentra formando el núcleo de la sierra, en pliegues recumbentes. Al oriente de Carneros forma la mayor parte de las elevaciones topográficas, las cuales afloran en forma de varios lomeríos aislados sobre el flanco sur de un anticlinal. Al oriente de Agua Nueva las principales porciones de las elevaciones topográficas constituidas por pliegues anticlinales, corresponden a esta unidad.

Formación La Peña

Está constituida por calizas en estratos delgados a medios, de color gris oscuro y negro, con intercalaciones de calizas arcillosas. Tiene una edad Aptiano Superior y un espesor variable pero que en general va de 10 a 60 metros. Se le considera como un horizonte índice. Su menor competencia o resistencia a la erosión hacen que morfológicamente forme hondonadas de relativa fácil identificación, separando a los dos grandes cuerpos de calizas que se encuentran, subyaciendo y sobreyaciendo a arriba de esta unidad (formaciones Cupido y Tamaulipas Superior). También se le identifica por presentar abundantes amonitas del género *Dufrenoya*. En la zona de estudio se encuentra aflorando sobre los flancos de varios anticlinales orientados este-oeste a la altura de Carneros, así como en los anticlinales que buzan de poniente a oriente, cerca del poblado Agua Nueva.

Formación Tamaulipas Superior

Corresponde a una caliza masiva o en bancos de varios metros de espesor. Tiene un color en tonalidades grises. Las calizas presentan una textura que va desde calcilitita hasta calcarenita e incluyen rudistas y foraminíferos plantónicos y miliólidos. Localmente llega a tener similitud con la Formación Cupido pero en los típicos anticlinales bien formados que se encuentran en el área en estudio, es diferenciable por su posición estratigráfica, ya que está limitada en su parte basal por la Formación La Peña que es un horizonte índice de relativa fácil identificación, tanto por su fauna como por su espesor y morfología. Se le asigna una edad Albiano Inferior y se correlaciona con las formaciones Aurora y Acatita. Dentro del área de estudio se encuentra aflorando principalmente en la parte externa de los anticlinales que afloran al este y noreste de Agua Nueva.

Formación Cuesta del Cura

Está formada por calizas de estratificación delgada a media, de color gris oscuro y con lentes y nódulos de pedernal negro. Tiene una edad de Cenomaniano Inferior-Albiano Superior y aflora sobre los flancos de las sierras que se ubican al sureste del área de estudio.

Formación Indidura

Está constituida por una alternancia de calizas, areniscas y lutitas. Las calizas tienen estratos de tamaño medio y delgado. Tiene una edad de Turoniano-Cenomaniano Superior. Sus afloramientos son aislados y se encuentran principalmente al oriente de Agua Nueva. Se correlaciona con las Formaciones San Felipe y Agua Nueva de la Sierra Madre Oriental.

Formación Parras

Está constituida por lutitas calcáreas y limolitas con escasas intercalaciones de calizas arcillosas. Generalmente las lutitas presentan un color negro, gris y café, son nodulares o físilas y llegan a incluir limolitas calcáreas. Las capas superiores de esta formación, presentan grano fino. Corresponden a lodos depositados en sistemas deltáicos. Dentro de la zona de estudio es una formación geológica importante, ya que constituye la mayor parte del subsuelo en la parte plana del valle. Llega a presentar espesores de hasta 1,600 metros. Esta formación junto con el Grupo Difunta, corresponden a los sedimentos terrígenos característicos de la Cuenca de Parras. Tiene una edad Santoniano-Coniaciano y se correlaciona con la Formación San Felipe de la Sierra Madre Oriental y de la Cuenca de Sabinas. Dentro del área en estudio se presentan afloramientos de esta unidad al poniente del poblado Carneros y en la parte norte de las elevaciones topográficas del sur del valle, que corresponden a anticlinales que han cabalgado sobre la Formación Parras.

Grupo Difunta

El Grupo Difunta está representado por lutitas, limolitas y areniscas con un espesor de hasta 3,000 metros. Dentro de este amplio espesor se han identificado 7 formaciones (Boyd, 1959; Peterson, 1983), de las cuales 3 afloran dentro del área de estudio y corresponden a las: formaciones Cerro del Pueblo, Cerro Huerta y Cañón del Tule.

Formación Cerro del Pueblo

Su localidad tipo se encuentra precisamente en el sitio conocido como Cerro del Pueblo, ubicado al noreste del Valle Cañón del Derramadero. Consiste de lutitas calcáreas negras y grises, físilas, en ocasiones nodulares, limolitas y areniscas calcáreas. Las limolitas y lutitas intemperizan en color café. La estratificación cruzada y las marcas de *rizadura de corriente* son comunes. Esta formación alcanza un espesor de 315 metros y se le asigna una edad Campaniano. En la zona de estudio aflora en las elevaciones topográficas que limitan al Valle Cañón del Derramadero en su porción norte, donde se observan alternancias de una lutita gris verdosa con areniscas calcáreas. Los estratos de areniscas presentan un espesor de entre 30 y 50 centímetros.

Formación Cerro Huerta

Esta formación fue definida en el sitio conocido como Cerro Grande, ubicado en la porción noreste del Valle Cañón del Derramadero. Está constituida por lutitas, limolitas y areniscas calcáreas de color rojo y verde, las cuales presentan intercalaciones ocasionales de lutitas grises y limolitas con fósiles marinos. Tiene una edad Maestrichtiano Inferior. Dentro del área en estudio aflora en una serie de anticlinales y sinclinales orientados este- oeste, los cuales limitan a la zona en estudio en su porción norte.

Formación Cañón del Tule

Esta formación fue definida en el cañón del mismo nombre, ubicado a 27 kilómetros al norte de Saltillo. Corresponde a una alternancia de lutitas, limolitas y areniscas calcáreas. Las lutitas presentan estratos delgados y laminares, mientras que para las areniscas los estratos son de entre 20 cm y un metro de espesor. La edad de esta formación es del Maestrichtiano Superior pero se extiende hasta parte del Paleoceno, en el Terciario Inferior.

Aluvión Cuaternario

Cubriendo el valle se encuentran materiales aluviales del Cuaternario que incluyen arenas, arcillas y gravas. Tiene un espesor de entre 3 y 55 metros, según se ha observado en los cortes litológicos de algunos pozos.

4.2 Geología estructural

En el norte del valle se encuentran varios anticlinales y sinclinales con una orientación este - oeste cuyos flancos tienen suave pendiente y que constituyen la Sierra de Huachichila.

En la parte oriental del valle se encuentran buzamientos de los anticlinales de Zapaliname, Agua Nueva y Carneros entre otros de los cuales el de Zapaliname y el de Carneros presentan una recumbencia hacia el norte. En la parte sur de la zona de estudio se encuentran los anticlinales La Casita y la continuación de Carneros los cuales tienen una orientación este-oeste y corresponden a cabalgaduras recostadas hacia el norte. Estas son las principales estructuras de la zona.

4.3 Geología del subsuelo

En las figuras No. 2 se muestra una sección geológica² norte-sur, en la cual se observa que el subsuelo del Valle Cañón del Derramadero se encuentra constituido en su mayor parte por lutitas calcáreas de la Formación Parras, cubiertas en la parte central del valle por lutitas y areniscas del Grupo Difunta. Hacia el sur, se observan rocas calizas de la Formación Cupido (Cretácico Inferior), las cuales se deslizaron sobre las rocas de la Formación Parras (Cretácico Superior). En el norte de la sección se presentan los plegamientos de la parte inferior del Grupo Difunta, correspondientes a las formaciones Cerro del Pueblo, Cerro Huerta y Cañón del Tule.

² ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PRELIMINAR ZONA DERRAMADERO, ESTADO DE COAHUILA, 1983-1984, Bufete Geológico y Construcciones, S.A. de C.V. SARH

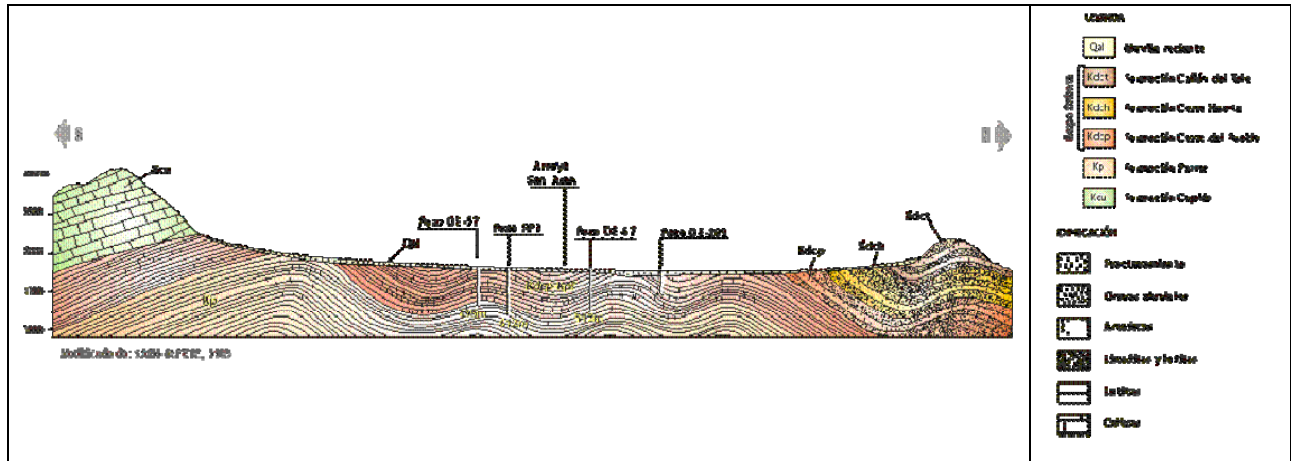


Figura No. 2 Sección Geológica Esquemática

En la figura No. 3 se muestran las principales estructuras de la zona de estudio. En el norte del valle se encuentran varios anticlinales y sinclinales con una orientación este-oeste cuyos flancos tienen suave pendiente y que constituyen la Sierra de Huachichila.

