



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO VICENTE SUÁREZ (1026), ESTADO DE
DURANGO**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1	GENERALIDADES.....	2
	Antecedentes.....	2
1.1	Localización.....	2
1.2	Situación administrativa del acuífero.....	4
2	FISIOGRAFÍA.....	5
2.1	Provincia fisiográfica.....	5
2.2	Clima.....	6
2.3	Hidrografía.....	6
2.4	Geomorfología.....	6
3	GEOLOGÍA.....	7
3.1	Estratigrafía.....	8
3.2	Geología estructural.....	16
3.3	Geología del subsuelo.....	18
4	HIDROGEOLOGÍA.....	19
4.1	Tipo de acuífero.....	19
5	BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	20
5.1	Entradas.....	20
5.1.1	Recarga vertical (Rv).....	20
5.2	Salidas.....	26
5.2.1	Bombeo (B).....	26
6	DISPONIBILIDAD.....	26
6.1	Recarga total media anual (R).....	27
6.2	Descarga natural comprometida (DNC).....	27
6.3	Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	27
6.4	Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	28
7	BIBLIOGRAFÍA.....	29

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 Vicente Suárez, definido con la clave 1026 en la CONAGUA, se localiza en la porción noreste del estado de Durango, entre las coordenadas geográficas 25° 33' y 25° 57' de latitud norte, y 103° 46' y 104° 09' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 1169.59 km².

Limita al noroeste con el acuífero de Ceballos, al suroeste con el acuífero Nazas y al sureste con el acuífero Villa Juárez, todos ellos del estado Durango y al este con el

acuífero Principal Región Lagunera, de Coahuila (figura 1).

Geopolíticamente se localiza casi completamente en el municipio Mapimí y en menor proporción en el municipio Lerdo y Nazas, pertenecientes al estado de Durango.

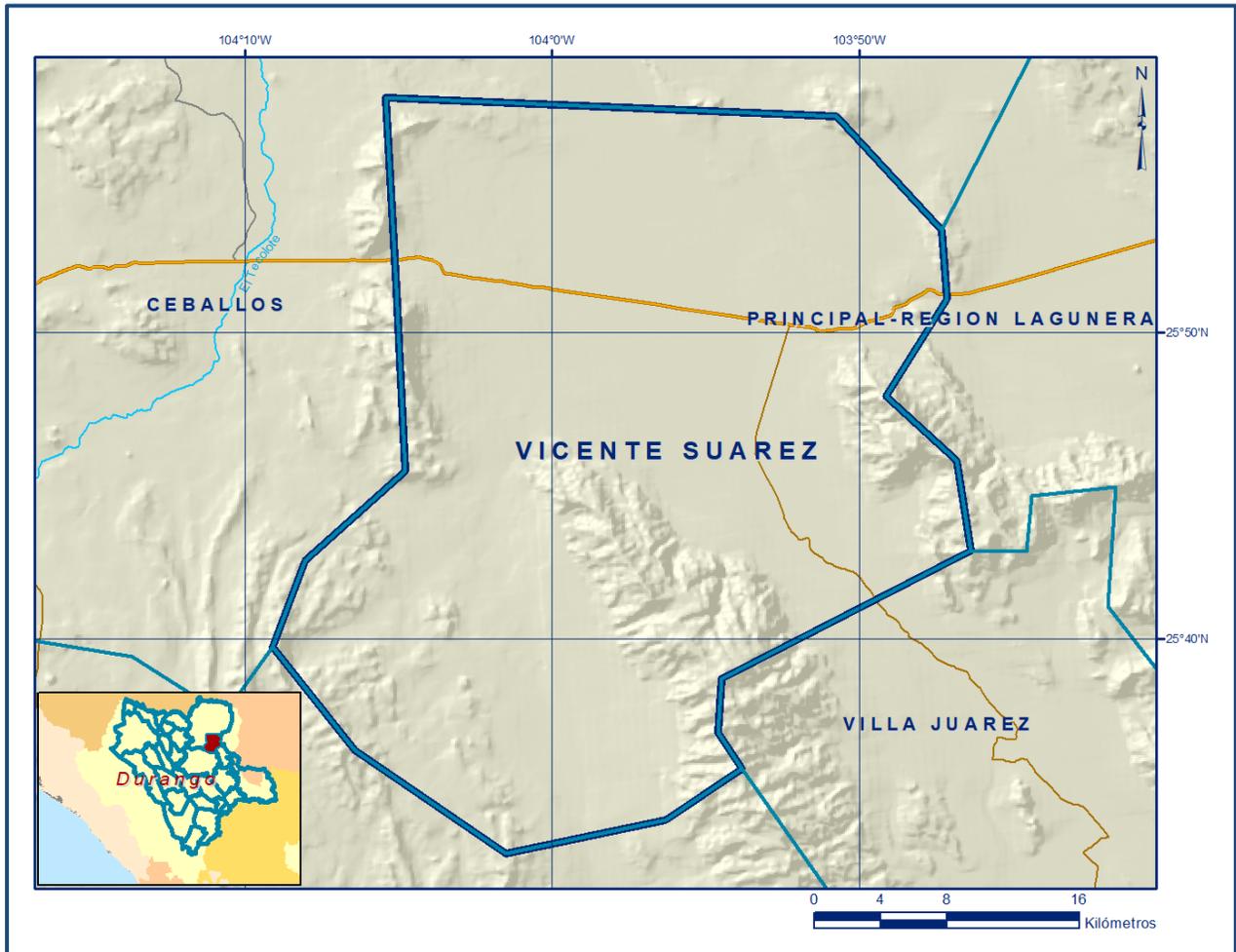


Figura 1. Localización del acuífero

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

Tabla 1. Coordenadas de la Poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 1026 VICENTE SUAREZ						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	104	5	23.9	25	57	39.0
2	103	50	44.6	25	57	1.5
3	103	47	18.6	25	53	19.7
4	103	47	8.4	25	51	4.7
5	103	49	7.3	25	47	55.5
6	103	46	48.5	25	45	49.3
7	103	46	21.5	25	42	53.4
8	103	54	28.9	25	38	42.2
9	103	54	34.7	25	36	56.3
10	103	53	48.5	25	35	46.3
11	103	56	17.2	25	34	6.3
12	104	1	29.2	25	33	0.5
13	104	6	25.2	25	36	23.3
14	104	9	5.0	25	39	45.1
15	104	8	1.6	25	42	33.3
16	104	4	46.6	25	45	28.8
17	104	5	2.9	25	51	24.6
1	104	5	23.9	25	57	39.0

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Vicente Suárez pertenece al Organismo de Cuenca VII “Cuencas Centrales del Norte” y al Consejo de Cuenca “Nazas-Aguanaval”, instalado el 01 de diciembre del 1998. El acuífero se encuentra sujeto en mayor proporción a las disposiciones del “Decreto por el que se establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la Región Lagunera.”, publicado en el DOF el 17 de abril de 1965, a través del cual, en dicha porción del acuífero, las zonas de veda en las que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros (veda tipo III). De igual manera está sujeto en gran proporción al “Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en las zonas de Ceballos y de La Laguna, que comprenden parte de los Estados de Chihuahua, Durango y Coahuila”, publicado en el DOF el 06 de diciembre de 1958 (veda tipo II). Por último, en una muy pequeña proporción al sur está sujeto al “Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos del área que ocupa los límites geopolíticos de los Municipios de Nazas, Rodeo, San Luis del Cordero, General Simón Bolívar y San Juan de Guadalupe”, veda del tipo II, publicada el 27 de marzo de 1981.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1.

2 FISIOGRAFÍA

2.1 Provincia fisiográfica

De acuerdo con la clasificación fisiográfica de Erwin Raisz (1964), el área que cubre el acuífero se ubica en la confluencia de dos provincias fisiográficas: la mayor parte se localiza en la provincia fisiográfica Sierras y Llanuras del Norte y en menor proporción en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental. Por otra parte, según la regionalización fisiográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 1989), el acuífero se localiza en las subprovincias: Bolsón de Mapimí en mayor proporción y en Sierras Transversales en menor proporción.

