



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO CAMPO PAPAGAYOS (1920),
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. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	4
3. FISIOGRAFÍA.....	5
3.1 Provincia fisiográfica.....	5
3.2 Clima	5
3.3 Hidrografía	6
3.4 Geomorfología.....	7
4. GEOLOGÍA.....	7
4.1 Estratigrafía.....	7
4.2 Geología del subsuelo.....	12
5. HIDROGEOLOGÍA.....	14
5.1 Tipo de acuífero	14
5.2 Parámetros Hidráulicos.....	14
5.3 Piezometría	14
5.4 Comportamiento Hidráulico.....	14
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea	15
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	16
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	17
7.1 Entradas.....	17
7.1.1 Recarga natural	17
7.1.2 Recarga inducida.....	18
7.2 Salidas.....	18
8. DISPONIBILIDAD	18
8.1 Recarga total media anual (R)	19
8.2 Descarga natural comprometida (DNC)	19
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	19
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)	19
9. BIBLIOGRAFÍA	21

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 Papagayos, definido con la clave 1920 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción centro-oriental del estado de Nuevo León, entre los paralelos 25° 39' y 25° 53' de latitud norte y entre los meridianos 99° 39' y 99° 54' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 152 km². Limita al este con el acuífero China-General Bravo y al oeste con El Carmen-Salinas-Victoria (figura 1).

