

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Área Metropolitana de
Monterrey (1906), 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.**

CCCXXXVIII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "RÍO BRAVO"

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

ESTADO DE NUEVO LEÓN

1906	ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY	68.2	24.5	99.971043	37.7	0.000000	-56.271043
------	---------------------------------	------	------	-----------	------	----------	------------

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.

ACUIFERO 1906 AREA METROPOLITANA DE MONTERREY

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	100	22	11.3	25	45	41.6
2	100	21	20.4	25	44	51.5
3	100	19	52.2	25	43	57.1
4	100	19	15.2	25	44	45.3
5	100	19	33.8	25	45	32.6
6	100	20	9.3	25	46	7.8
7	100	20	34.0	25	47	3.7
8	100	21	36.7	25	48	31.9
9	100	12	2.9	25	48	36.4
10	100	6	21.2	25	48	5.4
11	100	5	48.9	25	43	49.3
12	100	7	43.5	25	41	14.3
13	100	1	16.9	25	38	5.3
14	100	3	18.5	25	37	41.4
15	100	6	18.2	25	35	28.5
16	100	9	10.6	25	35	15.9
17	100	11	0.1	25	34	21.1
18	100	11	51.8	25	34	52.9
19	100	13	1.0	25	34	44.1
20	100	13	28.7	25	35	21.9
21	100	15	0.7	25	33	57.5
22	100	14	46.8	25	33	24.7
23	100	15	38.4	25	32	54.5
24	100	16	59.0	25	30	29.9
25	100	17	21.8	25	30	58.1
26	100	17	54.9	25	32	38.2
27	100	28	7.1	25	37	1.7
28	100	31	42.4	25	40	43.7
29	100	27	34.3	25	43	32.3
1	100	22	11.3	25	45	41.6



Comisión Nacional del Agua

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD
DE AGUA EN EL ACUÍFERO AREA
METROPOLITANA DE MONTERREY, ESTADO DE
NUEVO LEÓN***

México, D.F., 30 de abril de 2002

ACUÍFERO: ÁREA METROPOLITANA

1.- GENERALIDADES

1.1.- Localización

El área de estudio se localiza en la porción centro – occidental del estado de Nuevo León.

De acuerdo con la división política del Estado, el área de estudio incluye parte de los municipios de Monterrey, Guadalupe, Garza García, Santa Catarina, General Escobedo, Villa Juárez, San Nicolás de los Garza y Apodaca, ocupando una extensión de 2193 km² aproximadamente. El acuífero Area Metropolitana está delimitado por la poligonal cuyos vértices se muestran en la siguiente tabla:

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	99	59	24.0	25	35	27.6	
2	100	4	55.2	25	30	25.2	
3	100	9	0.0	25	30	32.4	
4	100	11	49.2	25	34	51.6	
5	100	17	16.8	25	34	44.4	
6	100	28	8.4	25	37	1.2	
7	100	32	16.8	25	41	20.4	
8	100	27	21.6	25	43	33.6	
9	100	24	7.2	25	43	58.8	
10	100	21	39.6	25	43	4.8	
11	100	19	44.4	25	43	37.2	
12	100	19	15.6	25	44	45.6	
13	100	20	9.6	25	46	8.4	
14	100	22	8.4	25	47	24.0	
15	100	12	3.6	25	48	36.0	
16	100	6	21.6	25	47	56.4	
17	100	5	20.4	25	42	21.6	
18	100	1	15.6	25	38	6.0	
1	99	59	24.0	25	35	27.6	

1.2.- Situación administrativa del acuífero

1.2.1.- Decretos de veda

Esta zona cuenta con decreto de veda del 28 de junio de 1951, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 17 de julio de 1951.

1.2.3.- Zonas de Disponibilidad

El acuífero se ubica en la zona de disponibilidad 3 según publicación en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 1999

1.2.4.- Usuarios Mayores

El estado de Nuevo León tenía para 1995 una población de 2'550,114 habitantes, con una tasa promedio de crecimiento anual de 2.9 % según los datos del Censo de Población y Vivienda de 1995, por lo que se estima que para 1997 tenía una población de 3'760,952 habitantes.

Para los municipios que están total o parcialmente dentro de la zona de estudio, se estimó que tenían una población de 2'964,573 habitantes, de donde se calculó la población para 1997 en 3'140,636 habitantes (Tabla I.2), tomando en cuenta la misma tasa de crecimiento del estado, debido a que un gran porcentaje de la población se encuentra concentrado en la zona metropolitana de Monterrey.

POBLACION TOTAL

Año	Población en el Estado	Tasa de Crecimiento
1990	3,098,736	
1992	3,336,044	0.037585
1995	3,550,114	0.020948
		0.029266 Promedio
1997	3,760,952	

Tabla I.2 Basada de la Tabla 2.1.1 del libro Perspectiva Estadística de Nuevo León. INEGI

2.- ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Integración del Inventario de Captaciones de Agua Subterránea y Actividades de Carácter geohidrológico en el acuífero Area Metropolitana, en Monterrey, Nuevo León.

