CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL ACUÍFERO CAMPO JARITAS (1918), ESTADO DE NUEVO LEÓN

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES 2
Antecedentes 2
1.1 Localización 2
1.2 Situación administrativa del acuífero 4
2. FISIOGRAFÍA 4
2.1 Provincia fisiográfica 4
2.2 Clima 5
2.3 Hidrografía 5
2.4 Geomorfología 6
3. GEOLOGÍA 7
3.1 Estratigrafía 7
3.2 Geología estructural 12
3.3 Geología del subsuelo 12
4. HIDROGEOLOGÍA 13
4.1 Tipo de acuífero 13
5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 14
5.1 Entradas 14
5.1.1 Recarga vertical (Rv) 14
5.2 Salidas 21
5.2.1 Bombeo (B) 21
6. DISPONIBILIDAD 21
6.1 Recarga total media anual (R) 22
6.2 Descarga natural comprometida (DNC) 22
6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) 22
6.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA) 23
7. BIBLIOGRAFÍA 24

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 Campo Jaritas, definido con la clave 1918 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción noroeste del estado de Nuevo León, entre las coordenadas geográficas 26° 7' y 27°19' de latitud norte y 100° 30' y 100°48' de longitud oeste y abarca un área de 393.52 km^2.

Limita al norte con los acuíferos de Castaños en el estado de Coahuila y Nuevo León; al Este con el acuífero El Carmen- Salinas Victoria, al Sur con Campo Mina y al Oeste con Paredón en Coahuila (figura 1).

Geopolíticamente su territorio lo comprende el municipio de Mina.

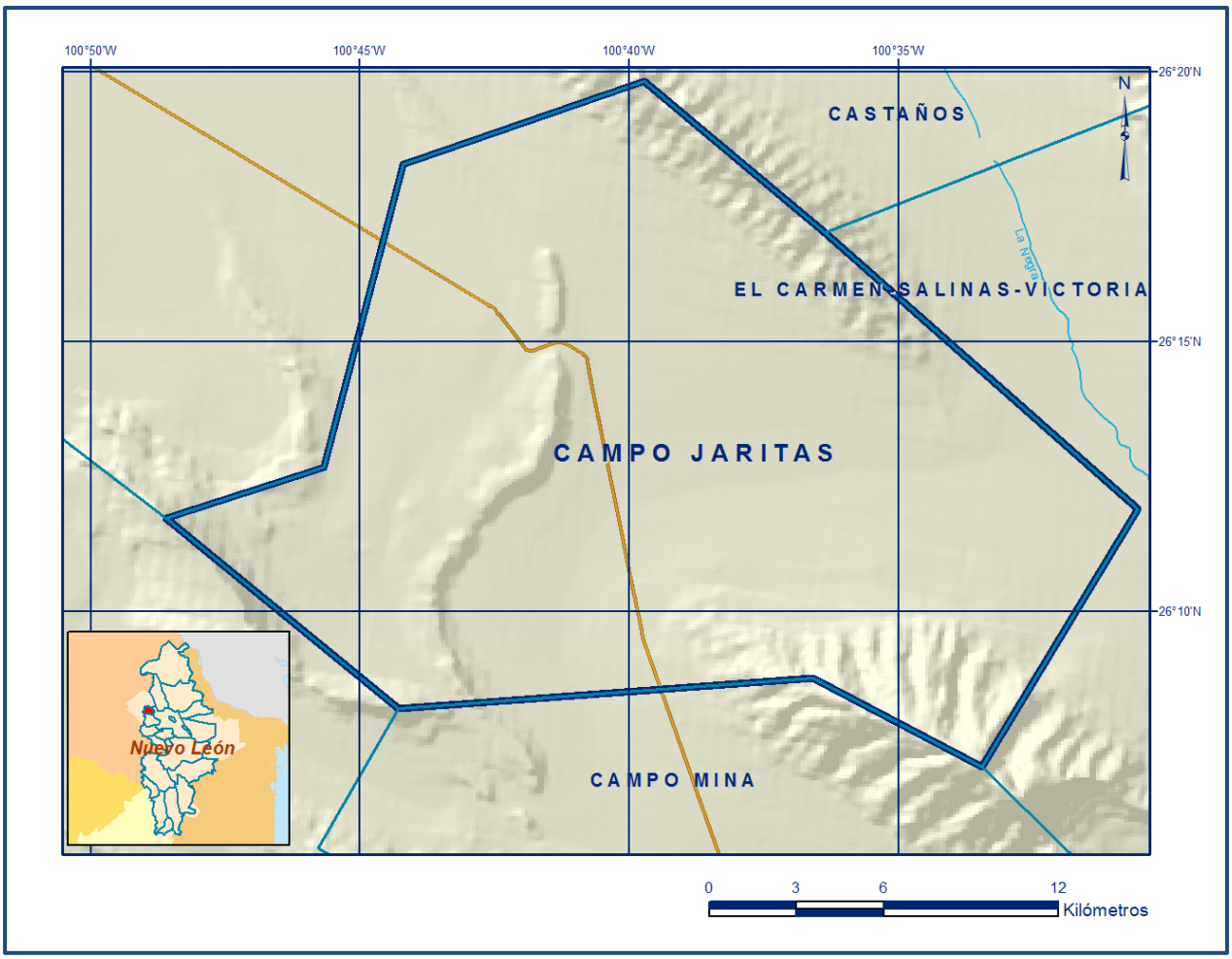


Figura 1. Localización del acuífero

Las coordenadas que delimitan la poligonal simplificada del acuífero, se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 1918 CAMPO JARITAS						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	100	33	27.7	26	7	7.0
2	100	36	36.3	26	8	46.1
3	100	44	17.9	26	8	11.4
4	100	48	36.5	26	11	43.8
5	100	45	40.9	26	12	40.4
6	100	44	11.9	26	18	17.6
7	100	39	43.9	26	19	50.4
8	100	36	22.1	26	17	1.5
9	100	30	34.2	26	11	53.9
1	100	33	27.7	26	7	7.0