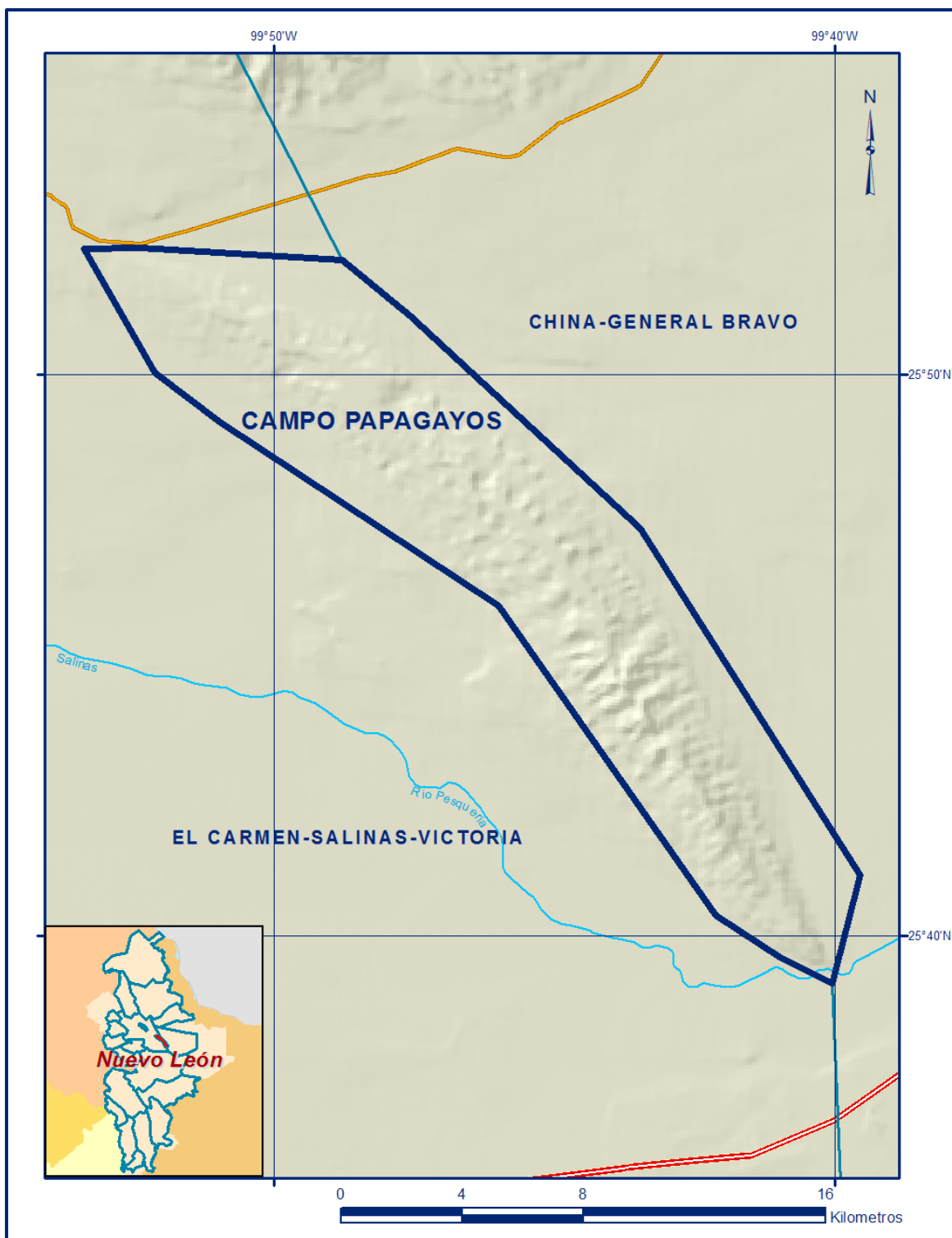


Figura 1. Localización del acuífero

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

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero.

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	99	40	58.4	25	39	37.5
2	99	42	7.3	25	40	21.6
3	99	45	59.8	25	45	53.3
4	99	50	57.4	25	49	9.4
5	99	52	6.7	25	50	1.8
6	99	53	23.2	25	52	14.2
7	99	52	23.4	25	52	15.6
8	99	48	47.1	25	52	2.9
9	99	47	34.4	25	51	3
10	99	43	27.9	25	47	15.9
11	99	39	32.7	25	41	5.1
12	99	40	2.6	25	39	9.1
1	99	40	58.4	25	39	37.5

El acuífero Campo Papagayos se localiza al noreste del Área Metropolitana de Monterrey en el Municipio de Dr. González, N. L y está delimitado por el flanco sur - oeste de un anticlinal con dirección NE-SW denominado Sierra Papagayos

La zona cuenta con una red de carreteras que permiten una buena comunicación entre la porción norte y la porción sur de la zona y entre el poniente y la oriente. Además, existe un sistema de caminos pavimentados que mantiene comunicadas a las poblaciones más importantes con las carreteras principales, así como una malla de terracerías, caminos vecinales y brechas que comunican los pequeños poblados, rancherías y zonas agrícolas.

1.2 Situación administrativa del acuífero

El campo Papagayos se localiza en zona de libre alumbramiento, ya que no existe decreto de veda. De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3. Es explotado por Petróleos Mexicanos, como complemento en el abasto de agua a la Refinería ubicada en Cadereyta Jiménez, N. L.

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Ingenieros Consultores y Proyectistas (CIEPS). 1968: Estudio Geohidrológico de Acuíferos Regionales en Calizas, Zona Monterrey, SRH, CAPM.

INEGI. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. 1986.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

El Campo Papagayos se ubica en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en la Subprovincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses, que comienza en los bordes del Río Bravo entre Ojinaga Chihuahua y Villa Acuña Coahuila, donde se divide en dos brazos. El más largo de ellos, que está al oriente de la subprovincia, penetra en Nuevo León e incluye los municipios de Abasolo, Bustamante, Ciénega de Flores, Dr. González, Higuera, Salinas Victoria, San Nicolás de Hidalgo y Villaldama y parte de los de Agualeguas, García, Garza García, Lampazos de Naranjo, Mina y Sabinas Hidalgo.

La subprovincia está constituida por sierras de calizas plegadas, la mayoría orientada de noroeste a sureste, escarpadas y más bien pequeñas. Sus ejes estructurales están bien definidos y, especialmente en el sur se presentan anticlinales alargados con los lomos erosionados. Entre estas sierras se extienden amplias bajadas y llanuras de origen aluvial. Hay tres conjuntos estructurales de la subprovincia que forman parte del territorio Neoleonés. La sierra de Sabinas Hidalgo, cuyas cumbres rebasan los 1000 msnm, la alargada Sierra del Potrero, anticlinal de lomo erosionado que se extiende al norte de la ciudad de Monterrey; la sierra de Picachos que se levanta al noreste de la misma ciudad, la cual no tiene un eje estructural definido y cuenta con una fuerte intrusión ígnea sobre su borde norte.

