

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Campo Topo Chico
(1910), 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.**

CCCXLII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "RÍO BRAVO"

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

ESTADO DE NUEVO LEÓN

| | | | | | | | |
|------|------------------|-----|-----|----------|-----|----------|----------|
| 1910 | CAMPO TOPO CHICO | 3.5 | 0.0 | 2.913654 | 1.0 | 0.586346 | 0.000000 |
|------|------------------|-----|-----|----------|-----|----------|----------|

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
CAMPO TOPO CHICO,
ESTADO DE NUEVO LEÓN***

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 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..... | 5 |
| 3.3 | Hidrografía..... | 6 |
| 3.4 | Geomorfología..... | 7 |
| 4. | GEOLOGÍA..... | 7 |
| 4.1 | Estratigrafía..... | 7 |
| 4.2 | Geología del subsuelo..... | 12 |
| 5. | HIDROGEOLOGÍA..... | 13 |
| 5.1 | Tipo de acuífero..... | 13 |
| 5.2 | Parámetros hidráulicos..... | 13 |
| 5.3 | Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea..... | 14 |
| 6. | CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA..... | 14 |
| 7. | BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS..... | 14 |
| 7.1 | Entradas..... | 14 |
| 7.1.1 | Recarga natural..... | 14 |
| 7.1.2 | Recarga inducida..... | 15 |
| 7.2 | Salidas | 15 |
| 8. | DISPONIBILIDAD..... | 15 |
| 8.1 | Recarga total media anual..... | 16 |
| 8.2 | Descarga natural comprometida..... | 16 |
| 8.3 | Volumen concesionado de aguas subterráneas..... | 16 |
| 8.4 | Disponibilidad de aguas subterráneas..... | 16 |
| 9. | BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS..... | 17 |

1.- GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (LAN) contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, por acuífero en el caso de las aguas subterráneas, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-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 provenientes de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, organismos de los gobiernos de los estados y municipios, y de la CONAGUA.

El método que establece la NOM indica que para calcular la disponibilidad de aguas subterráneas deberá de realizarse un balance de las mismas, donde se defina de manera precisa la recarga de los acuíferos, y de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA)

El cálculo de la disponibilidad obtenida permitirá una mejor administración del recurso hídrico subterráneo ya que el otorgamiento de nuevas concesiones sólo podrá efectuarse en acuíferos con disponibilidad de agua subterránea. Los datos técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información necesaria, en donde quede claramente especificado el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionarse, considerando los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el REPDA. La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para fines de administración del recurso, para la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, para los planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, y en las estrategias para resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

1.1.- Localización

El acuífero Campo Topo Chico se localiza al Noroeste del Área Metropolitana de Monterrey, en el municipio de San Nicolás de los Garza, N. L., limita al norte con el acuífero El Carmen-Salinas Victoria, al sur y este con el Área Metropolitana de Monterrey y al oeste con el Campo Durazno.