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Campo Jaritas pertenece al Organismo de Cuenca VI "Rio Bravo" y al Consejo de Cuenca "Río Bravo", instalado el 21 de enero de 1999. Su territorio se encuentra totalmente sujeto a las disposiciones del "*Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas nacionales del subsuelo en los 96 acuíferos que se indican*", éste fue publicado en el DOF el 05 de abril de 2013. En este acuerdo se determina que se requiere concesión o asignación para la extracción de las aguas nacionales del subsuelo y autorización de la Conagua para el incremento de volumen.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 4.

2. FISIOGRAFÍA

2.1 Provincia fisiográfica

De acuerdo a la clasificación de las provincias fisiográficas realizada de INEGI, la superficie cubierta por el acuífero se localiza en la provincia de la Sierra Madre Oriental. El área a su vez abarca dos subprovincias fisiográficas: Sierras y Llanuras Coahuilenses y Pliegues Saltillo Parras.

La subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, con topoformas de sierras y valles, está constituida por pequeñas sierras de caliza plegadas, la mayoría orientadas de noroeste a sureste, escarpadas.
Sus ejes estructurales están bien definidos y, especialmente en el sur, se presentan anticlinales alargados con los núcleos erosionados, que presentan altitudes de 1,000 a 2,000 msnm. Entre estas sierras, constituidas por calizas y en menor proporción por lutitas y yesos, se extienden llanuras aluviales.

La subprovincia Pliegues Saltillo-Parras presenta un conjunto de sistemas de topoformas que varían desde las llanuras, valles extendidos, lomeríos suaves, abruptos y pequeñas sierras que están orientadas en dirección este-oeste. Por estar enclavada en una zona árida, su paisaje es típico del desierto, aunque es fácil observar en las cumbres topográficas bosques de pinos y encinos. Dentro de ella se asienta la Ciudad de Saltillo y las localidades importantes de esta región del estado de Coahuila. Se trata de un conjunto de valles orientados de este a oeste y limitados al norte y al sur por flancos residuales de anticlinales erosionados, incluye además la Sierra de Parras con elevaciones que sobrepasan los 3,000 msnm, que es una sucesión de flancos truncados de un gran anticlinal plegado hacia el sur.

2.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por E. García, para las condiciones de la República Mexicana, en el área cubierta por el acuífero predomina los climas semicálidos A(C)w2 y A(C)w1. Ambos son climas semicálidos, con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 18° y 22°C, cuyo régimen de lluvias es en verano, con precipitaciones anuales entre 500 y 2500 mm. El A(C)w1 es el clima menos húmedo entre ambos.

Para la determinación de las condiciones climatológicas, se utilizaron los datos de 3 estaciones que tienen influencia en el área del acuífero, con un periodo de registro que comprende de 1995-2014; mediante el método de polígonos de Thiessen, se determinó que los valores promedio anuales de temperatura y precipitación son **21.3°C** y **370 mm**, respectivamente.

2.3 Hidrografía

El acuífero se ubica en la Región Hidrológica 24 Bravo-Conchos, en las cuencas del Río Salado y Río Pesquería. El patrón de drenaje que predomina es de tipo contorsionado

y centrífugo, controlado principalmente por las estructuras y la morfología de las unidades que existen en la zona.
En este sentido, se observan tres sinclinales ubicados en los límites NE, NW y SE. Por lo que el drenaje en el Oeste y Sureste está contorsionado siguiendo la curvatura de los sinclinales. En cambio, en el Sureste, el sinclinal origina un drenaje ovalado centrífugo donde la que desemboca en el río La Negra y el río Chiquito, que son afluentes del río Salinas.

2.4 Geomorfología

Debido a las diferentes características fisiográficas notables por la disposición, extensión y forma de las estructuras, así como los distintos resultados del tectonismo que los originó se dispuso a dividir el área de estudio en tres regiones: oriente, poniente y sur.

La región Oriental se caracteriza por la existencia de serranías aisladas de forma dómica y alargadas que son plegamientos anticlinales que se clavan en los extremos de sus ejes longitudinales. El origen probable de estos plegamientos se debe a efectos combinados de esfuerzos de compresión lateral y de probable intrusión diapírica combinados con la presencia de grandes espesores de sal, yeso y evaporitas de probable edad Pre-Jurásica, existentes en el núcleo de las estructuras de Los Frailes, Minas Viejas y La Ventana.

La región denominada Poniente se caracteriza por la existencia de una serie de cuestas y espinazos sinuosos con rumbo general E-SE y W-NW, que conforman una serie de plegamientos anticlinales y sinclinales apretados y de irregular desarrollo formados por lutitas y areniscas del Cretácico superior.

La región sur se caracteriza por una serie de sinclinales y anticlinales apretados orientados E-W.