En la parte oriental del valle se encuentran buzamientos de los anticlinales de Zapaliname, Agua Nueva y Carneros entre otros de los cuales el de Zapaliname y el de Carneros presentan un recumbencia hacia el norte. En la parte sur de la zona en estudio se encuentran los anticlinales de la casita y la continuación de Carneros, los cuales tienen una orientación este-oeste y corresponden a cabalgaduras recostadas hacia el norte.

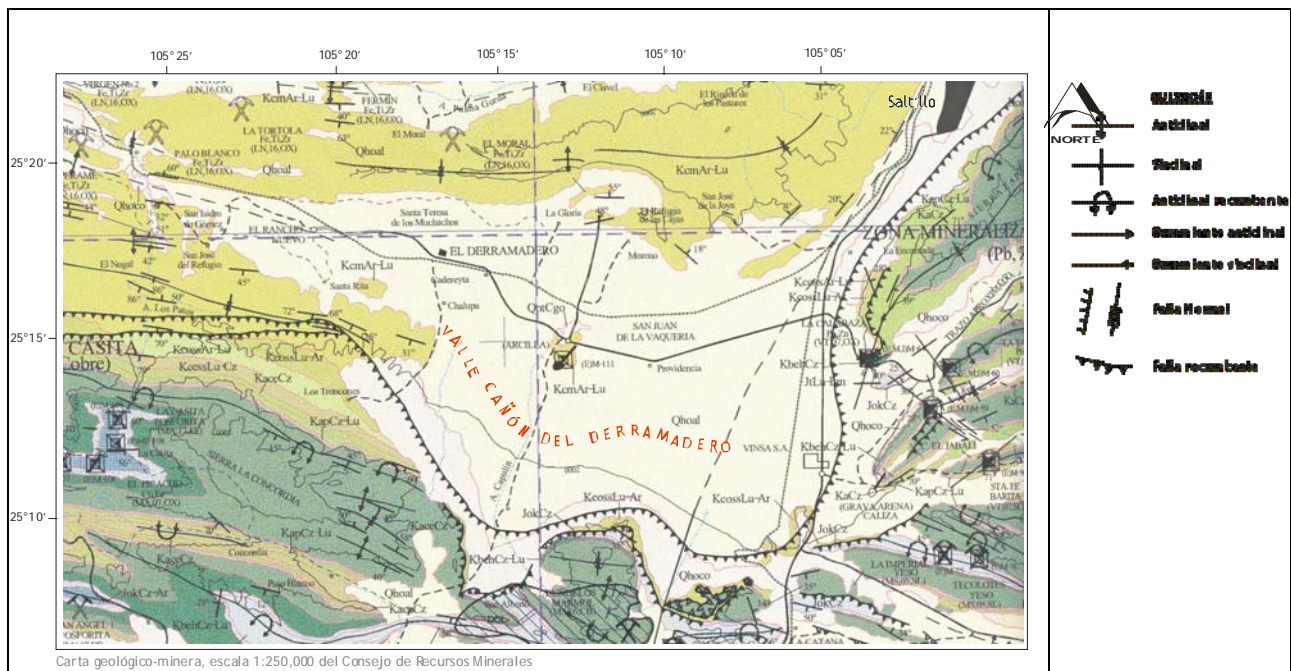


Figura No. 3. Plano Geológico

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

De acuerdo a la clasificación hidrogeológica de las rocas y a su disposición en el subsuelo, se diferenciaron 2 acuíferos. El primero alojado en las lutitas y areniscas de la Formación Parras y del Grupo Difunta. Se le denominó “*porción del acuífero localizado en el valle*” debido a que es el que se encuentra subyaciendo al Valle Cañón del Derramadero. Tiene un gran espesor; en varios pozos se han llegado a cortar entre 500 y 600 metros sin llegar a la parte basal. Forman un acuífero de permeabilidad reducida donde los pozos rinden en promedio de 5 a 9 lps aunque llegan a encontrarse algunos con hasta 16 y 36 lps. Corresponde a un acuífero en medio fracturado y se caracteriza por su permeabilidad anisotrópica tanto horizontal como verticalmente.

Otra parte acuífera en el área es la denominada “*porción del acuífero conformada por calizas*”. Se aloja en gruesos bancos de caliza cárstica de la Formación Tamaulipas Superior, que se localizan en los buzamientos anticlinales del oriente del área de estudio. Su zona de recarga se encuentra en las partes altas de la sierra, donde el agua de lluvia se infiltra y circula a través de fracturas y conductos de disolución de la caliza. Esto da lugar a un acuífero de buena permeabilidad y por lo tanto los pozos emplazados en este acuífero resultan de alto rendimiento.

Las unidades litológicas presentes se agruparon las unidades litoestratigráficas de acuerdo a su capacidad para permitir la infiltración, circulación y almacenamiento de agua subterránea en rocas permeables de alto rendimiento; rocas permeables de bajo rendimiento, rocas ocasionalmente permeables y; rocas impermeables.

Rocas permeables de alto rendimiento.- Corresponden a las calizas de la Formación Tamaulipas Superior que se encuentran en los buzamientos anticlinales del oriente del área de estudio, Por su litología, fracturamiento y grado de carstificación, permiten la recarga, almacenamiento y circulación de agua en el subsuelo. Su permeabilidad es alta a través de fracturas y conductos de disolución. Pozos en esta unidad rinden caudales de 25 a 57 lps.

Rocas permeables de bajo rendimiento.- Corresponden a las lutitas y areniscas de la Formación Parras y del Grupo Difunta, las cuales presentan horizontes fracturados que permiten la infiltración y circulación de agua subterránea. Su litología ocasiona que la permeabilidad sea en general reducida, además de irregular espacialmente, ya que varía tanto horizontal como verticalmente. Los pozos en estas unidades rinden caudales promedio de 5 a 9 lps, aunque pueden encontrarse contados pozos con entre 16 y hasta 36 lps.

Rocas ocasionalmente permeables.- Dentro de esta denominación se incluyeron a rocas que por su litología, espesor reducido y escasa área de afloramiento, ocasionalmente forman acumulaciones de agua subterránea pero que, en general, en esta zona no tienen mayor importancia geohidrológica. Su permeabilidad suele ser reducida, lo cual aunado a su reducido espesor, limitan su importancia geohidrológica. Dentro de este grupo se incluyen las formaciones Zuloaga, Taraises, Cuesta del Cura e Indidura.

Rocas impermeables.- Por su litología constituida en gran parte por lutitas que impiden la circulación de agua subterránea, las formaciones La Peña y la Caja se consideran como impermeables.

En la Figura No. 4 se muestra la distribución de los dos porciones del acuífero, así como su zona de recarga.

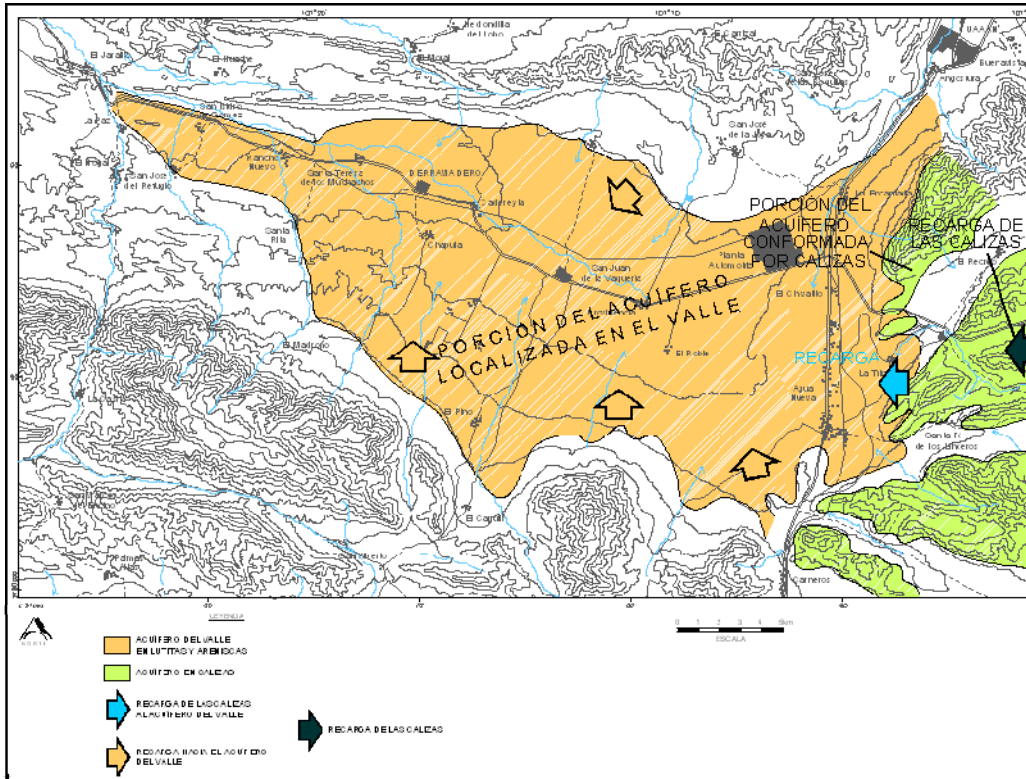


Figura No. 4 Unidades litológicas que conforman el acuífero.