Estudio realizado en 1997, bajo el contrato GAS-001-97 por la Empresa Hidrosistemas Universales, S.A. de C.V., para la gerencia de Aguas Subterráneas y la Subdirección Regional Técnica de la Comisión Nacional del Agua.

Los objetivos principales del estudio estuvieron orientados a integrar un inventario de captaciones de agua subterránea, así como conocer con mayor detalle el espesor de los rellenos granulares de los subálveos de los principales ríos y arroyos que cruzan la zona y conocer la calidad química del agua subterránea que es una fuente importante del recurso para la ciudad capital.

La zona de estudio abarca parte de los municipios de Monterrey, Guadalupe, Garza García, Santa Catarina, General Escobedo, Villa Juárez, San Nicolás de los Garza y Apodaca.

El Inventario de Captaciones realizado en el año de 1997, es la información más actualizada con la que se cuenta, debido a que hasta la elaboración de este estudio no se habían realizado perforaciones.

Estudio realizado en el año de 1972 con lecturas correspondientes a los meses de febrero, marzo, mayo, junio y julio.

Estudio realizado en el año 1972 por la Dirección de Geohidrología y de Zonas Áridas de la SRH.

El estudio contiene un levantamiento topográfico de toda la Zona Metropolitana, con la cual se realizó un plano de curvas de nivel de aproximación a cada metro, que sirvió de plano base para integrar la siguiente información: Elevaciones referidas al sistema geodésico interamericano, gráficas tiempo - recuperación y abatimiento de pozos piloto del área metropolitana, Curvas de igual elevación del nivel estático mayo de 1972, Curvas de igual elevación del nivel estático junio de 1972, Curvas de igual elevación del nivel estático julio de 1972.

Boletines sobre producción de agua potable de las fuentes de abastecimiento para el área metropolitana de Monterrey, N.L.- Información recopilada en el año 1990 por la Dirección de Estudios y Proyectos, Departamento de Hidrometría, Departamento de sistemas de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM).

Este estudio contiene información recopilada del historial de los gastos medios mensuales de los siguientes sistemas: Sta. Catarina, Tomo I; Santiago, Tomo II; Mina, Tomo III; Monterrey, Tomo IV; Regional Linares - Monterrey, Tomo V; y Producción Total de los Sistemas de Abasto, Tomo VI.

Programa de perforación de pozos en el área metropolitana de Monterrey, Resumen de obra ejecutada; 1983, Pozos N-1 AL N-69. Programa realizado en el año 1983 por Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey

Programa de perforación de pozos en el área metropolitana de Monterrey, Resumen de obra ejecutada; 1986. Programa realizado en el año 1986 por Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey.

Programa de perforación de pozos en el área metropolitana de Monterrey Resumen de obra ejecutada. 1983. Programa realizado en el año 1983 por Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey

Gastos extraídos de los pozos del sistema de agua potable del área metropolitana en el período 1988 A 1996. Información recopilada de los años 1988 a 1996 por el Sistema de agua y drenaje de Monterrey (SADM), Nuevo León.

Niveles Estáticos Y Dinámicos de los pozos del área metropolitana del sistema de agua potable de los años de 1988 A 1995. Información recopilada de los años 1988 a 1995 por el Sistema de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM), Nuevo León.

Aforos

Aforos realizados por el Sistema de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM),

“Geología del Cerro de la Silla”

Tesis que para obtener el título de Ing. Geólogo presenta El Sr. Jorge Tovar Rodríguez, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México, México, D.F., 1973.

3.- FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia Fisiográfica

De acuerdo a la clasificación de Provincias fisiográficas hecha por INEGI (Carta Fisiográfica escala 1:1,000,000; hoja Monterrey), la zona de estudio encuentra en la Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte.

3.2 Clima

Nuestra zona de estudio 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 Koppen y modificada por Enriqueta García (1964) para las condiciones de la República Mexicana, el clima de la zona de estudio 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**.

3.2.1 Temperatura Media Anual

Respecto a la temperatura, de acuerdo a la información de las mismas estaciones, la zona de estudio 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 de estudio 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.

3.2.2 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 II.

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (milímetros)

Estación y Concepto	Periodo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
El Cerrito	1994	50.0	24.3	47.7	4.0	43.9	123.2	64.8	262.3	250.7	53.8	28.9	24.3
Promedio	1960-1994	27.0	21.6	20.9	52.2	90.1	128.9	107.2	161.9	278.1	83.8	26.3	18.4
Año más seco	1982	1.5	32.5	18.4	72.0	71.0	4.0	6.0	66.3	273.2	85.7	26.6	16.6
Año más lluvioso	1973	49.0	60.5	3.0	3.3	68.5	743.0	159.5	281.5	143.5	45.5	2.5	1.5
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

Tabla II.2 Registro Mensual de Precipitación Pluvial. Cuaderno Estadístico Municipal. INEGI

1997

3.3 Hidrografía

3.3.1 Región Hidrológica

El acuífero Area Metropolitana de Monterrey se encuentra en la Región Hidrológica 24, Río Bravo

3.3.2 Subregión

Subregión Bajo Río Bravo

3.3.3 Cuenca

Cuenca del Río San Juan

3.3.4 Subcuenca

La zona es drenada al Norte por el Río Pesquería, en su parte media por los arroyos Topo Chico y Talaverna y al sur por el Río Santa Catarina.

