

Capítulo 1

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

I.1 INTRODUCCION

El diagnóstico, dentro del ámbito médico, en términos generales, se define como un conjunto de medios de identificación de procesos patológicos de toda índole, a partir de la valoración de los **SINTOMAS** y de los **SIGNOS** presentados por el paciente. Es conveniente realizar una diferenciación entre síntomas y signos.

Los síntomas son todos aquellos cambios funcionales del organismo que son percibidos por el propio enfermo.

Los signos son las alteraciones que tienen lugar en un organismo y que, aunque en algunos casos pueden ser referidos por el paciente, son detectados experimentalmente por el médico.

De acuerdo con esta diferenciación de significados, e insertándola en el campo ambiental, la presente investigación se abocará a un análisis de todas aquellas alteraciones que, producto de las actividades de la extracción y la trituración de la piedra caliza en la zona de la Sierra de San Miguel, en los municipios de Escobedo y García, N.L., afectan la calidad ambiental en dicha región y, aparentemente, a cierta parte de la comunidad del área metropolitana de Monterrey.

Todavía a principios de la década de los 80's, las explotaciones más grandes de caliza de Nuevo León se encontraban localizadas en la sierra de las Mitras, en el cerro del Topo Chico, en el cañón de la Huasteca y en el área cercana a la Grutas de García.

La situación, tanto ambiental como de salud comunitaria, se vió afectada gravemente ante el crecimiento desmesurado del área metropolitana de Monterrey, hacia el área de explotación de caliza en las faldas del cerro del Topo y la sierra Mitras. La operación de las instalaciones de estas empresas -que quedaron inmersas dentro de la ciudad- representó, en aquel tiempo, graves problemas hacia la salud y seguridad de la población en general, principalmente para las zonas habitacionales aledañas a las mismas.

Ante esta situación, el Gobierno del Estado de aquel entonces, determinó la desocupación de la falda sureste de la sierra de las Mitras y del cerro del Topo Chico, tanto de las instalaciones de las empresas que explotaban y procesaban piedra, así como de sus molinos trituradores del material. Su reubicación se promovió hacia el extremo noroeste del cerro de las Mitras, en Santa Catarina y García, y hacia la sierra San Miguel, en el municipio de Escobedo, fuera de la zona urbana.

Asimismo, el Gobierno del Estado gestionó y apoyó la obtención de créditos en beneficio de las empresas dedicadas a esta actividad, evitando así todo obstáculo a su reubicación en las nuevas zonas asignadas por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Planificación. También, en aquel tiempo se gestionaron las declaraciones de beneficio fiscal ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, y se construyó la infraestructura general de energía eléctrica, de agua y de pavimento de acceso a la nueva zona de ocupación de las pedreras en las Mitras y San Miguel. Todas estas obras fueron concluidas en un plazo de dos años, por lo que el traslado hacia la zona dispuesta fue finalizado a mediados de la década de los 80's.

Hace 13 años, se concluía que el problema que durante más de 50 años había prevalecido y afectado a la comunidad, estaba resuelto. La población se veía libre de la contaminación, el ruido, el polvo y las vibraciones perjudiciales a las que estaba expuesta, porque representaban serios peligros y perjuicios para la salud y seguridad de los habitantes del sector aledaño, densamente poblado.

La zona de las nuevas instalaciones de las pedreras quedó así alejada de las áreas habitacionales, debiendo considerarse restringida en cuanto a permitir asentamientos humanos, a fin de prever y evitar que se repitiesen, con el tiempo, aquellos problemas.

Desafortunadamente, en la actualidad, a finales de la década de los 90's, el área metropolitana de Monterrey sufre de problemas de contaminación ambiental, especialmente de la contaminación atmosférica, debidos a los altos niveles de particulado microscópico que, aparentemente, de acuerdo con informes de la Subsecretaría de

Ecología del Estado, el 70% del total del mismo¹, se origina precisamente en las industrias de la extracción de piedra ubicadas en las sierras de las Mitras y San Miguel.

Más aún, la mancha urbana del área metropolitana de Monterrey (AMM) se sigue extendiendo y, en la actualidad, ésta ya es vecina de las pedreras localizadas en la sierra Mitras, no así en la sierra San Miguel, localizada al noroeste del AMM, en donde sólo un asentamiento irregular, al sureste de la misma, invade la zona de amortiguamiento autorizada para la industria pedrera del lugar.