3.2 Clima

Se presentan dos grupos de climas en el área: el Grupo de clima seco (B) y el Grupo de clima templado (C). A su vez el grupo de clima seco (B) presenta dos tipos de climas uno semiseco (BS1), con lluvias de verano y escasas a lo largo del año y otro tipo de clima seco (BS0), con lluvias de verano y escasas en todo el año. Dentro del primer tipo (BS1) se presentan a su vez dos subtipos, el primero es el subtipo semiseco semicálido (BS1 hw) con lluvias en verano en donde el porcentaje de precipitación invernal está entre 5 y 10.2 y los inviernos son cálidos. El siguiente subtipo de clima es el semiseco muy cálido y cálido (BS1 (h') hw), con lluvias en verano y en donde el % de precipitación invernal está entre 5 y 10.2 y los inviernos son cálidos.

Por lo que respecta al tipo de clima Seco (BS0), se presenta en forma de dos subtipos, el primero es el subtipo seco semicálido (BS0 hw) con lluvias en verano y en donde el porcentaje de precipitación invernal está entre el 5 y 10.2% y los inviernos son frescos.

El subtipo siguiente es el seco muy cálido y cálido (BSo (h') hw) con lluvias en verano y en donde el porcentaje de precipitación invernal es entre 5 y 10.2% y los inviernos son cálidos. El grupo de clima templado se manifiesta de la forma del subgrupo de climas semicálidos ((A)C) en donde la temperatura media anual es mayor de 18° C y la temperatura del mes más frío es entre -3 y 18° C. Este subgrupo ocurre en forma de dos tipos, el primero es el tipo semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año ((A)Cx') y en donde el porcentaje de lluvia invernal es menor de 18%; el siguiente tipo es el semicálido subhúmedo con lluvias en verano ((A)C(Wo)), este tipo de clima agrupa los subtipos menos húmedos de los semicálidos subhúmedos y en donde la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm y la precipitación invernal es entre 5 y 10.2%.

La temperatura Media Anual es de 22.1° C (Estación Ciénega de Flores). El sistema está ubicado en una zona semidesértica, con una precipitación media anual de 630 mm; de esta cantidad, más del 60% ocurre en el período de junio a septiembre. Debido a que se trata de un acuífero confinado en rocas calizas fracturadas, no se considera que la Evapotranspiración sea un factor importante en el balance de aguas subterráneas.

3.3 Hidrografía

La zona se ubica en la región hidrológica Bravo-Conchos específicamente en la Cuenca Río Bravo San Juan, quedando delimitada por el parteaguas de esta cuenca hacia el norte, abarcando una superficie cuyas coordenadas geográficas extremas son: 26° 20' y 25° 30' de latitud norte y 99° 40' y 100° 40' de longitud oeste.

Los principales ríos que existen en los alrededores del acuífero son: El río La Negra que confluye con el Río Salinas, existe otro río llamado Doctor González que junto con el anterior se incorporan al Río Pesquería que es el más importante. Cerca de la zona del acuífero el Río Pesquería confluye con el Río San Juan antes de llegar a la localidad de Doctor Coss, finalmente éste último río se incorpora al Río Bravo que desemboca en el Golfo de México El acuífero Campo Papagayos se encuentra en la Región Hidrológica 24, Río Bravo, en la subregión Bajo Río Bravo, en la cuenca del Río San Juan, y en la subcuenca del Río Pesquería En el área fueron perforados 12 pozos, de los cuales solamente 2 son operados por PEMEX, con un volumen conjunto anual de 706,000 m³ para 1998 y 439,900 en 1999; debido a que el acuífero no soporta mayores extracciones.

3.4 Geomorfología

El rasgo geomorfológico sobresaliente, corresponde a la sierra Los Ramones, que mantiene una dirección SE – NW, que se caracteriza por ser alargada con flancos de suave pendiente, reflejo de capas de poca inclinación. Esta sierra sobresale de una extensa llanura aluvial que se localiza en el extremo poniente de la provincia fisiográfica de la llanura Costera del Golfo.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área son las formaciones Cupido que se clasifica como Acuífera y con características de alta transmisividad, la Peña que se clasifica como un confinante local con espesores de 30 a 60 m, Aurora en la zona del Acuífero tiene espesores generalmente de 300 m, Cuesta del Cura, Agua Nueva y San Felipe pertenecientes al Cretácico Superior, se clasifica con características de confinante superior. Como se menciona, las rocas que constituyen el Acuífero son las Calizas de las formaciones Aurora y Cupido del Cretácico Inferior.