5.2 Parámetros hidráulicos

De los resultados de la interpretación de las 11 pruebas de bombeo realizadas durante el estudio de 2004, se observa que los valores de transmisividad obtenidos varían entre 0.01×10^{-3} y $11.04 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, como valores extremos. El rango que predomina va de $0.26 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ y $6.21 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

En el pozo DE-316, del estudio realizado en el 2004, se obtuvo un coeficiente de almacenamiento de 0.0003, que corresponde a un acuífero confinado. La forma de “S” invertida para las curvas, así como el método de interpretación (Hantush), indicó la presencia de un acuífero semiconfinado en los pozos DE-45, DE-163, DE-224 y DE-376. El resto de las pruebas se interpretaron por el método de Theis y correspondieron a un acuífero confinado. En la Tabla

Tabla No. 2. Resultados de la interpretación de Pruebas de bombeo (2004)

POZO No.	TRANSMISIVIDAD EN m ² /día			TRANSMISIVIDAD En m ² /seg x10 ⁻³	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	MÉTODO DE INTERPRETACIÓN UTILIZADO	TIPO DE ACUÍFERO
	ABATIMIENTO	RECUPERACIÓN	PROMEDIO				
DE-45	696.52	1211.72	954.12	11.04		HANTUSH	SEMICONFINADO
DE-60	29.75	15.84	22.795	0.26		THEIS	CONFINADO
DE-78	65.18	65.18	65.18	0.75		THEIS	CONFINADO
DE-163	31.02	15.68	23.35	0.27		HANTUSH	SEMICONFINADO
DE-221	0.88	0.88	0.88	0.01		THEIS	CONFINADO
DE-224	495.48	410.34	452.91	5.24		HANTUSH	SEMICONFINADO
DE-262	540.47	376.57	458.52	5.31		THEIS	CONFINADO
DE-283	512.56	560.47	536.515	6.21		THEIS	CONFINADO
DE-315	644.33	644.33	644.33	7.46		THEIS	CONFINADO
DE-316	900.11	900.71	900.41	10.42	0.000308	THEIS	CONFINADO
DE-376	105.32	26.93	66.13	0.77		HANTUSH	SEMICONFINADO

5.3 Piezometría

Existe información piezométrica recabada tanto de los estudios previos como del recorrido realizado durante 2004 para el estudio de Actualización Hidrogeológica (Ref.4) y los recorridos proporcionados por la Gerencia Estatal que corresponden a varias fechas entre las que destacan niveles de diciembre de 1983, abril de 1984, febrero de 1984, octubre de 1995 y mayo de 1998.

En el estudio realizado durante 2004, se realizaron recorridos de campo mediante los cuales se ubicaron los pozos y manantiales existentes en la región. Se obtuvieron, además mediciones del nivel estático y/o dinámico. Adicionalmente se realizaron mediciones del caudal de extracción, la temperatura, conductividad eléctrica y pH del agua.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

En las figuras Nos. 5 y 6, se muestran configuraciones de la profundidad al nivel estático. La primera de ellas para el año de 1984 y la segunda para el 2004.

En la configuración correspondiente al año 1984 las profundidades al nivel del agua subterránea eran del orden de 10 y 20 m al oeste de Santa Teresa de Los Muchachos; de 20 y 30 m entre Derramadero y San Juan de La Vaquería y entre 30 y 50 m al norte de Agua Nueva.

La configuración elaborada para el año 2004, tuvo como apoyo a 147 aprovechamientos. Los valores menores de profundidad al nivel del agua subterránea se registraron hacia el noroeste del valle, alrededor de los poblados Rancho Nuevo, La Paz y El Nogal, con menos de 20 m. Entre Santa Teresa de Los Muchachos y Derramadero, el nivel se encuentra entre 30 y 40 m de profundidad. En la parte central del valle correspondiente a San Juan de la Vaquería, el nivel se encuentra entre 20 y 30 m, aumentando hasta 80 m hacia el suroeste. En la porción oriental del valle, el nivel estático se ubica entre 40 y 100 m de profundidad, encontrándose los valores más someros hacia el poniente y los más profundos hacia el oriente, hacia las estribaciones de la Sierra Madre Oriental.

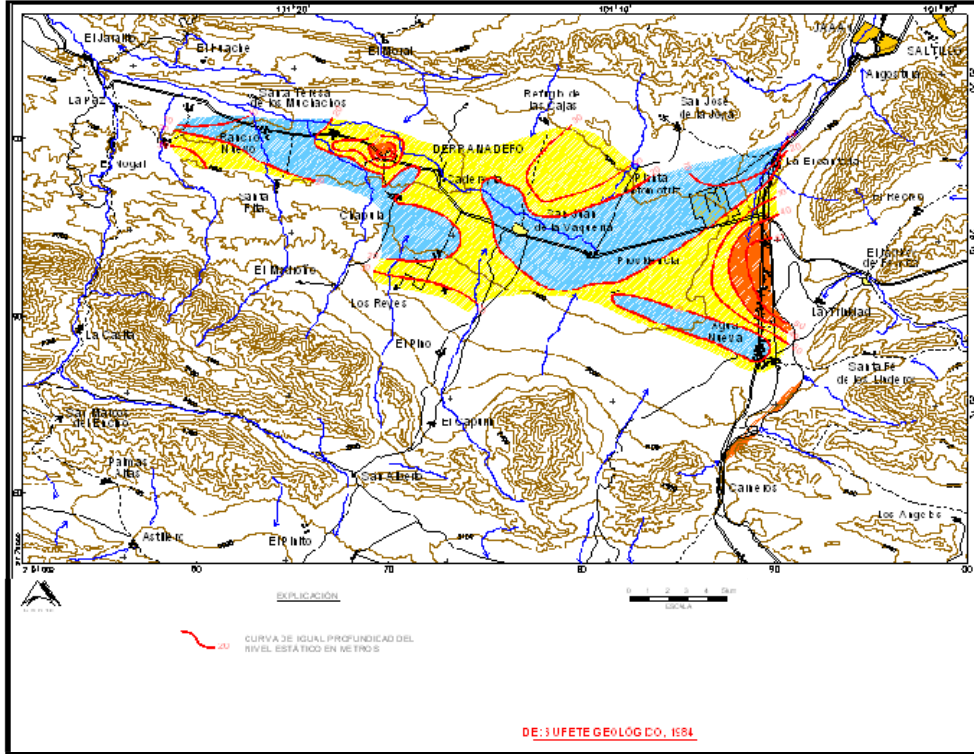


Figura No. 5. Profundidad al nivel Estático (1984).

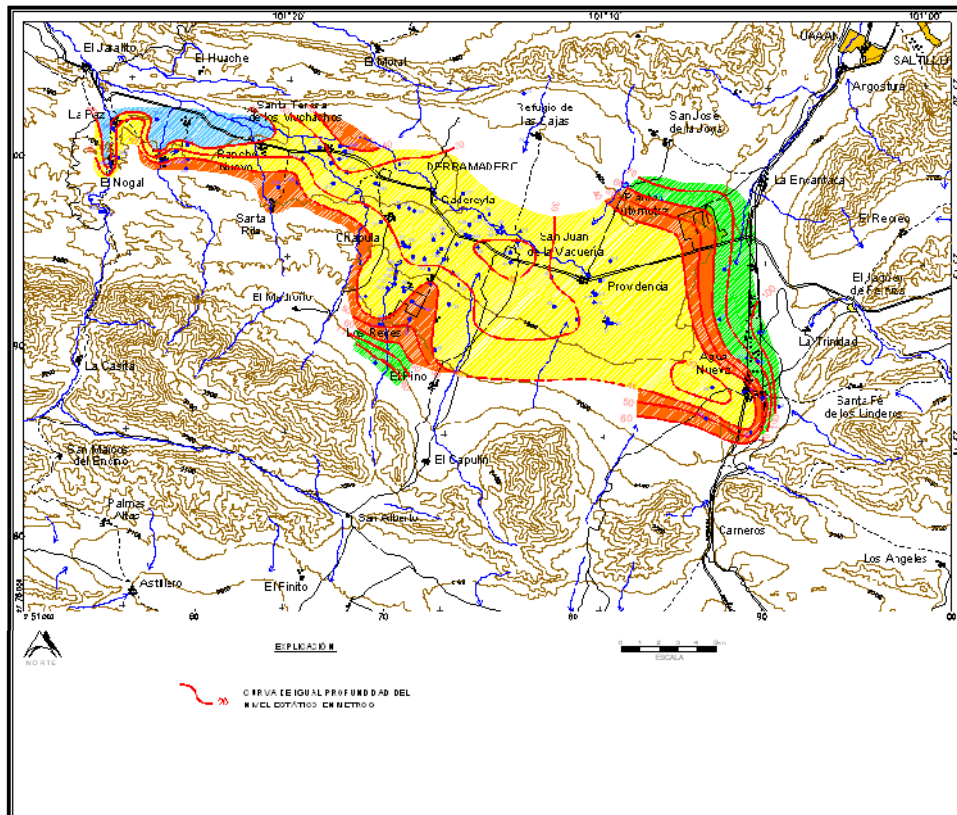


Figura No. 6. Profundidad al nivel Estático (2004).

5.4.2 Elevación del nivel estático

Analizando las configuraciones de la elevación al nivel estático para los años 1977, 1984, 1998 y 2004, se observa que las curvas con valores más altos se encuentran al pie de las sierras ubicadas al sur del valle, a partir de donde disminuyen hacia el norte hasta el poblado Derramadero y posteriormente hacia el noroeste. Lo anterior indica un esquema de flujo del agua subterránea que circula de las sierras del sur y del oriente hacia el centro del valle (San Juan de La Vaquería) para posteriormente continuar su movimiento a través del subsuelo hacia el poniente, pasando por Santa Teresa de Los Muchachos y, finalmente, salir del valle a la altura del poblado La Paz. De estas configuraciones se desprende que la recarga al acuífero se genera esencialmente al pie de las sierras que se ubican al sur y al suroeste del valle, a partir de donde circulan de forma subterránea con una dirección similar a la de los escurrimientos de agua superficial. Las elevaciones topográficas que limitan al valle en la parte norte, no son fuente de recarga al acuífero, lo cual se confirma con la forma de las curvas de la configuración.