Se encuentra latente la posibilidad de que la mancha urbana, ante la búsqueda de nuevos espacios para asentamientos humanos, llegue a los linderos del área actual de explotación de caliza en la Sierra de San Miguel, repitiendo la situación del problema de antaño en el cerro del Topo Chico y la falda sureste de la Sierra Mitras, mismo que costó muchísimo solucionar, tanto a los pedreros de la zona como a las autoridades del Estado.

1.2 ANTECEDENTES

El incipiente desarrollo industrial de la ciudad de Monterrey, a finales del siglo pasado, estuvo sustentado, en principio, en el capital logrado mediante la actividad comercial. Existió un gran auge del comercio de algodón en la zona, que explica el porqué la primera industria que se estableció en la región fue la de los textiles, en 1865, en Santa Catarina, N.L.

A finales del siglo pasado se presentó la convergencia de una serie de factores políticos, económicos y administrativos que propiciaron el inicio de la marcha incontenible del desarrollo industrial regiomontano; convirtiendo, en definitiva, el desarrollo comercial en desarrollo industrial, que en lo sucesivo determinaría la fisonomía y el comportamiento de la ciudad.

Entre 1890 y 1907 se construyeron los cimientos de la moderna y progresista industria

¹ Nota publicada en el periódico local "EL NORTE", del martes 3 de octubre de 1995.

neoleonesa, que impulsó grandemente la actividad industrial:

- La "Cervecería Cuauhtémoc", fundada en 1890.
- "Vidrio y Cristales", S.A., en 1898.
- La Compañía "Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey", fundada en 1903.
- La "Fábrica de Cementos Hidalgo", fundada en 1907.

Todas ellas impulsaron la gran industria de Monterrey.

Este desarrollo industrial, que se inició antes que en el resto de la América Latina, impulsó la ampliación del ferrocarril y la construcción de otras obras de infraestructura para el apoyo de la producción industrial.

Salvo algunas interrupciones, provocadas por la Revolución, algunos conflictos laborales y la recesión industrial, la producción industrial continuó creciendo, siendo reforzada esta tendencia por la segunda guerra mundial y la necesidad de sustituir algunas importaciones. Con el transcurso del tiempo, la Fundidora pasó al control del Estado, formando parte del grupo SIDERMEX, y el Grupo HYLSA y la Cervecería Cuauhtémoc promovieron la creación de dos de los grupos más importantes de Monterrey: el ALFA y el VISA. Además de estos dos grandes grupos, se establecieron otros conglomerados industriales como son: el Grupo Santos, con intereses en el sector alimentario, en bienes raíces y en el sector bancario y crediticio; el Grupo Ramírez, con intereses en el sector automotriz y financiero y otros.

Dentro de las actividades industriales regias, al pie de la accidentada topografía del Estado, sobre las sierras del área metropolitana de Monterrey, se localizó una industria dedicada a la extracción, trituración, molienda, cribado y venta de piedra caliza.

La geología económica del estado de Nuevo León descansa principalmente en la explotación de minerales no metálicos y de bancos de roca caliza.

Todavía a principios de la década de los 80's, las explotaciones más grandes de la caliza

de Nuevo León se encontraban localizadas en la Sierra Mitras, en el Cerro del Topo Chico, en el cañón de La Huasteca y en el área cercana a las Grutas de García.

Las calizas se utilizan como piedras de construcción en algunos lugares, pero su aplicación principal es para la fabricación del cemento, de la cal, etc. Estas rocas son sumamente abundantes, y en el estado de Nuevo León, sobre todo, constituyen el material clásico de construcción; ya sea en bloques o como piedra triturada de diversos tamaños, empleada para cimientos, pavimentos, concretos, etc.

Por ser el sector de la construcción beneficiado grandemente por la explotación y beneficio local de la caliza, como materia prima básica en la producción de los materiales requeridos por esta industria, se evocan los antecedentes del uso del concreto, mismos que permiten comprender el porqué del uso tan generalizado de los agregados pétreos, productos básicos de la caliza, tan solicitados no sólo en el área metropolitana de Monterrey y nuestro Estado, sino en todo el país.

