CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cuatrociénegas-Ocampo (0504), estado de Coahuila

Ciudad de México, 2024

Contenido

1 GENERALIDADES 2
Antecedentes 2
1.1 Localización 2
1.2 Situación Administrativa del acuífero 5
2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD 5
3 FISIOGRAFÍA 6
3.1 Provincia Fisiográfica 6
3.2 Clima 7
3.3 Hidrografía 7
3.4 Geomorfología 8
4 GEOLOGÍA 9
4.1 Estratigrafía 10
4.2 Geología Estructural 14
4.3 Geología del subsuelo 16
5 HIDROGEOLOGÍA 19
5.1 Tipo de acuífero 19
5.2 Parámetros hidráulicos 20
5.3 Piezometría 21
5.4 Comportamiento hidráulico 21
5.4.1 Profundidad al nivel estático 21
5.4.2 Elevación del nivel estático 22
5.4.3 Evolución del nivel estático 22
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea 23
6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA 23
7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 24
8 DISPONIBILIDAD 24
8.1 Recarga total media anual (R) 25
8.2 Descarga natural comprometida (DNC) 25
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) 25
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA) 26
9 BIBLIOGRAFÍA 27

1 GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, en el caso de las aguas subterráneas esto debe ser por acuífero, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la "NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales". Esta norma ha sido preparada por un grupo de especialistas de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, gobiernos estatales y municipales y de la CONAGUA.

La NOM establece para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas la realización de un balance de las mismas donde se defina de manera precisa la recarga, de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

Los resultados técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información, se especifique claramente el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar.

La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, transparentar la administración del recurso, planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

1.1 Localización

El acuífero Cuatrociénegas-Ocampo, definido con la clave 0504 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción central del Estado de Coahuila, a unos 75 km al poniente de la ciudad de Monclova, Coahuila. Tiene una extensión superficial de 6,433 kilómetros cuadrados. Geográficamente, está comprendido entre los paralelos 26°59'22.2" y 28'04'40.7" de latitud norte y entre los meridianos 101°S1'13.8" y 102°51'62" de longitud oeste (figura 1).

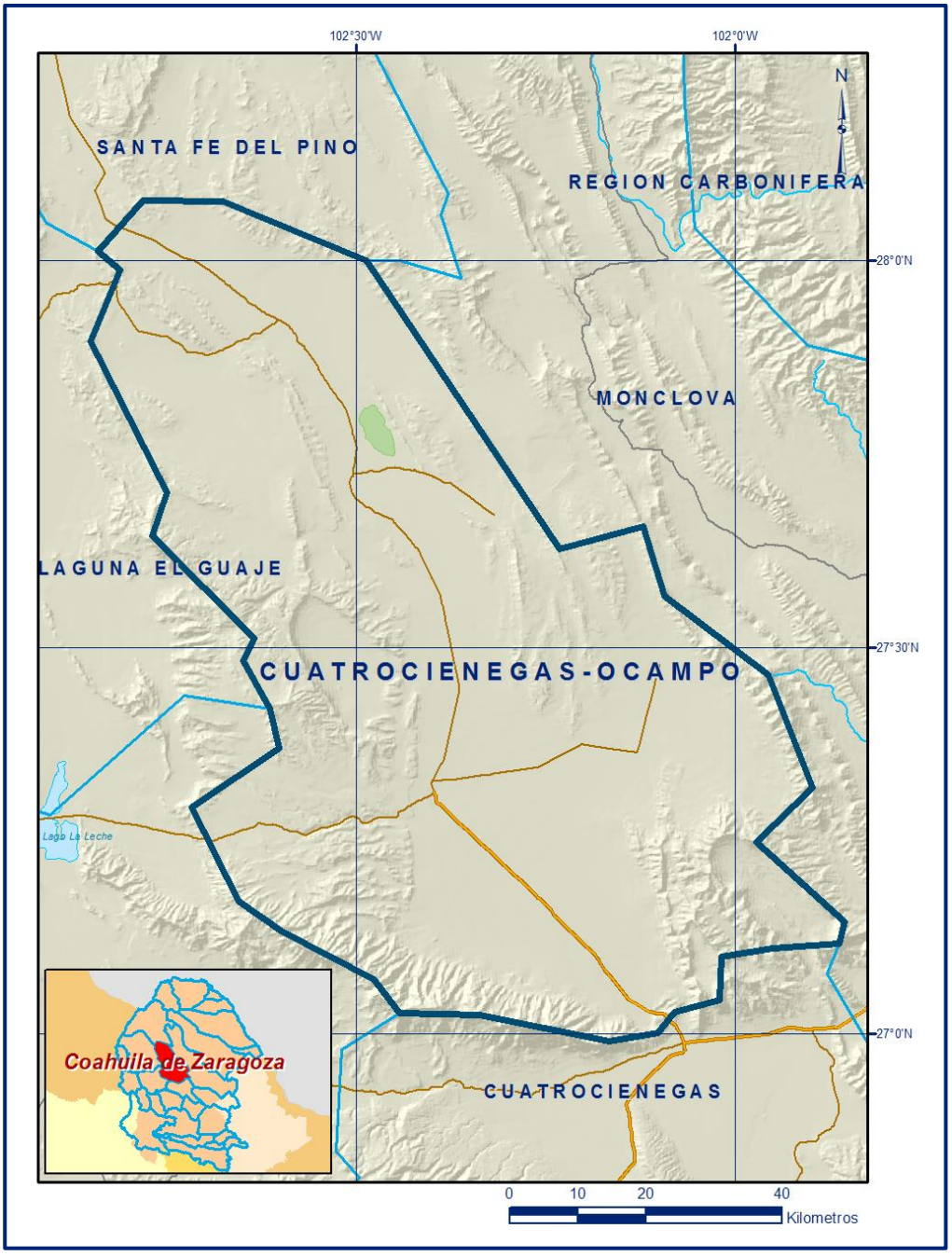

Figura 1. Localización del acuífero

Aproximadamente, las tres cuartas partes de la extensión del acuífero están comprendidas en el municipio de Ocampo; la porción complementaria corresponde a los municipios de Cuatrociénegas y Lamadrid. La población urbana más importante dentro del área que ocupa el acuífero es Villa Ocampo y las comunidades rurales principales son: La Victoria, Los Laureles, Nueva Reforma, San Isidro, El Socorro, La Mora y El Revés.