Con el objeto de observar las variaciones de la elevación del nivel estático respecto al tiempo, se marcaron éstas por medio de colores con intervalos cada 40 metros. En color verde se marcó a las elevaciones entre 1820 y 1860 msnm, las cuales se distribuían alrededor de San Juan de La Vaquería. Este mismo rango para las configuraciones de 1984, 1998 y 2004, abarcan superficies mayores que incluso se extienden hasta el extremo oriental del valle. De manera similar se observan los otros rangos marcados con colores.

En la figura No. 7 se hace una comparación entre las configuraciones de la elevación del nivel estático para las 4 fechas mencionadas.

5.4.3 Evolución del nivel estático

La evolución del nivel estático para el periodo 1976-1980 registró abatimientos entre 1 y 10 m para la zona comprendida entre Santa Teresa de Los Muchachos y Derramadero; entre 1 y 2 metros al norte de San Juan de La Vaquería y evoluciones positivas entre 0 y 2 metros al norte de Providencia y al noroeste de Agua Nueva (Figura No.8).

En la figura No. 9 se presenta la evolución 1998-2004 en la que se observan abatimientos entre 1 y 5 m al sur del poblado Derramadero. De manera similar, en la porción oriente del valle, entre la planta Chrysler y Agua Nueva, los abatimientos obtenidos varían entre 1 y 10 m para el mismo período de 6 años. Por ello, el ritmo anual de abatimiento varía de 0.1 a 1.0 m.

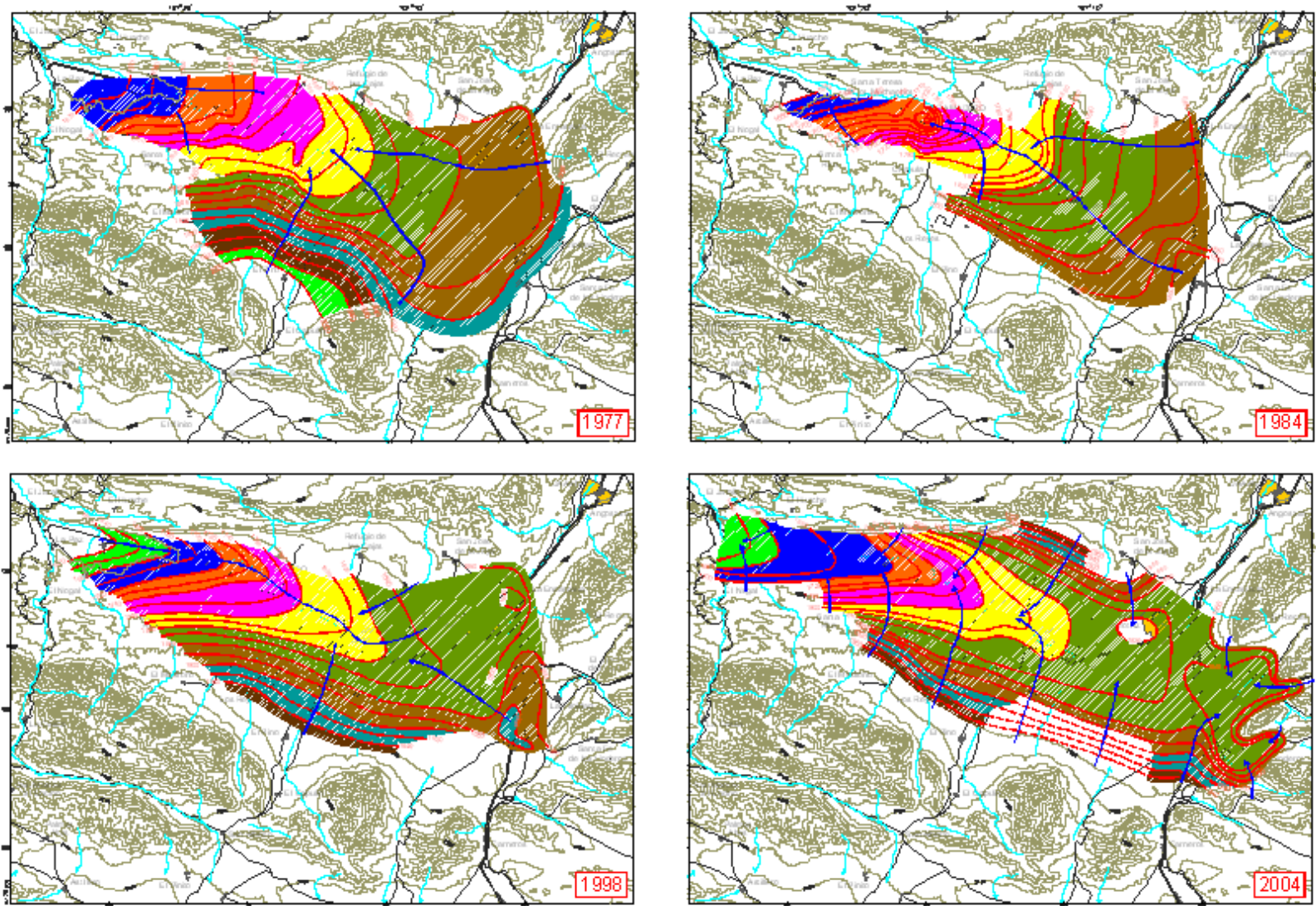


Figura No. 7. Elevación del nivel Estático.

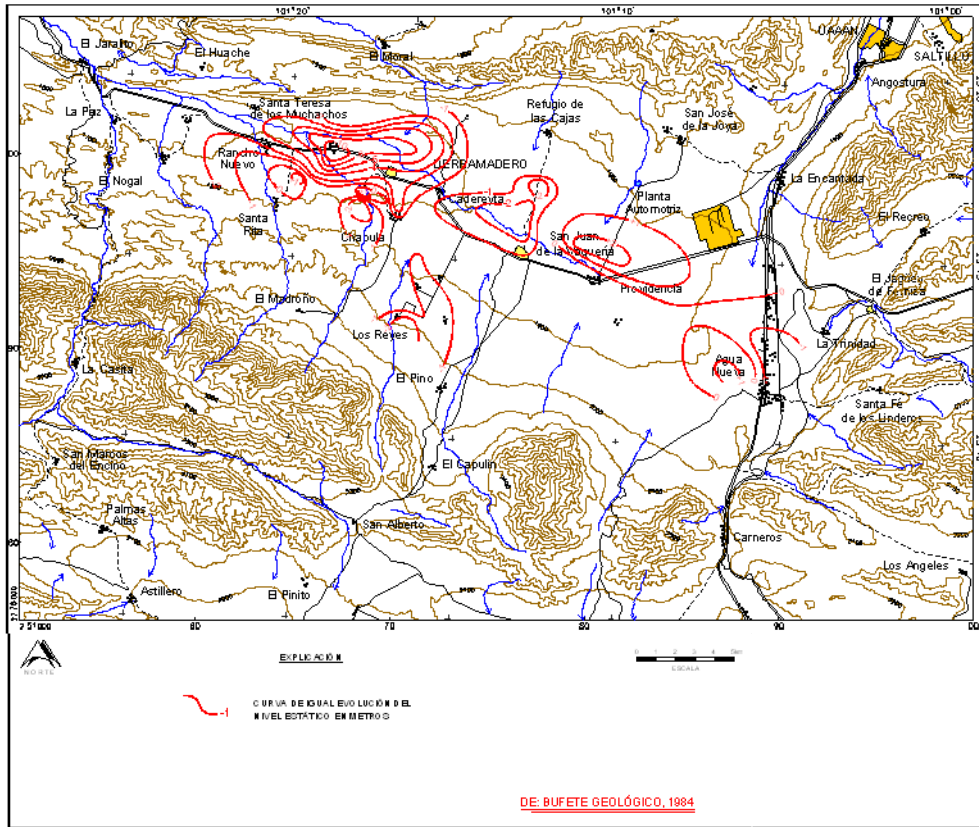


Figura No. 8. Evolución del Nivel Estático (1976-1980)

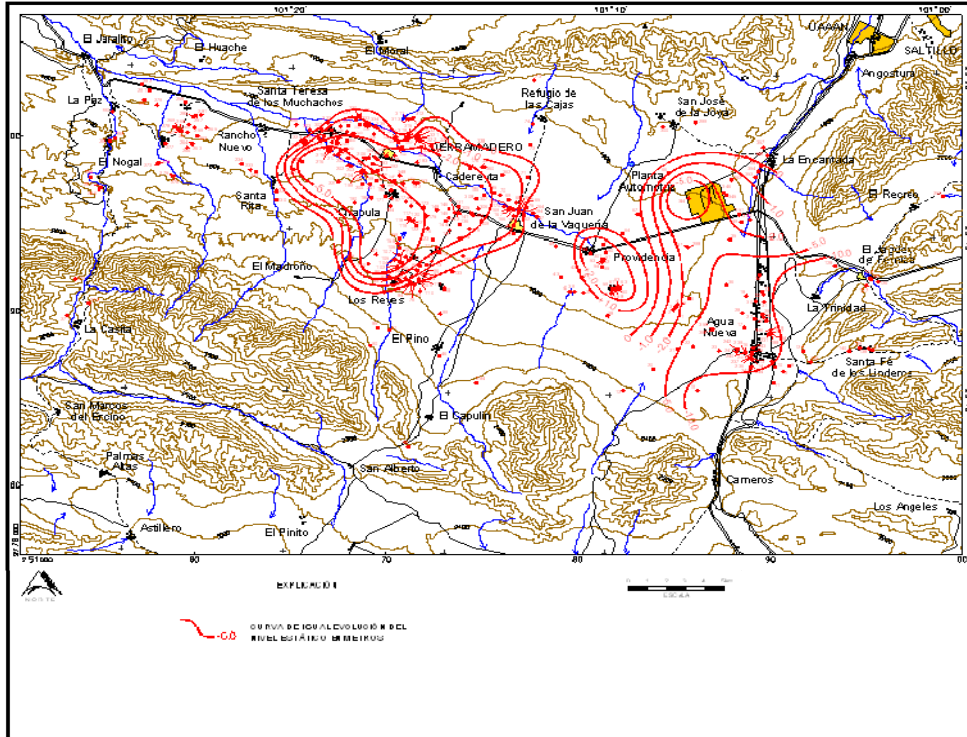


Figura No. 9. Evolución del Nivel Estático (1998-2004)

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Durante el estudio realizado en el 2004 se obtuvieron 18 muestras de agua distribuidas en todo el valle, a las cuales se les efectuó un análisis químico que incluyó la determinación de los principales aniones y cationes, así como de nitratos.

