

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Cañón del Huajuco
(1911), Estado de Nuevo León***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación
20 de abril de 2015*

Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

CCCXLIII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "RÍO BRAVO"

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					

ESTADO DE NUEVO LEÓN

1911	CAÑÓN DEL HUAJUCO	26.8	0.0	28.550004	0.8	0.000000	-1.750004
------	-------------------	------	-----	-----------	-----	----------	-----------

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.



***Comisión Nacional del Agua
Subdirección General Técnica
Gerencia de Aguas Subterráneas
Subgerencia de Evaluación y
Ordenamiento de Acuíferos***

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA
EN EL ACUÍFERO CAÑÓN DEL HUAJUCO (1911),
ESTADO DE NUEVO LEÓN***

México, D.F. Abril de 2009

CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes	2
1.1 Localización	2
1.2 Situación Administrativa del Acuífero	4
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.....	5
3. FISIOGRAFÍA	5
3.1 Provincia Fisiográfica	5
3.2 Clima.....	7
3.3 Hidrografía	7
3.4 Geomorfología	8
4. GEOLOGÍA	8
4.1 Estratigrafía.....	8
4.2 Geología Estructural.....	12
4.3 Geología del Subsuelo	12
5. HIDROGEOLOGÍA.....	13
5.1 Tipo de Acuífero.....	13
5.2 Parámetros hidráulicos.....	13
5.3 Piezometría.....	13
5.4 Comportamiento hidráulico.....	14
5.4.1 Profundidad al nivel estático	14
5.4.2 Elevación del nivel estático.....	15
5.4.3 Evolución del nivel estático.....	15
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	17
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA	17
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	18
7.1 Entradas.....	18
7.1.1 Recarga vertical por lluvia (Rv)	18
7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh).....	19
7.1.3 Recarga que fluye hacia los Túneles (Rt)	20
7.2 Salidas	21
7.2.1 Bombeo (B)	21
7.2.2 Evapotranspiración (ETR).....	21
7.2.3 Salidas subterráneas	22
7.2.4 Descarga a los túneles (Dt)	22
7.3 Cambio de almacenamiento (\square VS).....	23
8. DISPONIBILIDAD.....	24
8.1 Recarga total media anual (RT)	24
8.2 Descarga natural comprometida (DNCOM).....	24
8.3 Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS)	24
8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas (DAS)	24
9. BIBLIOGRAFIA	26

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-2000 “Norma Oficial Mexicana que establece 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 concesionado vigente en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA).

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 Cañón del Huajuco, definido con la clave 1911 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción centro-oriental del estado de Nuevo León, cubriendo una superficie de 235 km². Geográficamente, la zona se encuentra ubicada entre los paralelos 25° 23' y 25° 35' de latitud Norte y entre los meridianos 100° 05' y 100° 18' de longitud Oeste.

Colinda al norte con el acuífero Área Metropolitana de Monterrey, al este y sur con el acuífero Citrícola Norte y al oeste con el acuífero Campo Buenos Aires, todos ellos pertenecientes al estado de Nuevo León (Figura 1).

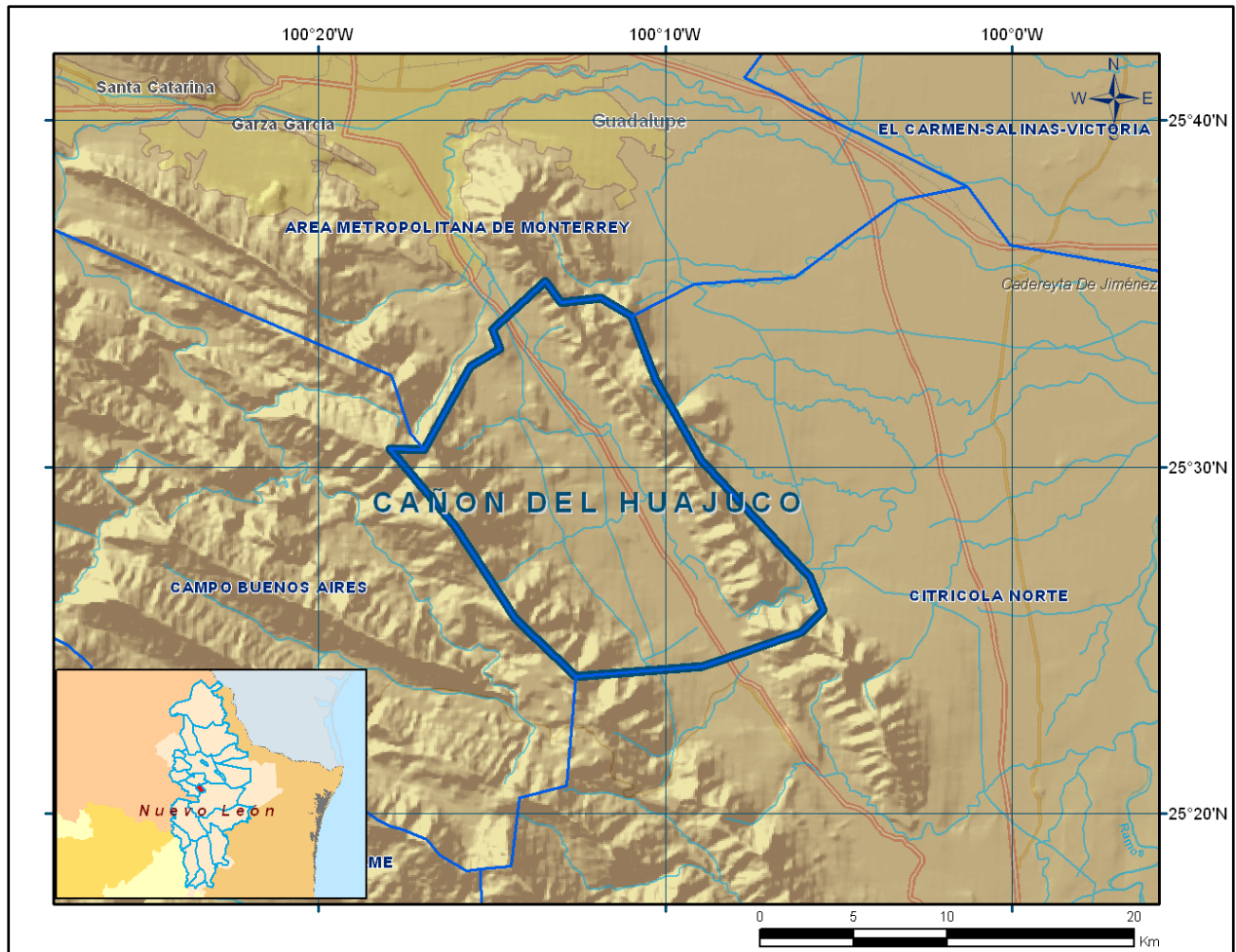


Figura 1. Localización del acuífero Cañón del Huajuco

Geopolíticamente comprende parcialmente los municipios de Monterrey, Santiago, así como pequeñas porciones de los municipios Santa Catarina, Juárez y Cadereyta Jiménez. 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

ACUIFERO 1911 CAÑÓN DEL HUAJUCO

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTO S	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	100	6	4.2	25	25	13.6
2	100	8	56.5	25	24	14.0
3	100	12	36.2	25	23	56.7
4	100	14	19.1	25	25	36.3
5	100	16	5.3	25	28	19.0
6	100	17	57.8	25	30	32.1
7	100	16	59.0	25	30	29.9
8	100	15	38.4	25	32	54.5
9	100	14	46.8	25	33	24.7
10	100	15	0.7	25	33	57.5
11	100	13	28.7	25	35	21.9
12	100	13	1.0	25	34	44.1
13	100	11	51.8	25	34	52.9
14	100	11	0.1	25	34	21.1
15	100	10	18.0	25	32	31.6
16	100	8	59.8	25	30	12.0
17	100	5	50.3	25	26	49.3
18	100	5	27.7	25	25	52.7
1	100	6	4.2	25	25	13.6

1.2 Situación Administrativa del Acuífero

El acuífero Cañón del Huajuco pertenece al Organismo de Cuenca “Río Bravo”. En su territorio rigen dos decretos de veda:

La mayor parte del acuífero se encuentra sujeta a las disposiciones del *“Decreto que amplía la zona vedada para el alumbramiento de aguas del subsuelo en los terrenos que ocupa y circunda la ciudad de Monterrey, N.L.”* Publicado en el DOF el 19 de junio de 1958. Este decreto se clasifica como tipo II que sólo permite extracciones para usos domésticos.