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 0504 CUATROCIENEGAS-OCAMPO						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	102	48	46.7	27	59	18.4
2	102	50	31.7	28	0	45.5
3	102	46	57.6	28	4	40.7
4	102	40	37.5	28	4	39.9
5	102	29	14.2	28	0	1.1
6	102	13	55.1	27	37	38.9
7	102	7	13.7	27	39	24.5
8	102	5	36.1	27	33	59.4
9	101	57	18.5	27	27	51.0
10	101	53	47.4	27	19	6.5
11	101	58	15.7	27	14	52.4
12	101	51	13.8	27	8	36.9
13	101	51	40.4	27	6	56.8
14	101	56	56.8	27	6	34.5
15	102	1	4.4	27	5	57.7
16	102	1	11.8	27	2	33.3
17	102	4	46.8	27	1	38.8
18	102	6	3.2	27	0	0.9
19	102	9	59.2	26	59	22.2
20	102	20	13.6	27	1	24.8
21	102	26	33.9	27	1	35.2
22	102	28	38.2	27	4	11.4
23	102	35	56.9	27	7	53.0
24	102	39	21.6	27	10	15.9
25	102	43	3.9	27	17	32.5
26	102	36	8.0	27	22	10.3
27	102	36	54.4	27	25	12.0
28	102	39	0.9	27	28	54.8
29	102	38	6.0	27	30	42.7
30	102	46	15.5	27	38	38.6
31	102	45	5.7	27	42	2.2
32	102	51	6.2	27	53	45.9
1	102	48	46.7	27	59	18.4

1.2 Situación Administrativa del acuífero

El acuífero Cuatrociénegas-Ocampo pertenece al Organismo de Cuenca VI Río Bravo. Su territorio se encuentra totalmente sujeto a las disposiciones del "DECRETO por el que se declara de utilidad pública el restablecimiento del equilibrio hidrológico, así como la protección, mejoramiento, conservación y restauración del acuífero Cuatrociénegas-Ocampo", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2012. Este decreto establece zona reglamentada en la totalidad del acuífero. De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 2.

La población económicamente activa se distribuye entre sectores como sigue: 45% en el Primario, 45% en el Secundario y 10% en el Terciario. En el sector primario destaca la agricultura, con la producción de trigo, maíz y forrajes, principalmente alfalfa. Actividades menores de este sector son: la ganadería, que tiene un desarrollo modesto y consiste en la cría de ganado bovino para carne, caprino y porcino; la minería, representada por la explotación de yacimientos de fluorita, plata, plomo, cobre y oro, que aunque de importancia dentro del Municipio de Ocampo, a nivel del acuífero se lleva a cabo a nivel muy rudimentario y de gambusinaje, la piscicultura, practicada en pequeña escala en estanques y represas, y la explotación forestal de bosques de pino y cedro blanco, candelilla y fibras de lechuguilla y palma.

Dentro del territorio que comprende al acuífero, existen solamente pequeñas unidades industriales dedicadas a la elaboración de productos alimenticios. No hay indicios de expansión en el sector industrial. El sector terciario se orienta al comercio al por menor, compra-venta de alimentos, bebidas, productos de tabaco, prendas de vestir y artículos de uso personal, gases, combustibles y lubricantes.

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

El estudio geohidrológico con que se cuenta en los archivos de esta Comisión es el realizado por la empresa ININSA (1980), el cual cubrió el Valle de Ocampo y la parte norte del Valle de Cuatrociénegas. En este estudio se definió un acuífero granular que rellena los valles y un acuífero calizo. Como parte del estudio fueron censados 210 aprovechamientos: 121 pozos, 56 norias, 31 manantiales y 2 sondeos exploratorios.

En conjunto, las captaciones extraían del acuífero granular alrededor de 35 hm^3/año, volumen destinado en su mayor parte a la agricultura.

Por medio de un balance de aguas subterráneas para el periodo noviembre de 1979-noviembre de 1980, se estimó que la magnitud de la recarga del acuífero granular en el Valle de Ocampo variaba entre 15 a 25 hm^3/año. La descarga del acuífero calizo por medio de manantiales se evaluó en un orden de 4.8 hm^3/año. La recarga del acuífero calizo se infirió del mismo orden o superior a la descarga de los manantiales (5 hm^3/año). Otro tipo de estudios realizados que fueron recopilados en la zona es la cartografía geológica escala 1:250,000 realizada por el INEGI (1990), que cubre las cartas geológicas Ocampo (G13-3), San Miguel (H-13-12), Nueva Rosita (G14-1) y Piedras Negras (H14-10).

3 FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia Fisiográfica

La zona en donde se encuentra el Acuífero Cuatrociénegas-Ocampo se localiza en la Provincia Fisiográfica de Sierras y Cuencas, Subprovincia Golfo de Sabinas (Raísz, 1964), la cual se caracteriza por sierras sensiblemente paralelas entre sí, estrechas y alargadas, con fuertes pendientes topográficas y grandes acantilados, que rodean a valles amplios de suave pendiente topográfica.

La Provincia Fisiográfica de Sierras y Cuencas, limita al norte con la Subprovincia de Sierras del Norte perteneciente a la Provincia de la Sierra Madre Oriental y al sur con la Subprovincia de Sierras Atravesadas también perteneciente a la Sierra Madre Oriental.

Entre estos valles resalta el Valle de Ocampo que guarda una orientación SE-NW con elevaciones del terreno que varían entre 1,250 y 900 msnm, disminuyendo del noroeste al sureste. Este valle tiene una longitud máxima en el sentido de su orientación de aproximadamente 130 km, es un valle que se ensancha en la zona de la población Villa de Ocampo con una longitud máxima de 30 km y se angosta hasta 10 km hacia el noroeste de San Miguel.

Las sierras que rodean al valle, también se orientan SE-NW, las máximas elevaciones del terreno son de 3,020 msnm en la Sierra Madera, 2,440 msnm en la Sierra La Mula, 2,280 msnm en la Sierra El Fuste, 2,320 msnm en la Sierra Menchaca, 2,040 msnm en la Sierra El Capulín, 2,080 msnm en la Sierra Palomino, 1,640 msnm en la Sierra La Encantada, 1,608 msnm en la Sierra los Caballos y 1,760 msnm en la Sierra Futimias.

3.2 Clima

Las características del clima fueron analizadas con base en los registros de las estaciones climatológicas "Cuatrociénegas" y "Ocampo", localizadas respectivamente en las zonas de los mismos nombres. El análisis climatológico comprendió los lapsos 1943-2006 en la primera, y 1960-98 en la segunda.

En la zona predominan dos tipos de clima: muy seco y muy cálido en su porción plana; seco templado en las sierras limítrofes. Según los registros de la estación climatológica instalada en el poblado de Ocampo, la precipitación media anual varia en el área entre poco más de 400 mm en las montañas limítrofes y 291 mm en la porción plana. El promedio anual considerado en los cálculos fue de 300 mm anuales.

La lluvia anual presenta fluctuaciones de un año a otro, alternándose ciclos secos con ciclos lluviosos; entre aquéllos destacan los comprendidos entre los años 1942-56, 1964-67, 1993-96 y 1998-2005.

La temperatura media anual fue de 19.4 °C. Altas temperaturas y escasa humedad relativa determinan que la evaporación potencial promedio anual sea de 1,921 mm.