La provincia Sierras y Llanuras del Norte es una provincia árida y semiárida se extiende desde el suroeste de los Estados Unidos de América hasta cerca de Nazas de Durango y la Laguna de Mayrán en Coahuila, se orienta más o menos noroeste-sursureste y abarca parte de los estados de Durango, Sonora, Chihuahua y Coahuila.

La provincia Sierra Madre Oriental corre en sentido paralelo a la Costa del Golfo de México desde la frontera norte del país hasta sus límites con el Eje Neovolcánico. A la altura de Monterrey, N.L una de sus ramas tuerce abruptamente al oeste para extenderse hasta la Sierra Madre Occidental; la otra continúa hacia el norte para terminar en la región de Big Bend, Texas. Está integrada principalmente por sedimentos calcáreos del Cretácico y Jurásico que se encuentran plegados, formando valles estructurales (Manuel Álvarez Jr.) 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 su centro.

La subprovincia Bolsón de Mapimí está constituida por extensas llanuras aluviales o salinas, con lomeríos ramificados, sierras plegadas y campos de dunas. En las llanuras dominan suelos profundos de origen aluvial o lacustre, de textura media o fina.

La subprovincia Sierras Transversales está conformada de sierras orientadas en forma paralela a los cuerpos centrales de la Sierra Madre Oriental, separadas unas de otras por llanuras más o menos amplias. La porción norte de la subprovincia es la que se ubica en el estado de Coahuila.

2.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García en 1964, para las condiciones de la República Mexicana, en la mayor superficie del acuífero prevalece el clima árido, templado (BSokw), con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C. y con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10.2% del total anual. En menor proporción al noreste del acuífero se clasifica como clima muy árido, semicálido (BWchw), con temperatura media anual entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18° C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. y con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. Unas pequeñas proporciones al sur se clasifican como árido, semicálido (BSohw) y semiárido templado (BSlkw).

Para la determinación de las variables climatológicas se cuenta con información de 4 estaciones climatológicas con influencia en el área del acuífero y con datos utilizables: La Cadena (Dgo), Mapimi (Dgo), San Pedro del Gallo (SMN) y Cinco de Mayo (Dgo), cuyo registro comprende el periodo 1990-2010. Con estos datos y utilizando el método de Polígonos de Thiessen, se determinaron valores de precipitación y temperatura media anual de **342 mm y 18.3 °C**, respectivamente.

2.3 Hidrografía

El acuífero pertenece a la Región Hidrológica No. 36 "*Nazas Aguanaval*". Pertenece a la cuenca Canal Santa Rosa y en una pequeña proporción a la cuenca Presa Francisco Zarco. La región del Bolsón de Mapimí no presenta corrientes o almacenamientos perennes, se caracteriza por su aridez y la ausencia casi total de elevaciones importantes. Todas las cuencas que la conforman son endorreicas, sus cauces son temporales que sólo conducen agua cuando se presentan lluvias extraordinarias.

Los escurrimientos de los arroyos no son perennes, únicamente en temporada de lluvias conducen aguas pluviales, sus regímenes están controlados mediante pequeños bordos que se han construido a lo largo de sus cauces para aprovechar su caudal.

2.4 Geomorfología

La zona geohidrológica describe formas de relieve contrastantes, con las siguientes características:

Mesetas

Se definen formas de relieve escarpado producto de emisiones de composición volcánica ácida, con elevaciones mayores a 1,500 msnm, que afloran hacia la porción noroeste y oeste del área.

Sierras y lomeríos

Caracterizados por relieve topográfico suave y redondeado, se tienen serranías y lomeríos de composición calcárea con elevaciones hasta de 2,500 msnm, en la porción centro, suroeste y oriente del área.

Valles

Constituyen los valles abiertos e intermontanos de origen aluvial y fluvial, labrados por la erosión de las sierras circundantes y escorrentía intermitente, con elevación media de 1,400 msnm.

3 GEOLOGÍA

La zona está cubierta por material aluvial en más de la mitad de su área. En las partes altas, una cuarta parte del acuífero está constituido por rocas sedimentarias de tipo caliza y una quinta parte de conglomerado cuyas rocas son permeables.