Las características fisiográficas y geomorfológicas regionales del relieve son de marcados contrastes entre los altos montañosos de las serranías y cordilleras y las amplias planicies y valles. Estos son el reflejo del patrón geológico-estructural, originado por plegamientos de compresión muy pronunciados y continuos que deformaron los depósitos sedimentarios longitudinalmente y que constituyen las

cordilleras y cadenas paralelas de las montañas formadoras de la Sierra Madre Oriental.

Dichas cadenas montañosas están dispuestas en orientación noroeste-sureste y se extienden desde el norte de Nuevo León hacia el sur sin interrupción estructural aparente, a la altura de Monterrey se flexionan en un arco perfectamente defino hacia Saltillo y al oeste de esta Ciudad con ejes continuos estructurales orientados de este a oeste. Estas cordilleras bordean los limites septentrionales de la fosa de Parras que delimitó la Península de Coahuila.

3. GEOLOGÍA

Las unidades litoestratigráficas presentes en el área son: calizas del Cretácico Inferior, cubiertas por calizas-lutitas y lutitas-areniscas del Cretácico Superior. Posteriormente se hallan conglomerados del Plioceno, conglomerados del Cuaternario y finalmente depósitos aluviales del Cuaternario (figura 2).

3.1 Estratigrafía

A continuación, se describen brevemente las unidades litológicas presentes en la superficie del acuífero, en orden cronológico de la más antigua a la más reciente.

JURÁSICO SUPERIOR

Formación Minas Viejas

La Formación Minas Viejas es la unidad basal y se compone principalmente de anhidritas con pequeñas intercalaciones de lutitas calcáreas areniscas y calizas arcillosas, son un contacto gradual subyace a la Formación Zuloaga. Se desconoce la base de esta Formación y su espesor se estima en unos cientos de metros; se le encuentra aflorando en el núcleo de la Sierra de Minas Viejas, Potrero Chico, Potrero de García y en la parte frontal de la Sierra Madre Oriental en el Cañón de la Huasteca y la Sierra de los Muertos. Estas unidades litoestratigráficas definen una secuencia evaporítica-calcárea en la base y clástico-calcárea hacia la cima e indica que fueron desarrolladas en facies lagunares, costeras y extralitorales, dentro de ambientes marinos y de transición.

Grupo La Casita

En la zona se encuentra únicamente la Formación La Casita y su afloramiento se restringe a las áreas correspondientes a los anticlinales erosionados. Litológicamente

y en forma general está compuesta de calizas arcillosas en la base, pasando a lutitas carbonosas en la porción media con alternancia de limolitas arcillosas y hacia la cima presenta areniscas y calizas arenosas.

El contenido clástico disminuye hacia el N-NW del área presentándose más calcárea con abundancia de lutitas carbonosas. Su espesor varía de 500-900 metros.