4. GEOLOGÍA

4.1 Estratigrafía

Las unidades litoestratigráficas presentes en el área se pueden agrupar en tres grandes conjuntos: el primero de ellos se caracteriza por depósitos marinos de influencia calcárea con un alcance estratigráfico desde el Jurásico Superior hasta la parte basal del Cretácico Superior (Cenomaniano-Turoniano); el segundo, de naturaleza marina más bien clástica alcanza hasta el Paleoceno; y el tercero corresponde a depósitos de naturaleza continental de edad Terciaria y Cuaternaria (figura 2).

El primer conjunto se encuentra formando las sierras, en tanto que el segundo se distribuye preferencialmente en las partes bajas formando los valles. Tanto la naturaleza de las rocas que constituyen estas secuencias, como su ubicación relativa en la columna estratigráfica, podrían explicar las diferencias en los estilos de deformación.

Los depósitos continentales corresponden a unidades pobremente consolidadas constituidas principalmente por gravas, arenas y arcillas formando abanicos aluviales y cubriendo en las partes bajas a los depósitos marinos mesozoicos de manera discordante.

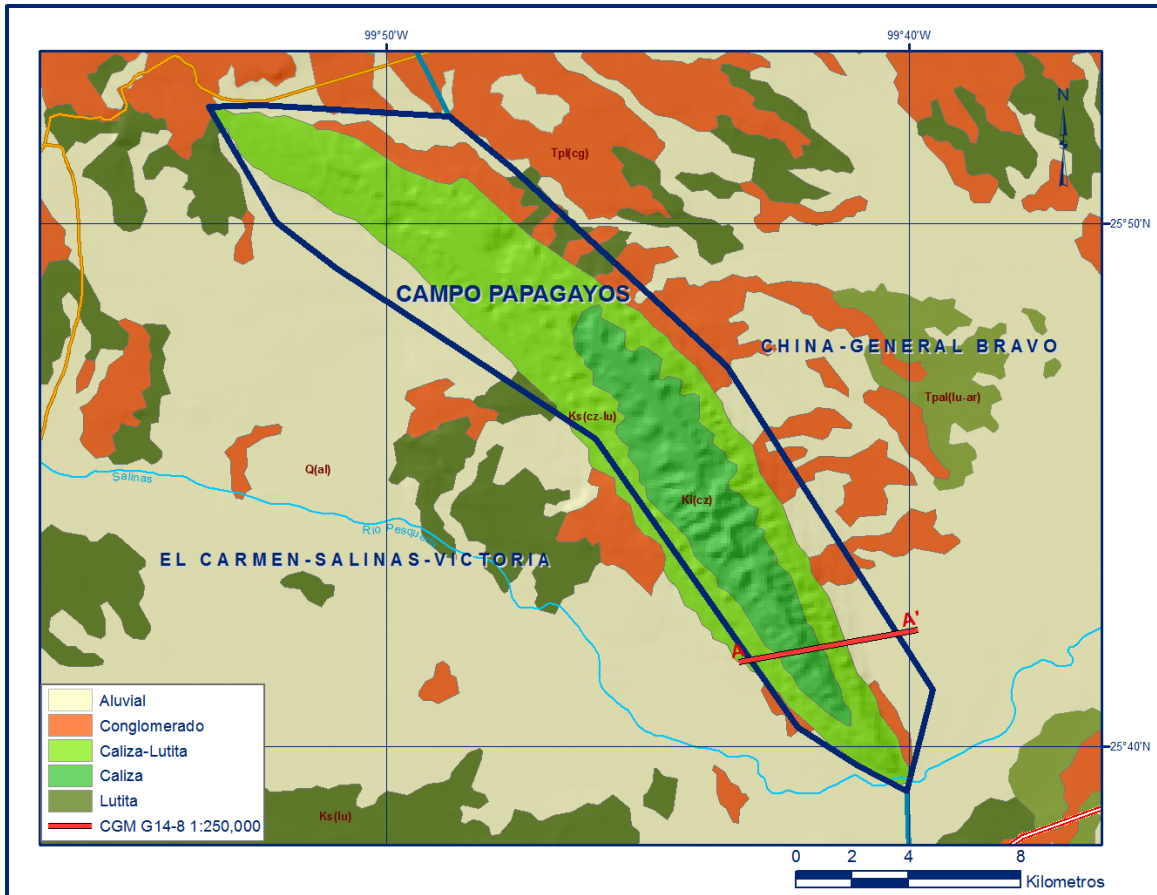


Figura 2. Geología general del acuífero

Jurásico Superior

Serie Sabinense: es una unidad cronoestratigráfica propuesta por Humprey y Díaz que abarca el Calloviense al Portlandiense y que incluye a los grupos Zuloaga y Casita, estas unidades litoestratigráficas nos definen una secuencia evaporítico-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 Zuloaga: dentro del área únicamente se presentan las “Calizas Zuloaga” y los “Yesos 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, subyace a la Formación Zuloaga en un contacto gradual. 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 la Sierra de los muertos.