1.2.1. La utilización del concreto en México

"El sector de la construcción dentro de las ramas industriales, constituye un elemento básico para el desarrollo económico y social del país, es el sector responsable de suministrar la infraestructura que garantiza el crecimiento industrial y el bienestar de la sociedad y, como tal, requiere del apoyo de otras ramas industriales proveedoras de materias primas, maquinaria y equipo y otros auxiliares, indispensables para la edificación habitacional, industrial y de infraestructura"².

Margarita Nolasco, en su exposición denominada "*Necesidades y Recursos de una Sociedad de Masas*"³, con motivo del Segundo Congreso Nacional del Concreto, celebrado en

² Payne, Gordon A. (1982) "LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN MEXICO". Memoria Segundo Congreso Nacional del Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México, D.F.. pag.17

³ Nolasco, Margarita. (1982). "NECESIDADES Y RECURSOS DE UNA SOCIEDAD DE MASAS". Memoria Segundo Congreso Nacional del Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México, D.F. páginas.44 a 58.

México, D.F. en 1982, menciona que, a principios de nuestro siglo, en el país el concreto realmente se usaba poco. No se importaba cemento y apenas si se producían, para 1910, 50 mil toneladas de este componente importante y básico del concreto. Así, sólo partes bien delimitadas de muy pocos edificios contenían concreto y su mayor uso era en la cimentación de bombas petroleras y otros similares en los campos de explotación, propiedad de compañías petroleras extranjeras.

La Revolución Mexicana cambió el panorama nacional. Grandes cantidades de población se vieron liberadas de su obligada liga con la tierra y comenzaron a emigrar a las ciudades, donde se inició un proceso de industria incipiente, casi artesanal; sin embargo, entre 1910 y 1920, la arquitectura y la construcción siguieron su propio derrotero, y el concreto continuó casi sin usarse. No existe, en esta época, una etapa de gran construcción formal ya que, al parecer, la lucha armada impidió todo.

En la década siguiente, de 1920 a 1930, pasada la Revolución armada, aparecieron ya más construcciones de concreto, y se vio asimismo su utilidad para los sitios públicos de las crecientes ciudades.

Con los años treinta llegó a México la era del concreto. Por un lado, la construcción pública y los sitios de la sociedad política impusieron su impronta en la construcción y, por otro lado, el sistema agrícola empezó a dar resultados sorprendentes y la producción fue cada día en aumento, lo que amplió el mercado interno para los productos de la ciudad. Así pudo absorberse la crisis de la Gran Depresión (1928-1932), e incluso se aceptó e integró a los miles de ilegales que entonces fueron regresados de Estados Unidos nuevamente a México, sin que se haya sufrido sustancialmente por un aumento en la tasa de desocupación. Tal vez es en esta etapa cuando la industria de la construcción adquirió la especial configuración que la caracteriza casi hasta nuestros días: uso intensivo de mano de obra, poco material y partes prefabricadas que requieren de fuerte inversión de capital. Esta característica, por otro lado, conviene a toda la incipiente industria de aquella época.

La expropiación petrolera de 1938 volvió a cambiar el panorama nacional, y a partir de esta

fecha y coincidiendo con los requerimientos de la economía norteamericana, se comenzaría la conformación del México moderno, según la visión de la Dra. Nolasco.

Por otro lado, de acuerdo con lo expuesto por el Arq. Carlos González Lobo, en su conferencia denominada "*Seis décadas de Arquitectura de Concreto*"⁴, el uso del concreto armado y del cemento se presenta como un sistema integral frente a la desagregada construcción tradicional artesanal; es un sistema de construcción integral, con el que se edificaba en México y, que de alguna manera, se desarrolló como investigación entre 1920 y 1940. Esta sería su etapa original, de acuerdo con González Lobo.

Entonces, mientras el sistema constructivo de piedra, ladrillo, viguería, etc., creaba una estructura no unitaria, que requería de gran control de calidad en la ejecución, y dependía de insumos y artesanos variados para su realización, con la consiguiente ineficacia en el control de los tiempos y costos, el concreto anunciaba otra modalidad de construcción: era un sistema estructural monolítico, reparable, o con la facilidad para adherirle una nueva construcción a posteriori, sin interrumpir la continuidad estructural y que, a costos muy bajos, lograba cubrir grandes claros o absorber los esfuerzos que le planteaba estrictamente resolver el problema. Esos eran los recursos o las apelaciones con las que el material se ofrecía como sistema, desde el primer momento. Asimismo, el concreto se prestaba a ser un material mucho más estable como material de acabados en diversas formas o composiciones.