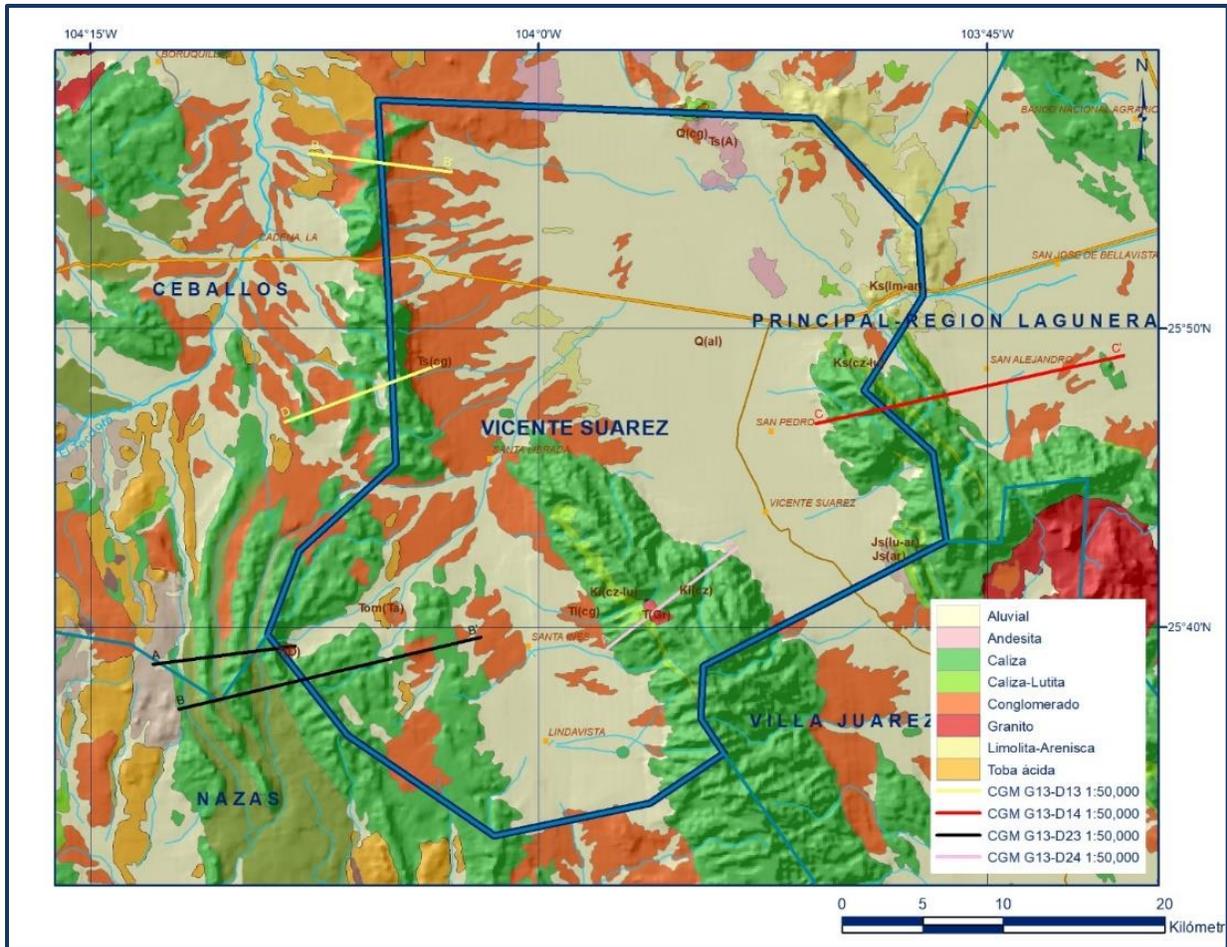


Figura 2. Geología general del acuífero

3.1 Estratigrafía

JURÁSICO

Formación Zuloaga

Fue originalmente estudiada por Burckhardt (1906, 1930) en la región septentrional del centro de la república, refiriéndose a ella como “Caliza con Nerineas” y posteriormente fue definida como Formación Zuloaga por Imlay en 1938, designando como localidad tipo a la Sierra de Sombreretillo, ubicada al norte de Melchor Ocampo, Zacatecas. Consiste de calizas estratificadas en capas gruesas con nódulos de pedernal, ocasionales bivalvos y gasterópodos. No se observa su contacto inferior con las rocas que le subyacen, subyace concordantemente a los sedimentos clásticos de la Formación La Casita. El contacto inferior en otras áreas más al sur, como el Distrito de Concepción del Oro, Zac., se encuentra descansando discordantemente sobre los lechos rojos de la Formación Nazas, Los Esquistos Rodeo y Caopas indistintamente. Por su disposición estratigráfica se le ha asignado una edad Jurásico Superior

(Oxfordiano-Tithoniano), el equivalente extralitoral de la Formación La Gloria que aflora al oeste del área.

Debido a la fauna encontrada y por su litología, sugiere que fue depositada en aguas tibias de poca profundidad propias de un ambiente de plataforma. En el área, aflora al sur del Villa Juárez, donde está representada por calizas y dolomías con fragmentos biogénicos y presencia de yeso y sal.

Formación La Gloria

Fue definida formalmente por Imlay (1936) en su localidad tipo que son los afloramientos expuestos en el Cañón del Mimbres, ubicado en la Sierra La Gloria, ubicada a 50 km al sureste de Parras, Coahuila, en donde está constituida por calizas de color gris claro y oscuro dispuestas en estratos gruesos, con intercalaciones de areniscas de grano medio a grueso, en ocasiones conglomeráticas, de color amarillento al intemperismo. La litología de esta unidad se caracteriza por ser clástica de manera predominante; está constituida por areniscas de cuarzo en estratos delgados a gruesos, de color blanco rosado, gris claro y ocasionalmente ocre y rojo óxido. En el área de Villa Juárez, estos materiales presentan intercalaciones de estratos conglomeráticos, así como algunos intervalos arcillosos y, de manera ocasional, bancos calcáreos fosilíferos. Los espesores reportados en los diversos trabajos realizados son: 342 m en el anticlinal La Leona de la Sierra de Jimulco; 275 m, en la Sierra El Chocolate del Levantamiento de Villa Juárez y 567 m en la localidad tipo.

Aflora en la Sierra Chocolate, en el Levantamiento de Villa Juárez y en las cercanías del Anticlinal del Carmen de la Sierra de Jimulco. La cima de la unidad se relaciona concordantemente con los sedimentos clásticos de la Formación La Casita; localmente, descansa discordantemente sobre la Formación Nazas en la región de Villa Juárez y en contacto tectónico por medio de una falla lateral en la Sierra de Jimulco. Está expuesta de manera regional al sur del sistema orogénico transversal Torreón-Monterrey. Por su contenido faunístico y posición estratigráfica, Kellum (1932) le asignó una edad correspondiente al Jurásico Superior, comprendiendo en su totalidad al Oxfordiano.

Formación La Casita

Definida formalmente también por Imlay en 1936, quién designó como localidad y sección tipo a la secuencia sedimentaria encontrada en el Cañón La Casita, ubicado

50 km al suroeste de Saltillo, Coahuila, donde está constituida por secuencia más o menos rítmica de intercalaciones de lutitas, areniscas, margas, calizas, carbón, yeso y algunos conglomerados. Aflora al sureste de Villa Juárez en el Cerro Las Minas; en el flanco occidental de la Sierra de Mapimí y en el flanco oriental de la Sierra El Rosario, ubicados al oeste y suroeste, respectivamente. En la zona su litología está representada por areniscas de cuarzo, dispuestas en estratos medianos y delgados, de grano fino a medio, de color gris, con intemperismo pardo amarillento; algunos estratos de areniscas son gruesos y tienen abundantes pelecípodos; se le observa con interestratos de lutitas en estratos delgados a medianos, con algunos horizontes de limolitas; el color es gris verdoso que intemperiza en gris oscuro; también existen algunos horizontes de conglomerados, constituidos por fragmentos de roca ígnea y cuarzo blanco lechoso. En el área de estudio esta litología es bastante homogénea en todas las localidades en donde se encuentra expuesta y se caracteriza por carecer de estratos de calizas. Su espesor varía de 508 m en el Levantamiento de Villa Juárez a 692 m en la Sierra Chocolate.

Sus afloramientos se ubican al norte y sur de Villa Juárez, en donde está compuesta por tres miembros; el inferior y superior constituidos por areniscas interestratificadas con lutitas, separadas por un miembro intermedio de lutitas con intercalaciones de yeso. Sobreyace de manera transicional y concordante a las rocas de la Formación La Gloria y su contacto superior también es transicional y concordante con rocas de la Formación Carbonera; en las Sierras de Jimulco y El Carmen, subyace a los sedimentos de la Formación Taraises por medio de un contacto concordante, nítido y abrupto. Por su posición estratigráfica y por su contenido faunístico, se le asigna una edad Kimmeridgiano-Tithoniano, correlacionable con la Formación La Caja del Altiplano Mexicano. De acuerdo con las características litológicas observadas, se le atribuye un medio ambiente de depósito asociado a un sistema deltaico en el área de Torreón (Levantamiento de Villa Juárez y Sierra Chocolate), mientras que fuera de esta zona cambia a una facies de plataforma continental de aguas profundas (área de Jimulco).

CRETÁCICO INFERIOR Y MEDIO

Formación Carbonera

Nombre propuesto por Imlay (1940) para designar a una secuencia de areniscas de cuarzo, de color gris, con intercalaciones de lutitas, areniscas arcillosas y areniscas feldespáticas, dispuestas en capas gruesas, de color gris verdoso y rojizo, que afloran en la Cuesta de La Carbonera, ubicada a 3 km al sur del Rancho Las Cuevas, Durango.

Aflora en el Cañón del Soldado y en el borde oriental de la Sierra La Iglesia; en el Levantamiento de Villa Juárez, en donde se sitúa su localidad tipo, en el flanco occidental de la Sierra España y en la Sierra del Chocolate. En el área de Villa Juárez en el cañón de La Carbonera, se reporta hacia la base de la formación una secuencia de areniscas de cuarzo, de color gris claro que intemperizan en pardo rojizo. La parte media de la unidad está constituida por un paquete de areniscas, de color gris oscuro, que intemperizan en color anaranjado y ocasionalmente en pardo rojizo; es posible también encontrar intercalaciones delgadas de lutitas de color negro. Dentro de esta parte de la columna se observan gasterópodos, pelecípodos y algunas amonitas. La cima de la formación se caracteriza por contener capas delgadas de calizas arcillosas, de color gris oscuro, con pelecípodos y gasterópodos.

En el área de Villa Juárez y en el flanco occidental de la Sierra de Mapimí, sobreyace de manera concordante y transicional a la Formación La Casita y subyace de manera concordante y franca a la Formación Cupido. Su espesor reportado en el Levantamiento de Villa Juárez es de 283 m. Por su contenido fósil en la localidad tipo, se le asigna una edad Berriasiano-Valanginiense, equivalente con la Formación Las Vigas del norte de Chihuahua y con la Formación Taraises de esta misma región, con la que cambia de facies hacia el oriente y sur del área de estudio. Su depósito ocurrió en un ambiente litoral restringido a los márgenes de la Isla de Coahuila, la cual presentaba una mayor extensión hacia el sector de Villa Juárez, debido a que en esta área drenaban los ríos que provenían del elemento tectónico de la Isla de Coahuila, distribuyendo un mayor volumen de material terrígeno.