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 a 900 metros.

Cretácico Inferior

El Cretácico inferior ha sido dividido en las series Coahuila y Comanche. Los sedimentos incluidos en la serie Coahuila varían de depósitos terrígenos hasta calizas y dolomías. Los sedimentos de la serie Comanche están formados preferentemente de calizas y en menor porción margas y lutitas.

En la mayoría de las secciones dentro del área se tienen únicamente las Formaciones Cupido y Tamaulipas Inferior. La Formación Cupido representa las facies sedimentarias de un complejo carbonatado depositado en áreas someras. Se ha dividido en seis miembros que corresponden a seis facies lateralmente coexistentes, el orden mostrado enseguida es el que presentan comúnmente en una sección vertical:

- Facies pelágicas o de cuenca. (unidad basal)
- Facies pre-arrecife y talud
- Facies arrecifal
- Facies de post-arrecife someras
- Facies infranerítica y de marea
- Facies lagunares predominantemente evaporítica.

En el área se encuentra expuesta las facies pre-arrecifales y arrecifales. La facie pre-arrecifal consiste en capas de caliza gruesas a muy gruesas, bioclásticas y litoclásticas cuya textura varía de wackestone a grainstone. Este conjunto de litofacies es interpretado por Conklin como depósitos de talud derivados de un arrecife. Serie Comanche: Es una unidad cronoestratigráfica que abarca desde el Aptense Superior al Cenomanense Inferior y que incluye a los sedimentos depositados en sus diferentes litofacies, definidas por la presencia de dos plataformas someras de sedimentación: Plataforma del Burro y Plataforma de Coahuila.

Para su estudio se ha dividido en tres unidades litoestratigráficas: Grupo Trinity, Grupo Fredericksburg y Grupo Washita. Esta subdivisión estándar es aplicable sobre la porción norte del Estado de Coahuila y Sur de Texas. Hacia el Sur.

Sin embargo, en el Noroeste de México los dos primeros Grupos son generalmente irreconocibles, así estas unidades son referidas como Caliza Aurora, que abarca desde el Trinity superior hasta el Washita inferior. Grupo Trinity: En este grupo se incluyen a la formación La Peña, Aurora Inferior, Glen Rose y otras. La 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 de estudio pasa lateralmente a lutitas negras y calizas delgadas como en las sierras de Sabinas, Lampazos y Picachos La Formación La Peña varía en espesor de 15 a 150 m y tiene un promedio de 30 m. En las sierras del Fraile y de Minas Viejas su espesor es de 20 a 30 m

Grupo Trinity y Fredericksburg. En el área la caliza Aurora abarca estos dos grupos: 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 sus equivalentes 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, etc.

Grupo Washita. Esta unidad litoestratigráfica corresponde a la porción más superior de la serie Comanche de Texas y el Norte de México e incluye a las rocas del albense superior y senomanense inferior.

Los sedimentos representan depósitos de mares poco profundos y carbonatos 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 Tamaulipas, los equivalentes Washita son unas facies ampliamente distribuidas y se denomina Formación Cuesta del Cura.

La Formación Cuesta del Cura, consiste principalmente de calizas grises y negras, de estratificación delgada 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. La formación Cuesta del Cura varía de 40 a 300 m. En las sierras de El Fraile y Minas Viejas, su espesor es de 100 m.

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. Serie del Golfo: es una unidad cronoestratigráfica que abarca desde el Cenomanense superior al Mestrichtense que incluye a los sedimentos agrupados en las siguientes unidades litoestratigráficas: Grupo Eagle Ford, Grupo Austin, Grupo Taylor y Grupo Navarro.