3.3 Hidrografía

Conforme a la regionalización hidrológico-administrativa de la Comisión Nacional del Agua, el acuífero se localiza dentro de la Región Hidrológica Río Bravo-Conchos (RH-24), Cuenca P. Falcón-R. Salado.

No existen corrientes superficiales importantes, porque el escaso escurrimiento superficial de los arroyos efímeros se infiltra en los flancos de las sierras y en los bordes del valle. Los arroyos principales son los denominados: "Los Jamoncillos", que drena al Potrero La Mula; "El Mimbre", que se origina en la Sierra La Madera, y "Los Caballos", que nace en la Sierra de Menchaca. Todos ellos son de régimen transitorio y escurrimiento torrencial de corta duración.

El patrón de drenaje regional es predominantemente de tipo dendrítico, aunque en algunas áreas es de los tipos paralelo y radial. Las corrientes son de régimen transitorio, con escurrimientos torrenciales de unas cuantas horas de duración.

También de cierta importancia es el arroyo sin nombre (referido en algunos estudios como Río Cañón), que labró el cañón El Papalote-Molino del Rey, a través del cual se conectan superficialmente, los valles de Ocampo y Cuatrociénegas.

3.4 Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos de la zona son el resultado de la deformación tectónica de la Orogenia Laramide durante el Cretácico Superior-Terciario Temprano, que dio forma original al relieve, el cual posteriormente ha sido modificado por procesos exógenos de intemperismo y erosión.

La zona se encuentra en etapa geomorfológica de madurez franca, reflejada en la notable erosión de las estructuras geológicas, definiéndose tres unidades principales siguientes:

Unidad Montañosa

Está conformada principalmente por las rocas calizas del Cretácico Inferior, que forman estructuras plegadas, falladas, fracturadas y modeladas por los agentes de intemperismo. Presenta laderas generalmente de fuerte pendiente topográfica y profundos cañones de paredes escarpadas.

En algunas sierras de anticlinal la intensidad de la erosión ha sido tal, que se formaron porteros estructurales como el de “La Mula, “Menchaca” y “La Virgen”. La red hidrográfica dominante es de tipo dendrítico, aunque localmente existe del tipo rectangular controlada por los sistemas de fracturamiento.

Unidad de Lomeríos

Se distribuye en las estribaciones de las sierras y sobresalen del valle aluvial de Ocampo en el área de las poblaciones de San Miguel y San Isidro. En estas áreas está conformada por las rocas arcillosas del Cretácico Superior y se caracterizan por cortas alturas y suave pendiente topográfica.

Otros lomeríos están formados por derrames de basaltos en la ladera sur de la Sierra La Mula, en la ladera norte de la Sierra Menchaca, y en el Valle de Ocampo en el área de La Escondida, Loma Prieta y El Coyote. La red hidrográfica es del tipo dendrítico radial, con cauces bien definidos y poco profundos.

Unidad de Valles Aluviales

Comprende los valles aluviales de la región entre los más importantes el Valle de Ocampo, Valle Menchaca y Valle Jamoncillos, que se caracterizan por partes planas de suave pendiente topográfica rellenados por depósitos aluviales y eólicos, y por derrames de basaltos como en el Valle de Ocampo. El Valle de Ocampo, de acuerdo con la información geológica recopilada, está labrado sobre un sinclinorio conformado por las rocas arcillosas del Cretácico Superior, que se caracterizan por su poca resistencia a la erosión.

Por el contrario, el Valle Menchaca fue originado por la erosión del anticlinal del mismo nombre hasta niveles de las rocas arcillosas y yesíferas de la Formación La Virgen del Cretácico Inferior. En cambio, el Valle Jamoncillos, localizado al noroeste del Valle Menchaca, está formado en un sinclinal en donde las rocas arcillosas del Cretácico Superior fueron erosionadas. En esta unidad, también se incluye al pie de monte que está compuesto por abanicos aluviales o conos de deyección de los arroyos que descienden de las sierras circunvecinas y por depósitos de talud.

El patrón de drenaje en los valles aluviales es poco denso y mal definido, debido a que los depósitos expuestos aluviales y eólicos tienen buena capacidad de infiltración, y a que la precipitación pluvial de la región es baja.

4 GEOLOGÍA

Las sierras que limitan al valle tienen orientación aproximada noroeste-sureste y están formadas por rocas sedimentarias de Edad Cretácica de la Formación Aurora: principalmente calizas y, en menor proporción, calizas arcillosas o lutitas calcáreas. Los estratos de estas rocas forman estructuras anticlinales en las sierras y sinclinales en el subsuelo de los valles.

El relleno de los valles, cuya edad varía del Terciario al Cuaternario (Reciente), está formado por materiales aluviales, producto del intemperismo y erosión de las sierras circundantes; su espesor varía en el área entre unos cuantos metros en los flancos montañosos y más de 120 metros en la porción central del valle (figura 2). Subyaciendo al relleno granular en forma discordante, se encuentran las rocas calcáreas y calcáreo arcillosas, cuyo espesor es del orden de 800 metros.