3.4 Geomorfología

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

De acuerdo al comportamiento de las diferentes rocas ante los agentes atmosféricos y a sus formas adoptadas se diferenciaron cinco unidades geomorfológicas: Sierras Plegadas, Cerros Aislados, Lomeríos, y Planicie Aluvial. En la Tabla II.3 se hace un resumen de sus características y localización.

UNIDAD	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	RELIEVE	DRENAJE	LITOLÓGIA	LOCALIZACIÓN
Sierras Plegadas	Zuloaga, La Casita, Taraises, Cupido, Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura.	Alto, Elevaciones de 600 a 2800 msnm.	Paralelo a subparalelo, corrientes de 3º, 4º y 5º orden, controlado por fracturamiento.	Calizas, lutitas y areniscas.	Sierras La Silla, Las Mitras, El Fraile, San Miguel, Santa Catarina, El Caballo, El Cedral, y Cerro El Topo.
Cerros Aislados	San Felipe/Parras, Méndez/ Difunta	Medio, Elevaciones de 600 a 700 msnm	Paralelo a subparalelo, corrientes de 2º y 3º orden controlado por fracturamiento y pendiente	Lutita y calizas arcillosas	Lomas Agua dulce, Larga, La Cruz y algunos otros cerros sin nombre
Lomeríos	Depósitos de abanico aluvial, F. Reynosa, San Felipe/Parras, Méndez/ Difunta	Bajo, Elevaciones de 350 a 900 msnm	Paralelo a subparalelo, corrientes de 2º y 3º orden controlado por litología y pendiente	Depósitos aluviales, conglomerado y lutitas	Todos los valles ubicados entre las sierras y sus estribaciones
Planicie Aluvial	Sedimentos aluviales, fluviales	Plano, elevaciones de 350 a 750	Paralelo a subparalelo, corrientes de 1º	Aluvión (grava, arena y	Cauce y márgenes de los ríos y la planicie

		msnm	y 2° orden controlado por litología y pendiente	arcilla)	
--	--	------	--	----------	--

TABLA II.3.- Unidades Geomorfológicas

4 GEOLOGÍA

En el área que nos ocupa las rocas descritas van del Jurásico Superior al Reciente, teniendo mayor importancia para los objetivos del trabajo, las del Cretácico Superior, Terciario y Cuaternario.

4.1 Estratigrafía

Formación Indidura

Definición y Localidad Tipo.- La Formación Indidura fue estudiada primero por Bose (1906) en la Sierra de Parras. Posteriormente fue definida y estudiada por Kelly (1936) dándole ese nombre a una secuencia de 30 m de lutitas y calizas resquebrajadas y calizas lajeadas.

Su localidad tipo se encuentra en la localidad de Delicias, Coahuila en el flanco oriental del Cerro de la Indidura, aproximadamente a 8 km al norte del Tanque Toribio

Hasta hace algunos años se conservaba el nombre de Formación Indidura para las rocas que afloran en la porción centro y norte del estado de Nuevo León (Kelly, 1936), pero en los últimos años se ha decidido reemplazarlo por el de Agua Nueva (Stephenson, 1921 y Muir, 1936), que fue aplicado a las rocas Turonianas del sur de Nuevo León y oeste de Tamaulipas.

Distribución.- Tiene una extensión geográfica considerable en la Sierra Madre Oriental, tanto al norte como al sur de Galeana, Nuevo León, así como en los cortes de la Sierra de Mamulique. En la zona de estudio se presenta en la Sierra de Las Mitras, en la Sierra del Topo en la Sierra de La Huasteca, Sierra El Fraile y en el Cerro de La Silla.

Litología y Espesor.- Consiste de calizas laminares de color gris oscuro a negro y lutitas carbonosas a veces muy bituminosas, con algunos horizontes de calizas y lutitas arenosas. Es común que en la base de esta formación se presenten unas capas de bentonita de color verde que sirve como horizonte índice para marcar el contacto inferior de esta formación.

Debido a su delezabilidad, la Formación Indidura-Agua Nueva tiende a formar puertos y valles de erosión sobre los sinclinales.

El espesor de esta formación tiene una variación de 30 m en su localidad tipo hasta 764 al occidente de Parras; en la Sierra de La Silla tiene un espesor de 131 m. En el área de estudio se le detectó un espesor máximo de 410 m en el Pozo Monterrey 2 y un mínimo de 35 m en el Pozo Monterrey 10.

Relaciones Estratigráficas.- En la Sierra Madre Oriental descansa sobre la Formación Cuesta del Cura con un contacto transicional y concordante y subyace también en concordancia por la Formación San Felipe o Parras.

Edad y Correlación.- Por su contenido fosilífero que incluye *Inoceramus Labiatus Schotch e Inoceramus Hercynicus Petrascheck*, así como por su posición estratigráfica le corresponde una edad del Cretácico Superior, que va del Cenomaniano Superior al Coniaciano Inferior.