Grupo Eagle Ford. Dentro de la cuenca sedimentario - mesozoica, se depositan en la porción occidental la formación Indidura y hacia el oriente la formación Agua Nueva. Formaciones Agua Nueva e Indidura. La formación Agua Nueva está constituida por capas de caliza de color gris oscuro y negro, parcialmente arcillosas que alternan con lutita laminada de color gris oscuro, a veces bituminosas o carbonosas. La Formación Indidura en su porción inferior se compone de lutitas calcáreas color gris laminadas y calizas en capas delgadas con intercalaciones de lutitas.

La Formación 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 las mismas. 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. Las formaciones San Felipe, Parras y Austin integran esta unidad litoestratigráfica.

Formación San Felipe. Está constituida por una serie de calizas compactas, delgadas, arcillosas en parte, con buena estratificación, de colores gris claro, verde o marrón. Su espesor máximo medio es de 550 m.

Formación Parras. Principalmente se compone 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 occidental y sur occidental del área.

Formación Austin. En su parte inferior consiste de caliza crema blanca, de estratificación delgada y textura fina; hacia la parte superior presente calizas cretosas, 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. 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 fases litológicas son conocidas como Lutita Méndez, Formación Difunta y en la cuenca de Sabinas arcilla Upson, Formación San Miguel, Formación Olmos y Formación Escondido en orden descendente. Al sur y este la Formación Méndez que consiste de 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.

Terciario y Cuaternario

Los sedimentos marinos del terciario afloran la porción más oriental del Estado de Nuevo León. Están dispuestos a manera de franjas superimpuestas inclinadas hacia el este; corresponden a depósitos del Paleoceno (Grupo Midway y Willcox) y quedan fuera del área del acuífero Mina. Los depósitos del período cuaternario corresponden a materiales clásticos de origen continental y se clasifican como depósitos de talud, sedimentos aluviales y fluviales.

4.2 Geología del subsuelo

Por tratarse de un acuífero confinado en rocas carbonatadas, el corte litológico de los pozos es representativo de la geología del subsuelo. La tabla 2, muestra la litología que se presenta en cada uno de los pozos perforados en el campo de pozos Papagayos:

Tabla 2. Litología de pozos.

Pozo	Profundidad (m)		Formación
	De	A	
Papagayos 1	0	20	ALUVIÓN
	20	111	AGUA NUEVA
Papagayos 2	0	35	ALUVIÓN
	35	225	AGUA NUEVA
	225	285	CUESTA DEL CURA
	285	575	AURORA
Papagayos 3	0	35	ALUVIÓN
	35	90	SAN FELIPE
	90	325	AGUA NUEVA
	325	380	CUESTA DEL CURA
	380	565	AURORA
Papagayos 5	0	5	ALUVIÓN
	5	115	SAN FELIPE
	115	290	AGUA NUEVA
	290	365	CUESTA DEL CURA
	365	635	AURORA
	635	645	LA PEÑA
	645	801	CUPIDO
Papagayos 6	0	10	ALUVIÓN
	10	125	SAN FELIPE
	125	220	AGUA NUEVA
	220	305	CUESTA DEL CURA
	305	600	AURORA
	600	620	LA PEÑA
	620	865	CUPIDO
Papagayos 7	0	20	ALUVIÓN
	20	160	AGUA NUEVA
	160	220	CUESTA DEL CURA
	220	407	AURORA
Papagayos 8	0	10	ALUVIÓN
	10	80	SAN FELIPE
	80	250	AGUA NUEVA
	250	320	CUESTA DEL CURA
	320	620	AURORA
	620	635	LA PEÑA
Papagayos 8	0	15	ALUVIÓN
	15	85	SAN FELIPE
	85	270	AGUA NUEVA
	270	345	CUESTA DEL CURA
	345	690	AURORA
	690	710	LA PEÑA
Papagayos 9	0	15	ALUVIÓN
	15	85	SAN FELIPE
	85	270	AGUA NUEVA
	270	345	CUESTA DEL CURA
	345	690	AURORA
	690	710	LA PEÑA
Papagayos 10	0	20	ALUVIÓN
	20	120	SAN FELIPE
	120	290	AGUA NUEVA
	290	360	CUESTA DEL CURA
	360	620	AURORA
	620	635	LA PEÑA
	635	650	CUPIDO
Papagayos 11	0	20	ALUVIÓN
	20	110	SAN FELIPE
	110	300	AGUA NUEVA
	300	380	CUESTA DEL CURA
Papagayos 12	0	20	ALUVIÓN
	20	75	SAN FELIPE
	75	230	AGUA NUEVA
	230	300	CUESTA DEL CURA
	300	575	AURORA
	575	590	LA PEÑA
	590	700	CUPIDO

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área son las formaciones Cupido que se clasifica como Acuífera y con características de alta transmisividad, la Peña que se clasifica como un confinante local con espesores de 30 a 60 m, Aurora en la zona del Acuífero tiene espesores generalmente de 300 m, Cuesta del Cura, Agua Nueva y San Felipe pertenecientes al Cretácico Superior, se clasifica con características de confinante superior.