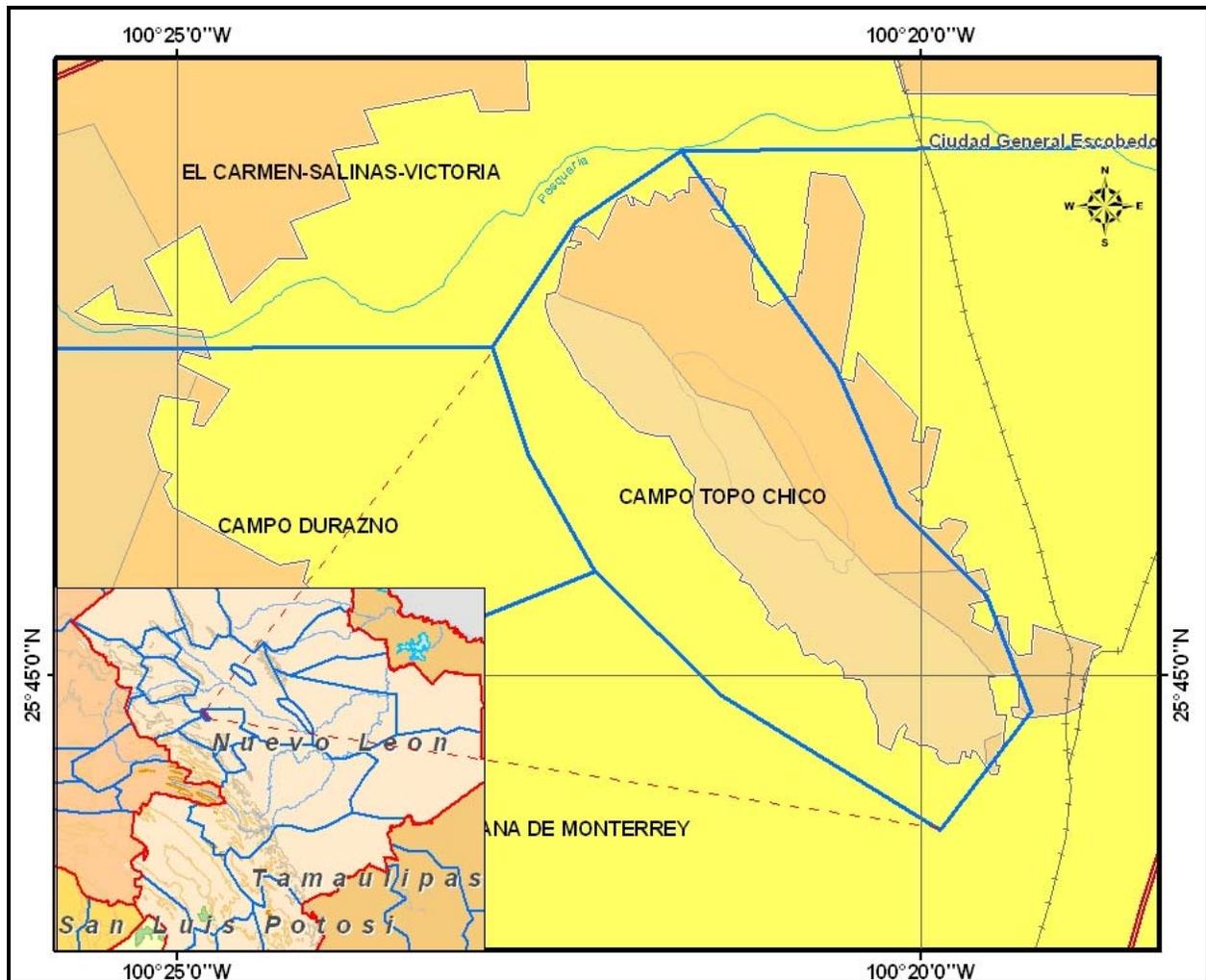


Figura No. 1. Localización del acuífero Campo Topo Chico.

La zona en general está bien comunicada. Teniendo varias vías de acceso terrestre de primera importancia como son: La carretera federal No. 85 que comunica a la ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas con la ciudad de México que bordea el flanco occidental de la sierra, desde Monterrey, Nuevo León, hasta Allende Nuevo León, la carretera Cadereyta – Allende y la carretera Monterrey - Matamoros que pasa cerca del extremo norte de la sierra con rumbo E-W.

También tiene la ruta del ferrocarril Monterrey – Tampico y el aeropuerto internacional de la ciudad de Monterrey, que cuenta con varias rutas de acceso a la zona metropolitana.

Debido al desarrollo industrial y comercial de la zona, existe una red de caminos vecinales que comunican a los ranchos y pequeños poblados con las carreteras principales y entre sí.

Las coordenadas que definen al acuífero se presentan en la tabla No. 1.

| ACUIFERO 1910 CAMPO TOPO CHICO | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|---------|----------|---------------|---------|----------|
| VERTICE | LONGITUD OESTE | | | LATITUD NORTE | | |
| | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS |
| 1 | 100 | 21 | 36.7 | 25 | 48 | 31.9 |
| 2 | 100 | 20 | 34.0 | 25 | 47 | 3.7 |
| 3 | 100 | 20 | 9.3 | 25 | 46 | 7.8 |
| 4 | 100 | 19 | 33.8 | 25 | 45 | 32.6 |
| 5 | 100 | 19 | 15.2 | 25 | 44 | 45.3 |
| 0 | 100 | 19 | 52.2 | 25 | 43 | 57.1 |
| 6 | 100 | 21 | 20.4 | 25 | 44 | 51.5 |
| 7 | 100 | 22 | 11.3 | 25 | 45 | 41.6 |
| 8 | 100 | 22 | 38.0 | 25 | 46 | 28.1 |
| 9 | 100 | 22 | 53.0 | 25 | 47 | 12.7 |
| 10 | 100 | 22 | 19.2 | 25 | 48 | 3.4 |
| 1 | 100 | 21 | 36.7 | 25 | 48 | 31.9 |

Tabla No. 1. Poligonal que delimita al acuífero.

1.2.- Situación administrativa del acuífero

El acuífero Topo Chico está ubicado dentro de la zona de veda del Área Metropolitana de Monterrey según decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 17 de julio de 1951.

Artículo Primero.- Se establece por tiempo indefinido veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo de terrenos que ocupa y circundan la ciudad de Monterrey, N. L., en una zona delimita como se indica en dicho Decreto.

Artículo Segundo: Excepto cuando se trate de alumbramientos para usos domésticos, a partir de la fecha en que este Decreto se publique en el Diario Oficial de la Federación, nadie podrá efectuar nuevos alumbramientos de aguas del subsuelo en la zona vedada, sin previo permiso escrito de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la que solo expedirá en los casos en que los estudios correspondientes se deduzca que no se causarán los daños que con el establecimiento de la veda tratan de evitarse.

El acuífero Topo Chico se ubica en la zona de disponibilidad 3 según la Ley Federal de Derechos (Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales) 2007.