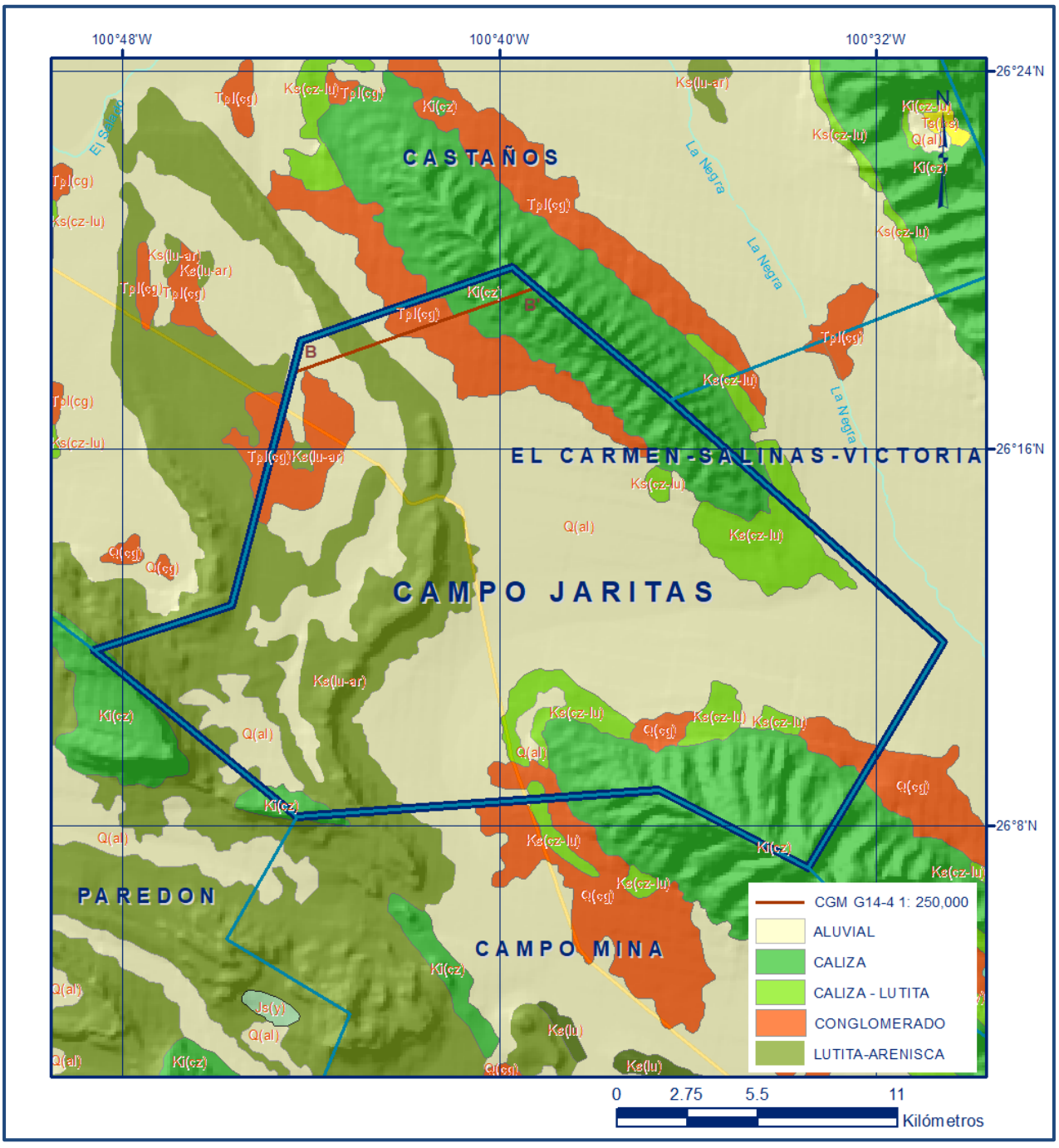


Figura 2. Geología general del acuífero

CRETÁCICO INFERIOR

Formación Cupido

Está conformada por una mudstone de color gris claro a oscuro con tonos rosas que se intemperizan a rojos. Su estratitifación varía de masiva a delgada, presenta bandeado, nódulos y lentes de pedernal (negro a pardo). Ocasionalmente puede observarse un horizonte de grainstone con pirita diseminada y concreciones de hierro en forma de roseta. Posee escaso contenido fósil. Sus espesores oscilan entre 300 a 500 m dependiendo de la región.

Formación Taraises

Litológicamente, el miembro inferior es una secuencia de calizas arcillosas grises claro a mediano con una textura mudstone en estratos de 20-30 cm con intercalaciones delgadas de lutitas y limolitas en menor proporción y frágiles al intemperismo. El miembro superior está constituido por calizas grises claro en estratos de 40 a 60 cm de espesor, con una textura mudstone. Este miembro contiene fósiles de amonitas, belemnites y nódulos arcillosos pequeños. Presenta un color amarillento rojizo, producto del intemperismo que ha sufrido.

Formación Aurora

En el área la caliza Aurora abarca a los grupos Trinity y Fredericksburg. El término Caliza Aurora es usado informalmente para designar a todos los tipos de roca carbonatada en el noreste de México entre las formaciones La Peña y Cuesta del Cura o su equivalente dentro del Grupo Washita. En la porción Occidental del área, la Caliza Aurora se desarrolla como una secuencia monótona de calizas grises de textura fina, densa con rudistas de estratificación gruesa y con un espesor que varía de 250 a 350 m en las sierras de El Fraile, Minas Viejas, Durazno, Las Mitras, etc.

Formación La Peña

Consiste generalmente de margas grises que intemperizan a rosa y rojizo y lutitas limosas altamente calcáreas, interestratificadas con calizas arcillosas de estratificación delgada a media con cantidades subordinadas de lutitas laminares y pequeños lentes de pedernal negro. La formación exhibe cambios laterales de litología pasando a caliza terrígena suave y hacia el oriente del área pasa lateralmente a lutitas negras y calizas delgadas como en las sierras de Sabinas, Lampazos y Picacho. Esta Formación varía en espesor de 15 a 150 m y tiene un promedio de 30 m. En las sierras del Fraile, de Minas

Viejas y en la parte frontal de la Sierra Madre Oriental en el Cañón de la Huasteca y la sierra de los Muertos. Su espesor es de 20-30 m.

Formación Cuesta del Cura

Consiste principalmente de calizas grises y negras, de estratificación delgadas con escasas intercalaciones de lutitas negras. Las calizas presentan bandas y pequeñas capas alternantes de pedernal negro. Por otro lado, su principal característica lo constituye la ondulación de sus planos de estratificación; así mismo, es notable su incompetencia estructural, ya que se encuentra altamente plegada, siendo los ejes de estos pliegues normales y oblicuos al buzamiento de la estructura regional. Se observa también un alto índice de fracturamiento, a simple vista sin dirección predominante. El espesor varía de 40- 300 m.

Grupo Washita

Corresponde a la porción más superior de la serie Comanche de Texas y el Norte de México e incluye a las rocas del Albiano Superior y Cenomaniano Inferior. Los sedimentos representan depósitos de mares poco profundos y carbonatados extralitorales. Agrupa las formaciones Cuesta del Cura, Georgetown, Del Río y Buda. En la Sierra Madre Oriental y en la porción sur de las sierras Tamaulipecas, los equivalentes a Washita son unas facies ampliamente distribuidas y se denomina Formación Cuesta del Cura.

CRETÁCICO SUPERIOR

El inicio del Cretácico Superior se caracteriza por un cambio en el patrón sedimentológico representado por una litología predominantemente arcillo-arenosa, la cual contrasta con las unidades calcáreas pertenecientes al Cretácico Inferior. Incluye a los sedimentos agrupados en las unidades litoestratigráficas: Grupo Eagle Ford, Grupo Austin, Grupo Taylor, Grupo Navarro.