Como se menciona, las rocas que constituyen el Acuífero son las Calizas de las formaciones Aurora y Cupido del Cretácico Inferior que se presentan en zonas de afloramiento.

El hecho de clasificar al sistema de pozos Papagayos como un sistema hidrogeológico calcáreo local, implica necesariamente, que la longitud de su trayectoria de flujo es corta; por ello su área de recarga se ubicó en las zonas cercanas, especialmente en los afloramientos de la formación Aurora, en el flanco sur oeste de la Sierra de Los Ramones.

5.2 Parámetros Hidráulicos

Por tratarse de un acuífero confinado en calizas cretácicas se ha estimado que el coeficiente de almacenamiento es del orden de 10^{-3} a 10^{-5} .

5.3 Piezometría

Desafortunadamente es muy escasa la información piezométrica, solo se cuenta con algunos datos de nivel dinámico.

5.4 Comportamiento Hidráulico

La tabla 3, muestra los datos de operación de los pozos durante el período 1998 – 1999.

Del escaso volumen de extracción sostenible, que no llega al millón de metros cúbicos por año, se deduce que aun cuando algunos pozos tienen alta transmisividad, el acuífero tiene muy bajo coeficiente de almacenamiento.

Tabla 3. Operación de Pozos. 1998-1999.

ACUÍFERO PAPAGAYOS			
VOLUMEN DE EXTRACCIÓN			
		PAPAGAYOS 3	PAPAGAYOS 4
AÑO	MES	VOL. DE EXTRACC. M³	VOL. DE EXTRACC. M³
1998	Ene	7,344	0
	Feb	56,924	0
	Mar	106,608	26,652
	Abr	170,876	26,652
	May		
	Jun		
	Jul	52,850	49,702
	Ago	60,789	50,875
	Sep	37,567	27,480
	Oct	13,090	4,600
	Nov	9,504	0
	Dic	11,988	2,707
SUMA 1998		527,540	188,668
1999	Ene	66,725	0
	Feb		0
	Mar		0
	Abr	92,440	0
	May	124,396	0
	Jun	118,647	0
	Jul	7,662	0
	Ago	16,332	0
	Sep	6,955	0
	Oct	612	0
	Nov	1,728	0
	Dic	4,425	0
SUMA 1999		439,922	0

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

El análisis fisicoquímico del agua de los 12 (tabla 4) pozos profundos del acuífero Campo Papagayos arrojó como resultado que el pozo 7 manifestó un fuerte olor a, ácido sulfhídrico y excede el límite establecido por el Reglamento Federal para Agua Potable de la República Mexicana para el contenido de cloruros (450 ppm.) y de sólidos disueltos (1350 ppm). El análisis fisicoquímico de los pozos 2, 3, 5, 8, 9, 10 no reportan presencia de ácido sulfhídrico y fueron considerados aptos para uso de agua potable, sin embargo, esto deberá ser revisado debido a que el sulfhídrico se volatiza, lo que puede ocasionar que no sea detectado en el laboratorio.

Tabla 4. Análisis fisicoquímico del agua en los pozos

Pozo	Sólidos Disueltos (ppm)	Observaciones
Papagayos 1	X	X
Papagayos 2	530	
Papagayos 3	390	
Papagayos 5	380	
Papagayos 6	X	
Papagayos 7	1350	Olor a ácido sulfhídrico. Excede el máximo permisible de cloruros y de sólidos disueltos, según el Reglamento Federal para Agua Potable de la República Mexicana.
Papagayos 8	500	
Papagayos 9	650	
Papagayos 10	680	
Papagayos 11	X	
Papagayos 12	X	

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

En el campo de pozos Papagayos fueron perforados 12 pozos profundos, originalmente fueron destinados a suministrar agua para uso industrial a la refinería de PEMEX ubicada en Cadereyta Jiménez N. L. Los caudales y niveles de la tabla 5, corresponden a los datos obtenidos en el aforo individual que se realizó al término de la construcción de cada pozo, sin embargo, al bombear en forma simultánea se observa interferencia en sus conos de abatimiento y no se sostiene ese caudal. La operación real se hace mediante la extracción de entre 0.4 y 0.7 millones de m³/ año

Tabla 5. Caudales y niveles en pozos.