Pequeñas porciones al oeste se encuentran sujetas a las disposiciones del *“Decreto que establece por tiempo indefinido veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo de terrenos que ocupa y circunda la ciudad de Monterrey, N.L., en la zona que el mismo describe”*, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 17 de julio de 1951. Este decreto se clasifica como tipo II que sólo permite extracciones para usos domésticos.

En la porción este del acuífero no rige ningún decreto de veda.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua de 2009, los municipios Monterrey, Santa Catarina y Juárez se clasifican como zona de disponibilidad 3 y los municipios Santiago y Cadereyta Jiménez como zona de disponibilidad 6.

El usuario principal es el sector público-urbano. El acuífero forma parte del Consejo de Cuenca Río Bravo. En su territorio no se localiza distrito o unidad de riego alguna, ni tampoco se ha constituido hasta la fecha el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En la superficie que cubre el acuífero se han realizado algunos estudios regionales que lo cubren parcialmente, sin embargo el único que lo abarca completamente es uno que tuvo como objetivo esencial la medición de los niveles del agua subterránea:

REACTIVACIÓN DE LA RED DE MONITOREO PIEZOMÉTRICO DEL ACUÍFERO DENOMINADO CAÑÓN DEL HUAJUCO, NUEVO LEÓN (2007), REALIZADO POR LA EMPRESA ESTUDIOS Y PROYECTOS EN AGUA SUBTERRÁNEA S.A. DE C.V.

Este estudio tuvo como objetivo general, establecer la red de monitoreo piezométrico e hidrogeoquímico que sea representativa del acuífero. Se recabó información piezométrica existente y en 40 pozos se efectuaron mediciones piezométricas, determinación de la elevación de los brocales y medición de la conductividad eléctrica, temperatura, pH y sólidos totales disueltos. Se construyeron mapas con las configuraciones de elevación del nivel estático, profundidad al nivel estático, así como la distribución de los sólidos totales disueltos.

Los resultados de este trabajo constituyen la base para la elaboración del presente documento, balance hidrogeológico y del cálculo de la disponibilidad, por lo que sus resultados y conclusiones se analizan en los apartados correspondientes.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia Fisiográfica

El acuífero Cañón del Huajuco se encuentra ubicado dentro de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental que se extiende desde sus límites con el Eje Neovolcánico en las cercanías de Pachuca, Hidalgo, en sentido paralelo a la costa del Golfo de México. A la altura de Monterrey, Nuevo León, una de sus ramas tuerce abruptamente al oeste para extenderse hasta la Sierra Madre Occidental al norte de Cuencamé, Durango; la otra continúa hacia el norte para terminar en la región de Big Bend, Texas. Colinda al norte y noroeste con la Provincia de las Sierras y

Bolsones, al oeste con la Mesa Central y, en una pequeña franja del extremo noroeste con la Sierra Madre Occidental, al sur con la Provincia del Eje Neovolcánico y al este con la Llanura Costera del Golfo Norte y la Gran Llanura Norteamericana. Abarca parte de los estados de Durango, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Veracruz, Hidalgo y Puebla.

La Sierra Madre Oriental es fundamentalmente un conjunto de sierras menores de estratos plegados, cuyas rocas más antiguas son esquistos del Precámbrico, existen además afloramientos de calizas, yesos, lutitas y areniscas. Los cuerpos de roca ígnea intrusiva de composición ácida e intermedia que afectan a rocas sedimentarias del Mesozoico son del Terciario. También pertenecen a esta edad los conglomerados que se encuentran en las márgenes de la Sierra Madre Oriental. Los depósitos de conglomerados y rellenos aluviales pertenecen al Cuaternario. Las principales estructuras de la Sierra Madre Oriental se encuentran constituidas por pliegues anticlinales y sinclinales afectados por grandes fallas de tipo normal y numerosas fallas inversas que han afectado las secuencias normales del depósito.

Los rumbos de los plegamientos siguen la orientación de la sierra y es justamente al sur de Monterrey, en la unidad geológica llamada Anticlinorio de Arteaga, donde el conjunto de anticlinales paralelos se flexiona lateralmente y describen un arco, que cambia el rumbo de los mismos de sureste-noreste a este-oeste (Sierras Transversales).

En general, las altitudes de las cumbres de la Sierra Madre Oriental varían de los 2000 a 3000 msnm, pero su parte más alta, que se ubica entre Saltillo y Ciudad Victoria, alcanza elevaciones superiores a los 3000 msnm. La cordillera presenta una imponente escarpe sobre la Llanura Costera del Golfo Norte, pero su transición hacia la Mesa Central y el Eje Neovolcánico es menos abrupta debido, en parte, a la altitud media de las mismas y a rellenos de materiales aluviales y volcánicos.

Dentro de esta provincia, el acuífero Cañón del Huajuco queda comprendido en la subprovincia Gran Sierra Plegada. Se inicia inmediatamente al oriente de Saltillo, Coahuila, flexionándose con la integración de un gran arco al sur de Monterrey, Nuevo León y prolongándose hacia el sur hasta aproximadamente Ciudad Valles, San Luis Potosí. En ella dominan las capas plegadas de calizas, con prominentes ejes estructurales de anticlinales y sinclinales.

3.2 Clima

El clima de la zona del acuífero Cañón del Huajuco es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de acuerdo con la clasificación hecha por Köppen y adaptada por E. García para las condiciones de México.

Para el análisis climatológico se utilizó la información de las estaciones climatológicas El Cerrito, Santiago. Las Comitas, Santa Catarina Túnel San Francisco, Santiago, La Boca, Santiago, La Huasteca y Santa Catarina, que cuentan un con periodo de análisis de 1970 a 2000. Asimismo como auxiliares para el trazo de polígonos de Thiessen se utilizó la información de las estaciones Adjuntas, Santiago, Palmitos, Cadereyta Jiménez y San Bartolo.

Con base en el análisis de los registros de estas estaciones climatológicas se determinó que la precipitación media anual es de 980.3 mm. La temperatura media anual es de 20.4°C y presenta una variación con tendencia parabólica, se manifiesta con mayor intensidad durante el período de abril a octubre, decreciendo durante el resto del año. Los valores menores registrados corresponden a los meses de diciembre, enero y febrero.

3.3 Hidrografía

El acuífero se ubica en la Región Hidrológica 24 denominada “Río Bravo-Conchos”, dentro de la cuenca hidrológica Río Bravo-San Juan, que abarca la mayor parte del estado de Nuevo León.

Una de las corrientes principales de esta cuenca es el río San Juan, segundo afluente de importancia del río Bravo. El sistema hídrico de la cuenca del río San Juan tiene su origen en el arroyo La Chueca, el cual corre en dirección sureste hasta la presa Rodrigo Gómez (La Boca) y de aquí continúa con el nombre de río San Juan, hasta su desembocadura en el río Bravo en Camargo, Tamaulipas.

Dentro de la zona de estudio, la corriente más importante es el arroyo La Chueca, que recibe aportaciones de varios pequeños arroyos perennes que bajan de la Sierra Madre Oriental, desde altitudes de aproximadamente 2,000 a 2,300 msnm. Este arroyo que nace en el ojo de agua El Tronco, en el Cañón del Denuncio, desemboca en la presa La Boca al unirse al arroyo Sabinas. Tiene una longitud de 13.8 km presentado un flujo aproximado de 31.4 lps. Existen otros escurrimientos de carácter efímero dentro de la zona de estudio, como son los arroyos La Virgen y El Calabozo, los cuales aparecen por la porción noroeste del acuífero con dirección noreste terminando en el río La Silla; arroyos La Tinaja y Los Álamos, localizados al oeste de la población El Barrial; y arroyo El Nogalito ubicado al noroeste del poblado El Ranchito.