Se correlaciona con el Grupo Eagle Ford del norte de Coahuila y con la Formación Soyatal del Altiplano Mexicano.

Ambientes de Depósito.- Las rocas de esta formación se depositaron en mares neríticos tranquilos, pero con oscilaciones eventuales.

Formación Parras-San Felipe

Definición y Localidad Tipo.- Imlay (1936) aplicó el nombre de Lutita Parras a una masa potente de lutitas negras comprendida entre la Formación Indidura que le subyace y la Formación Difunta que le sobreyace en la cuenca de Parras, y Méndez: que le sobreyace en la zona oriente de Monterrey y en la Cuenca de Tampico Misantla.

Su localidad tipo está situada en las Lomas de San Pablo a 6.4 km al noreste de la ciudad de Parras, Coahuila.

Algunos autores en esta parte del país y hacia la Cuenca de Tampico-Misantla, se refieren a ella como Formación San Felipe, lo mismo sucede con la interpretación de los cortes litológicos de los pozos del área. En este informe así nos referiremos a ella.

Distribución.- Esta unidad aflora en la Sierra de Parras, en el Cerro del Pilar al norte de la Estación Marte, en la porción norte de la Sierra de Torreón y en Monterrey coronando los flancos de las Sierra de La Huasteca, de Las Mitras, El Topo y la Sierra del Fraile, y se extiende hacia el suroeste y oeste rumbo a Saltillo, Coahuila.

Cabe mencionar que en el área cercana al Cerro del Topo, los pozos someros PED 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, probablemente se encuentran en esta unidad.

Litología y Espesor.- Su litología consiste de lutitas carbonosas negras, fisiles, nodulares y a veces calcáreas, que intemperizan en un color amarillento.

Su espesor según Tardy es de 600 m. Los espesores detectados por los pozos profundos perforados en el área son: máximo 290 m en el Topo Chico¹⁰ y mínimo 20 en el Topo Chico 9.

Relaciones Estratigráficas.- Su contacto inferior con la Formación Indidura-Agua Nueva es concordante y transicional, así como su contacto superior con la Formación Méndez.

Edad y Correlación.- Su edad Cretácico Superior la marca una abundante fauna de moluscos, principalmente del Coniaciano y algunas veces del Santoniano, así como por su posición estratigráfica.

Es correlacionable con las Formaciones Austin al sur de Estados Unidos y Difunta en la Cuenca de Parras.

Ambiente de Depósito.- El ambiente de depósito debió ser nerítico con algunas zonas semicerradas de bajas profundidades y con abundante aportación de clásticos finos calcáreos.

Formación Méndez

Definición y Localidad Tipo.- Fue designada originalmente por Dumble (1911) como “Lutitas Papagayos”, posteriormente Jeffreys las llamó “Lutitas Méndez” y finalmente Formación Méndez.

Su localidad Tipo se encuentra en la estación de ferrocarril Méndez al oriente de Ciudad Valles, San Luis Potosí, muy próxima a la Formación San Felipe.

Distribución.- Está ampliamente distribuida en el frente de la Sierra Madre Oriental desde Monterrey hasta Cd. Victoria, Cd. Valles, Tamazunchale y aún en la región de Córdoba Veracruz. En la zona de estudio aflora en Loma Larga, Chipinque y en toda la porción este-noreste.

En la zona norte de Coahuila y Nuevo León, aparece en casi todo el subsuelo. En nuestra zona probablemente se encuentre en la mayoría de los pozos someros de hasta 100 m de profundidad perforados al centro-oriente del valle de Monterrey, sin llegar a detectar su espesor total.

Litología y Espesor.- Está constituida esencialmente por margas de coloraciones gris, gris azulado y gris verdoso interestratificadas en capas de distinto espesor, desde unos centímetros hasta 1 o más metros, con lutitas calcáreas, que por lo general son del mismo color que las margas. Ocasionalmente pueden verse capas de areniscas especialmente en la parte superior de la formación.

Las rocas de esta formación presentan fractura concoidal al intemperizarse, característica muy peculiar.

Su espesor es muy variable presentando los máximos entre Linares, Ciudad Victoria y Ciudad Mante, donde se han medido más de 1900 m. En la Sierra de La Silla se presentan 300 m de calizas, margas y lutitas de esta formación.

Relaciones Estratigráficas.- Generalmente se encuentra descansando sobre la Formación San Felipe en un contacto concordante y transicional. El contacto Cretácico-Terciario

aparentemente es normal aunque a veces aparece discordante debido al conglomerado de la fase del Chicontepec.

Edad y Correlación.- Se sitúa en la cima del Cretácico, su edad es Campaniano-Maestrichtiano (Tovar, 1964), aunque Imlay (1944), indica que cerca de Linares, en la parte inferior de la Formación Méndez, se encontraron margas y capas delgadas de calizas con el fósil *Inoceramus Bálticus Bohm*, que bajaría su rango estratigráfico hasta el Santoniano.