Durante la toma de cada muestra se obtuvo en campo el pH, conductividad eléctrica y temperatura del agua. Los valores obtenidos se muestran en la tabla No. 3.

POZO	Temperatura en °C	Conductividad eléctrica en µmhos/cm	pH
DE-13	19.5	1078.0	6.8
DE-19	23.2	1465.0	6.7
DE-36	24.0	582.0	7.2
DE-58	23.5	1110.0	6.9
DE-64	21.7	614.0	7.0
DE-78	20.3	946.0	6.9
DE-98	23.6	420.0	7.0
DE-127	25.0	830.0	7.2
DE-130	24.2	680.0	6.9
DE-155	25.1	450.0	6.7
DE-163	23.8	805.0	7.1
DE-181	22.7	1097.0	6.5
DE-254	24.6	2360.0	7.2
DE-276	18.3	582.0	6.7
DE-283	21.6	2300.0	7.3
DE-286	22.3	520.0	6.8
DE-299	20.2	1140.0	6.8
DE-341	19.5	2620.0	6.5

Tabla No. 3.- Datos de campo de muestras de agua

Sólidos totales disueltos (STD)

La concentración de sólidos totales disueltos (STD) es una medida representativa de la salinidad total del agua subterránea. Los valores obtenidos para las muestras de agua del presente trabajo, varían entre 232 y 2,385 mg/l. Los valores más bajos se ubican en la porción oeste, al sur del poblado Derramadero, con concentraciones entre 232 y 348 mg/l, valores que se incrementan hacia el norte hasta alcanzar 2,385 mg/l en un pozo ubicado en Derramadero y en un pozo al norte de San José del Refugio 1,728 mg/l (figura No. 10)

Los valores altos de STD se incrementan debido a la presencia de horizontes de sales de fácil disolución. En la zona oriental del valle, se presentan valores entre 352 y 498 mg/l al pie de la Sierra de Agua Nueva.

En esta parte oriental del valle, el agua es en general de baja salinidad, lo cual indica la ausencia de sales, así como que corresponde a agua de lluvia de reciente infiltración. Ello,

confirma lo obtenido con la interpretación piezométrica, donde se identificó una zona de recarga al acuífero proveniente de las calizas de la Sierra Madre Oriental, entre las Sierras de Zapaliname, Ferniza y San Fe de Los Linderos.

En general se observa que los valores más bajos de sólidos totales disueltos se ubican hacia el sur del valle, lo cual ratifica que estas porciones constituyen las principales zonas de recarga de agua al acuífero. Las concentraciones presentan incremento en dirección al centro del valle y posteriormente hacia el noroeste, coincidiendo con la dirección del flujo subterráneo identificado con la información piezométrica

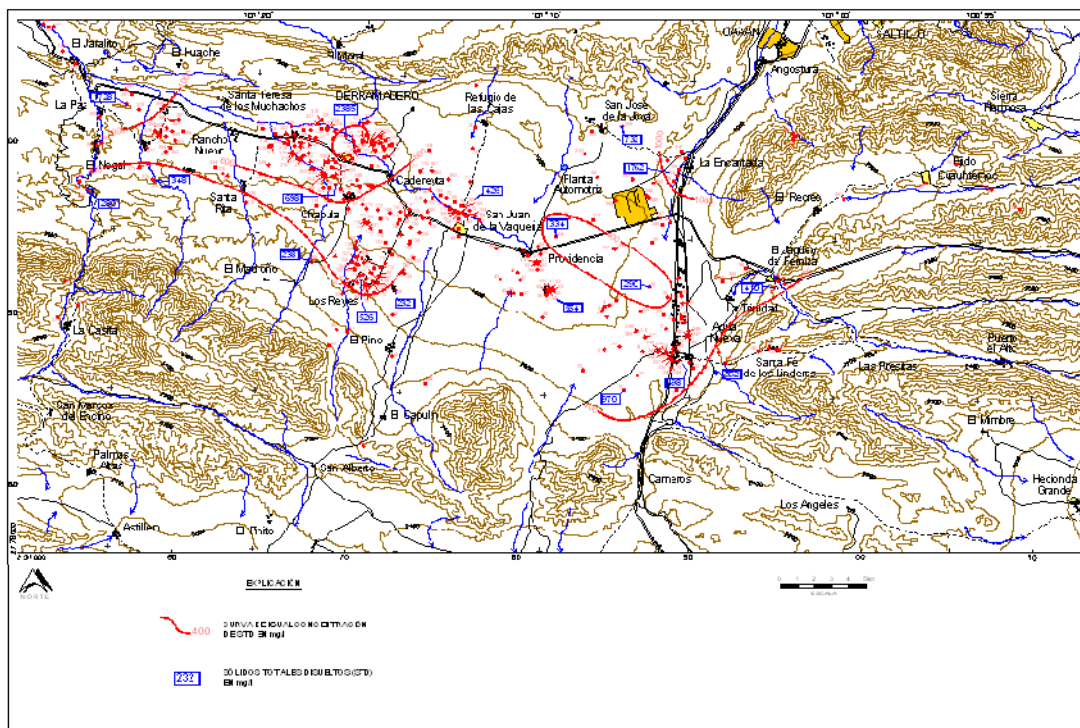


Figura No. 10. Concentración de Sólidos Totales Disueltos (2004)

Familias de agua

Se clasificó el agua subterránea de acuerdo a su composición química tomando en cuenta el principal catión y el principal anión en solución. Para ello, se utilizaron dos tipos de representaciones gráficas, diagrama triangular o de Piper y diagrama de Stiff. El agua de lluvia es de tipo sódico – bicarbonatada. Al infiltrarse y circular entre los materiales que constituyen el subsuelo y que son primordialmente calcáreos, modifica su composición, para ser del tipo cálcica-bicarbonatada (Figura No. 11).

En la porción suroeste del valle el agua es cálcico-bicarbonatada, así como en las muestras ubicadas al oriente, indicando la relación del agua del acuífero con rocas calcáreas marinas. Hacia los poblados Derramadero y San Isidro de Gómez, el agua subterránea es cálcico-sulfatada. Así mismo, el agua llega a presentar una componente mixta y para uno de los pozos analizados predomina el magnesio en lugar del calcio.

Lo anterior indica que el agua subterránea circula a través de lutitas que contienen yesos o anhidritas (sulfato de calcio), las cuales son sales de fácil disolución e incrementan el contenido salino del agua y modifican la familia de agua.

En la parte central del valle, alrededor de San Juan de La Vaquería, el agua pertenece a la familia mixta-cálcica-bicarbonatada, lo cual indica el predominio de las rocas calcáreas con un cierto recorrido del agua a través del subsuelo, la cual ha incorporado, además del calcio, a otros cationes como el sodio y el magnesio, aunque el primero de ellos continúa siendo el principal catión en solución. Otra fuente común de magnesio al agua de la región son las dolomitas (carbonato doble de calcio y magnesio, CaMg CO_3), las cuales se encuentran asociadas a algunos horizontes de calizas de la región.

En la porción oriental del valle predomina el agua de la familia cálcico-bicarbonatada, lo cual manifiesta la presencia de calizas y materiales aluviales de composición calcárea.

En general el agua cálcico-bicarbonatada predomina hacia la porción sur y sureste de la zona en estudio, mientras que en la parte central del valle y hacia el norte, predomina el agua mixta y sulfatada.

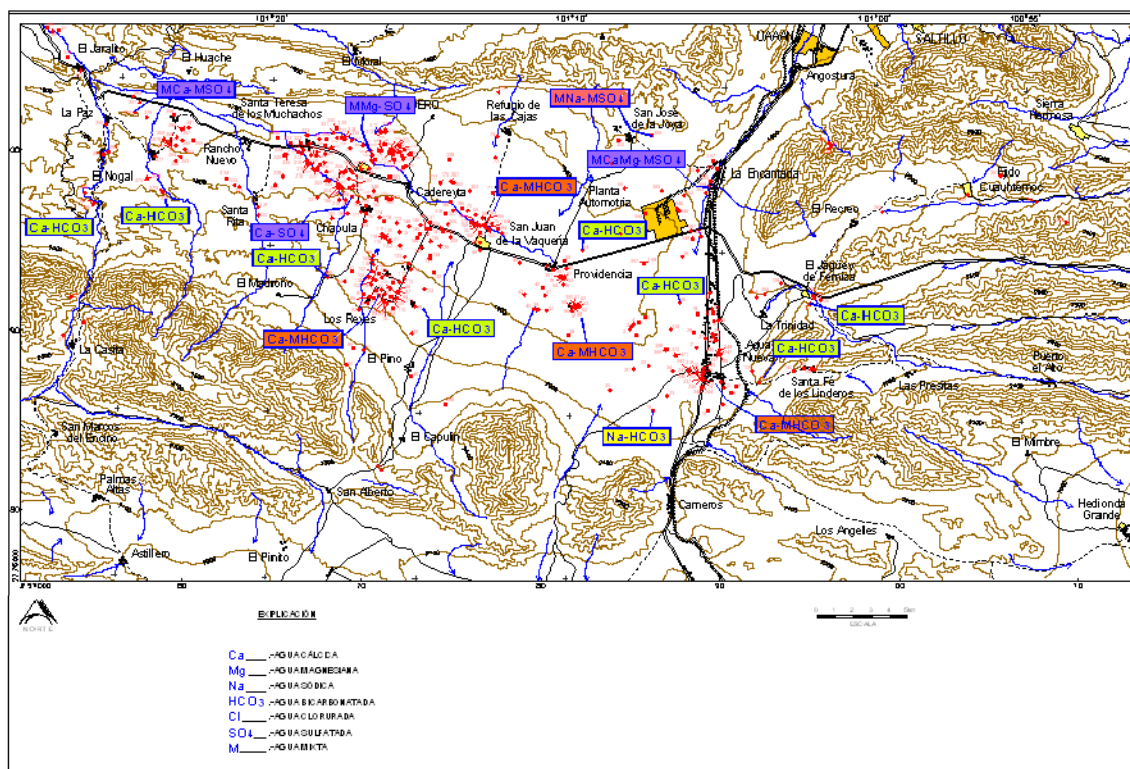


Figura No. 11. Familias del agua (2004)