Grupo Eagle Ford

Es la más extensa distribuida en el área y se localiza principalmente en toda la porción norte, constituyendo las partes bajas de las sierras en los flancos de estas.

Litológicamente está constituida de capas delgadas de lutitas interestratificadas con calizas arcillo arenosas. Es común observar pequeñas fracturas rellenas de yeso y abundantes nódulos de pirita. El espesor es de alrededor de 60 m.

Grupo Austin

Incluye a las formaciones San Felipe, Parras y Austin. La Formación San Felipe está constituida por una serie de calizas compactas, delgadas en parte arcillosas con buena estratificación de colores gris claro, verde o marrón. Su espesor máximo medido es de 550 m. La Formación Parras, se compone principalmente de lutitas marrón a gris oscuro y negras, carbonosas, yesíferas con intercalaciones delgadas de lutitas negras densas y lutitas pulverulentas tobáceas. Su espesor alcanza los 1000 m y se localiza aflorando hacia la porción y sur occidentales del área. La Formación Austin en su parte inferior consiste en caliza crema blanca de estratificación delgada y textura fina, hacia la parte superior presenta calizas, margas y limolitas calcáreas. Su distribución es muy amplia en el norte del área, está expuesta en las partes bajas de las sierras.

Grupos Taylor y Navarro

Son los equivalentes de fines del Cretácico Superior en el noreste de México, se encuentran incluidos en los grupos combinados Taylor y Navarro y las diferentes facies litológicas son conocidas como Lutita Méndez, Formación Difunta y en la cuenca de Sabinas Arcillas Upson, Formación San Miguel, Formación Olmos y Formación Escondido, en orden descendiente. Al sur y este la Formación Méndez, que consiste en una secuencia arcillosa altamente calcárea de gran espesor, pasa rápidamente al oeste a una secuencia extremadamente gruesa de areniscas, conglomerados, calizas conglomeráticas, lutitas arenosas y lutitas que constituyen la Formación Difunta.

CENOZOICO

Los depósitos del Cenozoico corresponden a material clástico de origen continental, y la columna estratigráfica de este periodo se inicia con depósitos de lodolitas y limolitas del Paleoceno y lodolitas y lutitas del Eoceno. Los afloramientos de estos depósitos los podemos encontrar dentro de la zona que limita al acuífero Campo Mina. Sobreyaciendo discordantemente, se localiza unos conglomerados polimícticos y oligomícticos. Dentro de la zona de estudio se encuentran en el sector Poniente del Campo Jaritas, al norte de donde se localizan los poblados de Los Remotos y San Francisco, este conglomerado es probable que corresponda a los depósitos conglomeráticos conocidos como Formación Sabinas de edad Oligocénica.

CUATERNARIO

Los depósitos de este período corresponden a material clástico de origen continental y se clasifican como depósitos de talud, sedimentos aluviales y fluviales.

Los depósitos de talud corresponden a gravas y arenas en forma de abanicos aluviales al pie de las sierras. Hacia el centro de los valles los materiales se van haciendo más finos, constituyendo los depósitos aluviales formados por limos, arcillas y arenas finas.

3.2 Geología estructural

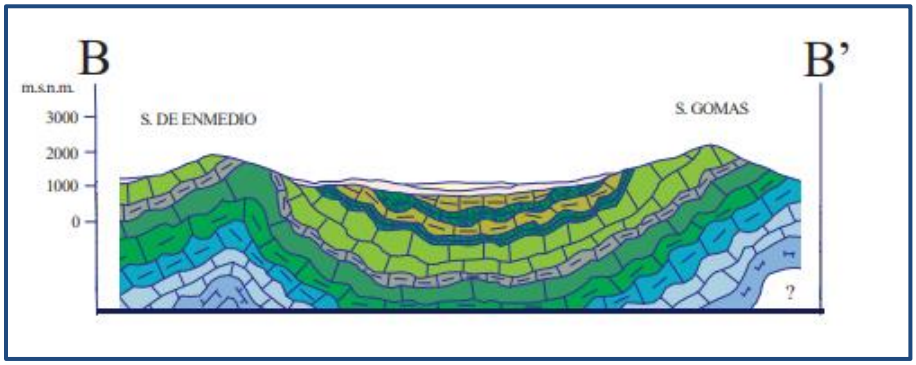
Las estructuras más significativas que se generaron en la región son pliegues simétricos y asimétricos con ejes orientados preferentemente NW-SE. Asociadas a estos pliegues se desarrollaron cabalgaduras cortas, paralelas a los ejes de los pliegues.

Todos ellos causados por los efectos orogénicos de la Revolución Larámide de fines del Cretácico y principios del Cenozoico. Además, se generaron cabalgaduras y fallas inversas por la inyección de yesos en diapiros. La deformación frágil está representada por fallas de desplazamiento lateral y normal, con dirección general NW-SE que fue originado por una etapa de ajuste isostático en la región.

3.3 Geología del subsuelo

El basamento en el NW del área está conformado por yesos-calizas y calizas del Jurásico Superior que son cubiertas por las calizas-lutitas y lutitas del Grupo Difunta del Cretácico Superior y que afloran al Oeste como sinclinales y núcleos de los sinclinales.

Estas rocas al estar fuertemente plegadas crearon valles que están cubiertos por areniscas-lodolitas del Grupo Difunta correspondientes al Paleoceno. Posteriormente los valles son llenados con conglomerados del Plioceno llamados Conglomerado Sabinas y Reynosa. Finalmente, en la superficie de estos valles se encuentran depósitos someros de Coluvión del Holoceno (figura 3).