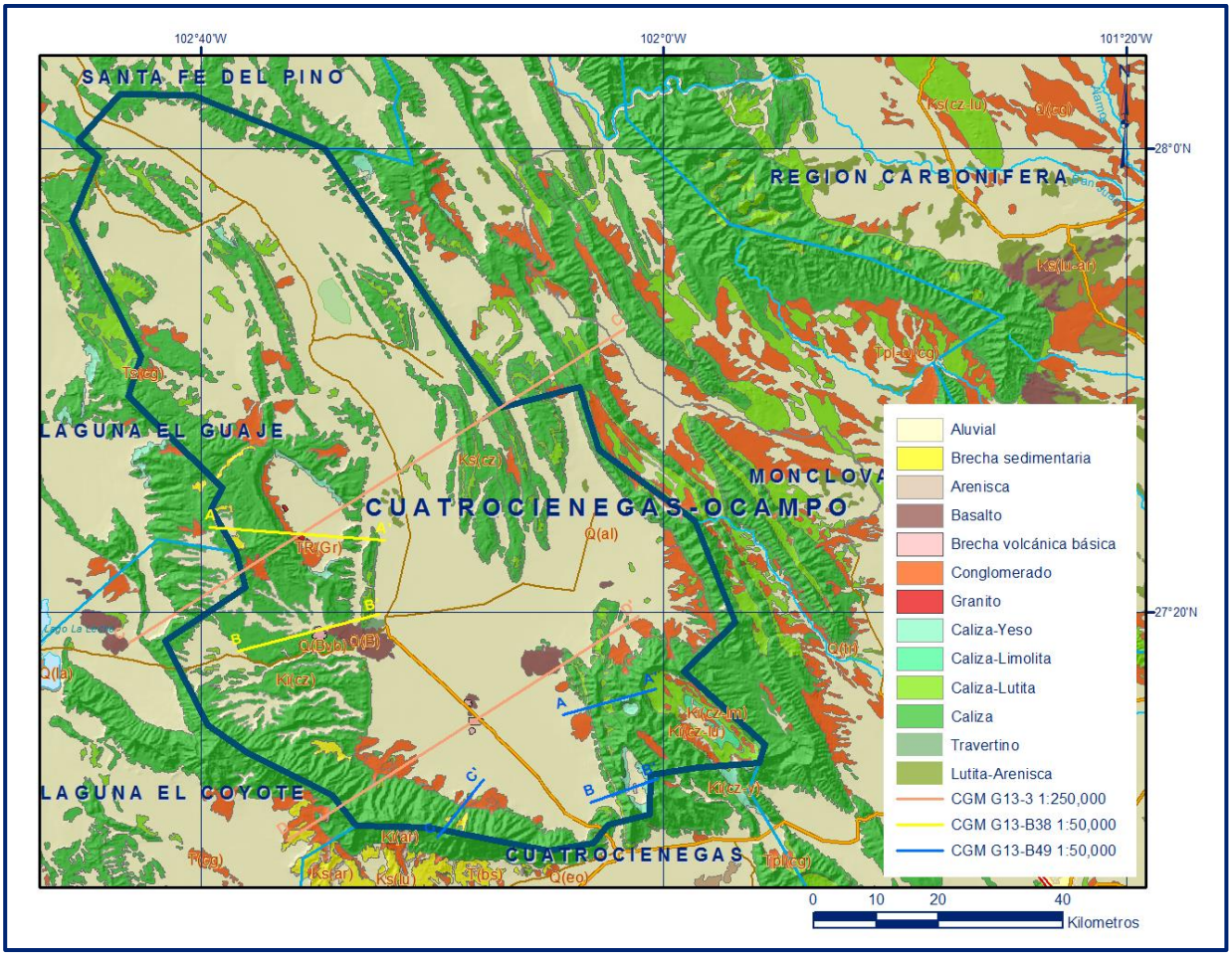

Figura 2. Geología general del acuífero

4.1 Estratigrafía

CRETÁCICO INFERIOR

Formación Patula (Kip)

Esta unidad geológica se ha cartografiado como las más antiguas de las rocas sedimentarias que afloran en la zona. Consiste de una secuencia de areniscas cuarcíferas con vetillas de calcita, que forman estratos de 10 a 40 cm de espesor, localmente fracturada y con nódulos de hematita.

El color de intemperismo es verdoso, amarillento y en ocasiones rojizo; en muestra sana, tiene colores gris crema y gris oscuro. Sus afloramientos, poco extensos, forman pequeños lomeríos abombados en los núcleos de los anticlinales de las Sierras Menchaca y de La Mula. Los componentes de estas rocas son de origen continental y fueron depositados en un medio marino de oxidación, en las márgenes de la Paleopenínsula de Coahuila y bajo una rápida subsidencia.

Formación Padilla (Kipa)

Está constituida por calizas dolomíticas, dispuestas en estratos de 20 a 40 cm de espesor, con intercalaciones de lutita y caliza arcillosa. La coloración al intemperismo es gris amarillento y pardusco, en muestra fresca las dolomitas son gris oscuro, las lutitas gris café y las calizas arcillosas gris claro y pardusco. Aflora en los potreros de La Virgen y de La Mula, desconociendo su espesor total.

Su contacto superior es concordante, aunque no se puede observar por estar cubierto por la Formación La Virgen. La Formación Padilla se depositó en un ambiente nerítico somero, que recibió gran aporte de clásticos y carbonatos de calcio.

Formación La Virgen (Kiv)

Está compuesta por yesos blancos terrosos, alternados con horizontes delgados de calizas ooliíticas y calizas arcillosas. También es común encontrar delgados lentes de limolitas gris a café y lutitas amarillentas. El espesor total del conjunto es de 500 m aproximadamente. Aflora en los potreros de La Virgen y La Mula. La abundancia de rocas evaporíticas revela que esta Formación se originó en un ambiente lagunar con circulación restringida hacia el mar y con aporte de detritos finos continentales.

Formación Cupido

Fue propuesta por Imlay (1937) para referirse a una secuencia calcárea que se encuentra en la localidad tipo en el Cañón El Mimbre, en la Sierra de Parras, Coahuila. Está constituida principalmente de calizas color gris claro a oscuro, en estratos de 60 a 110 cm de potencia, con nódulos de pedernal y vetillas de calcita entre los estratos. Sus capas expuestas frecuentemente presentan líneas estilolíticas y superficies de rugosidad por la disolución de carbonatos. Aflora en las Sierras Menchaca, Capulín y Cristo, y en los Potreros La Virgen y de La Mula. Su espesor estimado en el Potrero de La Virgen es de 200 m. De acuerdo con su litología y con la paleogeografía, esta formación se depositó en un ambiente de plataforma de aguas neríticas de alta energía.

Formación La Peña

Fue definida por Imlay (1936), su localidad tipo se encuentra al flanco Norte de la Sierra Taraises. Es fácil identificarla en el campo, debido a que es poco resistente a la erosión formando puertos topográficos de erosión.

Es una Formación índice, que ha servido de apoyo para descifrar la estratigrafía de la región, aflorando en todas las sierras de la zona. Consta de una secuencia alternante de lutitas y calizas arcillosas con estratos de limolitas. Su color al intemperismo es gris pardusco o rosáceo, y gris amarillento en muestra sana. Su espesor varía entre 5 y 50 m. Es concordante con la Formación Aurora y se le considera del Aptiano-Albiano Inferior. Su litología indica un acarreo de detritos de las zonas positivas, durante movimientos verticales en el Aptiano, su ambiente de depósito es infranerítico.

Formación Aurora (Kia)

Fue definida por Burrows (1910), como una secuencia de calizas en la localidad tipo en la Mina La Aurora en la Sierra de Cuchillo Parado al Oeste de Ojinaga, Chihuahua. Sus afloramientos se encuentran en las crestas de las sierras, en donde ocupa extensas áreas debido a la posición casi horizontal de sus estratos.

Está formada por calizas de color gris a gris crema, de textura fina, con estilolítas interestratificadas. La potencia de sus estratos es de 40 a 150 cm, siendo comunes los nódulos de pedernal y los horizontes delgados de lutitas. Su espesor estimado en la Sierra de Menchaca es de 300 m.

Representa una transgresión marina que ocasionó inicialmente el depósito de calizas en ambiente de plataforma, al progresar la transgresión se acumularon las calizas con nódulos de pedernal propiamente en un ambiente de cuenca.