Sin embargo, a pesar de todas las bondades del concreto, incrementar su desarrollo en México exigió que fuera un sistema integral constructivo, y para esto se necesitaba, primero, que se desarrollara una industria productora fuerte con una distribución extensa y fluida del cemento, el acero, así como del abasto suficiente de los agregados necesarios para su composición. Y esto, de acuerdo con lo expuesto por González Lobo, se desarrolló básicamente entre 1920 y 1934, en que ya la totalidad de las obras del Estado Federal, el principal impulsor de obras en ese momento (en el acceso de Cárdenas al

⁴ González Lobo, Carlos. (1982). "SEIS DECADAS DE ARQUITECTURA DE CONCRETO". Memoria Segundo Congreso Nacional del Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México, D.F. pp. 86 a 105.

poder), se especifican en concreto armado. Para entonces ya hay suficiente cantidad de albañiles que saben encofrar, desencofrar, armar y que empiezan a conocer los rudimentos de las mezclas, etc.

Para el Estado se trataba de la rapidez de ejecución, la durabilidad y el control de la calidad. El interés de las obras municipales o públicas, hospitales, mercados, escuelas y vivienda para obreros por un lado, y por el otro lado, también su admisión en la creciente especulación con la renta del espacio urbano. Aparecerían los edificios de apartamentos, y serían de concreto

A partir de los años cuarenta, menciona la Dra. Nolasco, México experimentó un marcado proceso de urbanización. La población y las ciudades crecieron a velocidades no previstas; así, entre 1940 y 1980, la zona metropolitana de la ciudad de México pasó de 1.8 millones de habitantes a 14.5; el país, en este mismo lapso, creció de 19.6 a casi 69 millones de habitantes; y el área metropolitana de Monterrey, en el mismo periodo de 40 años, que en 1940 contaba con 0.2 millones de habitantes, pasó a casi 2 millones en 1980, es decir, casi 10 veces su tamaño.

Asimismo, el uso del concreto en las ciudades aumentó a la velocidad de la urbanización, e incluso más rápidamente que la población.

En los años cuarenta, comenta Margarita Nolasco, el concreto fue sumamente utilizado en la construcción de las industrias, de las grandes obras públicas para el desarrollo rural, en la explotación petrolera, en las obras hidráulicas para la electricidad, etc., pero todavía no llegaba al grueso de la población civil, es decir, a la casa del trabajador. En esa época, el grueso de la población en México autoconstruía su vivienda utilizando el adobe o el barro en el campo, y agregaba material de desecho en las ciudades. De hecho, sólo en un tercio de las casas se utilizaba concreto en techos, pisos y paredes; el resto, o no lo utilizaba para nada, o lo utilizaba parcialmente, sea en el piso o en las paredes. Así, el concreto había llegado limitadamente a la sociedad civil, aún cuando ya predominaba en la industria y en el cascarón urbano.

Entre 1940 y 1956 se inició y se desarrolló una nueva estructura nacional alrededor de un proceso industrial moderno, que implicó el uso limitado de la mano de obra y una mayor inversión de bienes de capital. La industria de la construcción, próspera ya, encontró en su liga con esta industria aún más prosperidad, por lo que, a diferencia de otros rubros, conservó la estructura interna que había implicado el uso masivo de la mano de obra. Esta época tuvo un crecimiento significativo en que el concreto llegó a todo el ámbito económico, industrial, a la ciudad, auspiciado por la sociedad política. Se dejó de lado, como en todo proceso de desarrollo basado en la industrialización por substitución, a la sociedad civil. Incluso el espacio urbano de ellos, la ciudad perdida de entonces, no se vió invadida, todavía, por el concreto.

Al final de esta etapa, la industria de la construcción, que hasta ese momento había aprovechado la abundancia de mano de obra y la posibilidad real de su uso masivo (sobre todo de la fuerza de trabajo sin calificar y, por ende, muy barata) para substituir bienes de capital, alcanzó sus más altas tasas de ganancia, lo que le permitió generar grandes excedentes de capital con inversiones relativamente bajas. Esta estructura presentó, en esos momentos, lo más exitoso de su ventaja comparativa en relación con los otros rubros industriales; su aprovechamiento, por lo tanto, se consideró adecuado.