La obra hidráulica más importante dentro de la zona de estudio es la presa Rodrigo Gómez (La Boca), que cuenta con una capacidad de 40 millones de m³, en una superficie aproximada de 455 ha. Esta presa es alimentada por los arroyos La Chueca, Cavazos, Cristalinas, Dolores, Escamilla, Puerco y San Antonio. Se construyó de 1961 a 1963 y es una obra hidráulica de uso

múltiple destinada principalmente para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Monterrey. Además de este uso, en la presa La Boca se han agregado diferentes actividades tales como pesca deportiva, recreación, deportes acuáticos y otras actividades ecoturísticas.

3.4 Geomorfología

La región está conformada por pliegues anticlinales y sinclinales con orientación norte-sur, que se flexionan al sur de Monterrey, en el Anticlinorio de Arteaga y cambia abruptamente a una orientación este-oeste. Es común en la región encontrar las estructuras constituidas por dos flancos residuales de un anticlinal, con un valle al centro. Tales estructuras reciben en la zona regiomontana el nombre local de "potreros", ya que se les aprovecha para el pastoreo. Geomorfológicamente la zona se caracteriza por un conjunto de sierras alargadas y angostas con estrechos valles intermontanos.

4. GEOLOGÍA

El acuífero está constituido por rocas sedimentarias marinas cretácicas, rocas sedimentarias del Paleógeno y del Cuaternario. Las rocas presentes en la zona de estudio abarcan del Jurásico Medio-Superior al Cuaternario, mismas que a continuación se describen.

4.1 Estratigrafía

Jurásico Medio-Superior

Formación Zuloaga (JokCz)

Está constituida por una secuencia calcárea que en la base presenta alto contenido arcilloso. En la parte media presenta alternancia de calizas y margas con espesores de 20 a 60 cm con nódulos de hierro. En la parte superior predominan las calizas con espesores de 40 a 50 cm intercaladas con lutitas, calizas arcillosas, además de calizas con estratificación media con nódulos de pedernal negro. El espesor de esta formación se estima entre los 100 y 150 m. Aflora en el núcleo anticlinal de la Sierra Cerro de la Silla y hacia el norte del cerro El Magueyal. Sobreyace concordante a los Yesos Minas Viejas y subyace a la Formación La Casita.

Formación La Casita (JtLu–Ar)

Está conformada por una serie de lutitas, limolitas, areniscas y calizas, predominando las lutitas, es común encontrar horizontes de lutitas carbonosas. Las areniscas comúnmente contienen amonitas, conchas de bivalvos y belemnites. El espesor varía de 50 a 80 m. Aflora en la sierra Cerro de La Silla y al oeste del poblado Los Cristales. Descansa concordantemente sobre la Formación Zuloaga y subyace de igual forma a la Formación Carbonera.

Formación Taraises (KbehCz–Lu)

Consiste de una alternancia de calizas arcillosas, gris oscuro en estratos de 3 a 10 cm, con lentes de pedernal negro, intercaladas con estratos de lutitas de color café amarillento, con espesores de hasta 60 cm. En la parte media continúan calizas arcillosas, lajeadas y carbonosas; la parte superior se presenta como una alternancia de lutitas y calizas arcillosas de 20 a 40 cm de espesor. En toda la secuencia está presente el pedernal, pero es más notorio en su cima. El color amarillento es típico en esta formación, debido al alto contenido de pirita dispersa en los estratos calcáreos. Su espesor medio varía de 175 a 220 m. Se encuentra expuesta en la sierra Cerro de La Silla y al oeste del poblado Los Cristales. Descansa concordantemente en forma transicional sobre las formaciones: La Caja, Pimienta y como cambio de facies con la Formación Carbonera; subyace concordante a la Formación Cupido.

Formación Carbonera (KbeLu–Ar)

Está constituida por una alternancia de lutitas arenosas interestratificadas con areniscas de color gris, en la cual existen cambios litológicos laterales que dificultan su correlación. Su espesor varía de 225 a 433 m. Está expuesta en una pequeña porción al suroeste del cerro El Magueyal y hacia el oeste de la población Los Cristales. Sobreyace a la Formación La Casita y está cubierta por la Formación Taraises en la localidad de San Rafael, Huachichil, Arteaga, Rayones y Allende.

Formación Cupido (KhapCz)

Está formada por calizas de color gris oscuro con textura Mudstone–Packestone con estratificación que varía de 0.30 a 1 m, con nódulos de fierro y líneas estilolíticas, su espesor se estima en 850 m. Se presenta ampliamente distribuida en la sierra Cerro de La Silla y al suroeste de la zona de estudio. Sobreyace concordantemente a La Formación Taraises y subyace de igual forma a La Formación La Peña.

Formación La Peña (KapCz–Lu)

La litología de esta unidad consiste en una alternancia de capas de caliza arcillosa, limolitas y bandas de pedernal, su espesor es del orden de 3 a 40 m. Está expuesta en la sierra Cerro de La Silla y en franjas hacia la porción suroeste de la zona de estudio. Sobreyace en forma transicional a la Formación Cupido, su contacto superior es concordante con la Formación Aurora.

Formación Aurora (KaCz)

Está constituida por calizas de color gris claro de estratificación mediana o masiva, de textura mudstone, con nódulos y bandas de pedernal, fosilífera y con presencia de líneas estilolíticas paralelas a la estratificación. Se reconoce un espesor de 300 a 625 m, aunque en el sector transversal presenta un menor espesor, de aproximadamente 100 m. Forma parte de la curvatura de Monterrey, aflora en la sierra Cerro de La Silla y en pequeñas franjas localizadas al suroeste y oeste de la zona de estudio. El contacto inferior es concordante con la Formación La Peña y su contacto superior de igual forma con la Formación Kiamichi, para el Golfo de Sabinas, y con la Formación Cuesta del Cura para la Sierra Madre Oriental.

Formación Cuesta del Cura (KaceCz)

Está conformada por calizas con textura mudstone – wackestone, de color gris oscuro con estratificación de 5 a 20 cm. Se encuentra intercalada con bandas de pedernal negro de 5 a 10 cm y margas de 8 cm de espesor. La característica más notable es la ondulación de los estratos. El espesor varía de 150 a 300 m. Está ampliamente distribuida en la curvatura de Monterrey en la Sierra Cerro de La Silla, así como en pequeñas franjas localizadas al suroeste y oeste de la zona de estudio. Es concordante con la Formación Aurora y subyace en forma concordante a las formaciones Indidura y Agua Nueva.

Cretácico Superior

Formación Agua Nueva (KcetCz-Lu)

Consiste de una alternancia de mudstone y wackestone, arcillosos con nódulos y bandas de pedernal e intercalaciones de lutitas laminares carbonosas, así como de cuerpos de margas bentoníticas y de lechos de bentonita. En general predominan las coloraciones gris y gris oscuro; la estratificación es delgada a media en la base y laminar en la parte media y superior. Son comunes los cuerpos de espesor medio y grueso en las lutitas y margas. Su espesor varía de 50 a 100 metros. Aflora en la sierra Cerro de La Silla y en pequeñas franjas localizadas al suroeste y oeste de la zona de estudio. Sobreyace, de manera concordante a la Formación Cuesta del Cura y subyace concordantemente a la Formación San Felipe.