Pozo No.	Profundidad total (m)	Profundidad al n. e. (m)	Profundidad al n. d. (m)	Caudal (lps)
1	111			Improductivo
2	575	28	81.4	80
3	566	19.7	73.5	125
4				
5	801	33		
6	865	12.5	42	4
7	407	14	82	11
8	700	45	114	80
9	750	55.7	116	30
10	650	70	112	55
11	526			
12	700	43	80	2

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

7.1 Entradas

7.1.1 Recarga natural

Para la estimación de la recarga natural, en su Tesis del Ing. Luis Velázquez Aguirre utiliza la fórmula propuesta por W. Kniesel, donde la recarga está expresada como una función de la precipitación:

$$R = 122.61 p^2 5843 + p^2 \quad ;$$

R (mm), Lámina de recarga.

P (mm) precipitación efectiva (mayor que 6.5 mm/día)

Para el acuífero Papagayos se analizaron los datos de precipitación efectiva de las estaciones Higueras y Ciénega de Flores, en el período 1993 – 1997. El área de recarga se consideró de 21 Km² correspondiente a los afloramientos de la formación Aurora del flanco sur oeste del Anticlinal Los Ramones. De esta forma se estimó la recarga según la tabla 6:

Tabla 6. Cálculo de la Recarga

Año	P (mm)	p ² (mm)	R (mm)	R (m)	Area (km ² X 10 ⁶)	Volumen de Recarga Mm ³ /año
1994	289.5	83810.25	114.62	0.1146	21.0	2.4
1995	541.7	293438.89	120.22	0.1202	21.0	2.5
1996	531.7	282704.89	120.13	0.1201	21.0	2.5
1997	568.5	323192.25	120.43	0.1204	21.0	2.5
1993	727.4	529110.76	121.27	0.1213	21.0	2.5
					Promedio =	2.5

El uso de una fórmula empírica se debe a que la recarga de este sistema de aprovechamientos se manifiesta en forma escalonada ya que los acuíferos se encuentran interconectados por el contacto de sus formaciones y que hacen que los niveles del agua tengan una dinámica que por una parte se ha observado una recuperación gradual a causa de la recarga y además una sensible influencia de cada acuífero por la explotación y abatimiento del que se localiza aguas arriba.

La anterior característica de operación de este sistema, representa una dificultad en la estimación de su comportamiento. Estudios geohidrológicos para la cuantificación de la recarga con base en la lámina de lluvia, han determinado que el área de calizas acuíferas que afloran en las partes altas y que constituyen las zonas de alimentación y recarga, funcionando como un acuífero libre de captación, tiene un área estimada de 450 km² y que la infiltración del agua de lluvia se conduce a la porción donde las calizas se encuentran confinadas por la formación impermeables superiores e inferiores formando el acuífero a presión del Campo Buenos Aires.

La estimación de la lámina de recarga en función de la precipitación se determina con la fórmula de Knisel (1972).

7.1.2 Recarga inducida

En la zona no existen factores que aporten recarga diferente a la natural.

7.2 Salidas

No se tienen estudios que nos ayuden a reconocer las salidas del acuífero.

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:

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

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

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 **2.5 hm³/año**, todos ellos son de recarga natural.

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 es de **DNC = 0.0 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 (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 **1,244,848 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 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.

$$\begin{aligned} \mathbf{DMA} &= \mathbf{R - DNC - VEAS} \\ \mathbf{DMA} &= \mathbf{2.5 - 0.0 - 1.244848} \\ \mathbf{DMA} &= \mathbf{1.255152 \text{ hm}^3/\text{año}.} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **1,255,152 m³ anuales.**

9. BIBLIOGRAFÍA

Ingenieros Consultores y Proyectistas (CIEPS). 1968: Estudio Geohidrológico de Acuíferos Regionales en Calizas, Zona Monterrey, SRH, CAPM.