En el período de 1957 a 1970 se dió otra etapa en el desarrollo nacional. Se continuó con el proceso de desarrollo, pero hubo desempleo. El Estado rebasó la etapa de sacrificio fiscal para auspiciar la industrialización y comenzó a captar grandes recursos, mismos que destinó, en gran parte, al gasto social. Grava, arena, agua y cemento fueron destinados al concreto de las escuelas, de los hospitales, de las calles, de las grandes plazas y de los edificios públicos gubernamentales. La riqueza y el concreto tendieron a concentrarse, en esa época, en manos de la sociedad política y de los inversionistas, comerciantes y clase media, en general. El grueso de la sociedad civil quedó marginada al acceso de los mismos.

Surgieron los asentamientos de los grupos sociales marginados en las grandes ciudades (Nezahualcóyotl). En ellos, en un principio, no apareció el concreto. Pero a finales de este periodo (1957-70), el concreto penetró en todos lados; sin ser preponderante apareció ya

en todo el espacio urbano, aún en el marginado, y en las obras de urbanización que el gobierno se ve obligado a iniciar, en sus espacios públicos, en sus escuelas, en las clínicas a las que tienen acceso, etc. Tardía, parcial y limitadamente, pero el concreto comenzó a llegar a la sociedad total.

La Dra. Nolasco establece que el periodo de 1970 a 1979, fue una etapa de gran construcción, aunque no de estabilidad, y de crisis políticamente manejada, y acallada a partir de un ostentoso gasto social. Existieron muchos requerimientos en la edificación y, la industria de la construcción fue ya, claramente, obsoleta y tecnológicamente atrasada. Perdió competitividad sobre todo, comparada con la industria básica y pesada ya existente. En este período, fue indispensable la construcción rápida para los integrantes de la sociedad civil -una construcción masiva: viviendas, escuelas, clínicas, etc.

De 1979, en adelante, se inició otra etapa en el desarrollo nacional: el de la opción petrolera; es una etapa que se presenta sumamente conflictiva y cambiante. En esta fase, el Estado se vio ya como el inversionista y el constructor más importante. Es el gran consumidor de concreto en este período; lo utiliza en la infraestructura básica; en el cascarón urbano; en la inversión industrial, productiva y básica; el petróleo; en la vivienda popular, masiva y de sentido social, etc. El concreto se usa en todo, y la construcción en auge reflejó el optimismo nacional.

Pasó el tiempo y vinieron situaciones drásticas. La descapitalización y la inflación galopante llevaron a la crisis, la magnitud de la misma se tradujo en: deuda externa demasiado alta, falta de liquidez, etc. El país estuvo al borde de la quiebra y con problemas de credibilidad nacional en la sociedad civil, misma que veía con resentimiento a la sociedad política. La construcción, en auge, es detenida bruscamente, y hay recesión económica, tanto por la austeridad en el gasto público, como por la mayor salida de capitales. El desempleo se hizo masivo, y la industria de la construcción, que iniciaba ya su camino a la modernización y hacia un mayor uso de bienes de capital e inversión masiva del mismo, se vio en crisis. El concreto se dejó a un lado, momentáneamente.

Sin embargo, como comenta la Dra. Nolasco, el crecimiento de la población continúa, y

ya han nacido las parejas que solicitarán casa en el 2020, lo mismo que el niño que solicitará escuela dentro de 6 años. La demanda continúa, así que es de suponerse que el uso del concreto y del cemento continuará su incremento para satisfacer a toda la sociedad, mientras no se encuentren otros materiales de construcción que superen al cemento en cualidades y posibilidades de uso.

1.2.2 El concreto y la arquitectura

Para Carlos González Lobo, la etapa de 1920 a 1940, relacionada con el uso del concreto en la Arquitectura, fue una fase experimental y expansiva del cemento armado. Asimismo, el Arq. González Lobo resume, en cuatro periodos, desde 1940 hasta nuestros días, el uso extensivo de este material ⁵:

1. Una vez que el sistema de concreto armado a probado su eficacia en la Ingeniería Civil y la Arquitectura, substituyendo en calidad y costo al sistema tradicional y sus formas de composición académica; una vez que el sistema entronca con una tendencia proyectual funcional o moderna, y que se articula a una institucionalización del sistema económico-productivo capitalista en México, y que en el área de la construcción existe ya una opinión pública sobre la aceptación de esa construcción de concreto con los demás atributos; que hay una industria capaz de proveer el producto en la cantidad y en la distribución adecuada a lo largo y ancho del país, por lo menos en los puntos centrales de desarrollo: la Tolteca, la Cruz Azul, Anáhuac; y constructoras como ICA, FYUSA, etc., se encargan de llevar a cabo esto.
2. La siguiente etapa se caracteriza, según González Lobo, por el uso extensivo del material, básicamente en las grandes presas, viaductos, y en los conjuntos urbanos del régimen Alemanista: Ciudad Universitaria, Ciudad Politécnica, y los conjuntos habitacionales Alemán, Juárez, Unidad Modelo, etc., que exhiben concreto visto

⁵ González Lobo, Carlos (1982). "SEIS DECADAS DE ARQUITECTURA DE CONCRETO". Memoria Segundo Congreso Nacional del Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México, D.F. páginas 86 a 105.

combinándolo con la producción industrial de ladrillo, perfiles laminados y vidrio plano (Lazo, Pani, del Moral, entre otros).

3. El siguiente periodo presenta un elemento singular en el proceso de teorización del concreto. El desarrollo del concreto en la construcción en México, permite el avance hacia novedosas utilidades: la Iglesia de la Purísima, en Monterrey, donde Enrique de la Mora realiza un cascarón parabólico con cimbra deslizante, proyecto que obtiene el Premio Nacional de Arquitectura, y donde, por primera vez en una obra de alto nivel espiritual, el concreto es el material público. Con las obras experimentales de Félix Candela y el trabajo de investigación de Fernando López Carmona, se desarrolló una época de paraguas, cubiertas parabólicas y superficies alabeadas que hicieron florecer y enriquecer el paisaje urbano. Este también fue un periodo experimental en el que el concreto dejó de ser solamente un material moralístico y entró a trabajar con su propia forma, geometría y propósito.

4. La cuarta etapa es referida por Carlos González como la de entronización del concreto como material público. Hacia mediados de los cincuenta, el concreto armado no fue ya solamente estructura, sino que a través de la influencia externa de Le Corbusier, de Kenzo Tange, y de la aceptación del concreto por los americanos ya en muchas obras importantes, el concreto apareció en el exterior, ligado al desarrollo de la prefabricación, pretensado y postensado; apareció como el material constitutivo de las obras. Fue la época en que todos los edificios de las ciudades eran grises, trataron de ser prefabricados aunque fuesen monolíticos y hasta en sus entrecalles.

Por otro lado, durante ese mismo tiempo, el concreto se extendió sobre asentamientos humanos marginados, asentamientos pobres a base de ladrillo de concreto y de castillos de estos de la esperanza, que dejan las varillas para la siguiente etapa. La industria del cemento tendrá muy en cuenta la cantidad de cemento que se consume en ese sector, desatendido por el proyectista arquitectónico, pero importante aunque sea por lo numeroso de los usuarios.

I.3 OBJETIVO

Determinar la situación ambiental específica de la Zona de Pedreras de la Sierra de San Miguel del Estado de Nuevo León, misma que agrupa, dentro de su zona de explotación de caliza, ocho importantes pedreras de la región. Proponer alternativas de solución a los problemas ambientales que enfrenta dicha sierra.

1.4 JUSTIFICACION

Toda forma de tecnología y todo lo que hacemos o consumimos parece resultar en contaminación y degradación del ambiente, e implicar algún grado de riesgo para nuestra salud y para la de otras especies. Parece, por tanto, que no hay productos o procesos ambientalmente inocuos, y sí muchos que son muy nocivos para el ambiente y la salud.

La actividad industrial imperante en la falda sur de la Sierra San Miguel, al noroeste del área metropolitana de Monterrey (AMM), es el procesamiento de la piedra caliza para abastecer de material pétreo a la industria de la construcción que prevalece en el AMM, e incluso surtir de dicho producto a otros municipios del Estado y a entidades federativas vecinas, y desafortunadamente, como ya se ha mencionado, las actividades productivas humanas, y sobre todo la relacionada con el aprovechamiento de los recursos naturales producen una degradación ambiental directa en el sitio, que implica el deterioro de los factores ambientales que conforman el ambiente natural de la zona: aire, agua, suelo, clima, fauna, flora, etc., y que, en el caso especial de la Sierra de San Miguel, vecina cercana de la zona metropolitana de Monterrey, la proyección de dicha degradación puede llegar a la población urbana, en la forma de un mayor deterioro de la calidad del aire.