Formación San Felipe (KcossLu-Cz)

La litología de esta unidad es muy homogénea, y corresponde a niveles arcillosos y bentoníticos, de color gris claro y gris verdoso, en capas de espesor delgado, con escasos nódulos de pedernal. Son abundantes las intercalaciones de bentonita y de lutitas bentoníticas

laminares. Su espesor es muy variable: de 5 a 330 metros. Aflora principalmente en la sierra Cerro de la Silla y en porciones al suroeste de la zona de estudio. Sus contactos inferior y superior son concordantes transicionales sobre la Formación Agua Nueva y bajo la Formación Méndez, respectivamente.

Formación Méndez (KcmLu)

Consiste principalmente de lutitas calcáreas de color gris y gris pardusco, con intercalaciones de margas y de capas delgadas de bentonita, así como de algunas areniscas de mudstone gris oscuro. Su espesor varía de 270 m a 500 m. Aflora ampliamente en la zona de estudio, principalmente en la porción oriental en la sierra Cerro de la Silla y en las inmediaciones de la ciudad de Monterrey, así como en el frente oriental de la Sierra Madre Oriental. El contacto inferior de esta unidad, es en general concordante, transicional sobre la Formación San Felipe; subyace de manera discordante preferentemente a sedimentos no consolidados de edad cuaternaria.

Paleógeno

Conglomerado (TnCgp)

Con esta nomenclatura se está definiendo las unidades denominadas Conglomerado Reynosa y Conglomerado Neógeno, constituidos por fragmentos de caliza y areniscas; que varían de angulosos y subredondeados, incluidos en una matriz arcillo-arenosa. El espesor de la unidad varía entre 10 y 20 metros. Los afloramientos se encuentran ampliamente distribuidos, principalmente en la porción noreste de la zona de estudio. La unidad sobreyace en forma discordante a la Formación Méndez y a la vez se encuentra cubierta por limos y arcillas.

Cuaternario

Lacustre (Qhola)

Estos depósitos rellenan los valles y se originaron por la acción de los agentes erosivos sobre las estructuras plegadas; están compuestos por gravas, arenas, limos, arcillas y material lacustre, con depósitos de sales.

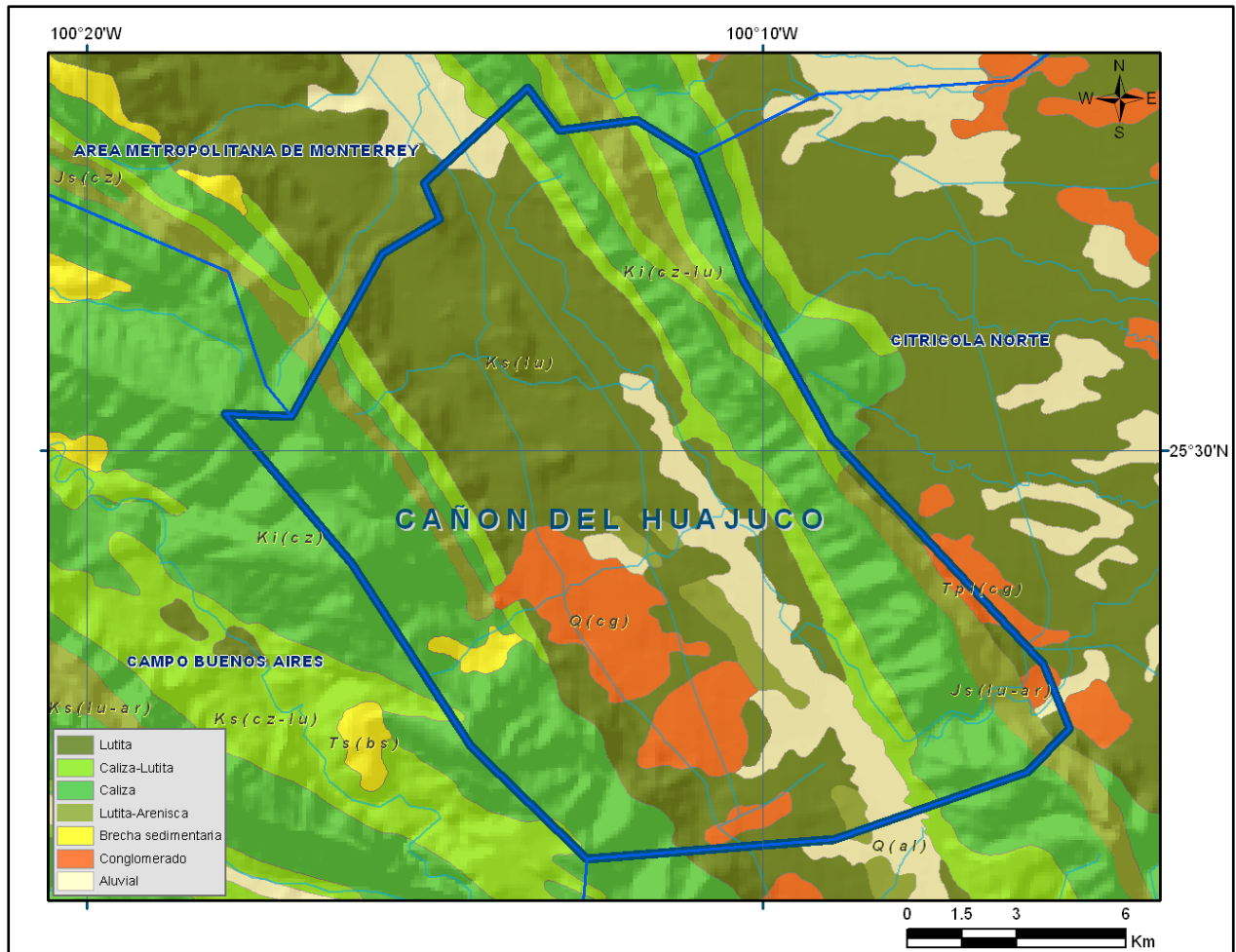


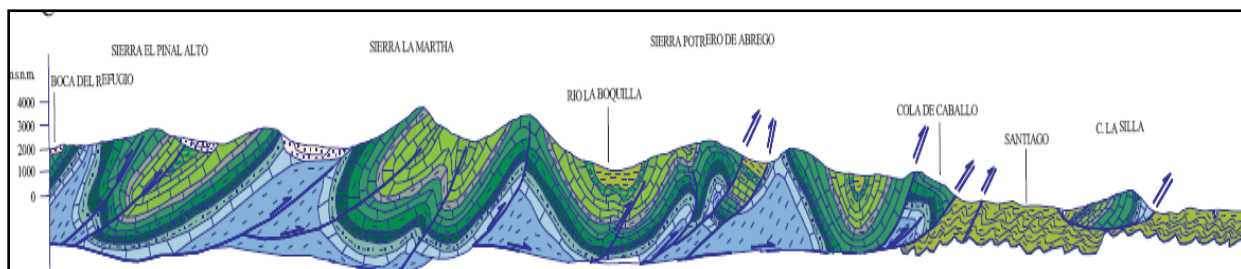
Figura 2. Geología del acuífero Cañón del Huajuco

4.2 Geología Estructural

Las principales estructuras geológicas en el acuífero son los pliegues anticlinales y sinclinales con orientación norte-sur que se flexionan al sur de Monterrey, en el Anticlinorio de Arteaga, en donde adoptan orientación este-oeste. Se trata de pliegues simétricos cuyos planos axiales son casi verticales; las sierras presentes en la superficie del acuífero corresponden a anticlinales. Existen además diversas fallas inversas y cabalgaduras con orientación noroeste-sureste, originadas por los esfuerzos compresivos que han afectado las secuencias sedimentarias.

4.3 Geología del Subsuelo

El acuífero se emplaza en rocas sedimentarias que conforman los pliegues sinclinales y anticlinales, especialmente en lutitas alteradas de baja permeabilidad, hasta una profundidad de aproximadamente 70 m, así como en los delgados depósitos aluviales presentes en el cauce del río La Chueca. El basamento del acuífero y las fronteras al flujo subterráneo están constituidos por las mismas lutitas cuando se presentan inalteradas y cuando desaparece su fracturamiento, como se observa en la porción derecha de la figura 3.