Formación Kiamichi (Kik)

Consiste de una alternancia de lutitas y calizas arcillosas, color al intemperismo café amarillento, al fresco el color varía entre café oscuro y gris claro. Su estratificación es de laminar hasta estratos de 40 a 60 cm de espesor. Se le estima un espesor promedio de 120 m. Aflora en la mayoría de las sierras y es fácilmente identificable por su puerto de erosión entre la Formación Aurora y el Grupo Washita. Fue depositada en mares someros con importante aporte de clásticos finos provenientes de zonas positivas.

CRETÁCICO SUPERIOR

Grupo Washita Indiferenciado (Ksw)

El Grupo Washita está integrado por las formaciones Georgetown, Del Río y Buda. El conjunto consiste de una secuencia alternante de calizas, lutitas y calizas arcillosas con

nódulos de pedernal y hematita.

El color al intemperismo es gris amarillento y los estratos son gruesos en la base, delgados a laminares en la parte media y delgados en la cima. Este conjunto litológico aflora ampliamente en la zona, observándose en las Sierras La Madera, Menchaca, Ovejas, La Mula, El Huevo, El Rocío, Las Burras y Palos Blancos. El espesor total estimado del Grupo es de 250 m.

Formación Eagle Ford (Ksef)

Está compuesta por una secuencia de calizas muy arcillosas de estratificación laminar, alternadas con lutitas y margas de color gris oscuro. Presenta fragmentos de pelecípodos y ostrácodos. Su espesor no es apreciable debido a que sus afloramientos están incompletos. Esta unidad aflora en ambos flancos de la Sierra la Madera, y en las porciones norte y centro del Valle de Ocampo. Su depósito tuvo lugar en un ambiente nerítico de aguas someras, con aporte de terrígenos y ligeras subsidencias.

Rocas Graníticas

Una serie de pequeños afloramientos sobre el flanco noroeste del Anticlinal Potrero de La Mula, son los únicos representantes de estas rocas intrusivas. Se trata de un granito color gris verdoso, café amarillento al intemperismo. Se encuentra en contacto discordante con Formaciones del Cretácico Inferior. Las rocas intrusivas de la región, de acuerdo con Mckee y otros (1990) se pueden interpretar como las rocas plutónicas del Triásico que cortan el arco proximal de la cuenca Las Delicias, constituyendo de esta forman parte del basamento geológico del complejo sedimentario marino.

Rocas Riolíticas

Se trata de rocas volcánicas color rosáceo con abundante cuarzo textura afanítica y estructura masiva poco fracturada. Afloran únicamente en la parte suroeste del Potrero La Mula, formando dos montículos de longitud superficial no mayor de un kilómetro y de alturas menores de 200 m. Las rocas volcánicas riolíticas están en contacto discordante con las Formaciones del Cretácico Inferior.

Rocas Basálticas

Están constituidas por derrames lávicos de basaltos de estructura vesicular, escoreácea y columnar superficialmente, y masiva a profundidad. La textura predominante es micorcristalina y vítrea, su fracturamiento en superficie es

abundante y, aparentemente, disminuye conforme aumenta la profundidad.

Los afloramientos de basalto ocupan áreas poco extensas, en comparación con los de las rocas sedimentarias, encontrándose más o menos alineados E-W en las partes centrales del Valle de Ocampo.

Los afloramientos de mayor extensión se localizan al poniente de la población Villa Ocampo, en el límite norte de Sierra Menchaca en contacto discordante con Formaciones del Cretácico Superior, y en el área de El Refugio, Loma Prieta y El Coyote.

Estas rocas basálticas de la región posiblemente se relacionan con el fallamiento normal que imperó en la región posterior a los esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide.

CUATERNARIO

Depósitos Aluviales del Cuaternario

Los depósitos aluviales que se encuentran rellenando los valles de la región y forman los depósitos de pie de monte, fueron derivados de las rocas expuestas en las zonas montañosas. En los valles consisten de clásticos no consolidados de granulometría variada; gravas, arenas, limos y arcillas, con predominio de grano fino debido a la gran longitud de transporte y a la baja capacidad de arrastre de las corrientes superficiales. Tienen espesores de relleno de los valles que varían entre 20 y 90 m. Los clásticos aluviales y coluviales de pie de monte que se distribuyen en los flancos de las sierras, están compuestos por bloques, cantos rodados, gravas y arenas, no consolidados o parcialmente cementados por caliche. El espesor de estos depósitos clásticos heterogéneos varía entre 20 y 60 m.

4.2 Geología Estructural

Los rasgos geológico-estructurales existentes en la zona son consecuencia de la deformación tectónica de la Orogenia Laramide durante el Cretácico Superior y Terciario sobre los sedimentos marinos de la Cuenca de Sabinas. Las estructuras más conspicuas son una serie de pliegues anticlinales y sinclinales con orientación SE-NW, conformados por rocas sedimentarias marinas de formaciones del Cretácico Inferior y Superior. Son pliegues estrechos, alargados, paralelos entre sí, con flancos generalmente de fuerte buzamiento, característicos de la Cuenca de Sabinas.

Los pliegues más importantes son los siguientes:

Anticlinal La Madera: es un anticlinal simétrico edificado en gran parte en su núcleo por la Formación Aurora. Tiene una longitud de aproximadamente 60 km con orientación preferencial SE-NW, en su extremo sureste cambia de rumbo casi E-W.

Anticlinal La Mula: es un anticlinal simétrico buzante en sus dos extremos, erosionado en su núcleo hasta niveles de la Formación La Virgen, formando un gran potrero estructural conocido como Potrero La Mula. Guarda una orientación SE-NW a lo largo de 50 km de longitud.

Anticlinal Menchaca: es un anticlinal simétrico erosionado en su núcleo hasta niveles de la Formación Patula, formando el Potrero Menchaca. Mantiene una dirección preferencial SE-NW y tiene una longitud aproximada de 36 km.

Anticlinal Los Capulines: es un anticlinal simétrico, también erosionado en su núcleo, formando dos potreros en su extremo noroeste. Está orientado a SE-NW y tiene una longitud de aproximadamente 100 km.

Sinclinal Jamoncillos: es un sinclinal simétrico que forma un gran valle aluvial con formaciones del Cretácico Superior en su centro. Guarda una orientación SE-NW y tiene una longitud de aproximadamente 62 km.

Sinclinorio Valle de Ocampo: Es un conjunto de sinclinales y anticlinales desarrollados en Formaciones del Cretácico Superior, que están sepultados por los depósitos aluviales. Este sinclinorio es más ancho en la parte sureste y a partir de las poblaciones de San Miguel y San Isidro se angosta hacia el noroeste.

Otra estructura relevante originada por la Orogenia Laramide es la falla inversa La Madera que aflora en el borde sur y suroeste de la Sierra La Madera, poniendo en cabalgadura hacia el sur a la Formación Aurora encima de la Formación Eagle Ford.