En la figura No. 12 se muestran los diagramas de Stiff sobre el plano del valle. En él, se ilustra gráficamente lo señalado en los párrafos anteriores donde predomina el agua calcio-bicarbonatada. Destaca la concentración salina alta de los pozos DE-254, DE-283 y DE-341

ubicados en la porción NW del valle y el pozo DE-19 al SW de Agua Nueva que presenta una composición diferente al resto de las muestras analizadas (sódica-bicarbonatada).

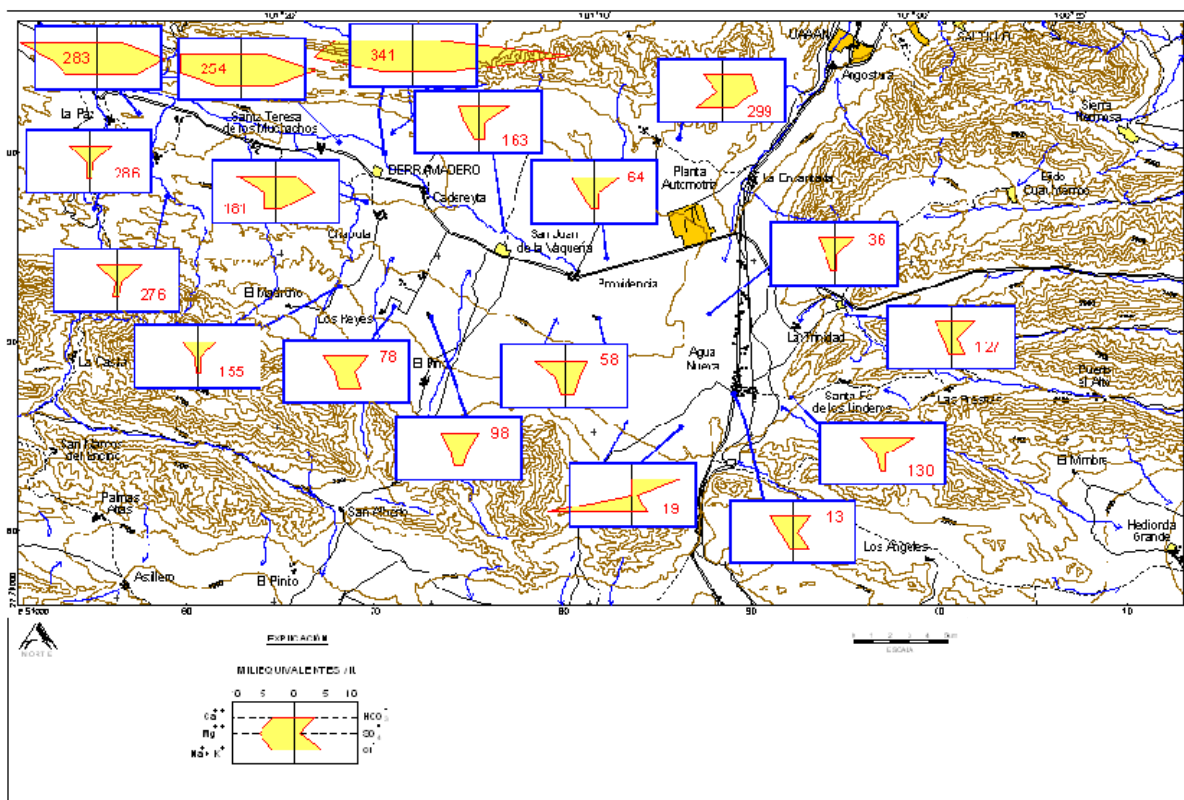


Figura No. 12. Diagramas de Stiff (2004).

Calidad del agua

Por lo que respecta a la calidad del agua para uso potable, se compararon las concentraciones medidas con los límites máximos permitidos publicados por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1 1994 (2000) la cual indica que el agua debe de presentar concentraciones menores de 200 mg/l de sodio, menos de 250 mg/l de cloruros, menos de 400 mg/l de sulfatos, menos de 10 mg/l de nitratos y menos de 1,000 mg/l de sólidos totales disueltos. También se tomó en cuenta los límites máximos permitidos por la Organización Mundial de la Salud para calcio y magnesio, los cuales indican que el agua para ser potable debe de presentar menos de 200 y 150 mg/l respectivamente.

Por lo que respecta al calcio y magnesio, estos se encontraron fuera de norma en el pozo DE-341, donde presentaron 241 y 194 mg/l. En este mismo pozo se presentaron concentraciones fuera de norma para sólidos totales disueltos, sulfatos y nitratos. El sodio sobrepasa la norma solamente en el pozo DE-19, donde contiene 314 mg/l.

Por lo que respecta a los nitratos estos se encontraron en concentraciones altas, por arriba de la norma en 5 pozos, con concentraciones de entre 10.8 y 26.8 mg/l. Los nitratos corresponden a un compuesto del nitrógeno (NO_3^-). En general, su origen puede ser

consecuencia de la estabilización aeróbica del nitrógeno orgánico. También se llegan a encontrar sales minerales de nitratos, como el nitrato de sodio y el nitrato de potasio, entre los sedimentos de algunos sitios. Puede también originarse por la presencia de materia orgánica, tanto por residuos de aguas negras domésticas como por la contaminación por residuos de ganado (estiércol) y también como resultado del uso de fertilizantes.

En la zona de estudio se considera que no existe contaminación orgánica del agua subterránea, de donde se infiere que los nitratos presentes podrían corresponder a una sal mineral del tipo de nitrato de sodio, que podría encontrarse como parte de las evaporitas dentro de las formaciones Difunta y Parras.

Por lo que respecta a la calidad del agua subterránea para su uso en agricultura, se clasificó utilizando el método de Wilcox, en el cual se cataloga al agua de acuerdo a la salinidad total expresada como conductividad eléctrica y al contenido de sodio expresado como relación de adsorción de sodio. Se clasificó al agua para riego como de baja, media, alta y muy alta salinidad (C1, C2, C3 y C4) y de bajo, medio, alto y muy alto contenido de sodio intercambiable (S1, S2, S3 y S4).

De las muestras analizadas en 2004, 7 de ellas se clasifican como C2-S1 que corresponden a agua con contenido medio de sales y baja cantidad de sodio intercambiable; 7 muestras se clasifican como C3-S1 correspondiente a agua con alto contenido salino y baja proporción de sodio intercambiable. Dichas aguas pueden ser utilizadas para riego prácticamente sin restricción alguna.

Tres muestras de agua correspondientes a los pozos DE-254, DE-283 y DE-341, son del tipo C4-S1 o sea agua con muy alto contenido salino y baja capacidad de intercambio de sodio, la cual puede utilizarse en agricultura siempre y cuando se lleven a cabo lavados moderados del suelo y preferentemente en aquellos de tipo arenoso. Se recomienda también el cultivo de variedades resistentes a las sales.

La muestra correspondiente al pozo DE-98 se clasifica como C3-S4, que corresponde a agua con alto contenido salino y muy alta cantidad de sodio intercambiable, por lo cual no se recomienda su utilización en riego ya que además de proporcionar sales al suelo, los cultivos que se pretendan tendrían un rendimiento muy bajo.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

De acuerdo con los resultados del censo realizado durante el estudio efectuado en el 2004, se registró la existencia de 393 aprovechamientos, de los cuales 381 corresponden a pozos y 12 manantiales. De los 381 pozos, 108 se utilizan en riego, 38 en agua potable, 4 en la industria, 29 en uso pecuario y 194 se encuentran sin uso. El resto no fue posible identificarlos. En caudal de extracción total asciende a 18.4 hm³ /año (Millones de metros cúbicos anuales), de los cuales 9.9 hm³ (53.8%) se destinan al uso público-urbano, 7.3 (39.7%) para el uso agrícola, 0.5 (2.7%) más para satisfacer las necesidades del uso doméstico-abrevadero y los 0.7 hm³ /año restantes (3.8%) para el uso industrial.

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El subsuelo del valle Cañón del Derramadero se encuentra constituido por una serie de lutitas, limolitas y areniscas en espesores de varios cientos de metros. Algunos horizontes dentro de estos materiales llegan a presentar permeabilidad, lo cual se ha manifestado en alrededor de 170 pozos que actualmente se encuentran trabajando y que tienen profundidades de 100 a 600 metros, los cuales rinden caudales generalmente del orden de 4 a 16 lps.

Del análisis geohidrológico realizado se observa que la permeabilidad del subsuelo es muy heterogénea, tanto vertical como horizontalmente. No se define con claridad la existencia de algún horizonte que destaque por presentar una permeabilidad consistente, ya sea baja o alta que pueda continuarse lateralmente. Por el contrario, se advierte la heterogeneidad vertical y horizontal del subsuelo.