Fuente: Carta Geológico Minera Monterrey G14-7, escala 1:250,000 (SGM, 2008)

Figura 3. Sección geológica esquemática de la porción sur del acuífero

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de Acuífero

El acuífero es de tipo libre a semiconfinado, heterogéneo y anisótropo y se aloja en una unidad hidrogeológica conformada por un medio granular (sedimentos aluviales) y otro fracturado.

El acuífero está constituido principalmente por lutitas alteradas y a mayor profundidad por calizas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y disolución. Como ya se mencionó, el basamento está integrado por lutitas sin alteración ni fracturamiento. Las lutitas se encuentran en la mayor parte del subsuelo, lo que le confiere baja permeabilidad, la cual aumenta notablemente en zonas que presentan fallas y fracturas, por lo que el agua subterránea se desplaza a través de ellas. Debido a que el fracturamiento no se encuentra a más de 70 m de profundidad, la porción permeable del acuífero ocurre en su parte superior. Las calizas son de alta permeabilidad, originada por el fracturamiento y disolución, constituyendo en superficie zonas de recarga y en el subsuelo una unidad acuífera de excelente producción. Los sedimentos de origen aluvial tienen espesores reducidos y su distribución espacial se limita a los cauces que cruzan la zona de estudio.

5.2 Parámetros hidráulicos

En la superficie que cubre el acuífero no se cuenta con información de pruebas de bombeo ni aforos. Los valores de transmisividad se obtuvieron de pruebas de bombeo realizadas en los acuíferos vecinos El-Carmen-Salinas Victoria y Zona Citrícola Norte, los cuales fueron extrapolados por correlación hidrogeológica, de acuerdo con la geología y el espesor saturado, dado que todos ellos se ubican en una región con la misma geología, estructuras y evolución geológica. De esta manera, los valores de transmisividad varían de 1.0×10^{-4} a 1.1×10^{-3} m²/s.

5.3 Piezometría

Se cuenta con información piezométrica obtenida por la CONAGUA en el año 1989, así como la información generada durante los recorridos piezométricos efectuados como parte de estudio realizado en el año 2007, obtenida en una red de monitoreo conformada por 40 pozos, distribuidos en la mayor superficie de explotación del acuífero.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

En el año 1989 la profundidad al nivel estático variaba de 2 a 30 m. La profundidad máxima es de 30 m y se presenta al norte del acuífero, al poniente del fraccionamiento Portal del Huajuco. Las profundidades mínimas varían de 2 a 5 m y se presentan al norte, cerca del Centro Deportivo, al centro, cerca del poblado Los Rodríguez y al sur en las inmediaciones del poblado Huajuquito. En general, la profundidad del nivel estático del acuífero se encuentra aproximadamente a los 10 m.

Para el año 2007 la configuración muestra valores que varían de 2 a 45 m. Las mínimas profundidades varían de 2 a 5 metros al norte, por el Centro Deportivo, al centro por el poblado Loma La Laguna y al sur por el poblado Huajuquito. En general la profundidad en los márgenes del arroyo “La Chueca” fluctúa entre 5 y 12 metros, incrementándose gradualmente por efecto de la topografía hacia las sierras que delimitan el acuífero. La máxima profundidad al nivel estático de 45 metros se registró al sur del acuífero, en el poblado San Francisco (figura 4).

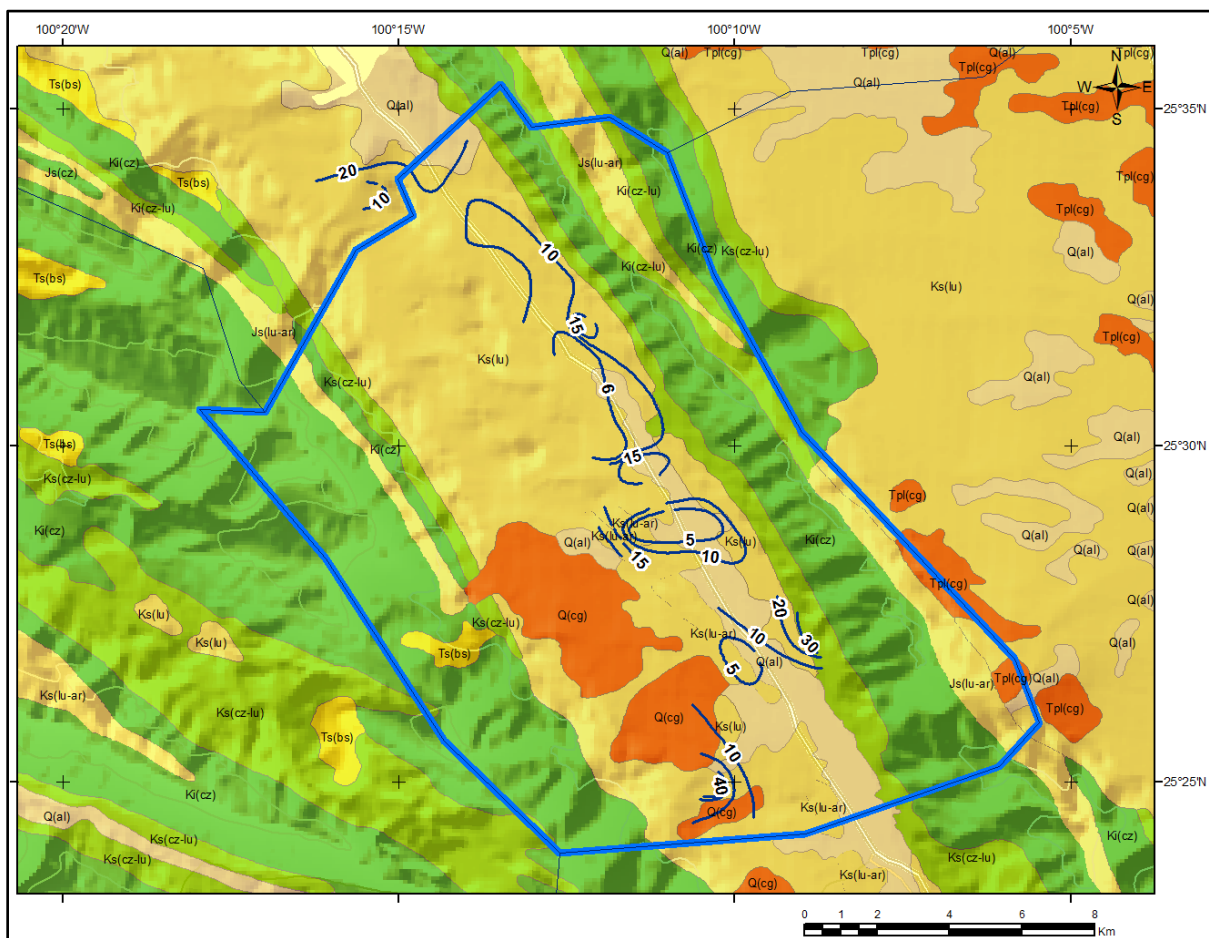


Figura 4. Profundidad al nivel estático en m (2007)

5.4.2 Elevación del nivel estático

La elevación del nivel estático del agua subterránea el año 1989 variaba de 450 a 612 msnm, los valores mínimos se registraron al sur del acuífero, en la porción occidental de la presa Rodrigo Gómez; en tanto que los valores máximos se presentaron al oriente de la porción media del acuífero.

Para el año 2007, la elevación del nivel estático variaba de 440 a 640 msnm. En la configuración de la elevación del nivel estático para ese año, mostrada en la figura 5, se observa que la elevación mínima se presenta al sur del acuífero, cerca del fraccionamiento Las Huertas y la elevación máxima al norte del acuífero hacia las estribaciones de la sierra; en el valle la elevación máxima es de 615 msnm, registrada al norte del acuífero, en el fraccionamiento Portal del Huajuco.