En el Campo Topo Chico fueron perforados 12 pozos para uso Público Urbano y uno para uso industrial, por lo que los usuarios son: el Organismo Operador Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey y la Compañía embotelladora Coca Cola.

2.- ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

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

PLANIMEX INGENIEROS CONSULTORES, 1977. Abastecimiento de Agua al Área Metropolitana de Monterrey, SADM

Ing. Luis Velázquez Aguirre; tesis profesional, 1985. Estudia los acuíferos regionales en Calizas, su comportamiento hidrogeológico, la ubicación del área de recarga y cuantifica la recarga mediante la formula propuesta por W. Knisel (1972).

3.- FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia Fisiográfica

De acuerdo con la división Fisiográfica de la República Mexicana hecha por el Ing. Manuel Álvarez Jr. La zona queda comprendida en la porción sur de la provincia Región Montañosa de Coahuila, parte oriental de la provincia Cuenca de Parras y estribación norte de la provincia de la Sierra Madre Oriental.

3.2 Clima

Nuestra zona se encuentra en el grupo de climas secos que ocupa una mayor extensión en el país; y se caracteriza por el hecho de que la evaporación excede a la precipitación, de forma que ésta no es suficiente para mantener corrientes de agua permanentes. La separación entre este grupo de climas y los húmedos (cálidos o templados), así como entre las variantes de climas secos (seco o estepario, y muy seco o desértico), se establece con base en relaciones algebraicas que dependen de la temperatura promedio anual y del régimen de lluvias en el año. Las regiones naturales con este tipo de clima, estepa y desierto tienen en común las temperaturas extremas, pero se diferencian entre sí por tener escasas o muy escasas lluvias.

De acuerdo a la clasificación de climas realizada por Koeppen y modificada por Enriqueta García (1964) para las condiciones de la República Mexicana, el clima de la zona tiene por su localización geográfica la combinación de los Climas Secos y Templados, que se dividen en los subgrupos siguientes: No. 3 Seco y No. 5 templados. (Carta Fisiográfica escala 1:1,000,000; hoja Monterrey)

Por lo tanto en esta zona podemos encontrar los siguientes Climas: Semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad **AcwO**, Semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año **Acx**, predominando los subtipos Semiseco muy cálido y cálido **BS₁(h')** y Semiseco Semicálido **BS₁h**.

Temperatura Media Anual

Respecto a la temperatura, de acuerdo a la información de las mismas estaciones, la zona es dividida por la isoterma media anual de 22° C, la cual baja su valor hacia el oeste, es decir hacia la franja que es constituida por la Sierra Madre Oriental.

La estación meteorológica más importante en la zona es la estación No.19-030 Monterrey que se localiza a una Latitud Norte de 25° 40' 58" y una Longitud Oeste de 100° 16' 18" en una altitud de 500 msnm; para el periodo de 1921 a 1995 registró una temperatura media anual de 22.1° C; la temperatura del año más frío es de 20.5° C, y la temperatura del año más caluroso 24.0° C.

Precipitación Media Anual

La precipitación promedio anual en el periodo de 1986 a 1995 es de 587.0 milímetros, la precipitación del año más seco es de 147.4 milímetros y la precipitación en el año más lluvioso es de 1,311.3 milímetros. La precipitación total mensual se presenta en la Tabla No. 2.

Tabla No. 2. Registro Mensual de Precipitación. Cuaderno Estadístico Municipal. INEGI 1997

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Monterrey | 1995 | 8.5 | 16.0 | 16.3 | 4.4 | 65.0 | 20.8 | 0.0 | 173.3 | 16.9 | 17.0 | 33.4 | 19.0 |
| Promedio | 1886-1995 | 15.7 | 16.1 | 18.1 | 30.6 | 45.7 | 66.7 | 53.8 | 78.7 | 147.3 | 70.2 | 27.3 | 16.8 |
| Año más seco | 1888 | 10.4 | 6.8 | 11.3 | 8.4 | 9.4 | 19.5 | 1.1 | 18.6 | 10.0 | 11.5 | 27.3 | 13.1 |
| Año más lluvioso | 1933 | 15.0 | 34.0 | 22.9 | 2.8 | 4.3 | 127.8 | 138.1 | 376.3 | 394.4 | 176.8 | 13.1 | 5.8 |
| Topo Chico | 1994 | 58.8 | 6.4 | 51.7 | 11.6 | 72.0 | 31.2 | 11.5 | 41.2 | 275.2 | 39.1 | 25.0 | 44.6 |
| Promedio | 1941-1995 | 16.6 | 15.0 | 13.0 | 29.6 | 46.0 | 57.7 | 40.6 | 79.8 | 133.5 | 58.0 | 16.3 | 19.9 |
| Año más seco | 1959 | 0.0 | 40.0 | 0.0 | 0.0 | 14.0 | 21.7 | 0.0 | 9.0 | 1.4 | 23.0 | 11.0 | 0.0 |
| Año más lluvioso | 1967 | 5.0 | 8.0 | 8.0 | 42.0 | 90.0 | 23.0 | 76.0 | 450.5 | 324.0 | 122.0 | 47.0 | 1.0 |