Formación Taraises

Fue definida por Imlay (1936) para referirse a una sección calcárea y calcáreo-arcillosa, limitada en la parte inferior por la Formación La Caja o La Casita y en la parte superior por la Caliza Cupido, designando como localidad tipo el Cañón de Taraises, ubicado en la porción occidental de la Sierra de Parras, donde la dividió en dos miembros: El inferior conformado por capas gruesas de calizas de color gris, interestratificadas con areniscas, y el superior constituido por calizas arcillosas de color gris, nodulares y con presencia de amonitas en la parte basal. Aflora ampliamente en la región Torreón-Monterrey, en las Sierras de Garambullo, Fraile, San Jerónimo, Astillero y otras más. Debido a su litología, es fácilmente erosionable desarrollando pequeños valles y puertos suaves de erosión, así como pequeños morros redondeados. Presenta color gris claro que intemperiza en pardo amarillento, dispuesta en capas delgadas y

medias de 20 a 50 cm de espesor, contiene nódulos de hematita y óxidos diseminados. Su espesor estimado es de 350 a 400 m, sobreyace concordantemente a las formaciones La Casita o La Caja, y su contacto superior con la Formación Cupido es nítido y concordante. De acuerdo a su posición estratigráfica, la edad asignada es Berriasiano-Hauteriviano Inferior.

Formación Cupido

Con este nombre Imlay en 1937 definió originalmente a una secuencia calcárea situada entre las formaciones Taraises y La Peña que presenta estratificación gruesa a delgada y es de color gris, definiendo como localidad tipo la pared norte del Cañón del Mimbres, ubicado en la parte media de la Sierra de Parras, Coahuila, asignándole una edad Hauteriviano Superior al Barremiano. Garza-García (1972), propuso que el nombre fuera utilizado exclusivamente para nominar a las facies de plataforma, para diferenciarla de las facies de mar abierto de la Formación Tamaulipas Inferior. En el área de estudio está constituida principalmente por una secuencia de calizas de facies de plataforma lagunar, con intercalaciones en algunas localidades de cuerpos de dolomías de ambientes de plataforma semi-restringida y ocasionales parches arrecifales. Son de color gris que intemperiza en color gris claro, presenta estilolitas, fracturas rellenas de calcita y algunos nódulos de pedernal. Aflora ampliamente y se encuentra constituyendo las partes más elevadas de las sierras formando grandes escarpes; se encuentra aflorando en la porción media meridional de la Sierra El Rosario, en las sierras de Mapimí, Las Noas, El Refugio, España, San Carlos, El Chocolate y Las Iglesias. Su espesor promedio varía de 350 a 500 m.

En el área de Villa Juárez y en el flanco occidental de la Sierra de Mapimí, a la Formación Cupido le subyace la Formación Carbonera de manera concordante y franca y le sobreyace de igual manera la Formación La Peña. Por la datación que proporcionan sus microfósiles (miliólidos) y por su posición estratigráfica que ocupa entre las formaciones Taraises y La Peña, se le asigna una edad correspondiente al Hauteriviano Superior-Aptiano Inferior que permite correlacionarla cronológicamente con la Formación Tamaulipas Inferior, su equivalente de facies de cuenca.

Formación La Peña

El nombre fue introducido por Imlay (1936) para distinguir a un cuerpo compuesto por dos miembros: El inferior constituido por calizas y el superior por lutitas y calizas, que estratigráficamente se ubica entre la Caliza Cupido y la Caliza Aurora. Su localidad tipo

se ubica en el flanco norte de la Sierra de Taraises, a 4.8 km al E-SE de la Hacienda La Peña, localizada en el extremo sur del estado de Coahuila. Humphrey (1949), propuso que restringiera al miembro superior y el inferior a la Formación Cupido. Es una unidad de amplia distribución en el NE y E de México y un horizonte índice de referencia estratigráfica, debido a su contraste litológico marcado con las formaciones que la limitan. La unidad así definida contiene amonitas del Aptiano Superior, en particular de las especies *Dufrenoya justinse* y *Parahoplites* sp. Aflora la zona Torreón–Monterrey, en la porción oriental de las Sierras de Garambullo, San Jerónimo, Arteaga y Jimulco. En la región aflora en sureste de San José de Zaragoza, donde está constituida por calizas arcillosas dispuestas en capas delgadas a laminares, que alternan con lutitas calcáreas, con presencia de nódulos y lentes de pedernal.

Sus contactos inferior y superior con la Formación Cupido y Aurora, respectivamente, son bruscos y concordantes, aunque ligeramente transicional con ésta última. Rogers et al., (1961), le asignan edad Aptiano-Albiano. Su contenido fósil y litología sugieren un depósito de aguas de mediana profundidad.

Formación Aurora

Humphrey (1956) propuso que el término Formación Aurora fuera modificado para incluir todas las rocas carbonatadas del NE de México ubicadas estratigráficamente entre la Formación La Peña o sus equivalentes, abajo, y la Formación Cuesta del Cura y otros equivalentes del Grupo Washita o la Formación Kiamichi arriba. Aflora en el área de Parras, en los cañones Grande, Cuesta del Cura, Arroyo Ojo de Agua, del Potrero, de Plataneros, de Juan Pérez, de Santiago y la Sierra Prieta; así como también en gran parte de la zona Torreón-Monterrey. Está representada por facies de aguas profundas (mudstone y wackstone), de estratificación mediana a gruesa, en ocasiones masiva con nódulos y capas delgadas de pedernal. El color de la caliza es gris crema a gris oscuro que intemperiza a gris amarillento. El espesor varía en la región de 50 a 120 m. Sus contactos inferior y superior con las formaciones La Peña y Cuesta del Cura, respectivamente, son nítidos y concordantes. En el área del acuífero, aflora al oriente de la ciudad de Lerdo, donde está constituida por calizas de estratificación mediana a gruesa, ocasionalmente masiva, con nódulos de pedernal.

Por su posición estratigráfica parece corresponder al principio del Albiano al Albiano Medio. Se correlaciona con la porción inferior de la Caliza El Abra y la porción inferior de la Formación Tamaulipas Superior, en la Cuenca Tampico-Misantla; con las

formaciones Acatita y Paila del área de Delicias, Coahuila, y con la barrera arrecifal denominada Formación Viesca. Su litología y contenido fósil indican que su depósito ocurrió en facies de cuenca y se desarrolló alrededor de la Plataforma de Delicias (Albiano Cenomaniano). Algunos geólogos de PEMEX difieren de esto y afirman que se depositó en un ambiente de plataforma, tal como se ve en el resto de la provincia de Coahuila.

Formación Cuesta del Cura

Originalmente descrita por Imlay (1936) al referirse a los afloramientos de calizas delgadas ondulantes con bandas de pedernal negro que afloran a 6.4 km al W de Parras, Coahuila, área en donde se encuentra entre las formaciones Aurora e Indidura. Consiste principalmente de capas medianas a delgadas y onduladas de caliza de color gris a negra, compacta y un poco arcillosa; contiene nódulos, lentes y bandas de pedernal negro. Aflora en forma de una banda de lomeríos alineados en los anticlinales de Parras, Taraises, Prieta y Santiago, al SE de Torreón, pero también ampliamente en casi toda la zona Torreón-Monterrey, aunque con espesores menores de 300 m. En el área del acuífero aflora en el flanco occidental de la Sierra El Rosario, donde está constituida por calizas dispuestas en capas medianas a delgadas, ocasionalmente onduladas y con horizontes arcillosos; presenta nódulos, lentes y bandas de pedernal.