La dirección preferencial del flujo subterráneo a lo largo del valle es noroeste-sureste, con alimentaciones provenientes del norte, así como de los flancos de montaña que bordean el valle, principalmente en la porción central, al oriente y poniente del arroyo La Chueca y por la porción sur, al poniente de la presa Rodrigo Gómez. El flujo subterráneo descarga parcialmente hacia la presa Rodrigo Gómez.

5.4.3 Evolución del nivel estático

Con la información piezométrica correspondiente a los años 1989 y 2007, se elaboró la configuración de la evolución del nivel estático mostrada en la figura 6. En ella se muestra que el abatimiento máximo es 18.5 m en la porción central del acuífero, en las inmediaciones del poblado El Barrial. La recuperación máxima es 12.1 m y se presenta en la porción norte, por el Centro Deportivo. En general, se registran tanto recuperaciones como abatimientos; sin embargo, la evolución anual es pequeña durante el periodo de 18 años considerado.

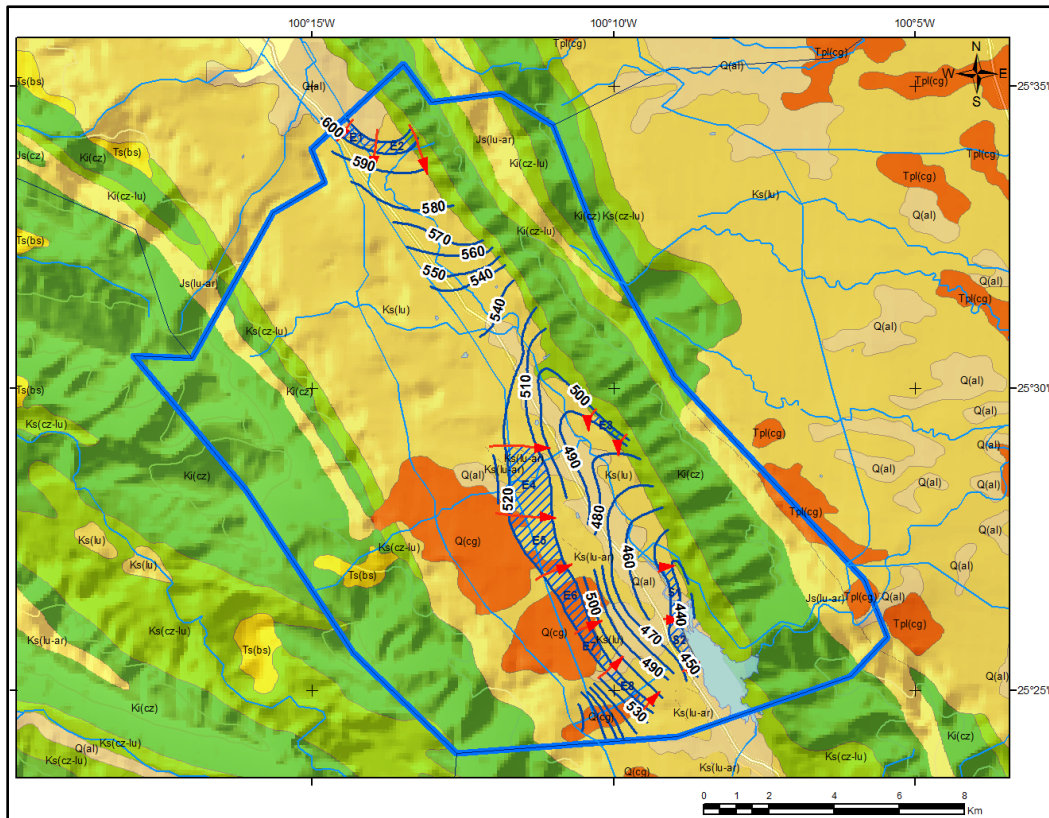


Figura 5. Elevación del nivel estático en msnm (2007)

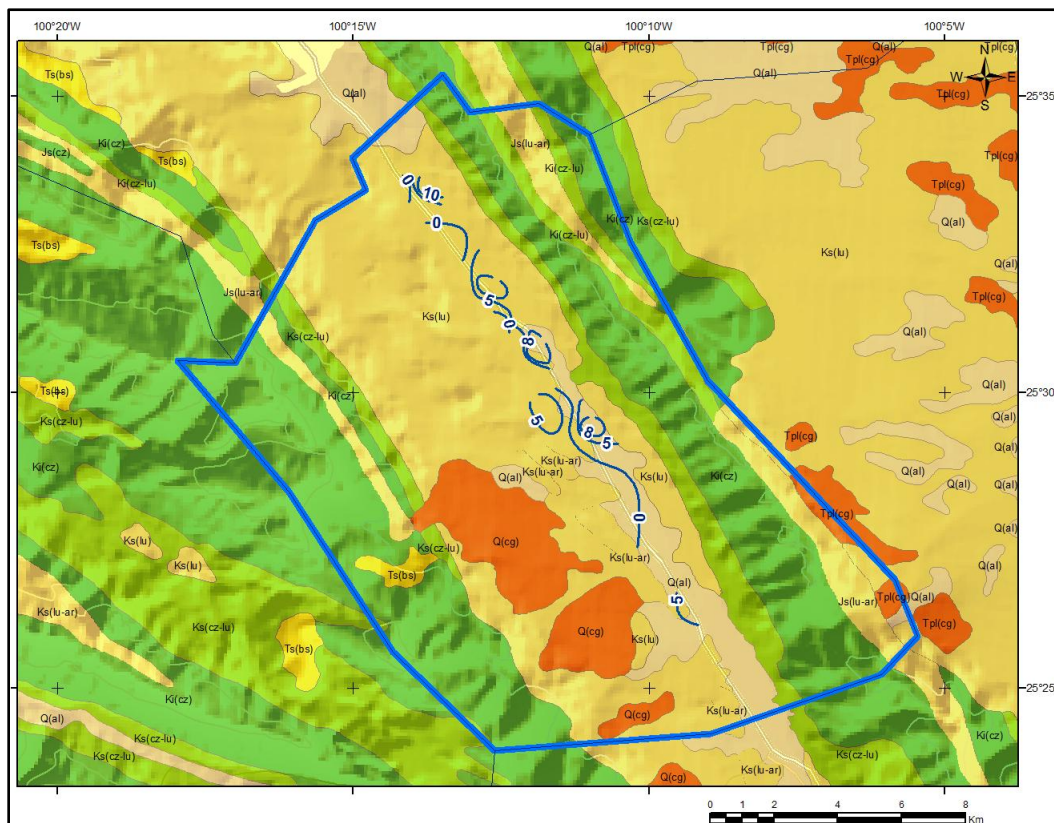


Figura 6. Evolución del nivel estático en m. (1989 – 2007)

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Como parte de las actividades de campo del estudio realizado en el año 2007, se midió la conductividad eléctrica del agua subterránea, como indicador de la concentración de sólidos totales disueltos. La menor conductividad, de 263 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se presenta en la porción sur, por el poblado San Francisco y la máxima conductividad es 670 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ubicada al norte del acuífero por las Instalaciones Deportivas.

La salinidad del agua subterránea en general es menor a 1000 ppm, que corresponde al límite máximo permisible para consumo humano establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA

No existe información reciente del censo de aprovechamientos, pero de los recorridos de campo efectuados por la Organismo de Cuenca Río Bravo se sabe que existe una gran cantidad de norias que se destinan al uso doméstico y servicios de fincas, villas y casas de campo que se utilizan de manera discontinua durante el año. Dado que el subsuelo está conformado principalmente por lutitas, la baja permeabilidad sólo permite la extracción de pequeños caudales de extracción.

De acuerdo con la base de datos del REPDA 2010, existen en el acuífero un total de 220 aprovechamientos, la gran mayoría norias de bajo rendimiento que se utilizan para satisfacer las necesidades del uso doméstico y servicios. Del total de obras, 171 (77.7%) se destinan al uso doméstico, 28 al uso agrícola (12.7%), 11 para servicios (5.0%), 8 más para uso pecuario (3.6%) y los 2 restantes (1.0%) para uso público-urbano. Estas dos últimas obras son los túneles “Cola de Caballo” y “Socavón San Francisco”, que conducen un volumen de 27.1 hm^3 anuales por gravedad hacia la ciudad de Monterrey. Es por ello que no se considera dentro del volumen de extracción por bombeo.