Evapotranspiración media anual

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

Región Hidrológica

El acuífero Topo Chico se encuentra en la Región Hidrológica 24, Río Bravo

Subregión

Subregión Bajo Río Bravo

Cuenca

Cuenca del Río San Juan

Subcuenca

La zona es drenada al Norte por el Río Pesquería y al sur por el arroyo Topo Chico

3.4 Geomorfología

Las características geomorfológicas del relieve topográfico son resultado de los procesos evolutivos propiciados por la emersión; plegamiento y fenómenos erosivos, que debido a los diversos grados de resistencia de las rocas a la erosión, ha destacado y hecho más notable el actual relieve, cuyo modelo fue determinado principalmente por el patrón estructural. De acuerdo con esta serie de procesos, en general, los altos montañosos corresponden a plegamientos anticlinales formados por sedimentos del Cretácico, erosionados algunos en tal forma que motivan el afloramiento de sedimentos Jurásicos. Los cantiles y accidentes más destacados que aparecen en los flancos de las estructuras están formados por calizas y areniscas, así mismo las depresiones topográficas corresponden a plegamientos sinclinales, en donde las rocas marinas plegadas y erosionables se encuentran cubiertas por irregulares depósitos de sedimentos aluviales.

La región 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 comprensión lateral y de probable intrusión salina evidenciada 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 anticlinales El Durazno, Las Mitras y Topo Chico.

4. GEOLOGÍA

4.1 Estratigrafía

La columna estratigráfica que aflora en el área representa un intervalo geológico del Jurásico superior al reciente. Figura No. 2.

La secuencia Mesozoica se inicia con el depósito de yesos, anhidrita y calizas en un medio lagunar de circulación restringida, continua con el depósito de areniscas, lutitas y calizas en un medio reductor de aguas estancadas, de poca profundidad; le siguieron calizas depositadas en aguas cálidas y transparentes, que generaron los bancos de rocas arrecifales y periarrecifales, casi sin materiales terrígenos en ambientes tanto cercanos como alejados de la costa, constituidos por una alternancia de areniscas y lutitas.