Sus contactos inferior y superior con las formaciones Aurora e Indidura, respectivamente, son concordantes y bruscos. Por su contenido faunístico fósil, su edad abarca desde el Albiano Medio hasta el Cenomaniano Inferior.

CRETÁCICO SUPERIOR

Formación Indidura

Fue estudiada por primera vez por Emil Bosé en 1906 en la Sierra de Parras y posteriormente definida por Kelly en 1936 en su localidad tipo de Delicias Coahuila, específicamente en el afloramiento localizado en el flanco oriental del Cerro La Indidura, localizado aproximadamente a 8 km al norte de Tanque Toribio, en donde consiste de 30 m de lutitas y calizas resquebrajadas y calizas lajeadas. Aflora ampliamente en las estructuras anticlinales y se identifica fácilmente en campo debido a la erosión diferencial con respecto a las formaciones más resistentes que la encajonan, formando puertos y valles sobre los sinclinales.

Consiste, en términos generales, de una secuencia de wackestone areno arcillosa que

varía gradual y transicionalmente a intercalaciones de lutitas calcáreas; estratificada en capas delgadas y medianas con espesores de 5 a 20 cm y 30 a 60 cm, respectivamente; de coloración gris obscuro a negro en muestra fresca, cambiando comúnmente a pardo amarillento y ocasionalmente en tonalidades rosáceas y rojizas, con presencia de estructura laminar, fracturas y vetillas rellenas por calcita, así como disseminaciones de óxidos. En ocasiones presenta impresiones y moldes de bivalvos (*Inoceramus labiatus*). Su espesor varía de 350 a 800 m. Sobreyace por medio de un contacto concordante y abrupto a la Formación Cuesta del Cura, solo identificado por el incremento de sedimentos pelíticos y la ausencia de pedernal. El cambio de color al intemperismo y la disminución en el espesor de los estratos, son características que definen también el límite entre esas unidades. Su edad corresponde al Cenomaniano Inferior-Santoniano. Aflora en la Sierra Las Noas, donde presenta un conglomerado basal, que indica una emersión de la plataforma de Coahuila; en las sierras de Solís y de Texas, localizadas al noreste de Torreón. Su espesor promedio es de 300 m.

CENOZOICO

Formación Ahuichila

Definida formalmente por Rogers (1981), en los afloramientos expuestos en el “Frontón de Ahuichila”, ubicado en el límite donde convergen los estados de Durango, Coahuila y Zacatecas, ubicado a unos 25 km al suroeste de Viesca, Coahuila. Es un depósito de tipo molasa continental que se acumuló después del plegamiento de la Sierra Madre Oriental: está constituida por depósitos clásticos de origen continental (conglomerados y brechas) conformados por fragmentos de caliza, calcarenita, calcilutita y de rocas volcánicas, en una matriz calcárea y limolítica; así como calizas, arcosas, calizas de agua dulce, tobas y otros materiales piroclásticos, que se presentan en bancos gruesos y masivos; de colores que varían de gris a rojizo. Sus afloramientos son restringidos y se localizan dispersos principalmente en las zonas de pie de monte. Está constituida por conglomerados polimícticos masivos de fragmentos de calizas y pedernal, hasta de 10 cm de diámetro, bien redondeados, mal clasificados, en una matriz arcillo-limosa fuertemente cementada por carbonato de calcio. Rogers (op.cit.) en su localidad tipo reporta un espesor de 305 m. Aflora al noroeste de Villa Juárez, en donde alcanza un notable espesor; en las sierras Las Iglesias y Mapimí, así como en los flancos occidentales de las Sierras España y El Rosario.

Debido a su posición estratigráfica y su origen, se relaciona con los primeros depósitos de características continentales, formados como consecuencia de la emersión del

continente, generada por la Orogenia Laramide. Restos de fósiles de vertebrados encontrados por Fries et al, en 1955, en otras formaciones semejantes, como el Conglomerado de Guanajuato, le asignan una edad Eoceno-Oligoceno Inferior.

Rocas intrusivas

Están representadas por rocas de composición granítica que afloran en el extremo norte de la Sierra El Sarnoso, en la zona minera de Dinamita, cuya edad es Oligoceno Temprano, determinada por el método K-Ar en 32 ± 1 Ma. A esta unidad corresponde también las rocas de composición riolítica que en forma de un cuello volcánico, compacto e impermeable se observa exclusivamente en un afloramiento aislado ubicado en el Cerro Colorado.

Rocas volcánicas

Compuestas por andesitas, basaltos y tobas, que desde el punto de vista hidrogeológico se consideran impermeables, cuyos afloramientos se localizan de manera aislada en forma de pequeños cerros que sobresalen del nivel general del relleno del valle, sobre la margen izquierda del Río Nazas, en la zona donde cambia de dirección de su cauce de una orientación sur-norte a oeste-este.

CUATERNARIO

Está representado por depósitos aluviales no consolidados constituidos por gravas, arenas y arcillas que conforman el acuífero principal de la región. Son de extensión regional y forman abanicos aluviales asociados a la estribación de sierras (pie de monte), rellenos de los valles y cauces de ríos.

3.2 Geología estructural

De la interpretación de la imagen de satélite y el modelo digital de elevación del terreno, se definieron cuatro bloques de orientación general NW-SE, limitados por una serie de falla de tipo normal, con la misma orientación. Dichas estructuras corresponden al pilar de la Sierra El Rosario, ubicado en la porción occidental, el pilar de la Sierras Mapimí-Las Iglesias, en la porción oriental, el cual se encuentra cortado por el curvilineamiento El Sarnoso; la fosa Santa Inés, en el límite poniente, y la fosa Vicente Suárez, en la porción central. La evolución tectónica del área inicia durante Triásico Tardío-Jurásico Medio cuando los esfuerzos tensionales se intensificaron y provocaron el rompimiento del basamento, dando lugar a la formación de fosas y pilares que se rellenaron con los depósitos continentales intercalados con rocas

volcánicas, secuencia que corresponde a la Formación Nazas. Durante el Jurásico Superior, cuando el mar tethisiano inundó áreas bajas, extensas y planas, se depositaron primero terrígenos y carbonatos que formaron amplias plataformas separadas por elementos insulares; posteriormente estas plataformas evolucionaron y fueron cubiertas por terrígenos con variaciones de ambientes de depósito, originando el conglomerado de la Formación La Joya y la secuencia terrígeno-calcárea de la Formación La Gloria. De esta forma se desarrolló la paleo-isla de Coahuila, la cual separó, entre otras, a la cuenca del Centro de México. Esta constituye una cuenca de depósito cuya subsidencia se asocia inicialmente a un control estructural. El control sedimentario y estructural de los bloques paleo-tectónicos continuó durante el Cretácico Inferior, las áreas continentales fueron cubiertas por el mar y se desarrollaron bancos y plataformas carbonatadas como la de Coahuila.

Estructuralmente se reconocieron deformaciones de tipo dúctil, dúctil-frágil y frágil. La primera se aprecia en la Formación La Peña como foliación incipiente y moderada, oblicua a la estratificación. La segunda corresponde a la deformación laramídica que generó pliegues anticlinales y sinclinales, y la tercera asociada a la fase distensiva que desarrolló sistemas de fallas normales orientadas al NW y NE; en este último, con componente lateral derecho. Asociada a intrusiones no expuestas, se identificó un lineamiento curvo ubicado en la porción sur-suroeste. El arreglo tectónico inicia cuando el antiguo complejo basal se fragmentó debido a la deriva de la placa de Norteamérica, simultánea a la subducción de la placa del Pacífico. Del Triásico al Jurásico Temprano, la margen Atlántica se comporta pasivamente, en tanto que la Pacífica se mantiene activa, con subducción y magmatismo de tipo arco insular y sedimentación de cuenca marginal.