Hacia el oriente antes de la población de Cuatrociénegas se continúa en el subsuelo del Valle de Cuatrociénegas y más hacia el noroeste, también se continúa en el subsuelo del Llano el Macho y Laguna El Guaje. Se puede apreciar en superficie por una longitud aproximada de 110 km.

Las estructuras relacionadas con la etapa distensiva posterior a los esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide, son una serie de fallas normales con orientación regional preferencial SE-NW.

Entre estas fallas se puede citar las más importantes que INEGI (1999) cartografía con longitudes hasta de 25 km en los flancos suroeste de las Sierras La Madera y El Fuste.

Dentro de estas estructuras distensivas, igualmente se puede agrupar al lineamiento tectónico que el INEGI (op.cit) marca con orientación regional E-W desde la Laguna La Leche (Los Cuates), atravesando las Sierras La Mula y La Madera a la altura de la población de Villa de Ocampo.

Los derrames basálticos de la región posiblemente se relacionan a un vulcanismo fisural a través de las estructuras distensivas antes descritas, tal como lo indica su alineamiento con el rasgo tectónico rumbo E-W.

4.3 Geología del subsuelo

La investigación de la geología del subsuelo del Valle de Ocampo se fundamentó en información recopilada de cortes litológicos de pozos de extracción y sondeos eléctricos verticales, reportados en el estudio de ININSA (1980), así como en los cortes litológicos de sondeos exploratorios (□=NQ) realizados por la extinta Dirección de Geohidrología y Zonas Áridas, durante el periodo de 1972 a 1976. Con el propósito de ilustrar la geología del subsuelo se presentan en el anexo correspondiente, dos secciones elaboradas por ININSA (op.cit) una dirección SE-NW y otra SW-NE. De la misma forma se presenta un plano con la localización de los pozos y sondeos exploratorios con corte litológico. Al igual que los cortes litológicos recopilados y perfiles geoléctricos también elaborados por ININSA (op.cit).

De acuerdo con los cortes litológicos, el relleno del subsuelo del Valle de Ocampo está compuesto por los depósitos aluviales del Cuaternario, rocas basálticas y conglomerados probablemente correlacionables con el Conglomerado Reynosa.

Los espesores del relleno generalmente se incrementan desde las márgenes del valle hacia la parte centro-sur del mismo. Los pozos de extracción y sondeos exploratorios

localizados en el área de la población Villa de Ocampo, cortaron depósitos aluviales con espesores entre 6 y 16 m.

Las exploraciones Los Laureles I y II localizadas en la margen oriente del valle cortaron un relleno de 30 y 123 m, constituido de la base a la cima por un conglomerado calcáreo con espesor máximo de 106 m, basalto con espesor de 9.5 m y aluvión con espesor de 8 m.

El pozo de extracción Guadalupe I, ubicado en la parte centro-sur del valle perforó depósitos aluviales con un espesor de 66 m compuestos en la parte superior hasta 38 m por arenas y limo-arcilloso, y en la parte inferior por gravas, arcillas con fragmentos de tobas volcánicas.

En el Ejido Los Laureles fueron perforados debajo de los depósitos de relleno en el orden descendente siguiente: calizas arcillosas de la Formación Austin con un espesor de 30 m en el sondeo exploratorio Los Laureles I y más de 155 m en el sondeo Los Laureles II; lutitas de la Formación Eagle Ford con un espesor de 45 m en el sondeo Los Laureles I; y calizas arcillosas del Grupo Washita con un espesor de más de 147 m en el sondeo Los Laureles I.

En el área de la población Villa de Ocampo se perforó subyaciendo a los depósitos aluviales calizas arcillosas de la Formación Georgetown del Grupo Washita con espesores de 216 m en el sondeo exploratorio Ocampo I, de 28 m en el sondeo exploratorio Ocampo II, de 152 m en el pozo de extracción Ocampo II, y de 158 m en el pozo de extracción Ocampo III. Debajo de la Formación Georgetown se perforaron lutitas de la Formación Kiamichi con espesores de más de 32 m en el pozo de extracción Ocampo II, más de 74 m en el pozo de extracción Ocampo III, 44 m en el sondeo exploratorio Ocampo II. Subyaciendo a la Formación Kiamichi fueron perforadas las calizas de la Formación Aurora en el sondeo exploratorio Ocampo I con un espesor de más de 28 m y en el sondeo exploratorio Ocampo II con un espesor de más de 122 m. El pozo de extracción Ocampo I perforó desde su inicio hasta su profundidad de 200 m, calizas de la Formación Aurora.

El pozo Guadalupe I perforó debajo de los depósitos aluviales a partir de los 66 m de profundidad, lutitas de la Formación Eagle Ford con un espesor de más de 74 m.

De la investigación geofísica realizada por ININSA (1980) en el Valle de Ocampo se definieron las unidades geoeléctricas siguientes:

Unidad A1: Su resistividad varía en un rango muy amplio de 10 a 1000 ohms-m, corresponde a sedimentos de granulometría, grado de saturación, compactación y cementación muy variados que forman la delgada capa de suelo.

Unidad A2: Definida por resistividades de 15 a 48 ohms-m, se relaciona con los depósitos aluviales de grano fino a medio, poco o no consolidados, cuya permeabilidad crece conforme aumenta la resistividad. Su espesor máximo es de unos 40 m en el perfil 1 (SEV 104) y de unos 90 m en el perfil 2 (SEV 204 y 206).

Unidad A3: Su resistividad varía entre 100 y 560 ohms-m, corresponde a horizontes conglomeráticos compactos, cuya permeabilidad decrece conforme aumenta la resistividad, posiblemente correlacionable con el Conglomerado Reynosa. Es más potente en el tramo poniente del perfil 2 y en la parte media del perfil 3, donde alcanzan espesores de unos 70 m.

Unidad B1: Está caracterizada por resistividades comprendidas entre 2 y 20 ohm-m, probablemente asociadas con las Formaciones Eagle Ford y Kiamichi. Su espesor registrado es de 100 a 200 m.

Unidad B2: Su resistividad varía entre 20 y 80 ohms-m, se le asocia con el Grupo Washita y Formación Kiamichi, constituidas por rocas arcillo-calcáreas de baja permeabilidad. Su espesor es de 120 a 160 m.

Unidad B3: Comprende resistividades de 100 a 160 ohms-m, corresponde a las rocas arcillosas del Cretácico Superior. El espesor es variado registrándose 70 m en el perfil 1, y es la unidad basal en algunos sondeos del perfil 2.

Unidad C: El rango de resistividades es de 200 a 380 ohms-m. Se trata de rocas carbonatadas arcillosas de baja permeabilidad asociadas con las formaciones del Cretácico Superior. Constituye la unidad geofísica basal a profundidades de 160 a 220 m en algunos tramos de los perfiles 1 (SEV 101, 102 y 103) y 3 (SEV 307 y 308).