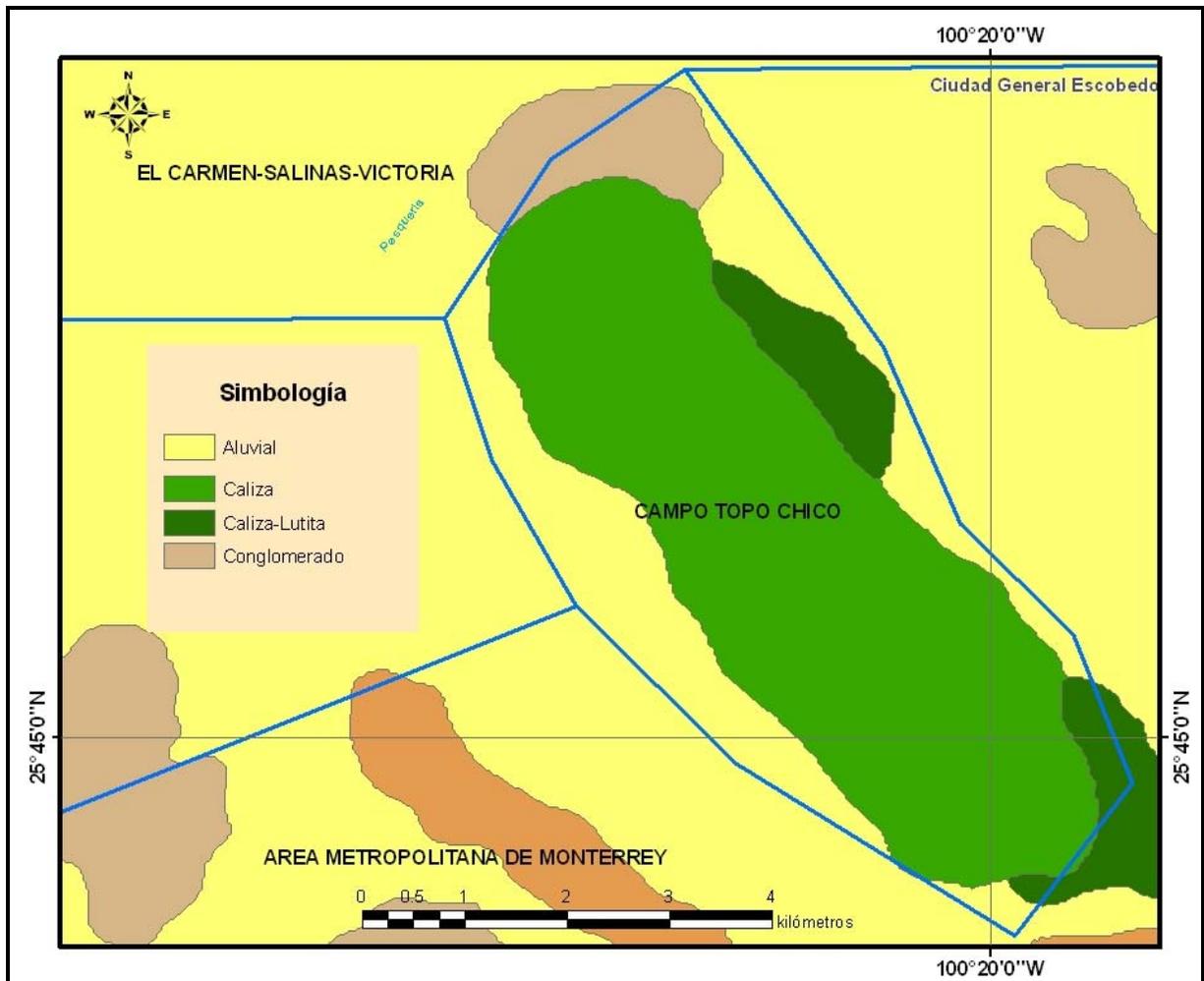


Figura No. 2. Mapa Geológico

Ya en el terciario y Cuaternario, el área se encuentra emergida y expuesta a los agentes erosivos, completándose esta función con el transporte y depósito de materiales aluviales hacia las áreas bajas y la consecuente acumulación que a la fecha suma espesores promedio de 20 m.

JURÁSICO SUPERIOR

FORMACIÓN MINAS VIEJAS: Las rocas más antiguas que afloran en el área son yesos y anhidritas con intercalaciones de lutitas arcillosas y esporádicas areniscas que subyacen concordantemente a calizas de la formación Zuloaga, y en forma discordante, en algunos lugares como diapiros penetran a unidades formacionales más jóvenes del Cretácico Inferior y Superior.

Los afloramientos de estos sedimentos dentro del área, se localizan en la porción erosionada en el eje anticlinal y Potrero de García, penetrante en la formación Zuloaga y La Casita.

Con base en las características litológicas de esta unidad formacional, se le considera con permeabilidad baja y alto grado de solubilidad en las rocas que le constituyen de tal forma que el agua contenida, manifestara altas concentraciones de sales.

FORMACIÓN ZULOAGA: Los sedimentos correspondientes a esta formación consisten generalmente de calizas interestratificadas con sedimentos finos de limolitas calcáreas. Las calizas generalmente tienen una textura microcristalina en colores que varían de gris a café que intemperiza en color crema y café grisáceo, en estratos medianos a gruesos y en algunos casos de aspecto masivo que hacen difícil reconocer los planos de estratificación, en los afloramientos de esta unidad formacional es marcado el alto grado de fracturamiento y notables rasgos de disolución.

El espesor de esta formación en el área investigada es del orden de 100 m, encontrándosele aflorando a lo largo del eje del anticlinal de Villa de García.

Por sus características litológicas, rasgos de disolución y fracturamiento, se estima que la circulación del agua subterránea en esta unidad puede ser activa, no obstante, considerando que en la mayoría de los casos se le encuentra intrusionada por cuerpos de yesos y anhidritas, así mismo, el hecho que dentro del área se le utilice como conducto de absorción y dren para residuos industriales, se le considera no aprovechable.

FORMACIÓN DE LA CASITA: En el área esta unidad formacional puede dividirse en dos miembros bien definidos. El miembro inferior que esta compuesto principalmente de lutitas calcáreas carbonosas, de colores pardo, negro y gris oscuro y lutitas arenosas. En varios horizontes las lutitas contienen concreciones redondeadas a ovoides, de caliza gris obscura a densa. El miembro superior esta compuesto de una interestratificación de areniscas, calizas arenosas, lutitas areno - carbonosas y capas de conglomerados constituidos por guijarros. Es importante hacer notar que esta formación presenta cambios litológicos bruscos, tanto verticales como horizontales así como variaciones en sus espesores.

En el área, el espesor de esta formación varía de 600 a 700 m, encontrándosele aflorado en el núcleo de los anticlinales de Potrero Chico y Potrero de García. Esta formación y la superyacente Formación Taraises constituyen una barrera impermeable entre los sedimentos permeables del jurásico con los del Cretácico Inferior.

CRETÁCICO.

FORMACIÓN TARAISES: Esta formación se encuentra constituida en su parte inferior, por calizas de color gris claro de estratificación delgada a media con intercalaciones menores de lutitas de color gris claro con incremento de estas intercalaciones hacia la base. La parte media consiste de estratos delgados de calizas de color gris claro con intercalaciones de lutitas gris pardo, que intemperiza el color café, conteniendo fragmentos de amonitas. La parte superior consiste en calizas de color gris, en estratos delgados y medianos que intemperiza a gris claro interestratificada en forma irregular

con lutitas de color crema y gris. Dentro del área el espesor de la formación varía de 400 a 500 m, encontrándose ampliamente expuesta en los anticlinales de Potrero Chico y Potrero de García. Por las características litológicas de esta unidad formacional se le considera como confinante basal del acuífero emplazado en sedimentos de la formación Cupido.