En el Triásico Tardío-Jurásico Medio, los esfuerzos tensionales se intensifican y provocan el rompimiento del basamento, dando lugar a fosas y pilares que se rellenan con depósitos continentales intercalados con rocas volcánicas, secuencia que corresponde a la Formación Nazas. Las condiciones continentales cambiaron al iniciarse una transgresión marina general marcada por el depósito de sedimentos clásticos de la Formación La Gloria en el Oxfordiano. La sedimentación continúa hasta parte del Cretácico Inferior, depositándose las formaciones La Casita, Carbonera y Taraises. En el Barremiano-Aptiano Temprano la pasividad tectónica permitió el desarrollo de una plataforma carbonatada limitada hacia sus bordes occidental y meridional por una zona de aguas profundas. El depósito de carbonatos en este

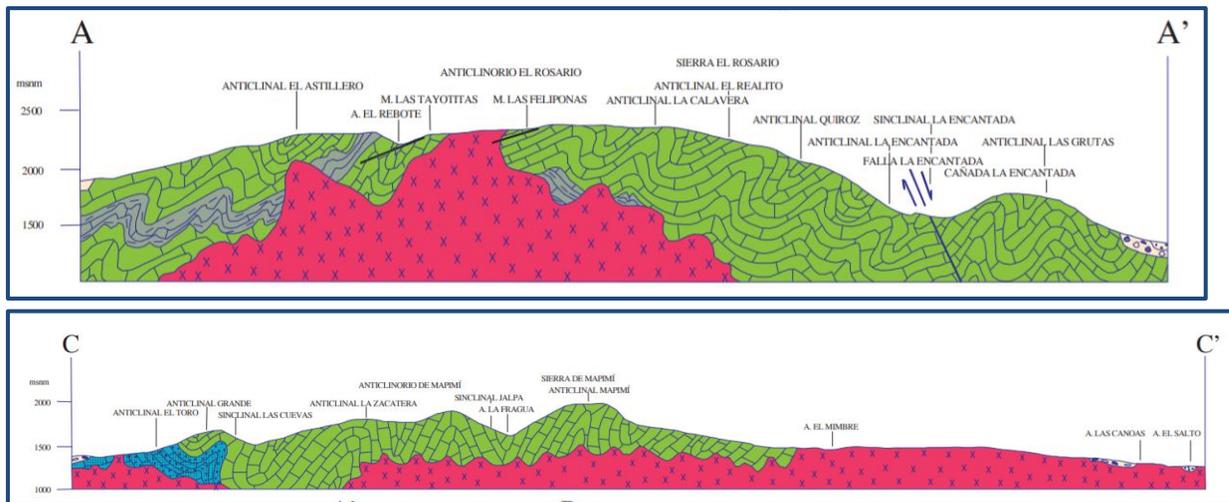
ambiente se llevó a cabo en una facies de plataforma lagunar restringida por esporádicos desarrollos arrecifales de la Formación Cupido. En el Aptiano Tardío la facies de plataforma varía con el depósito de considerables cantidades de arcilla que dan origen a la Formación La Peña.

En el Albiano-Cenomaniano ocurre el máximo avance de los mares en el Mesozoico que cubren la totalidad de la antigua Isla de Coahuila. Al mismo tiempo, cesó la actividad tectónica en el occidente, dando como resultado la acumulación de carbonatos en un medio de plataforma abierta, lagunar y restringida de la Formación Aurora. Posteriormente, desde el Cretácico Tardío hasta principios del Neógeno, la Orogenia Laramide se manifiesta como un evento de compresión que plegó y desplazó a lo largo de sistemas de fallas a los sedimentos del Mesozoico. Acompañando al plegamiento ocurrió un intenso fracturamiento de las rocas mesozoicas, con fracturas de tensión transversal al eje del plegamiento, debido a esfuerzos de tensión y cortantes que resultaron de fuerzas compresionales. El emplazamiento de cuerpos intrusivos como el granito El Sarnoso coincide con una etapa de regresión del arco magmático hacia el occidente, con una edad de 32 a 23 Ma. Después de la Orogenia Laramide se forman depósitos de tipo molasa de la Formación Ahuichila, producidos por la intensa erosión de las rocas del Cretácico y en algunos casos del Neógeno. Es evidente la actividad erosiva porque ha labrado los rasgos fisiográficos actuales, rellenando las partes bajas con acumulaciones de materiales continentales. (Carta Geológico-Minera Torreón G13- D25. Escala 1:50,000, SGM, 2012)

3.3 Geología del subsuelo

Sobreyace discordantemente a la Formación La Gloria una secuencia de calizas en estratos que varían de medianos, gruesos a masivos, correspondiente a la Formación Cupido. Es sobreyacida concordantemente, por un horizonte de caliza en estratos delgados a laminares, con intercalaciones de lutita y limolita, correspondiente a la Formación La Peña. Sobreyace, en relación concordante, un paquete de calizas en estratos gruesos a masivos, correspondiente a la Formación Aurora. Sobreyace concordantemente, en cambio lateral de facies, calizas en estratos delgados a medianos de la Formación Cuesta del Cura. Estas unidades se encuentran afectadas por cuerpos intrusivos de composición diorítica. Sobreyace discordantemente, un conglomerado calcáreo correspondiente a la Formación Ahuichila. Con base en la interpretación de la imagen de satélite y el modelo digital del terreno, se definieron

cuatro bloques de orientación general NW-SE, limitados por una serie de fallas, de tipo normal con la misma orientación. Dichas estructuras corresponden al pilar de las sierras Mapimí-Las Iglesias, en porción oriente, el cual se encuentra cortado por el curvilineamiento El Sarnoso; la fosa de Santa Inés, en el límite poniente y la fosa de Vicente Suárez, en la porción central (figura 3).



Fuente: Carta Geológico-Minera G13-D24. "Vicente Suárez". Esc. 1:50,000 (SGM, 2008)

Figura 3. Secciones geológicas esquemáticas

4 HIDROGEOLOGÍA

4.1 Tipo de acuífero

Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas permiten definir la presencia de un acuífero de **tipo libre**, heterogéneo y anisótropo, constituido en su porción superior por sedimentos aluviales y fluviales de granulometría variada, depositados en los valles y en los cauces de ríos y arroyos, así como conglomerados polimícticos y depósitos de pie de monte acumulados en las estribaciones de las sierras.

Esta es la unidad que se explota principalmente para satisfacer las necesidades de agua en la región. La porción inferior se aloja en calizas de las formaciones Cuesta del Cura y Aurora, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y disolución. La secuencia de rocas carbonatadas del Cretácico Inferior y Jurásico Superior, constituye un acuífero de alta permeabilidad que ha demostrado su potencial en otros acuíferos aledaños, y que, al estar encajonadas por rocas arcillosas, puede presentar condiciones de semiconfinamiento y confinamiento.

5 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

No existe información piezométrica actual ni histórica en la superficie que cubre el acuífero. La escasa información disponible, procedente de recorridos de campo, es puntual e inconsistente de tal manera que no es posible extrapolarla para elaborar configuraciones del nivel estático que permitan el planteamiento de un balance de aguas subterráneas.

Por todas estas razones, se optó por plantear un balance hidrometeorológico en la superficie de **1,169.6 km²** del acuífero, para estimar de manera conservadora el volumen de agua susceptible de infiltrarse para recargar al acuífero.

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga), y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero, en el periodo de tiempo establecido. La ecuación general de balance, de acuerdo con la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

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

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa por el cambio de almacenamiento del acuífero:

$$\text{Recarga total - Descarga total = Cambio de almacenamiento}$$

5.1 Entradas

Las entradas al acuífero Vicente Suárez están integradas básicamente por la recarga natural que se produce por la infiltración de la lluvia (Rv).