Es correlacionable con la Formación Difunta que son sedimentos más arcillosos y con la Formación Olmos que es su equivalente palustre de la parte superior de la Formación Méndez.

Ambiente de Depósito.- Por las características que presenta esta formación se infiere que son depósitos sedimentarios originados en un ambiente nerítico, en el que junto a los sedimentos endógenos calcáreos que se estaban depositando, había una gran aportación de materiales arcillosos terrígenos.

SISTEMA TERCIARIO

Terciario Sedimentario

Formación Reynosa

Está constituida por sedimentos conglomeráticos continentales como gravas, arcillas y arenas con trazas de material yesífero, que probablemente fueron depositados por ríos y arroyos caudalosos, en forma de grandes abanicos aluviales sobre la superficie del Mioceno y ocasionalmente se observan depósitos de caliche.

Aparece ampliamente distribuida en el área cubriendo en forma discordante a los sedimentos cretácicos, y a su vez, está cubierto en las partes topográficamente más bajas por aluviales, fluviales, de llanura de inundación y suelos residuales.

El espesor de esta unidad no es muy potente, varía de 3 m (Pozos Ped-8 y N-62), a 25 m (Pozo Ped-10 y 11).

Por su posición estratigráfica a estos sedimentos se les ha asignado una edad del Terciario Superior ubicándolos en el Plioceno.

SISTEMA CUATERNARIO

Brecha Sedimentaria (Depósitos de Pie de Monte)

La Brecha sedimentaria o depósitos de pie de monte, están constituidos principalmente, por detritos de caliza angulosos y mal clasificados, con granulometría desde grandes bloques hasta del tamaño de las arenas, depositados por colapso con escaso o nulo transporte y generalmente

se encuentran cubriendo parcialmente a las rocas arcillosas del Cretácico Superior, ya que su origen son las rocas duras (calizas) del Cretácico Inferior y Superior que forman las partes más elevadas y de mayor pendiente en las sierras, su espesor se desconoce, pero seguramente es de unos cuantos metros.

La distribución de estos afloramientos se encuentra principalmente en la Sierra de La Huasteca y en menor proporción en la Sierra El Fraile.

Sedimentos Aluviales

Los sedimentos aluviales están constituidos por tres unidades: sedimentos fluviales, de llanuras de inundación y suelos residuales que cubren las partes topográficamente más bajas del valle.

Los sedimentos fluviales están principalmente constituidos por gravas y arenas depositados a lo largo de las corrientes principales, Río Santa Catarina, Topochico, Pesquería y Salinas, donde llegan a tener hasta 53 m de espesor en pozos cercanos al cauce del Río Santa Catarina, y ocasionalmente mayor a 100 m detectado por geofísica.

Los depósitos de llanura de inundación están constituidos por sedimentos arcillo-arenosos, que se encuentran ampliamente distribuidos en la zona de Monterrey, cubriendo al conglomerado y a los sedimentos fluviales con espesores muy variables, pero generalmente muy delgados, aunque pueden llegar a tener espesores hasta 10 m (Pozos N-2 y N-23).

Los suelos residuales están constituidos por arcillas de color café y negro producto de la alteración de las lutitas del Cretácico Superior. Se presentan en pequeños espesores que varían de 1 m, a 5 m Pozos SN-6, SN7 y PED-5.

Debido a la poca importancia desde el punto de vista hidrogeológico, y a que en los cortes litológicos no se hace una diferenciación detallada de los sedimentos de llanura de inundación y suelos residuales; en las secciones litológicas no se les diferenció, clasificándoseles únicamente como arcillas.

4.2 Geología estructural

Durante la Orogenia Laramide, las rocas Mesozoicas en el noreste de México, fueron deformadas, de acuerdo con la posición de sus áreas de depósito respecto a los elementos de la paleogeografía y Paleotectónica ya existentes desde el Jurásico Superior. Estas estructuras han determinado las características y extensión de las actuales Provincias Geomorfológicas

El acuífero Area Metropolitana limita al sur con el frente de la sierra Madre Oriental y presenta afloramientos de algunas estructuras anticlinales como Las Mitras, Topo Chico y La Silla.

4.3 Geología del subsuelo

En el subsuelo de la región de Monterrey podemos encontrar una geología muy variada que abarca en el tiempo geológico del Cretácico Medio al Cuaternario, constituida de rocas sedimentarias marinas cretácicas, sedimentarias continentales terciarias y cuaternarias.

En la mayor parte del subsuelo de la zona de estudio, el basamento lo constituyen rocas del Cretácico Superior representadas por lutitas y/o calizas arcillosas, encontrándose calizas del Cretácico medio directamente bajo los sedimentos continentales sólo en los pozos que se localizan muy cerca de algunas sierras, como el Pozo Monterrey 11 donde sólo se perforó 1 m de aluvión para entrar directamente en las calizas de la Formación Aurora.

Las lutitas y/o calizas arcillosas que se encuentran en la mayor parte del subsuelo de la zona de estudio corresponden, generalmente, a la lutitas de la Formación Méndez/Difunta o Formación Parras/San Felipe, como lo indican la gran mayoría de los cortes disponibles, aunque algunos cortes litológicos indican que también han perforado sedimentos de la Formación Indidura/Agua Nueva (Pozo Monterrey 1 y MET-1).