FORMACIÓN CUPIDO: El contacto entre esta unidad formacional y la formación Taraises es muy notable. Litológicamente, dentro del área, la formación Cupido se encuentra constituida por calizas grises en estratos gruesos, con concreciones de pirita, módulos silíceos y diversas alternancias de bancos de caliza arrecifales con alto porcentaje de rudistas, en toda el área expuesta, se presenta muy fisurada y frecuentemente manifiesta marcados rasgos de karsticidad, ejemplo de ello se refleja en las grandes cavernas de disolución conocidas como Grutas de García; el espesor de la formación varía entre 500 y 800 m, encontrándose ampliamente expuesta en los flancos de las estructuras de Potrero de García, Potrero Chico. Los Muertos y parte Central del anticlinal de las Mitras. Desde el punto de vista de permeabilidad y capacidad de almacenamiento de agua se considera que constituye el acuífero principal hasta la fecha comprobado dentro del área del acuífero.

FORMACION LA PEÑA: Esta unidad geológica se encuentra incluida dentro de las formaciones de mayor extensión geográfica del noreste de México, diferenciándose como un intervalo arcilloso que descansa concordantemente sobre la formación Cupido y subyacente en igual forma a la formación Aurora. En el área la formación la Peña esta integrada por estratos alternados de lutitas y calizas de poco espesor, con nódulos de sílice y concreciones de pirita, cronológicamente se considera pertenece al Aptiano Superior encontrándose aflorado en los flancos de los anticlinales de Potrero de García, Potrero Chico, Las Mitras y flanco Norte del anticlinal de Los Muertos, con un espesor de 30 a 50 m. Por sus características litológicas y faunísticas que hacen fácilmente identificable, esta formación constituye un horizonte índice en el campo y en las perforaciones.

Aún cuando por su carácter arcilloso esta unidad debiera considerarse como confinante, debido a su poco espesor, en la zona no constituye una barrera de separación entre el acuífero Aurora-Cupido.

FORMACION AURORA: Esta formación en el área refleja gran similitud con las características de la formación Cupido, encontrándose constituida por calizas microalcalinas de color gris claro en estratos de espesor medio a grueso tendiendo a adelgazarse en el contacto con la formación Cuesta del Cura. En general en todos los afloramientos se hacen notables los fenómenos de disolución, así mismo es muy marcado el fracturamiento, manifestándose en dos sistemas perpendiculares entre sí, dándole un aspecto lajoso que obscurece en parte su estratificación. El espesor medio de esta formación es de 320 m, encontrándose aflorado en los anticlinales de las Mitras, El Durazno, Potrero de García, Potrero Chico y Los Muertos.

Las calizas de la formación Aurora constituyen uno de los acuíferos principales hasta la fecha explorados en el área.

FORMACION CUESTA DEL CURA: Sobreyaciendo concordantemente a la formación Aurora, se encuentra la formación Cuesta del Cura. Esta unidad esta constituida por calizas microcristalinas de color gris a negro en estratos delgados a medios, y esporádicamente presenta interestratificaciones de lutitas y limolitas, la característica más notable es la presencia de Nódulos y Lentes de pedernal negro, tiene un espesor que varía de 50 a 150 m, y su contacto con la formación Aurora es transicional.

En el área, se le encuentra aflorando en las porciones medias a inferiores de los flancos anticlinales de Potrero de García, Potrero Chico, Las Mitras, El Durazno y Los Muertos.

Debido a su carácter litológico y fracturamiento, esta formación, se le considera como integrante del acuífero emplazado en las rocas calcáreas del Cretácico de la zona.

FORMACIÓN INDIDURA: Esta unidad formacional, dentro del área presenta características litológicas muy variables, en que intemperiza en amarillo y pardo. Calizas arcillosas y calizas gris pardo en capas delgadas, con predominancia de lutitas hacia unos sitios y en otros sobresalen los cuerpos de calizas. El espesor de esta formación se estima que es superior a los 500 m, y de acuerdo con su constitución litológica, se considera como impermeable y confinante del acuífero emplazado en las formaciones Aurora y Cupido.

FORMACION PARRAS: Los afloramientos estudiados de esta unidad formacional consisten en una serie de lutitas calcáreas y carbonaceas de color gris oscuro a negro, que intemperizan, en tonalidades de color pardo a verde amarillento, estratificadas en capas delgadas, en alternancia con láminas delgadas de limolitas color amarillo ocre, hacia la cima de esta unidad es notable la presencia de vetillas de yeso, el contacto con la formación difunta se define solamente por un leve cambio de coloración de intemperismo. El espesor promedio de esta unidad formacional en el área es del orden de 1050 m

La naturaleza arcillosa de esta formación le resta importancia para los fines del presente estudio, considerándosele como confinante.