5.1.1 Recarga vertical (Rv)

La recarga vertical total que recibe el acuífero (volumen susceptible de infiltrarse) se obtuvo mediante el planteamiento de un balance hidrometeorológico para toda la superficie del acuífero, mediante la siguiente expresión:

$$V_{LL} = V_{ETR} + V_{ESC} + V_{INF} \quad (1)$$

Donde:

V_{LL} = Volumen de lluvia;

V_{ETR} = Volumen evapotranspirado;

V_{ESC} = Volumen escurrido;

V_{INF} = Volumen infiltrado;

Por lo tanto, despejando el volumen infiltrado, se obtiene lo siguiente:

$$V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC} \quad (2)$$

El volumen de lluvia que se precipita en la superficie cubierta por el acuífero se obtiene al multiplicar su área (1,169.6 km²) por la lámina de precipitación media anual (342 mm):

$$V_{LL} = 1,169.6 \text{ km}^2 (0.342 \text{ m}) = 400 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Coutagne propuso la ecuación siguiente para el cálculo de la evapotranspiración real:

COUTAGNE	$ETR = P - \chi P^2$
Donde:	
ETR= Evapotranspiración m/año	
P = precipitación en m/año	
$\chi = 1/(0.8 + 0.14 t)$	
t = temperatura en °C	

La fórmula solo es aplicable para valores de la precipitación media anual (P) comprendidos entre 1/8X y 1/2X, estando ETR y P en metros, y T en °C. Si P es menor que 1/8X la ETR es igual a la precipitación, es decir, no existe escurrimiento; si la precipitación es mayor que 1/2X la ETR es prácticamente independiente de P y su valor está dado por: $ETR = 0.20 + 0.035 T$. Aplicando la fórmula de Coutagne se obtiene una lámina de evapotranspiración real de 307 mm anuales.

Se optó por la estimación conservadora de la infiltración que se obtiene al tomar en cuenta la lámina de evapotranspiración obtenida con la fórmula de Coutagne, que es de **307 mm anuales**, por lo que el volumen de la ETR es:

$$V_{ETR} = 1,169.6 \text{ km}^2 (0.307 \text{ m}) = 359.1 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Para determinar el volumen de escurrimiento debido a la lluvia se utilizó el método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, publicada en el Diario Oficial de la Federación, de fecha 27 de marzo de 2015, en la que se señala que para los casos en los que no se cuente con suficiente información para determinar el volumen anual de escurrimiento natural, se puede aplicar el método indirecto denominado precipitación-escurrimiento. El volumen anual medio de escurrimiento natural es igual a la precipitación media anual por el área y por un coeficiente de escurrimiento.

Para determinar el valor de escurrimiento, la normatividad establece la siguiente relación:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{VOLUMEN ANUAL DE} & & \text{PRECIPITACION} & & \text{AREA DE LA} & & \text{COEFICIENTE DE} \\ \text{ESCURRIMIENTO} & = & \text{ANUAL DE LA} & * & \text{CUENCA} & * & \text{ESCURRIMIENTO} \\ \text{NATURAL DE LA} & & \text{CUENCA} & & & & \\ \text{CUENCA} & & & & & & \end{array}$$

El coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede determinar, según la norma antes citada, en función del parámetro K que depende del tipo y uso de suelo, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS).

Con apoyo de cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, de acuerdo con los tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la tabla 2 y se determina el uso actual del suelo.

En el caso de que, en la cuenca en estudio, existan diferentes tipos y usos de suelo, el valor de K se calcula como la resultante de subdividir la cuenca en zonas homogéneas para obtener el promedio ponderado.

Dependiendo del valor obtenido para K , el coeficiente de escurrimiento (C_e), se calcula mediante las fórmulas siguientes, en la que P es la precipitación media anual expresada en mm:

Si K resulta menor o igual que 0.15

$$C_e = K (P-250) / 2000$$

Si K es mayor que 0.15

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K - 0.15) / 1.5$$

Donde:

P = Precipitación anual;

C_e = Coeficiente de escurrimiento anual;

K = Parámetro que depende del tipo, uso y cubierta del suelo;

Tabla 2. Valores de k en función del tipo y uso del suelo

USO DE SUELO	TIPO DE SUELO	TIPO DE SUELO	TIPO DE SUELO
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera:	0.24	0.27	0.3
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% -poco-	0.14	0.2	0.28
Del 50 al 75% -regular-	0.2	0.24	0.3
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3
TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS		
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loes poco compactos		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad; loes algo más compactos que los correspondientes a los suelos Tipo A; terrenos migajosos		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loes muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas		

De acuerdo con la cartografía de CONABIO escala 1:1,000,000 para el tipo de suelo, predominan los tipos: Litosol y Xerosol, que se clasifican en dos tipos de suelo: A y B (figura 4).

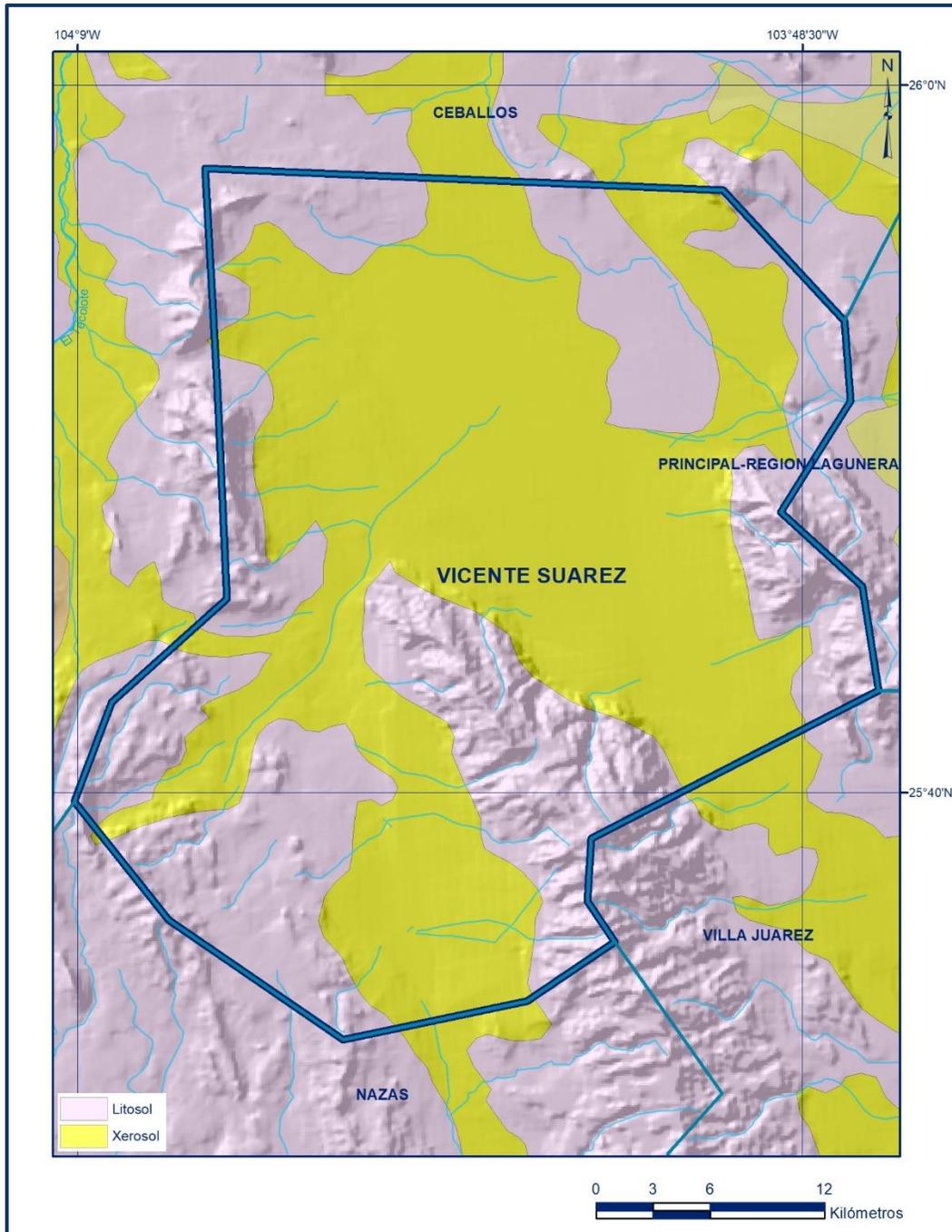


Figura 4. Tipo de suelo

En cuanto al uso de suelo (figura 5), de acuerdo con la cartografía de INEGI escala 1:1,000,000 en la zona que comprende el acuífero Vicente Suárez, predominan los siguientes tipos de suelo: agricultura, asentamientos humanos, bosque, cuerpos de agua, matorral, otros tipos y pastizal.