Fuente: Carta Geológico-Minera G14-4 "Monclova" Esc. 1: 250,000 (SGM, 2008)

Figura 3. Sección geológica esquemática

4. HIDROGEOLOGÍA

4.1 Tipo de acuífero

Teniendo en consideración las características físicas (grado de compactación, granulometria, fracturamiento, etc.) de los materiales que afloran en la zona, se puede asignar de manera cualitativa a cada material una permeabilidad y agruparlos en unidades hidrogeológicas:

Formación hidrogeológica I

Son los depósitos aluviales someros que han llenado los valles y lechos de las corrientes y la parte alterada de las rocas sedimentarias que los subyacen. Actúa como acuífero libre de media potencialidad.

Formación hidrogeológica II

Son el conjunto de lutitas calcáreas y areniscas alternadas del Cretácico Superior. Hidrológicamente estos materiales actúan como acuíferos semipermeables de media-baja potencialidad.

Formación hidrogeológica III

Son las rocas calizas fracturadas del Cretácico Inferior (Formaciones Aurora, Cupido y Cuesta del Cura-Tamaulipas Superior) y que aporta la mayor parte del volumen de agua subterránea en la zona. Estas se encuentran confinadas por rocas impermeables del Cretácico Superior que cubren conjuntamente con el aluvión de edad reciente los horizontes superficiales del acuífero y, por otra parte, se encuentra sobreyaciendo a las rocas impermeables de la Formación Taraises de edad Cretácico Inferior y La Casita de edad Jurásica, funcionando en su mayor parte como acuífero confinado y en menor proporción como libre (cuando aflora por plegamientos) de alta potencialidad. Este acuífero presenta una amplia gama de gastos de producción, dependiendo de la zona de perforación.

Formación hidrogeológica IV

Está constituido por calizas de la Formación Zuloaga que generalmente se encuentra en los núcleos de los anticlinales erosionados y cuyas características geohidrológicas manifiestan una interrelación con el aluvión. Hidrogeológicamente esta formación funciona en su mayor parte como acuífero confinado y en menor proporción como libre (cuando aflora por plegamientos) de alta potencialidad.

El resto de las unidades litológicas, por la baja permeabilidad que presentan no constituyen acuíferos.

5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

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. La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

Entradas (E) – Salidas (S) = Cambio de masa

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

Recarga total – Descarga total = Cambio de almacenamiento

5.1 Entradas

Las entradas al acuífero Campo Jaritas están integradas básicamente por la recarga natural que se produce por la infiltración de la lluvia (Rv). No existe suficiente información piezométrica actual ni histórica disponible que cubra la zona del acuífero, de tal manera que no es posible interpolarla para elaborar configuraciones del nivel estático que permitan el planteamiento de un balance de aguas subterráneas. Por estas razones, se optó por plantear el balance hidrometeorológico en la superficie de **395.9 km²** del acuífero para estimar el volumen de agua susceptible de infiltrarse para recargar al acuífero.

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;

De esta manera, despejando la recarga vertical se obtiene la siguiente ecuación:

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

Como se mencionó anteriormente para obtener los valores de precipitación media anual (PMA) y temperatura media anual (TMA) se trazaron polígonos de Thiessen, abarcando un área de 395.9 km^2 para el balance. En el caso del acuífero Campo Jaritas, la PMA es de 370 mm/año y la TMA es de 21.3 °C.

Por lo tanto, para calcular el volumen de lluvia que se precipita en la superficie cubierta por el acuífero se multiplicó el área del balance (395.9 km^2) por la precipitación media anual (370 mm):

$$\mathbf{V_{LL} = 395.9\ km^2\ (0.370\ m) = 146.4\ hm^3\ anuales}$$

Para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó la ecuación empírica de Coutagne, considerando el valor medio anual de precipitación de 370 mm y temperatura de 21.3°C.

$ETR = P - \chi P^2$

Donde:

ETR = Evapotranspiración m/año
P = Precipitación en m/año
χ = 1/(0.8+0.14t)
t = temperatura en °C

T (°C) =	21.3		
P(m) =	0.370	P^2 =	0.136900
χ	0.26441036		
ETR (mm) =	334		

Aplicando la fórmula de Coutagne se obtiene una lámina de evapotranspiración real de **334 mm anuales.**

Por lo tanto, el volumen de ETR es:

$$\mathbf{V_{ETR} = 395.9\ km^2\ (0.334\ m) = 132.2\ hm^3\ anuales}$$

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:

VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL DE LA CUENCA	**=**	**PRECIPITACION ANUAL DE LA CUENCA**	*****	**AREA DE LA CUENCA**	*****	**COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO**

El coeficiente de escurrimiento (Ce) 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 la cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y de visitas de campo, 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 que, en la cuenca estudiada 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 (Ce), 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	Ce = *K* (P-250) / 2000
Si *K* es mayor que 0.15	Ce = *K* (P-250) / 2000 + (*K* –0.15) / 1.5

Donde:

P = Precipitación anual;
Ce = 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 (NOM-011-CONAGUA-2000)

USO DE SUELO	TIPO DE SUELO A	TIPO DE SUELO B	TIPO DE SUELO 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 el sistema FAO/UNESCO y modificado por la Dirección General de Geografía, en la zona que comprende el acuífero Campo Jaritas predominan los siguientes tipos de suelo: Litosol, Regosol, Rendzina y Yermosol. Los cuales se clasificaron en suelos tipo A y B (figura 4).