Cenozoico continental

Estos sedimentos de origen continental están constituidos por acumulación de clásticos calcáreos presentándose perfectamente bien cementados por material calcáreo y caliche, normalmente se encuentran cubriendo discordantemente a las formaciones sedimentarias y se presentan como afloramientos aislados o bloques resistentes a la erosión en las partes altas de las estructuras anticlinales de la zona.

La edad tentativa de estos sedimentos es del terciario superior, considerando su posición estratigráfica.

Desde el punto de vista geohidrológico se les considera como acuíferos locales con poco potencial de producción.

Reciente

Estos depósitos están representados por rellenos aluviales constituidos por gravas, arenas limos y arcillas mezclados en distintas proporciones y cubriendo a las formaciones marinas en los valles y como abanicos en los flancos de las estructuras.

Estos materiales constituyen acuíferos locales de permeabilidad muy variable dependiendo de la relación de arcilla, arenas, gravas o clásticos gruesos.

4.2 Geología estructural

Las estructuras que se encuentran en el área son consecuencia de los efectos orogénicos de la Revolución Laramide, ocurrida a fines del Cretácico y a principios del Terciario. Esta orogenia plegó intensamente los sedimentos marinos del Cretácico y Jurásico mediante efectos compresionales del Sur, ocasionando que la mayoría de los anticlinales y sinclinales formados sufrieran recostamiento hacia el Norte y adoptaran una dirección predominante E a W.

Con las evidencias observadas se infiere que el origen de los plegamientos estuvo influenciado también por la intrusión de cuerpos salinos presentes en algunas estructuras.

Posterior a la etapa de esfuerzos orogénicos compresionales, la región entró en un período de ajuste siostático, lo que motivó el fracturamiento y fallamiento normal al rumbo de las estructuras.

En esta forma el área se distribuye ocupando parte de las unidades geotectónicas de la provincia de plegamientos marginales y la cuenca sedimentaria de Parras.

FAJA DE PLEGAMIENTOS MARGINALES: A esta unidad tectónica pertenecen las estructuras anticlinales alargadas o cóncava que forman las serranías relativamente aisladas que se localizan en la porción Oriental del área. La característica general de este grupo de estructuras es que en las proximidades al borde de la Paleopenínsula de Coahuila al poniente, los plegamientos son muy pronunciados en sus flancos que incluso en algunos casos tienen la recumbencia y hacia el oriente, gradualmente las inclinaciones de los echados son menos pronunciadas.

CUENCA DE PARRAS: En forma general se distribuye entre el frente de los pliegues de la Cordillera y la Plataforma de Coahuila; en su estructura general se caracteriza por encontrarse atravesada de Oriente a poniente por una serie de pliegues sinuosos orientados al Oeste-Noroeste, los cuales tienen su flanco norte más inclinado y están generalmente recostados al Norte.

Hacia fines del Cretácico se depositó en la antefosa, junto con lodos calcáreos, una enorme cantidad de arena, a la vez que la antefosa se hundía rápidamente, dando así origen a la acumulación de grandes espesores, de orden de 6000 m, de sedimentos que dieron lugar a las formaciones Parras y Difunta.

4.3 Geología del subsuelo

Corte Litológico de los principales pozos

| Pozo | Profundidad (m) | | Formación |
|---------------|-----------------|------|-----------|
| | de | a | |
| TOPO CHICO 4 | 0 | 30 | Aluvión |
| | 30 | 100 | Indidura |
| | 100 | 325 | Aurora |
| | 325 | 350 | La Peña |
| | 350 | 510 | Cupido |
| TOPO CHICO 5 | 0 | 65 | Aluvión |
| | 65 | 520 | Indidura |
| | 520 | 690 | Aurora |
| | 690 | 730 | La Peña |
| | 730 | 860 | Cupido |
| TOPO CHICO 9 | 0 | 30 | Aluvión |
| | 30 | 50 | Indidura |
| | 50 | 205 | Aurora |
| | 205 | 215 | La Peña |
| | 215 | 1009 | Cupido |
| TOPO CHICO 10 | 0 | 240 | Indidura |
| | 240 | 400 | Aurora |

Como se puede apreciar en los cortes litológicos, se trata de un acuífero emplazado en fracturamiento de rocas calizas de edad cretácica inferior, confinado por formaciones de lutitas y calizas arcillosas del cretácico superior (confinante superior) y calizas compactas de la formación Taraises como basamento o confinante inferior.

5.- HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

El acuífero está conformado por las calizas de las formaciones Cupido y Aurora, del Cretácico Inferior. Este acuífero se encuentra confinado por rocas impermeables del Cretácico superior, por la Formación Indidura que cubre conjuntamente con el aluvión de la edad reciente los horizontes superficiales del acuífero y por otra parte, se encuentra sobrepuesto a las rocas impermeables de la Formación Taraises de la edad del Cretácico inferior y La Casita de edad Jurásica.