Unidad D1: Definida por resistividades de 320 a 120 ohms-m, representativa de las rocas basálticas expuestas en la porción central del valle. Se le identificó en la parte media del perfil 2 a profundidades de 20 a 150 m.

Unidad D2: Tiene resistividades de 60 a 190 ohms-m, que posiblemente se asocia a rocas volcánicas de estructura irregular, se identificó únicamente en los perfiles 2 y 3.

5 HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

El acuífero tiene dos componentes principales, las rocas calcáreas y calcáreo-arcillosas (formaciones Austin, Grupo Washita, Aurora o Tamaulipas Superior) en las sierras y bordes del valle y el relleno de origen aluvial que rellena el valle. La porosidad y permeabilidad primarias de las rocas calcáreas dependen del medio ambiente en que se depositaron y de la solubilidad de sus componentes. En las montañas que bordean a la zona de Ocampo, estas características no son tan favorables como las de las calizas arrecifales expuestas en la sierra de San Marcos y Pinos, ubicada al sur de esa zona; en cambio, su porosidad y permeabilidad secundarias han tenido un regular desarrollo por disolución, plegamiento y fracturamiento de los estratos.

Debido a la heterogeneidad de estas rocas, con respecto a su permeabilidad, los pocos pozos que las captan tienen caudal y rendimiento desiguales: en el Rancho "Los Ampuero", localizado en el flanco norte de la Sierra La Madera existen varios pozos perforados en caliza, con caudales de 25 a 118 litros por segundo; en contraste, en el "Rancho Ximena", localizado en el flanco nororiental de la misma sierra, se perforó un pozo de 1,000 metros de profundidad que proporcionó un caudal brotante de apenas medio litro por segundo, y más recientemente, en el cañón de Calaveras, se perforó un pozo de 500 metros de profundidad, que también resultó negativo.

El ataque químico del agua sobre las componentes solubles de las rocas en estas zonas de debilidad da lugar a la formación de oquedades que transmiten el agua con facilidad y, eventualmente, la descargan en forma de manantiales, como los que brotan en el cañón que conecta a la zona de Ocampo con la de Cuatrociénegas y en afloramientos calizos ubicados al poniente del poblado de Ocampo.

En la parte topográficamente más baja de la zona, el acuífero está constituido por clásticos poco consolidados, de granulometría variada -gravas, arenas, limos y arcillas-

y permeabilidad media a baja, que forman un relleno heterogéneo de gran extensión superficial, espesor variable entre unos cuantos metros y cerca de 120 metros, limitado lateral e inferiormente por las calizas.

El relleno granular y las calizas permeables están conectados hidráulicamente, conformando una sola unidad acuífera. El relleno aluvial constituye el acuífero captado por la mayoría de los pozos existentes. El relleno y las calizas están hidráulicamente conectadas.

La recarga del acuífero es originada, principalmente, por la infiltración del agua de lluvia en los flancos de las sierras donde afloran las calizas acuíferas, que son las principales receptoras de recarga, transmiten el agua infiltrada hacia las partes bajas y constituyen un acuífero cuando yacen bajo la superficie freática regional.

El agua infiltrada circula en los macizos montañosos a través de oquedades, fracturas y planos de estratificación, fluye subterráneamente hacia las partes bajas de la zona y alimenta al relleno del valle.

A pesar de su gran extensión superficial, en el valle no se genera una recarga significativa porque la escasa lluvia que se infiltra es retenida en el suelo seco, en los primeros decímetros a partir de la superficie del terreno, y rápidamente evaporada; sólo en los abanicos aluviales y a lo largo de los arroyos principales, se origina una fracción de la recarga donde se concentran los escurrimientos en materiales gruesos de alta capacidad de infiltración.

5.2 Parámetros hidráulicos

Respecto a las características hidráulicas del acuífero, los estudios técnicos reportan coeficientes de transmisividad en el rango de 0.0002 a 0.008 metros cuadrados por segundo y coeficientes de almacenamiento de 0.0006 a 0.07, valores obtenidos mediante pruebas de bombeo.

La permeabilidad del relleno es de media a baja, debido al predominio de materiales de grano medio a fino; la heterogeneidad del acuífero con respecto a su permeabilidad, se re5eja en el irregular rendimiento de los pozos que lo captan, los cuales suministran caudales de 1 y 64 litros por segundo con rendimientos variados.

5.3 Piezometría

Con base en los datos de niveles de agua registrados en pozos se trazó la red de flujo subterráneo en el acuífero granular del valle, que es muy similar a su red hidrográfica.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

En el año 2001, la profundidad al nivel estático varía en el área entre menos de 10 y poco más de 40 metros, con tendencia creciente de las partes bajas del valle hacia los flancos montañosos. En el valle de Calaveras, los niveles de agua se registran en los pozos profundidades de 10 a 30 m, con los valores menores en el área del poblado La Victoria.

La configuración de la profundidad al nivel estático guarda una relación con la topografía en la parte centro-sur del valle en donde el acuífero se aloja en los depósitos de relleno, es decir que los niveles más profundos se presentaban en áreas topográficamente más altas hacia las márgenes del valle y los más someros en áreas topográficamente más bajas hacia el centro del valle. Por el contrario, la profundidad al nivel estático no guarda una relación con la topografía del terreno en la parte noroeste del valle en donde el acuífero se encuentra en las rocas arcillosas de Formaciones del Cretácico Superior. En esta parte los niveles más someros se presentan en las áreas topográficamente más altas y los más profundos en las áreas más bajas del valle.

Los niveles profundos que se presentan en la parte noreste del valle entre Nueva Reforma, La Azufrosa y Los Laureles, si concuerdan con la topografía elevada del valle. La distribución de niveles profundos en el valle es indicativa de áreas de recarga en las márgenes del mismo por medio de la infiltración de los escurrimientos superficiales que descienden de las sierras, a través de los depósitos aluviales permeables.

Los niveles someros que se acentúan en la parte centro-sur del valle son evidencia de condiciones de descarga del acuífero por medio de evapotranspiración, mecanismo de descarga que en la actualidad ha sido interceptado por el bombeo. Estos niveles someros, también pueden indicar descarga de los acuíferos calizos al acuífero en depósitos de relleno, a través de fracturas regionales que cortan a las secuencias

arcillosas poco permeables de la Formación Kiamichi y unidades geológicas del Cretácico Superior.

Las manifestaciones directas de esta descarga de los acuíferos calizos por medio de flujo vertical son: la existencia de pozos artesianos perforados en el relleno aluvial entre las localidades de Macondo y La Victoria; así como los manantiales que ININSA (1980) reportó entre las localidades La Averia y La Victoria, y los manantiales Las Pozas. Actualmente estos manantiales se han secado por el efecto del bombeo y sólo se reconoce que existe el manantial Las Pozas.