Por otra parte, en la porción oriental del valle se encuentran rocas calizas permeables que forman un acuífero de alto rendimiento, el cual es explotado a través de los pozos del Sistema de Aguas de Saltillo. Parte del agua de las calizas recarga al acuífero del Valle del Derramadero.

Por esta razón, para fines del balance de aguas subterráneas, se dividió el acuífero en dos zonas: La porción del acuífero localizada en el valle y la porción conformada por calizas. Para cada una de ellas se planteó el balance de aguas subterráneas y el final se sumaron los valores de cada término de la ecuación,

Se estableció la ecuación general de balance de agua subterránea, en donde las entradas de agua al sistema son iguales a las salidas menos el cambio de almacenamiento.

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} \pm \text{Cambio de almacenamiento} \dots\dots\dots (1)$$

Las entradas son:

- Entrada por infiltración de lluvia que produce un flujo subterráneo (Eh)
- Infiltración vertical (Rv), sobre las áreas de valle

Las salidas son:

- Extracción por bombeo (B)
- Salida por flujo subterráneo (Sh)
- Descarga por Manantiales (Dm)

Cambio de Almacenamiento:

- Es la modificación del nivel producido por el bombeo (ΔVS)

El área total de balance fue de 322 km² (330 km² para la zona del valle y los 22 km² restantes para la zona de calizas) y se consideró un periodo anual.

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PORCIÓN DEL ACUÍFERO LOCALIZADA EN EL VALLE

$$Eh + Rv - B - Sh = \pm \Delta V(S) \quad \text{----- (2)}$$

7.1 Entradas

Se estableció la evaluación de balance donde las entradas al acuífero son: el flujo por entrada subterránea (E_s) y la infiltración vertical (I_v) sobre el área de balance

7.1.1 Infiltración vertical (R_v)

Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que se tiene información para calcular el cambio de almacenamiento (ΔV), así como las entradas y salidas por flujo subterráneo, su valor será despejado de la ecuación de balance.

De esta manera

$$Rv = Sh + B - \Delta V(S) - Eh \quad \text{----- (3)}$$

7.1.2 Entradas subterráneas horizontales (E_h)

Las entradas por flujo subterráneo corresponden a las infiltraciones que se generan sobre los flancos de las sierras y que circulan en forma radial hacia el centro del valle. Esta recarga se calculó como flujo subterráneo utilizando la Ley de Darcy, en donde se establece que el caudal “ Q ” que pasa a través de una sección de terreno es igual a la transmisividad “ T ” del material por la longitud “ b ” del área considerada, multiplicada a su vez por el gradiente hidráulico “ i ” ($Q = Tbi$). Cada celda corresponde al área delimitada entre dos curvas equipotenciales y dos líneas de corriente. De esta manera, se marcaron 9 celdas para el sistema acuífero de Cañón del Derramadero las cuales se identificaron con la letra E y un número en orden progresivo del E-1 al E-9.

Se hace notar que la Ley de Darcy está desarrollada para medios granulares, mientras que en el subsuelo de la zona en estudio el acuífero se encuentra en materiales fracturados. Sin embargo, con el objeto de tener una idea de la cantidad de agua existente en el subsuelo se consideró que el acuífero existente funciona de forma similar a un medio granular.

De igual manera, la interpretación de las pruebas de bombeo se llevó a cabo utilizando la metodología desarrollada para materiales granulares que, al aplicarse en este medio, dan una idea de los valores de transmisividad.

Se calcularon las entradas de agua subterránea mediante las “celdas” marcadas en la figura No. 13, sobre la configuración de la elevación del nivel estático elaborada para el año del 2004. Se considera que tiene buen apoyo mediante la medición piezométrica realizada y que fue descrita en capítulos anteriores. Se marcaron nueve celdas de entrada de agua por flujo subterráneo marcadas de la E-1 a la E-9 mediante las cuales se obtuvo un volumen de entrada por flujo subterráneo de **7.4 hm³/año** (Millones de metros cúbicos anuales), para la

zona del valle (Tabla No. 4). Dos celdas marcadas como S-1 y S-2, se consideraron salidas de agua subterránea y los valores obtenidos se observan en la tabla No. 5.

Se hace notar que para el cálculo de entradas y salidas de agua subterránea se utilizó una transmisividad de entre 1 y 5×10^{-4} m^2/s , valores por debajo de los obtenidos en las pruebas de bombeo realizadas. Sin embargo, de acuerdo a la litología, así como al balance final del agua subterránea, se llegó a la conclusión de que los valores de transmisividad adoptados son los más acercados a la realidad, no obstante su variación respecto a los datos de las pruebas de bombeo.

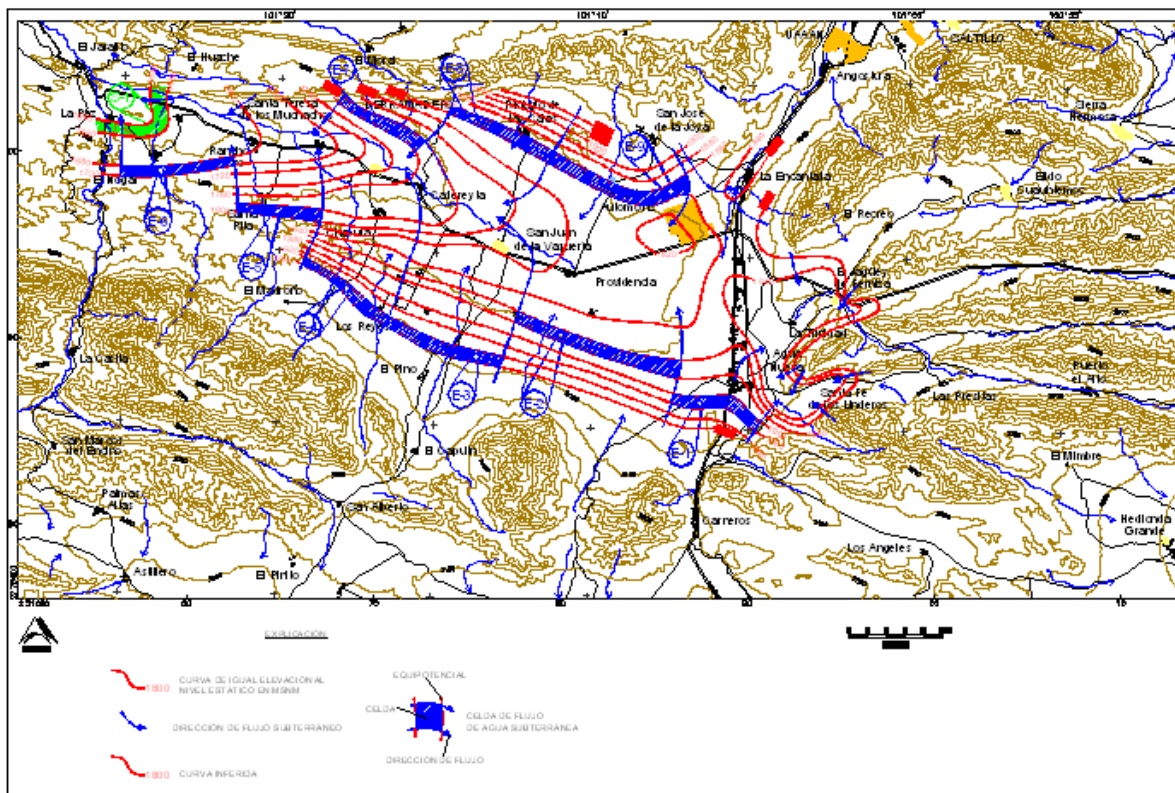


Figura No. 13. Celdas para el cálculo del Flujo subterráneo

CELDAS	b (m)	B (m)	i	T (m^2/s)	Q (m^3/s)	VOLUMEN $Mm^3/año$
E-1	600	5500.00	0.03333	0.0001	0.0183	0.6
E-2	700	9300.00	0.02857	0.0001	0.0266	0.8
E-3	600	6600.00	0.03333	0.0001	0.0220	0.7
E-4	500	5300.00	0.04000	0.0001	0.0212	0.7
E-5	400	3800.00	0.05000	0.0001	0.0190	0.6
E-6	500	5300.00	0.04000	0.0002	0.0424	1.3
E-7	550	5400.00	0.03636	0.0002	0.0393	1.2
E-8	600	6100.00	0.03333	0.0001	0.0203	0.6
E-9	650	8000.00	0.03077	0.0001	0.0246	0.8
TOTAL						7.4

Tabla No. 4. Cálculo de entradas subterráneas

7.2 Salidas

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B), salidas subterráneas (Sh) y descarga a través de manantiales. No existe descarga por evapotranspiración ni flujo base.

7.2.1 Evapotranspiración.

Este parámetro es la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas, por lo tanto es considerada una forma de pérdida de humedad del sistema. Existen dos formas de Evapotranspiración: la que considera el contenido de humedad en el suelo y la que considera la etapa de desarrollo de las plantas (Evapotranspiración Potencial y la Evapotranspiración Real), el escurrimiento y el volumen de evapotranspiración real (ETR). Este parámetro es utilizado para la recarga potencial de infiltración

En la zona de estudio los niveles de profanidad al agua subterránea superan los 20 m, de manera tal que no existen niveles freáticos sujetos a la evapotranspiración. Por tal motivo se considera que no existe la posibilidad de que se descargue agua subterránea de los niveles freáticos someros. **ETR = 0.**

7.2.2 Extracción por bombeo (B).

Se calculó la extracción de agua subterránea en los pozos existentes en el valle tomando en cuenta el caudal obtenido durante el censo y el tiempo de operación, habiéndose obtenido un volumen de extracción para la zona del valle es de **9.1 hm³/año** (Millones de metros cúbicos anuales).

7.2.3 Salidas Subterráneas (Sh).

Las salidas subterráneas fueron calculadas al igual que las entradas fueron calculadas fueron calculadas de la misma manera como se evaluaron las entradas subterráneas, a partir también de la configuración de elevación del NE presentado en la figura No. 13. El Valor estimado es de **1.1 hm³/año** (Millones de metros cúbicos anuales), tal como se muestra en la tabla No. 5.