5.2.- Parámetros Hidráulicos

De la interpretación de las pruebas de bombeo, se obtienen los siguientes valores:

| POZO | T (m ² /día) | Qs (lps/m) |
|--------------|-------------------------|------------|
| Topo Chico 3 | 350 | 4.3 |
| Topo Chico 4 | 160 | 1.6 |

| | | |
|--------------|-----|------|
| Topo Chico 5 | 163 | 1.16 |
| Topo Chico 9 | 24 | 0.75 |

Como se puede observar, se obtienen valores de transmisividad muy variables debido al errático comportamiento del fracturamiento de las calizas.

5.3 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

El agua del acuífero Topo Chico es de tipo Sulfurada Cálcica.

6. Censo de Aprovechamientos e Hidrometría

En el Campo Topo Chico fueron perforados 12 pozos para uso Público Urbano y uno para uso industrial, actualmente solo el pozo de uso industrial opera, ya que el organismo operador Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, decidió dejar de utilizarlos debido a la calidad del agua.

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:

$$R = \frac{122.61 p^2}{5843 + p^2} \quad ; R \text{ (mm), Lámina de recarga.}$$

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

Para el acuífero Topo Chico se analizaron los datos de precipitación efectiva en el período 1994– 1998.

El área de recarga considerada corresponde a 30 km² de afloramientos de calizas de las formaciones Aurora y Cupido del Cretácico inferior, que se presentan en el flanco oriental del anticlinal de Las Mitras y el flanco occidental del anticlinal Topo Chico.

Cálculo del volumen de recarga

| Año | p (mm) | p ² (mm) | R (mm) | R (m) | Área (km ²) | Volumen de Recarga hm ³ /año |
|-----|--------|---------------------|--------|-------|-------------------------|---|
|-----|--------|---------------------|--------|-------|-------------------------|---|

| | | | | | | |
|------------|-------|-----------|--------|--------|-------|-----|
| 1994 | 247.8 | 61404.84 | 111.96 | 0.1120 | 30.00 | 3.4 |
| 1995 | 262.9 | 69116.41 | 113.05 | 0.1131 | 30.00 | 3.4 |
| 1996 | 426.9 | 182243.61 | 118.80 | 0.1188 | 30.00 | 3.6 |
| 1997 | 493.9 | 243937.21 | 119.74 | 0.1197 | 30.00 | 3.6 |
| 1998 | 345.9 | 119646.81 | 116.90 | 0.1169 | 30.00 | 3.5 |
| Promedio = | | | | | | 3.5 |

Del cálculo anterior obtenemos el volumen de recarga al acuífero en Calizas que es del orden de 3.5 millones de metros cúbicos por año. Este volumen corresponde a

Recarga total media anual = $3.5 \text{ hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

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 km^2 y que la infiltración del agua de lluvia se conduce a la porción donde las calizas de 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 donde se cuantifiquen las salidas del acuífero.

8. Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea, se aplica el procedimiento indicado en el Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas

nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas establece la expresión siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Disponibilidad media} \\ \text{anual de agua} \\ \text{subterránea en una} \\ \text{unidad hidrogeológica} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Recarga total} \\ \text{media anual} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Descarga natural} \\ \text{comprometida} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Volumen anual de} \\ \text{agua subterránea} \\ \text{concesionado e} \\ \text{inscrito en el REPGA} \end{array}$$

8.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero Campo Topo Chico es de 3.5 millones de metros cúbicos por año ($\text{hm}^3/\text{año}$).

8.2 Descarga natural comprometida

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a los acuíferos adyacentes. Para el acuífero Campo Topo Chico la descarga natural comprometida se considera nula.

8.3 Volumen concesionado de aguas subterráneas

En el acuífero Campo Topo Chico el volumen anual concesionado, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 31 de mayo del 2005 es de $2.836663 \text{ m}^3/\text{año}$.

8.4 Disponibilidad de agua subterránea

La disponibilidad de agua subterránea conforme a la metodología indicada en el anteproyecto de norma referida, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPGA:

$$0.663337 = 3.5 - 0 - 2.836663$$

La cifra indica que existe disponible un volumen de **$0.663337 \text{ hm}^3/\text{año}$** (millones de metros cúbicos anuales) para nuevas concesiones en el acuífero denominado *Campo Topo Chico*, en el estado de Nuevo León.

Cabe hacer la aclaración de que el cálculo de la recarga media anual que recibe el acuífero y, por lo tanto de su disponibilidad, se refiere a los escasos aprovechamientos del agua subterránea y poca información hidrogeológica para su evaluación, por lo que fue necesario plantear un balance de esta forma. No se descarta la posibilidad de que

el valor de la recarga total sea mayor; sin embargo, no es posible en este momento, plantear un balance de aguas subterráneas tradicional debido a que los registros piezométricos son escasos y la información hidrogeológica es muy puntual. Conforme se genere mayor y mejor información se podrá hacer una evaluación posterior.

9.- BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Comisión de Agua Potable y Drenaje de Monterrey, Dirección de Estudios y Proyectos, Departamento de Hidrometría, Boletín sobre Producción de Agua Potable de las Fuentes de Abasto para el Área Metropolitana de Monterrey 1990.

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

Velázquez Aguirre Luis. 1985. Tesis Profesional.