5.4.2 Elevación del nivel estático

La elevación del nivel estático varía en el área entre 1,180 metros sobre el nivel del mar en el extremo noroeste del valle y 780 metros sobre el nivel del mar en el borde sur del mismo. El agua del subsuelo circula de los flancos montañosos hacia su porción central y, ya en ésta, cambia de dirección hacia el sursureste para salir del valle a través del cañón que lo conecta con la zona de Cuatrociénegas.

5.4.3 Evolución del nivel estático

En el estado natural del acuífero, la mayor parte de su descarga natural ocurría a lo largo de este cañón, donde el agua subterránea afloraba en el arroyo y era transpirada por la abundante vegetación nativa que ahí existía; una fracción menor, subterráneamente por el subálveo del cauce y alimentaba al acuífero granular de Cuatrociénegas, y otra parte, en forma de manantiales que brotaban de la caliza en los flancos del cañón.

Con la construcción de gran número de pozos en la zona de Ocampo, especialmente concentrados en su porción sur -localmente denominada "Valle de Calaveras"-, se abatieron los niveles del acuífero y con ello se interceptó gran parte de la descarga natural. En la actualidad, en este valle se ha formado una depresión de los niveles del agua, hacia la que fluye el agua subterránea, y con ello se ha mermado el flujo subterráneo que sale al citado cañón.

En el intervalo 1996-2001, se registraron abatimientos de los niveles del agua de 0.2 a 1 metro por año; sólo en un pozo se registró un abatimiento de tres metros por año, en la porción centro sur de la zona, donde se concentra el bombeo de pozos. En ese mismo periodo, entre el poblado La Victoria y la entrada al cañón que conecta a esta

zona con la de Cuatrociénegas, se registraron abatimientos anuales hasta de un metro por año.

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

En la mayor parte de su extensión, el acuífero Cuatrociénegas-Ocampo contiene agua con salinidad total menor que 1,000 miligramos por litro, por lo cual, con respecto a este parámetro, es apta para el consumo humano, conforme a lo dispuesto en la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 "Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo del 2022. En la porción sur de la zona (valle de Galaveras), principal área de captación de agua subterránea, el agua bombeada por los pozos tiene conductividad eléctrica de 400 a 1,500 micromhos/cm, que corresponde a una salinidad aproximada de 250 a 1,000 miligramos por litro.

Únicamente se encuentra agua de mayor salinidad en la porción noreste de la zona: en el flanco de la Sierra de Menchaca, algunos pozos extraen agua cuya conductividad eléctrica varía entre 1,500 y poco más de 2,000 micromhos/cm (1,000 a 1,300 miligramos por litro de salinidad total), esto es, agua clasificada como de salinidad media, no apropiada para el consumo humano, pero apta para riego en zonas arenosas con un manejo adecuado.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

Como parte de los estudios técnicos, en la zona de Cuatrociénegas-Ocampo se censaron 192 captaciones de agua subterránea: 172 pozos, 14 norias y 6 manantiales. Atendiendo al uso del agua, las 101 que se encontraron activas están distribuidas como sigue: 70 agrícolas, 24 doméstico/pecuarios y 7 público urbano.

Según la información recabada durante el censo, las 101 captaciones activas extraen un volumen total de 55.4 hm^3 anuales, correspondiendo **51.5 hm^3 anuales** a las captaciones artificiales (pozos y norias) y **3.9 hm^3 anuales** a los manantiales. La extracción total se distribuye por usos del agua como sigue: 51.5 (93%) corresponde al uso agrícola; 2.9 (5.2%), al doméstico/abrevadero y 1.0 (1.8%), al público-urbano. Algunos pozos suministran agua para dos o más usos.

7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La recarga del acuífero se estimó aplicando el método conocido como “Balance de Aguas Subterráneas" al intervalo de tiempo 1996-2001. En su expresión más sencilla, la ecuación del balance es:

Recarga total - Descarga total = Cambio de almacenamiento

La descarga total del acuífero es medida o estimada; el cambio de almacenamiento es cuantificado a partir de la evolución de los niveles del agua registrado en los pozos de monitoreo, y la recarga es determinada por diferencia en la ecuación de balance. Conforme al modelo conceptual del acuífero, la descarga del acuífero está compuesta por el caudal de los manantiales y el flujo subterráneo que sale a través del cañón. Con base en los datos obtenidos en los estudios, la descarga total del acuífero resultó de 57.9 hm^3/año, compuesto como sigue: 51.5 hm^3/año de extracción por bombeo, 3.9 hm^3/año del caudal de los manantiales y 2.5 hm^3/año de flujo subterráneo.

Dado que para el intervalo analizado el cambio de almacenamiento fue prácticamente nulo, despreciando los abatimientos locales, la recarga resulta de la misma magnitud que la descarga, es decir, de 57.9 hm^3/año. Se estima que, de este volumen, unos 39.0 hm^3/año proceden de infiltración en los flancos montañosos y en los cauces principales; mientras que la fracción complementaria, de 19 hm^3/año corresponde al retorno de excedentes de riego en las áreas de cultivo.

Tabla 2. Balance de aguas subterráneas del acuífero

ENTRADAS	Hm^3/año
Recarga vertical ascendente y lluvia.	19.10
Entradas por flujo subterráneo horizontal	38.8
Total	**57.9**
SALIDAS	
Flujo subterráneo	2.50
Bombeo pozos	51.50
Descarga de manantiales	3.90
Total	**57.9**

8 DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso

agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales; en su fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA DEL SUBSUELO EN UN ACUÍFERO	=	RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL	-	DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA	-	EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Donde:

DMA = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero
R = Recarga total media anual
DNC = Descarga natural comprometida
VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso, su valor es de **57.9 hm³/año**, integrada por la recarga vertical y las entrada por flujo subterráneo.

8.2 Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero. Para este caso, su valor corresponde a la suma de los manantiales y la salida subterránea. Por lo que, **DNC = 6.4 hm³ anuales.**

8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica.

En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **71,547,610 m³ anuales,** que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022.**

8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

La disponibilidad de aguas subterráneas 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 extracción de aguas subterráneas.

$$\mathbf{DMA = R - DNC - VEAS}$$
$$\mathbf{DMA = 57.9 - 6.4 - 71.547610}$$
$$\mathbf{DMA = -20.047610\ hm^3/año}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **20,047,610 m³ anuales.**

9 BIBLIOGRAFÍA

C.N.A., 1994. Manual para Evaluar Recursos Hidráulicos Subterráneos.

C.N.A., 1996.Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.

C.N.A., 1997. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. 3ª Edición.

C.N.A. Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, ''Que establece las disposiciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales''

ININSA, S. A., 1980. Estudio Geohidrológico Preliminar de la Zona Cuatrociénegas-Ocampo, Coahuila. Realizado para DGZA de SARH.

Lesser y Asociados, S.A. de C.V., 2001. Estudio de Evaluación Hidrogeológica e Isotópica en el Valle del Hundido. Coah.