Tabla No. 5. Cálculo de salidas subterráneas

CELDAS	b (m)	B (m)	i	T (m ² /s)	Q (m ³ /s)	VOLUMEN (Mm ³ /año)
S-1	800	2700	0.02500	0.0005	0.0338	1.1
TOTAL						1.1

7.3 Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$

Se calcularon las áreas de diferente valor de evolución, de acuerdo con la configuración de la evolución del nivel estático 1998-2004 (figura No. 9), la cuales se multiplicaron por un coeficiente de almacenamiento de 0.01, en una superficie de 300 km², obteniéndose un cambio de almacenamiento de **-1.2 hm³/año** (Millones de metros cúbicos anuales). El coeficiente de almacenamiento utilizado fue inferido a partir del tipo de materiales existentes ya que no ha sido medido directamente en el campo, por lo que existe conciencia de que pudieran existir variaciones. Sin embargo, se considera que los resultados obtenidos son congruentes con la geología de los materiales que constituyen el subsuelo del valle.

Solución de la Ecuación de Balance

Una vez estimados los valores de la ecuación de balance planteada se procede a estimar la recarga vertical, de acuerdo con la expresión (3)

$$R_v = Sh + B - \Delta V(S) - E_h \quad \text{----- (3)}$$

$$R_v = 1.1 + 9.1 - 1.2 - 7.4$$

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

El valor de recarga vertical corresponde al 1.8% del valor de la precipitación media anual que se registra en la zona.

Por lo tanto la recarga total (R_t) que recibe la porción del acuífero alojado en el valle es:

$$R_t = R_v + E_h = 9.0$$

$$\mathbf{R_t = 9.0 \text{ hm}^3 / \text{año}}$$
 (Millones de metros cúbicos anuales)

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PORCIÓN DEL ACUÍFERO CONFORMADA POR CALIZAS

Hacia el poniente del valle del Cañón del Derramadero se encuentra la porción del acuífero en rocas calizas cuya agua subterránea fluye del oriente al poniente. Parte recarga a la porción del acuífero en lutitas del Valle de Derramadero y parte es extraída a través de varios pozos del Sistema de Aguas de Saltillo.

$$E_h + R_v - B = \pm \Delta V(S) \quad \text{----- (4)}$$

Debido a que los pozos que extraen agua se localizan en una superficie muy pequeña y no existe información suficiente para estimar las entradas por flujo subterráneo, éstas se dejaron como incógnita en la ecuación de balance. De esta manera, su valor se estimará mediante la siguiente expresión:

$$E_h = \pm \Delta V(S) + B - R_v \quad \text{----- (5)}$$

Para la estimación de la Recarga Vertical (R_v) se consideró que ésta se produce en una proporción igual a la obtenida en el valle, es decir un 1.8 % de la precipitación media anual.

Si consideramos que en esta porción del acuífero la precipitación es de 370 mm, y que la zona de balance es de 22 km²:

$$R_v = (22 \text{ km}^2) (0.400 \text{ m}) (0.018) = 0.2$$

R_v = 0.2 hm³/año (Millones de metros cúbicos anuales)

Por lo que respecta al bombeo, el valor de la extracción de los pozos que administra el sistema Operador de la ciudad de Saltillo es de 9.3 hm³/año (Millones de metros cúbicos anuales).

B = 9.3 hm³/año (Millones de metros cúbicos anuales).

Para la estimación del cambio de almacenamiento se consideró un abatimiento medio anual de 1.5 m en una superficie de 22 km² y un coeficiente de almacenamiento de 0.01 para la secuencia de calizas que conforman el acuífero.

$$\Delta V(S) = (22 \text{ km}^2) (-1.5 \text{ m}) (0.01) = -0.3$$

ΔV(S) = -0.3 hm³/año (Millones de metros cúbicos anuales).

Solución de la Ecuación de Balance

Una vez estimados los valores de la ecuación de balance planteada se procede a estimar las Entradas subterráneas, de acuerdo con la expresión (5)

$$E_h = \pm \Delta V(S) + B - R_v \text{ ----- (5)}$$

$$E_h = - 0.3 + 9.3 - 0.2 = 8.8$$

E_h = 8.8 hm³/año (Millones de metros cúbicos anuales).

Por lo tanto la recarga total (R_t) que recibe la porción del acuífero alojado en las calizas es:

$$R_t = R_v + E_h = 0.2 + 8.8$$

R_t = 9.0 hm³/año (Millones de metros cúbicos anuales).

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN TODO EL ACUÍFERO

Una vez que se calcularon las componentes de las ecuaciones de balance planteadas para cada una de las porciones del acuífero, se procedió a integrar los resultados en un solo balance, mismo que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla No. 6. Resultados del Balance de Aguas Subterráneas para todo el acuífero. Valores en Millones de metros cúbicos anuales (hm³/año)

<i>Porción del acuífero</i>	<i>Eh</i>	<i>Rv</i>	<i>Rt</i>	<i>B</i>	<i>Sh</i>	$\Delta V(S)$
Valle	7.4	1.6	9.0	9.1	1.1	-1.2
Calizas	8.8	0.2	9.0	9.3	0.0	-0.3
Total	16.2	1.8	18.0	18.4	1.1	-1.5

De la tabla anterior se observa que el valor de la recarga total media anual que recibe el acuífero asciende a los 18.0 hm³ /año (Millones de metros cúbicos anuales).

8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece la Metodología para calcular la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$DAS = Rt - DNCOM - VCAS$$

Donde:

- DAS = Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica.
- Rt = Recarga total media anual.
- DNCOM = Descarga natural comprometida.
- VCAS = Volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA.

8.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual que recibe el acuífero Cañón del Derramadero (Rt), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, tanto en forma de recarga natural como inducida. Para este caso, su valor es de **18.0 hm³ /año** (Millones de metros cúbicos anuales).

8.2 Descarga natural comprometida

La descarga natural comprometida corresponde a la suma de 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 del acuífero Cañón del Derramadero, su valor es de **1.1 hm³ /año** (Millones de metros cúbicos anuales), que corresponden a las salidas subterráneas hacia el acuífero General Cepeda Saucedá

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 Cañón del Derramadero el rendimiento permanente es **16.9 hm³ /año** (Millones de metros cúbicos anuales).

8.4 Volumen concesionado de agua subterránea

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 17'343,081 m³ /año.

8.5 Disponibilidad de agua subterránea

La disponibilidad de agua subterránea, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPGA

$$DAS = 18.0 - 1.1 - 17.343081$$

$$DAS = -0.443081 \text{ hm}^3 / \text{año} \text{ (Millones de metros cúbicos anuales).}$$

El resultado indica que no existe actualmente volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 443,081 m³ anuales.

9. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PRELIMINAR ZONA DERRAMADERO, ESTADO DE COAHUILA, elaborado en el año de 1983-1984 por Bufete Geológico y Construcciones, S.A. de C.V. para la SARH (Ref.1).

ESTUDIO DE REACTIVACIÓN DE REDES DE MONITOREO DE LOS ACUÍFEROS DE LOS VALLES DE: MONCLOVA, SALTILLO-RAMOS ARIZPE, ALLENDE-PIEDRAS NEGRAS, CUATROCIÉNEGAS-OCAMPO, LA PAILA Y DERRAMADERO, COAH. elaborado en el año de 1998 por Estudios y Proyectos de Agua y Tierra Rubriselva, S.A. de C.V. para la CNA (Ref.2).

ESTUDIO DE ISÓTOPOS PARA LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CIUDAD DE SALTILLO, elaborado en el año de 1994, por MALCOLM PIRNIE, INC, para el Fideicomiso Fidagua de la Ciudad de Saltillo, Coah. (Ref. 3).

ACTUALIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO CAÑÓN DEL DERRAMADERO, COAH., elaborado en el año 2004, por Lesser y Asociados, S.A. de C.V: (Ref. 4).

RECOPIACIÓN DE CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA, HIDROLÓGICA Y GEOLÓGICA DEL INEGI (Ref. 6).

G14-C32 General Cepeda
G14-C33 Saltillo
G14-C34 Arteaga
G14-C42 Sierra El Laurel
G14-C43 Agua Nueva
G14-C44 Huachichila

Ref. 7.- Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción del Oro, Saltillo and Monterrey, México, elaborado por Ricardo José Padilla y Sánchez, tesis doctoral, Universidad de Texas en Austin, 1982.

Ref. 8.- North American Continent Ocean Transects Program Transect H-1: La Paz to Saltillo, Northwestern and Northern México, por Luis Miguel Mitre Salazar y Jaime Roldán Quintana (fecha y sitio de publicación desconocidos).

Ref. 9.- Water Infrastructure Study Saltillo, México, por William C. Allanach et al. (fecha y sitio de publicación desconocidos).

Ref. 10.- Observaciones generales sobre la estructura de la Sierra Madre Oriental, por M. Taroy, et. al, 1975. Revista del Instituto de Geología, UNAM.

Ref. 11.- Upper Jurassic Stratigraphic Relations Near Monterrey, Nuevo León, México, por Alfred Weidie y J. A. Wolleben, boletín de la Asociación Americana de Geólogos Petroleros V.53 No. 12, 1969.

Ref. 12.- Structure and Mesozoic Stratigraphy of Northeast Mexico, por John L. Russell and Jon A. Baskin de la Universidad de Texas A&I, 1984.

Ref. 13.- Petroleum geology and resources of northeastern Mexico, por James A. Peterson, USGS, reporte 83-712, 1983.

Ref. 14.- Stratigraphy and Structure of Jurassic and Cretaceous Rocks of the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico, por Randall Marrett, James Lee Wilson, William C. Ward, 1999, Universidad de Texas en Austin.