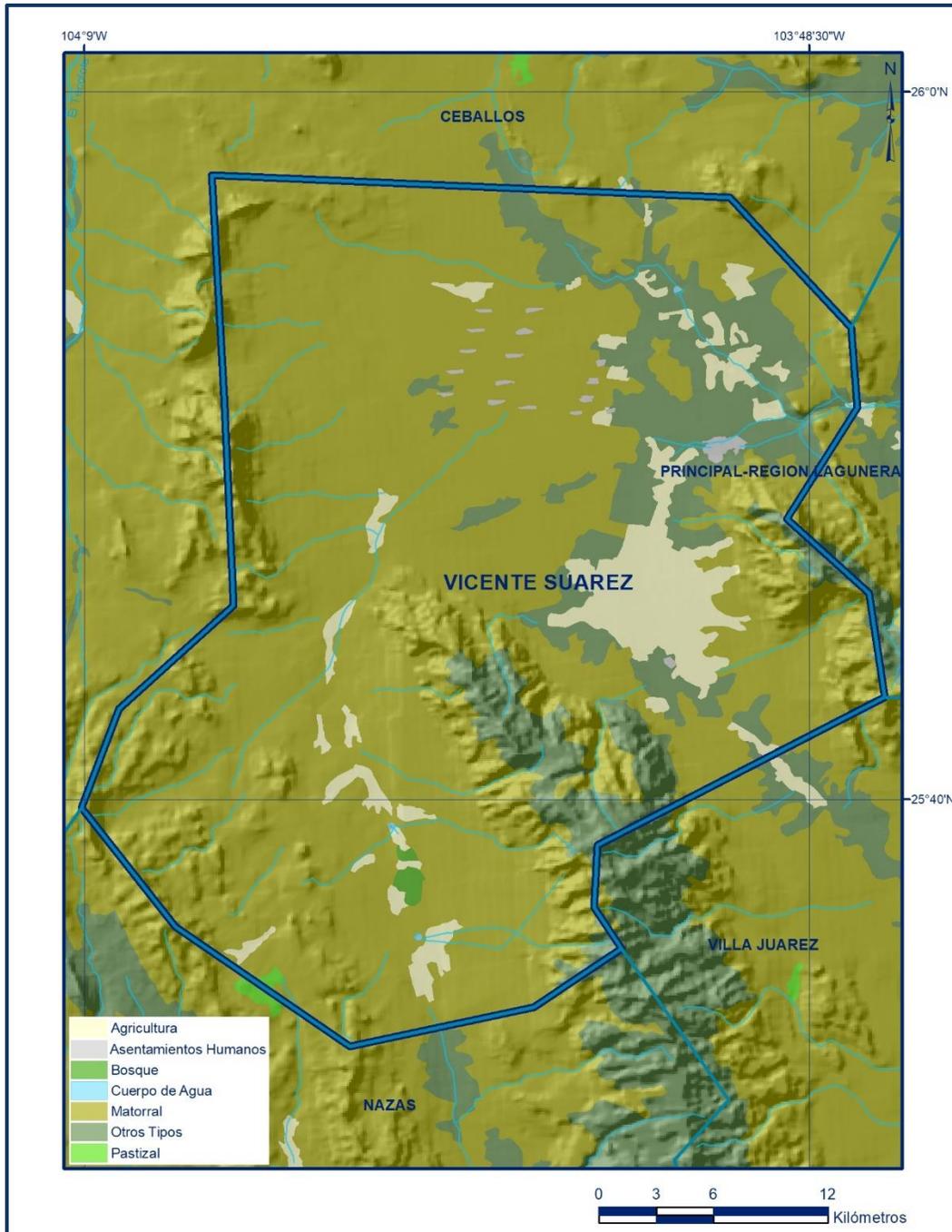


Figura 5. Uso de suelo

De esta manera, el valor de K se obtuvo como promedio ponderado y es igual a 0.26, valor que se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce):

$$Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0.15)/1.5$$

$$Ce = 0.085$$

Aplicando este coeficiente de escurrimiento al volumen de lluvia, se obtiene el volumen del escurrimiento:

$$V_{ESC} = 0.085 (400 \text{ hm}^3) = 34.1 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (2), se obtiene lo siguiente:

$$V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC} \text{ (2)}$$

$$V_{INF} = 400 - 359.1 - 34.1$$

$$V_{INF} = 6.8 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 400 hm³/año, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.017.

De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es de 6.8 hm³/año en los 1,169.6 km² de superficie del acuífero.

Por lo que la **Rv = 6.8 hm³ anuales**

5.2 Salidas

Las salidas de agua subterránea estimadas en este balance son las siguientes:

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B), evapotranspiración y posiblemente a través de salidas subterráneas, pero no se cuenta información piezométrica para su estimación.

5.2.1 Bombeo (B)

De acuerdo con los datos reportados por el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa), se tiene registrado un volumen de extracción de **10.8 hm³ anuales**, a la fecha de corte del 30 de diciembre del 2022.

6 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:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{DISPONIBILIDAD} & = & \text{RECARGA} & - & \text{DESCARGA} & - & \text{EXTRACCIÓN DE} \\ \text{MEDIA ANUAL DE} & & \text{TOTAL} & & \text{NATURAL} & & \text{AGUAS} \\ \text{AGUA DEL SUBSUELO} & & \text{MEDIA} & & \text{COMPROMETIDA} & & \text{SUBTERRÁNEAS} \\ \text{EN UN ACUÍFERO} & & \text{ANUAL} & & & & \end{array}$$

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

6.1 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 **6.8 hm³ anuales**, todos ellos son de recarga natural.

6.2 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 es **DNC = 0.0 hm³ anuales**.

6.3 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 (REPGA), 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 **10,828,533 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre del 2022**.

6.4 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 6.8 - 0.0 - 10.828533 \\ \text{DMA} &= -4.028533 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

La cifra indica que existe un déficit de **4,028,533 m³ anuales** para otorgar nuevas concesiones.

7 BIBLIOGRAFÍA

Simulador de Flujo de Agua de Cuencas Hidrográficas (INEGI), 2010 subcuencas.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018, Municipios; Subprovincias Fisiográficas; 2017, Uso de Suelos; 2008, Unidades climáticas; 2002, Fallas; 2001; Sistema de Topoformas; 2001, Sistema de Topoformas, Provincias Fisiográficas.

Servicio Geológico Mexicano, 2008. Carta Geológico-Minera G13-D24. "Vicente Suárez". Esc. 1:50,000. Durango.

Servicio Geológico Mexicano, 2006. Carta Geológico-Minera G13-D23. "San Pedro del Gallo". Esc. 1:50,000. Durango.

Servicio Geológico Mexicano, 2006. Carta Geológico-Minera G13-D14. "Mapimí". Esc. 1:50,000. Durango.

Servicio Geológico Mexicano, 2001. Carta Geológico-Minera G13-D13. "La Cadena". Esc. 1:50,000. Durango.