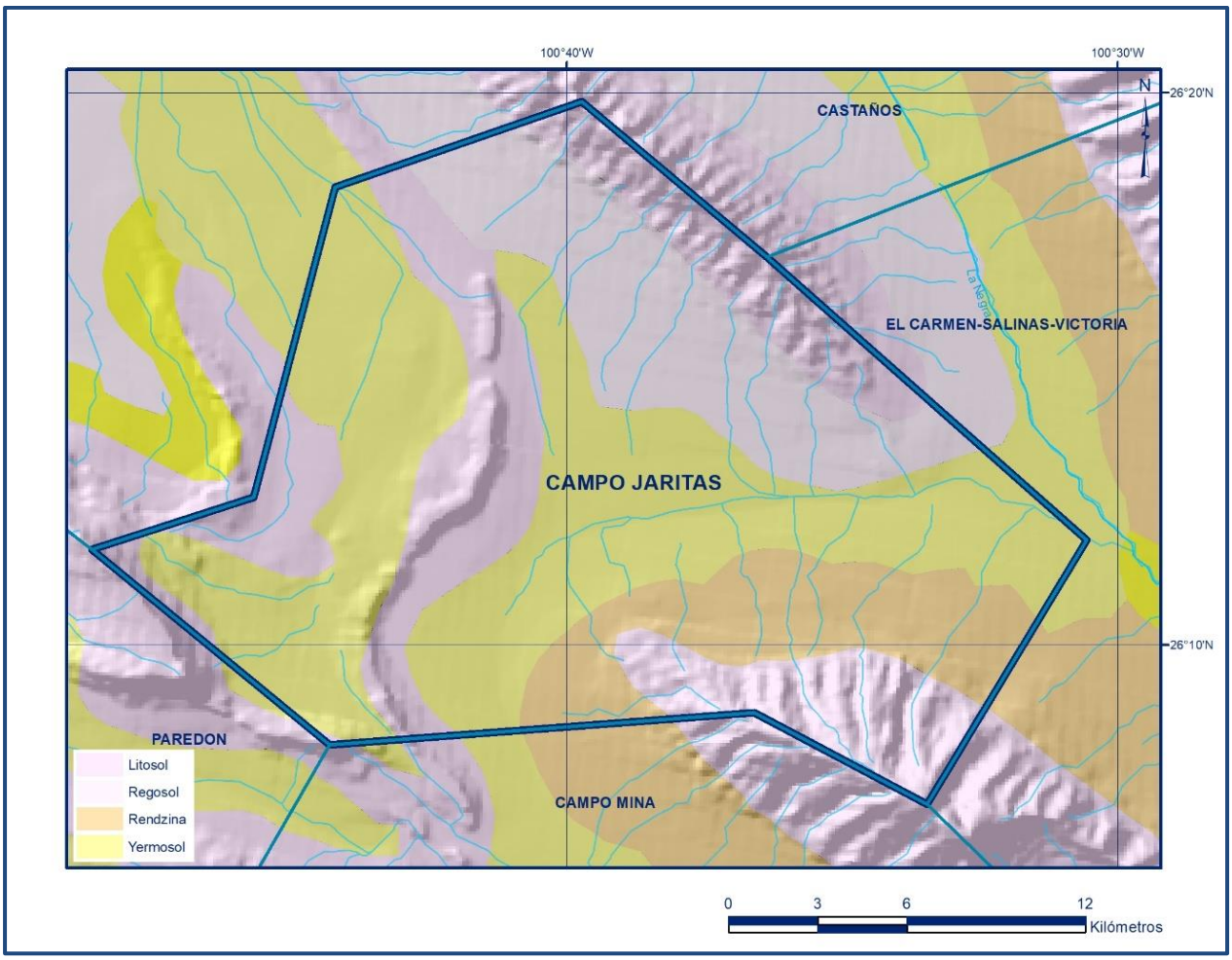


Figura 4. Tipo de suelo

En cuanto al uso de suelo, de acuerdo con la cartografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) escala 1:250,000, en el área donde se localiza el acuífero hay al menos cinco usos de suelo diferentes: área agrícola, bosque, matorral, otros tipos y pastizal (figura 5).