Una vez hecha esta aclaración, se estima que el volumen de extracción por bombeo, de los 218 aprovechamientos restantes, es de 0.8 hm^3 anuales, destinados casi en su totalidad a los usos doméstico y servicios.

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El balance de agua subterránea se planteó para el periodo 1989-2007, en una superficie aproximada de 55 km² donde se cuenta con información piezométrica y en la que se localiza la mayoría de los aprovechamientos subterráneos. 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 a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

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

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:

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

7.1 Entradas

De acuerdo con el modelo conceptual definido para el acuífero, Las entradas están integradas por la recarga natural (Rv) que se produce por efecto de la infiltración de la lluvia que se precipita directamente sobre el valle y a lo largo del arroyo La Chueca, y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo horizontal subterráneo (Eh), así como la recarga en calizas que posteriormente descarga en los túneles “Cola de Caballo” y “Socavón San Francisco”.

7.1.1 Recarga vertical por lluvia (Rv)

Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que el cambio de almacenamiento (ΔV) pudiera determinarse y existe información para estimar las entradas y salidas por flujo subterráneo, su valor será despejado de la ecuación de balance:

$$Rv + Eh + Rt - Sh - B - ETR - Dt = \pm \Delta V(S) \quad (1)$$

Donde:

- Rv:** Recarga vertical por lluvia
- Eh:** Entradas subterráneas por flujo horizontal
- Rt:** Recarga en la zona de túneles
- Sh:** Salidas subterráneas
- B:** Bombeo
- ETR:** Evapotranspiración
- Dt:** Descarga de túneles
- $\Delta V(S)$:** Cambio en el volumen de almacenamiento

De esta manera, despejando la recarga vertical:

$$Rv = \pm \Delta V(S) - Eh - Rt + Sh + B + Dt + ETR \quad (2)$$

7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

Una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas topográficamente más altas del acuífero se infiltra por las fracturas de las rocas que forman parte de ellas y a través del piedemonte, para posteriormente recargar al acuífero en forma de flujos subterráneos que alimentan la zona de explotación. La recarga al acuífero tiene su origen en la precipitación pluvial sobre el valle y en la infiltración de los escurrimientos superficiales.

El cálculo de entradas por flujo horizontal se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático para el año 2007 (figura 5). De acuerdo con la ecuación de Darcy para medios porosos, tenemos que:

$$Q = V \cdot A$$

Considerando una sección, con una longitud (B) y ancho (a), con una diferencia de alturas de (Δh). El área de la sección quedará definida por:

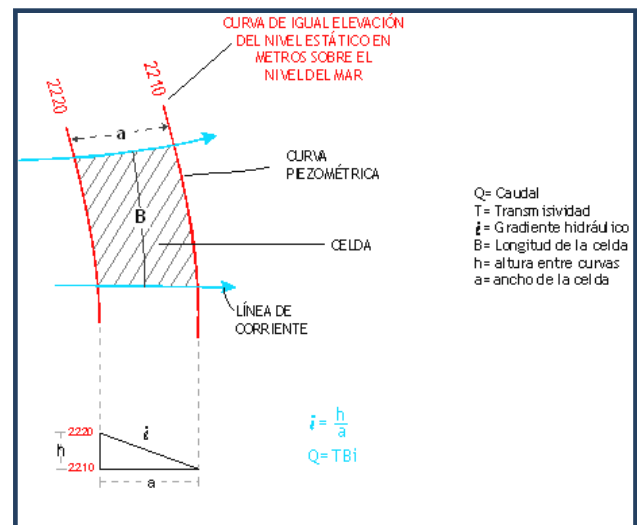
$$A = B \cdot a$$

Mientras que la velocidad será:

$$\text{Donde: } V = K \cdot i$$

K= Coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica.

i = Gradiente hidráulico ($\Delta h / \Delta L$) Δh y ΔL son la diferencia y distancia respectivamente entre las equipotenciales (h) que conforman el canal de flujo.



Sustituyendo en la ecuación de continuidad tenemos que:

$$Q = B \cdot a \cdot K \cdot i$$

Ya que la transmisividad $T = K \cdot a$, la ecuación queda reducida a:

$$Q = T \cdot B \cdot i$$

Donde:

T = Transmisividad en m^2 / s .

B= Longitud de la celda en m.

i = Gradiente Hidráulico, en m.

El caudal de entrada por flujo subterráneo para cada una de las celdas identificadas (E-1 a E-8) y el total anual se muestra en la tabla 2. Su valor anual es de de **3.9 hm^3** .

Tabla 2. Cálculo de flujos horizontales de recarga a través de tubos o canales de flujo año 2007

CELDA	ANCHO A (m)	LONGITUD B (m)	h_2-h_1 (m)	Gradiente i	T (m^2/s)	CAUDAL Q (m^3/s)	VOLUMEN ($hm^3/año$)
E1	375	1250	10	0.0267	0.0004	0.0133	0.42
E2	375	1375	10	0.0267	0.0002	0.0073	0.23
E3	250	1375	10	0.0400	0.0005	0.0275	0.87
E4	1125	2000	10	0.0089	0.0004	0.0071	0.22
E5	875	2125	10	0.0114	0.0003	0.0073	0.23
E6	625	1625	10	0.0160	0.0011	0.0286	0.90
E7	375	1875	10	0.0267	0.0005	0.0250	0.79
E8	250	1625	10	0.0400	0.0001	0.0065	0.20
Total entradas							3.87

Los valores de transmisividad utilizados fueron estimados con base resultados de la interpretación de pruebas de bombeo realizadas en los acuíferos vecinos El Carmen- Salinas-Victoria y Zona Citrícola Norte y extrapolados por correlación hidrogeológica, de acuerdo con la geología y adaptados al espesor saturado de cada zona.

7.1.3 Recarga que fluye hacia los Túneles (Rt)

Se considera en el planteamiento del balance como recarga que ocurre en la zona donde afloran calizas y que posteriormente descarga hacia los túneles “Cola de Caballo” y “Socavón San Francisco”. Esta recarga fue estimada en **27.1 $hm^3/año$** , de acuerdo con los aforos realizados.

7.2 Salidas

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B), descargas por flujo subterráneo (Sh), descarga hacia los túneles “Cola de Caballo” y “Socavón San Francisco” (Dt) y evapotranspiración real (ETR).

7.2.1 Bombeo (B)

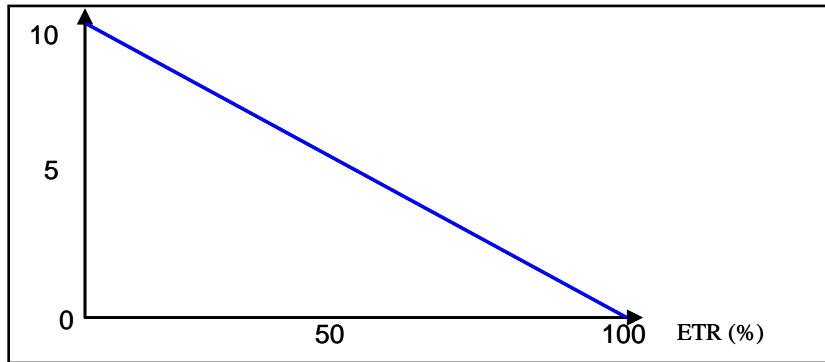
Como se mencionó en el apartado de censo e hidrometría, el valor de la extracción por bombeo asciende a **0.8 hm³/año**, destinando casi en su totalidad al uso doméstico-abrevadero.