Los sedimentos continentales del subsuelo están constituidos en la mayor parte del área por sedimentos conglomeráticos, poco cementados con una matriz arcillo-arenosa con espesores que varían de 1 a 30 m, siendo los espesores más comunes los que varían entre 5 y 15 m.

Los sedimentos continentales cuaternarios del subsuelo tienen espesores muy variados, generalmente de poco espesor, pero los más importantes, son los sedimentos fluviales que llegan a tener espesores superiores a los 100 m en el cauce del Río Santa Catarina, como lo muestra la interpretación de los sondeos eléctricos verticales (SEV) 9 y 10 (CNA, 1997), aunque su distribución espacial se limita a los cauces de los principales ríos que cruzan la zona de estudio.

Sobre el Arroyo Topo Chico, se ubicaron algunos SEV's, donde se puede observar que el cauce del río no presenta una continuidad en su profundidad, ya que en algunas partes podemos ver las lutitas aflorando sobre su lecho, detectándose solo algunas zonas con profundidades hasta de 35 m, como se observa en los SEV's MTY40, MTY41, MTY42 y MTY47 del perfil P06, y profundidades de 25 m en los SEV's MTY50, MTY58 y MTY59 del perfil P08, que definen perfectamente el paleocanal del río.

En el resto de los SEV's corridos tanto en la zona aledaña al Río Topochico, como en los corridos en las cercanías Río Santa Catarina (CNA, 1997), podemos observar que los espesores del conglomerado varían de 10 a 15 m en los SEV's MTY19 al MTY25 del perfil P02, mientras que en la zona norte los espesores del conglomerado parecen disminuir, ya que los afloramientos de lutitas son más abundantes y los SEV's MTY53, MTY57 y MTY60 parecen detectar espesores máximos de 5 m, ya que a mayor profundidad los valores de resistividad parecen corresponder a lutitas alteradas y/o fracturadas.

5.- HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

El sistema acuífero de Monterrey es un sistema relativamente sencillo donde intervienen varias unidades hidrogeológicas de diferentes ambientes de depósito que interactúan, para conformar bajo el esquema actual de explotación, una sola unidad hidrogeológica que funciona como un acuífero libre, donde el agua subterránea ha regresado a sus niveles originales, debido a

recarga inducida a través de fugas del sistema de agua potable, lo que ha provocado la recuperación del nivel freático a pesar de que ha sido explotado por muchos años.

En toda la zona el sistema está constituido por un acuífero contenido en lutitas alteradas, conglomerados y sedimentos aluviales, que funciona como libre; y que tiene como base lutitas sana.

El sistema de flujo de las aguas subterráneas, es en general, de poniente a oriente, donde se observa que las corrientes controlan el flujo aportando o recibiendo agua del acuífero. Al poniente del poblado de Santa Catarina el río aporta agua al acuífero y a partir del Parque Fundidora hasta su salida en el extremo suroriente de la zona de estudio, funciona como un dren del acuífero.

A lo largo del Río Topo Chico se observa que éste, aporta agua al acuífero, desde que entra a la zona de estudio al suroeste del Cerro Topo Chico hasta poco antes de llegar a Apodaca, donde se convierte en dren del acuífero. Al parecer, de acuerdo a la poca información disponible, a lo largo del Río Pesquería existe un comportamiento similar.

El comportamiento de los ríos tiene que ver con cambios de permeabilidad y probablemente con cambios en los espesores de los sedimentos fluviales y de los espesores fracturados de las lutitas.

El cambio de comportamiento del Río Santa Catarina, se observa cerca del Parque Fundidora donde existe una noria que produce 190 lps y el espesor saturado es del orden de 100 m (CNA, 1997).

Por otra parte, la presencia de manantiales en la zona baja del nororiente, se debe a la elevación del nivel estático, por cambios en la permeabilidad del conglomerado y de las lutitas que conforman al acuífero en esa zona.

5.2.- Parámetros Hidráulicos

Como podemos observar, mayor número de parámetros estimados mediante este modelo, tales como los valores de la conductividad hidráulica para cada uno de los acuíferos, además sus respectivos parámetros de almacenamiento. Los valores obtenidos para conductividad hidráulica en el acuífero superior definido por el aluvión oscilan entre 10^1 a 10^3 m/d, su anisotropía se maneja con la conductividad hidráulica horizontal un orden de magnitud mayor a la vertical, lo cual fue satisfactorio. Por su parte el rendimiento específico va de 0.05 a 0.26, y lo que respecta al coeficiente de almacenamiento 10^{-7} a 4.85×10^{-6} m^{-1} . En el caso de acuífero profundo conformado por la lutitas alteradas, se definió la conductividad hidráulica horizontal igual a la vertical, lo que resulto ser adecuado y satisfactorio por la naturaleza del medio geológico. Los valores presentados por la conductividad hidráulica son de 0.01 a 1.0 m/d y el coeficiente de almacenamiento de 10^{-8} a 10^{-6} m^{-1} .