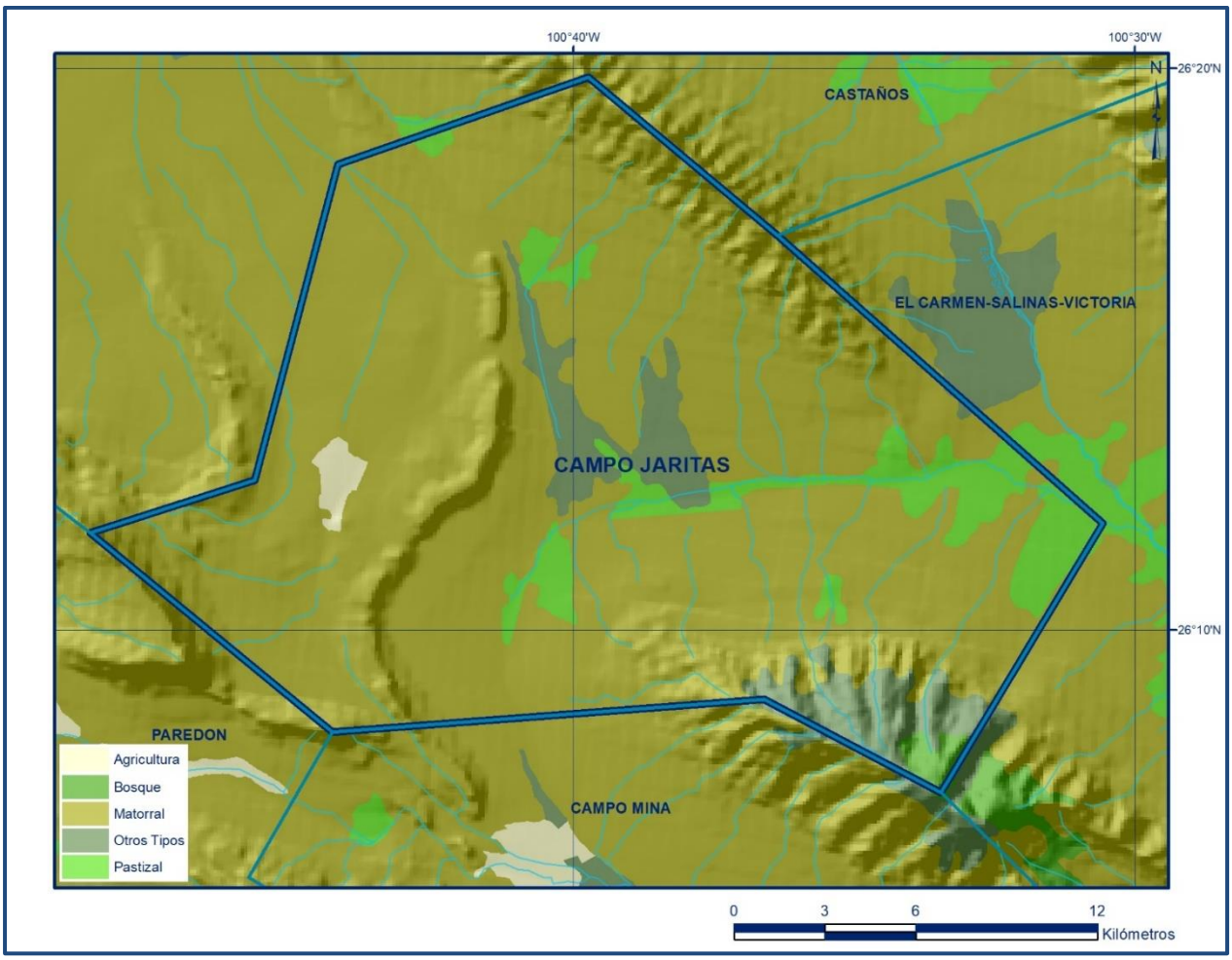


Figura 5. Uso de suelo

De esta manera, el valor de K se obtuvo como promedio ponderado y es igual a 0.24, 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 = 0.077

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

V_{ESC} = 0.077 (146.4 hm^3) = 11.3 hm^3 anuales

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

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

$$\mathbf{V_{INF} = 146.4 - 132.2 - 11.3}$$

$$\mathbf{V_{INF} = 2.9\ hm^3\ anuales}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 146.4 hm^3/año, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.0198. De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es:

$$\mathbf{Rv = 2.9\ hm^3\ anuales}$$

5.2 Salidas

Las salidas de agua subterránea estimadas en este balance son las siguientes:
La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B), salidas por flujo subterráneo (Sh) y a través de manantiales (Dm). En el acuífero Campo Jaritas, las salidas que se consideraron fueron únicamente por bombeo.

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 **0.1 hm^3 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:

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

6.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R) corresponde a la suma de los volúmenes que ingresan al acuífero en forma de recarga vertical.

Para este caso, el valor estimado de la recarga total media anual que recibe el acuífero es de **2.9 hm³ anuales.**

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 el caso del acuífero Campo Jaritas no se consideró descarga natural comprometida. Por lo que **DNC = 0**

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 (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 **159,660 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 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.

DMA = R – DNC – VEAS
DMA = 2.9 – 0.0 – 0.159660
DMA = 2.740340 hm³ anuales

El resultado indica que existe disponibilidad de **2,740,340 m³ anuales** para otorgar nuevas concesiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua, 2020. Actualización de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Paredón, estado de Coahuila.

García E., 2004. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen. Serie Libros. Número 6. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.

Jurado y Socios - Ingeniería y Planeación. 2011. Estudio de reactivación de redes de monitoreo piezométrico de los acuíferos: Campo Jaritas, Campo Durazno y procesamiento de la información piezométrica de los acuíferos Campo Mina y Campo Buenos Aires en el estado de Nuevo León, zona Norte.

Secretaría de Economía, Coordinación General de Minería, 2001. TEXTO GUÍA CARTA MAGNÉTICA "MONCLOVA" G14-4. Escala 1:250000. Editado por el Consejo de Recursos Minerales.

Secretaría de Economía, Coordinación General de Minería, 2001. TEXTO GUÍA CARTA MAGNÉTICA "MONCLOVA" G14-4. Escala 1:250000. Editado por el Consejo de Recursos Minerales.

Servicio Geológico Mexicano, 2008. Carta Geológico-Minera G14-4 "MONCLOVA" Esc. 1: 250,000.