7.2.2 Evapotranspiración Real (ETR)

Este parámetro es la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas, por lo tanto es considerada una forma de pérdida de humedad del sistema. Existen dos formas de Evapotranspiración: la que considera el contenido de humedad en el suelo y la que considera la etapa de desarrollo de las plantas (Evapotranspiración Potencial y la Evapotranspiración Real. El escurrimiento y el volumen de evapotranspiración real (ETR) es un parámetro utilizado para la recarga potencial de infiltración. Para la obtención de este parámetro se utilizó la ecuación empírica de Turc, que se muestra a continuación, considerando los valores medios anuales de temperatura = 20.4 °C y precipitación= 980.3 mm. La lámina de ETR que se obtiene es de 792.4 mm.

$ETR(mm) = \frac{P(mm)}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P^2(mm)}{L^2}\right)}} \quad L = 300 + 25T + 0.05T^3$			
T (°C) =	20.4		
P(mm) =	980.3	P ² =	960988.09
L =	1234.4832	L ² =	1523948.77
ETR (mm)	792.4		

El cálculo de la evapotranspiración corresponde con aquella pérdida de agua freática somera y que se aplica al balance de aguas subterráneas, considerando que el concepto tiene influencia hasta una profundidad máxima de 10 m, bajo el siguiente proceso: En zonas donde el nivel estático se encuentra a una profundidad menor a 10 m, se calcula el valor de ETR exclusivamente para estas zonas de niveles someros y se pondera el valor del volumen obtenido, partiendo de una relación lineal inversa entre la profundidad al nivel estático (PNE) y el % de ETR. Suponiendo una profundidad límite de extinción de 10 m para el fenómeno de ETR, a menor profundidad mayor será el % de ETR, de tal manera que a 10 m el valor de ETR es nulo y a 0 m el valor es del 100 %, a 5 m el 50%, a 2 m el 80% etc.



Existe en el área de balance una zona con una extensión de 15 km², donde los niveles estáticos se encuentran a profundidades menores a 10 m, que se considera el límite de extinción para que se produzca el fenómeno de evapotranspiración, hasta donde penetran las raíces de las plantas. Si consideramos esta área de 15 km² donde se registran niveles freáticos someros, con cobertura vegetal cuyas raíces son suficientemente largas y susceptibles de evapotranspirar y una profundidad promedio al nivel del agua subterránea de 5 m, de acuerdo con el valor de la lámina de ETR obtenida y la gráfica anterior:

$$\text{ETR} = 15 \text{ km}^2 (0.7924 \text{ m}) (0.5) = 5.9$$

$$\text{ETR} = 5.9 \text{ hm}^3/\text{año}$$

7.2.3 Salidas subterráneas

Las salidas por flujo subterráneo hacia el vaso de la presa “La Boca” fueron calculadas de la misma manera como se evaluaron las entradas subterráneas, a partir de la configuración de elevación del nivel estático presentada en la figura 5. Su valor es de **0.5 hm³ anuales**, tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Cálculo de flujos horizontales de recarga a través de tubos o canales de flujo año 2007

CELDA	ANCHO A (m)	LONGITUD B (m)	h_2-h_1 (m)	Gradiente i	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN (hm ³ /año)
S1	250	1750	10	0.0400	0.00015	0.0105	0.33
S2	375	1375	10	0.0267	0.00015	0.0055	0.17
Total salidas							0.50

7.2.4 Descarga a los túneles (Dt)

Esta componente del balance se refiere a la descarga hacia los túneles de Cola de Caballo, Socavón San Francisco cuyo volumen se ha estimado mediante aforos en **27.1 hm³/año**, cuyo valor representa la recarga mínima que recibe el acuífero en el área de calizas donde se ubican estas obras artificiales. De este volumen, 5.04 corresponden a los túneles “Cola de Caballo” y los 22.07 hm³ restantes al Socavón San Francisco, que son conducidos por gravedad para abastecimiento de agua potable a la ciudad de Monterrey.

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

Para la estimación del cambio de almacenamiento se tomó en cuenta la configuración de la evolución anual del nivel estático 1989 - 2007.

Los registros de piezometría se encuentran dispersos en tiempo y espacio, no cubren en su totalidad la extensión superficial del acuífero y presentan valores puntuales tanto positivos como negativos. Por otra parte, la configuración de elevación del nivel estático no muestra aún la presencia de conos de abatimiento o deformaciones de la dirección natural del flujo subterráneo, que sean ocasionados por la concentración del bombeo o de aprovechamientos. Adicionalmente, el valor de la extracción por bombeo es muy bajo comparado con el valor más conservador de recarga.

Bajo estas consideraciones, se considera que la posición del nivel del agua subterránea no ha sufrido alteraciones importantes y el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo.

Por lo tanto para fines del balance $\Delta V(S) = 0$

Solución a la ecuación de balance

Una vez calculadas las componentes de la ecuación de balance, procedemos a evaluar la recarga vertical por lluvia e infiltraciones, mediante la expresión que fue establecida con anterioridad:

$$R_v = \pm \Delta V(S) - E_h - R_t + S_h + B + ETR + D_t \quad (2)$$

Sustituyendo cada una de las componentes de la ecuación de balance evaluadas:

$$R_v = 0 - 3.9 - 27.1 + 0.5 + 0.8 + 5.9 + 27.1$$
$$R_v = 3.3 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

De esta manera, la recarga total media anual estará definida por la suma de la recarga vertical, las entradas horizontales subterráneas y la recarga en calizas que posteriormente descarga hacia la zona de los túneles.

$$R_t = R_v + E_h + R_t$$
$$R_t = 3.3 + 3.9 + 27.1$$
$$R_t = 34.3 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

8. DISPONIBILIDAD

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

$$DAS = RT - DNCOM - VCAS \quad (3)$$

Donde:

DAS = Disponibilidad media anual de agua subterránea

RT = Recarga total media anual

DNCOM = Descarga natural comprometida.

VCAS = Volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

8.1 Recarga total media anual (RT)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (RT), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso su valor es **34.3 hm³/año**.

8.2 Descarga natural comprometida (DNCOM)

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que están comprometidos como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes, sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero.

Para el caso del acuífero Cañón del Huajuco, no se consideran descargas naturales comprometidas. Por lo tanto **DNCOM = 0**.

8.3 Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS)

El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, con fecha de corte al **31 de marzo de 2009 es de 27'940,074 m³/año**.

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas (DAS)

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 Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA.

Por lo tanto la disponibilidad de aguas subterráneas, de acuerdo a la expresión (3), es:

$$DAS = RT - DNCOM - VCAS$$

$$DAS = 34.3 - 0.0 - 27.940074$$

$$DAS = 6.359926 \text{ hm}^3/\text{año}$$

La cifra indica que existe actualmente un volumen disponible de **6'359,926 m³ anuales** para otorgar nuevas concesiones.

Cabe hacer la aclaración de que el cálculo de la recarga media anual que recibe el acuífero, y por lo tanto su disponibilidad, se refiere a la porción del acuífero en la que existen aprovechamientos del agua subterránea e información hidrogeológica para su evaluación. No se descarta la posibilidad de que su valor sea mayor; sin embargo, no es posible en este momento incluir en el balance los volúmenes de agua que circulan a mayores profundidades que las que actualmente se encuentran en explotación. Conforme se genere mayor y mejor información, especialmente la que se refiere a la piezometría y pruebas de bombeo, se podrá hacer una evaluación posterior.

9. BIBLIOGRAFIA

Comisión Nacional del Agua. 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León.

Comisión Nacional del Agua. 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Zona Citrícola Norte, Nuevo León.

Comisión Nacional del Agua. 2007. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero El Carmen-Salinas Victoria, Nuevo León.

Comisión Nacional del Agua. 2007. Reactivación de la red de monitoreo piezométrico del acuífero Denominado Cañón del Huajuco, Nuevo León. Elaborado por Estudios y Proyectos en Agua Subterránea S.A. de C.V.

Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2008. Carta geológico-minera, Monterrey G14-7, escala 1:250,000. Segunda edición. Pachuca, Hidalgo, México.