La incertidumbre en la estimación final de cada uno parámetros se evaluó mediante el análisis de sensibilidad. Donde resulto que el valor de conductividad hidráulica horizontal y los

coeficientes de almacenamiento en especial el rendimiento específico correspondiente al acuífero superior presentan la más alta sensibilidad. La conductividad hidráulica vertical del acuífero superior en comparación a la del acuífero profundo fue menos sensible.

Pozo	Prof. Total (m)	Duración (día)	N.E. (m)	N.D. (m)	Caudal (m ³ /día)	A. Superior				A. Profundo		
						Kh	Kv	S	Sy	Kh	Kv	S
8	30.00	0.125	9.43	20.60	1112.83	25	2.5	10 ⁻⁷	0.1	0.01	0.01	10 ⁻⁸
77	40.00	0.333	2.81	5.26	1307.23	85	8.5	1.5x10 ⁻⁷	0.1	0.20	0.20	10 ⁻⁶
234	50.00	0.083	5.65	12.17	1607.00	33	3.3	10 ⁻⁶	0.06	0.90	0.90	10 ⁻⁸
299	68.00	0.104	15.63	27.93	518.40	5	0.5	10 ⁻⁶	0.1	0.90	0.90	5x10 ⁻⁷
563	55.00	0.167	9.68	10.65	2462.40	2900	290	4.85x10 ⁻⁶	0.26	1.0	1.0	10 ⁻⁶
744	47.85	0.104	8.59	10.88	521.90	30	3.0	10 ⁻⁶	0.05	0.90	0.90	9x10 ⁻⁷

Tabla IV.4. Resultados derivados con el modelo de dos capas de flujo radial y filtración.

5.3.- Piezometría

De la información recopilada al respecto, solo se encontraron datos de profundidad al nivel estático en los años de 1972, 1983 y 1997, en los tres años esto resultó insuficiente, pues solo se pudo hacer la configuración de las curvas de igual profundidad y de igual elevación del nivel estático dentro de un área pequeña que abarca al norte del río Pesquería, al sur pasando apenas el río Santa Catarina, al oriente hasta el poblado de Apodaca, al poniente está el cerro El Topo y el cerro las Mitras.

Para cubrir el resto del área de estudio, donde se consideró que había celdas activas, las curvas antes mencionadas se infirieron prolongándolas basándose en la tendencia observada tanto en dirección de flujo como en el gradiente.

Según la configuración de las curvas de igual elevación del N.E. de marzo de 1997, se aprecia que la dirección del flujo de agua es de suroeste a noreste.

Los gradientes mayores se aprecian en la zona sur principalmente sobre el Río Santa Catarina.

En la zona norte desde el Río Topochico hasta el Río pesquería, pasando por la población de Apodaca los gradientes son más suaves.

En la parte sur sobre el Río Santa Catarina se aprecia que a partir de la altura de la avenida Churubusco existe una aportación de agua del acuífero al Río, evidenciándose esto por el brote de agua en esta zona.

En general los niveles estáticos son poco profundos, sin embargo se aprecia una zona de manantiales donde la profundidad varía de 0 m. A 5 m en la parte norte entre la población de Apodaca y el Río Pesquería, en esta zona se juntan el flujo natural del agua en el acuífero y la recarga que está aportando el río Pesquería al conducir la descarga de la planta de tratamiento

de las aguas residuales de la ciudad de Monterrey. (Plano Curvas Igual Profundidad al Nivel Estático de 1997)

En la configuración de las curvas de igual elevación del nivel estático tanto de 1972 y 1997 se aprecia una similitud de forma y de ubicación. (Planos Curvas Igual Elev.72 y Elev. 97)

En el área de estudio no se detectaron pozos brotantes, únicamente existe una serie de manantiales en una zona donde la profundidad de los niveles estáticos es muy somera ubicada en la parte norte entre la población de Apodaca y el Río Pesquería.

5.4 Comportamiento Hidráulico

El Sistema acuífero del valle esta formado por un acuífero superficial de tipo libre alojado en un material granular con porosidad y permeabilidad primaria, con un espesor no mayor de 30 m. él limite inferior del acuífero esta dado por una horizonte arcilloso de distribución variable; que alcanza hasta 100 m de espesor en la parte central del valle, disminuyendo gradualmente hacia la porción norponiente y sur del valle.

Específicamente en el área de la Zona Metropolitana, es probable que existan pequeños acuíferos colgados o aislados, dentro del acuífero. Estas zonas permeables se deben a la sedimentación de materiales granulares que muestran una gran heterogeneidad tanto, vertical como horizontal; esto como resultado de la sedimentación de tipo fluvio - lacustre. Este tipo de sedimentación, era controlado por los diferentes arroyos que descendían de las sierras hacia el valle y que dieron origen a diferentes paleocauces con granulometría diferente que se refleja directamente, en su permeabilidad.

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.

Los promedios de Conductividad Eléctrica en m mhos, que se registraron por municipio son:

MUNICIPIO	Conductividad m mhos	MUNICIPIO	Conductividad m mhos
APODACA	2510.36	JUÁREZ	1326.20
ESCOBEDO	3930.00	MONTERREY	934.17
GARZA GARCIA	869.88	SAN NICOLAS	1644.86
GUADALUPE	1297.17	SANTA CATARINA	1091.49

Tabla IV.7 Conductividad Eléctrica.

Los promedios de Alcalinidad Total en mg de CaCO₃, que se registraron por municipio son:

MUNICIPIO	Alcalinidad en mg de CaCO₃	MUNICIPIO	Alcalinidad en mg de CaCO₃
APODACA	339.00	JUÁREZ	307.20
ESCOBEDO	300.00	MONTERREY	303.06
GARZA GARCIA	312.18	SAN NICOLAS	291.00
GUADALUPE	297.45	SANTA CATARINA	267.17

Tabla IV.8 Alcalinidad Total.

El valor máximo permisible según la norma de calidad del agua potable es de 400 mg de CaCO₃

Los promedios de Potencial Hidrógeno, que se registraron por municipio son:

MUNICIPIO	p H	MUNICIPIO	p H
APODACA	6.93	JUÁREZ	6.84
ESCOBEDO	6.86	MONTERREY	6.92
GARZA GARCIA	7.40	SAN NICOLAS	6.73
GUADALUPE	6.86	SANTA CATARINA	6.76

Tabla IV.9 Potencial de Hidrogeno.

El valor deseable de pH según la norma de calidad del agua potable es de 6.5 a 9.2

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.

El número de aprovechamientos censados es de 1667 pozos, de los cuales 465 corresponden a un número de expediente registrados en la Comisión Nacional Agua.

Del total de 1148 pozos, es decir que el 69.4% están activos y 519 el 30.6% están inactivos.

El 84.8% corresponde a propiedad de los Particulares y solo el 12.7% corresponde a Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM), con el 40.7% encontrándose ubicado dentro del municipio de Monterrey.

Con respecto al equipamiento el 71.% están equipados, el 48.9% tiene una profundidad de 50 a 100 m, y el 15.6% tiene ademe liso de 8” de diámetro; el 72.1% tiene motor tipo eléctrico, el 36.9% usa una potencia del motor de 0 a 5 HP, el 179.5% usa bomba de tipo sumergible.

La red de abastecimiento de agua Potable de servicio publico representa el 12.5% del total de 1667 pozos censados, la red local particular representa el 17.7% y se tienen con información el 83.1 %.

El 56.9 % contiene información de nivel estático, en su clasificación de tipos de uso encontramos lo siguiente: que el 29.0% son de uso doméstico y el 22.3% son de uso industrial.

El gasto de extracción en litros es de 5 a 10 lps teniendo el 33.5% de todos los pozos, el 73.9% de 221 pozos censados tiene de 20 a 25° C de temperatura del agua, de 273 pozos medidos el 57.9% tiene un pH de 6.5 a 7 del agua, de 271 pozos medidos 44.6% tiene de 500 a 1500 de conductividad eléctrica, de 273 pozos medidos el 39.6% tiene de 250 a 300 de alcalinidad total.

7.- BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

“INTEGRACIÓN DEL INVENTARIO DE CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA Y ACTIVIDADES DE CARÁCTER GEOHIDROLÓGICO DE LA ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY, N.L.”

CONTRATO No. GAS-001-97

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO DE LA ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY

(Millones de metros cúbicos anuales)

ENTRADAS

POR FLUJO HORIZONTAL	17.4
POR PRECIPITACIÓN	13.7
POR FUGAS DE RED Y DRENAJE	37.1

SUMA.- 68.2

SALIDAS

POR FLUJO HORIZONTAL	11.0
MANANTIALES	9.5
BOMBEO	37.7
EVAPOTRANSPIRACIÓN (80%)	10.0

SUMA.- 68.2

CAMBIO DE ALMACENAMIENTO

D(S) **0**

8.- DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea, se aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y 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:

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

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 Area Metropolitana es de 68.2 millones de metros cúbicos por año (Mm³/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 las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero Area Metropolitana la descarga natural comprometida es de 24.5 millones de metros cúbicos por año (Mm³/año).

8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

En el acuífero Area Metropolitana el volumen anual concesionado, 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, al 30 de abril de 2002 es de 75,290,821 m³/año.

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la norma referida, 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:

$$-31,590,821 = 68,200,000 - 24,500,000 - 75,290,821$$

La cifra **-31,590,821** indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Area Metropolitana en el Estado de Nuevo León

9.- BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Estudio de simulación hidrodinámica de los acuíferos de Cuauhtémoc, Chihuahua y Zona Metropolitana de Monterrey, Nuevo León. Contrato no. Gas-001-pro98. 1998. Consultores en Agua Subterránea, S.A.

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 Area Metropolitana de Monterrey 1990.

Integración del Inventario de Captaciones de Agua Subterránea y Actividades de Carácter geohidrológico en el acuífero de la zona metropolitana de Monterrey, Nuevo León. 1997, contrato GAS-001-97. Hidrosistemas Universales, S.A. de C.V.