Precisamente, la necesidad de llevar a cabo esta investigación procede del interés de conocer la situación ambiental que impera en la Sierra de San Miguel, en donde actualmente operan alrededor de ocho pedreras; ello mediante una identificación de los impactos adversos, producto de la actividad extractiva en el área de estudio, sobre los factores bióticos y abióticos del sitio.

La gran cantidad de partículas liberadas dentro de cada una de las pedreras, son transportadas por el viento más allá de dicha zona industrial, lo que ha hecho suponer su impacto negativo en el deterioro de calidad del aire que se respira en la zona urbana de Monterrey.

Debido a que la extracción de piedra es constante, se supone que el principal factor que influye en la acumulación del microparticulado es el viento, mismo que, si procede del este, el polvo es sacado de la zona conurbada; sin embargo, si el viento sopla del norte o poniente, la zona urbana puede llegar a sufrir las consecuencias de la presencia de dichos polvos.

Según la Subsecretaría de Ecología del Estado, el 70% del microparticulado presente en el aire de la ciudad⁶ es originado en las industrias de extracción de piedra ubicadas en los cerros al poniente de la ciudad.

Dicho contaminante, conocido técnicamente como partículas menores a 10 micras (PM-10), está constituido por polvos de diferente origen y con diámetros tan pequeños que no pueden ser detenidos por filtros comunes y, por lo tanto, alcanzan fácilmente el tejido pulmonar donde pueden causar diferentes tipos de problemas.

Asimismo, en abril de 1993, el entonces Subsecretario de Salud del Gobierno Estatal, José Cavazos López, informó que Nuevo León presentaba índices de ocurrencia de cáncer en vías respiratorias hasta tres veces mayores a los de entidades localizadas más al sur. Asimismo, agregó, en aquel tiempo, que el sector poniente del AMM encabezaba al resto de la ciudad en casos de males cancerosos, atribuyendo el fenómeno a la fuerte industrialización de la entidad.

Definitivamente que la calidad del aire, del agua y del suelo han sido sustancialmente modificadas debido al crecimiento industrial explosivo en las ciudades de la frontera del norte de México.

⁶ Nota publicada en el periódico local "El Norte", el martes 3 de octubre de 1995.

Tratando de realizar un esfuerzo para combatir la contaminación generada por la industria de la extracción de caliza, se logró el compromiso por parte de los pedreros de instalar equipos anticontaminantes, a realizar detonaciones retardadas, a mejorar sus sistemas de carga y descarga, regar los productos y reforestar sus terrenos. Aunado a esto, el Gobierno del Estado reglamentó una área de amortiguamiento alrededor de las pedreras de 1,500 metros, misma que supone la oposición al establecimiento de fraccionamientos habitacionales en dicha área, pero que, como se asienta en la presente investigación, parece que no se ha llevado a efecto totalmente esta disposición, al menos en lo que a la Sierra de San Miguel se refiere.

Ante esta panorámica, la justificación de la presente investigación está fundamentada en la necesidad de:

- Conocer la realidad de la situación ambiental en la zona de pedreras, localizada en la Sierra de San Miguel, mediante una identificación de los factores mayormente afectados por las actividades extractivas del sitio en los rubros de aire, agua, suelo, clima, fauna, flora, entre otros.
- Determinar si la calidad del aire, tanto en la zona de amortiguamiento de las pedreras, como en la zona urbana de Monterrey, sufren un mayor deterioro por efecto del transporte del material particulado procedente de la zona industrial asentada en San Miguel.
- Tener referencias sobre los efectos perjudiciales de altas concentraciones de material particulado en el aire ambiente, principalmente sobre la salud humana.
- Proponer alternativas de solución en beneficio del medio ambiente y que promuevan un proceso de producción más limpio que se traduzca en una mejor calidad de vida, tanto para el trabajador de la zona pedrera, como de la población vecina del AMM; así como una mejor calidad sanitaria del ambiente.

I.5 HIPOTESIS

Existe un deterioro de la calidad ambiental en la Sierra San Miguel por efecto de las actividades de la industria extractiva de piedra caliza en la zona, de tal tipo y en tal cantidad que impacta negativamente al medio ambiente circundante, y con proyección a las zonas urbanas del norte del área metropolitana de Monterrey, para cuyo remedio se deberán implantar una serie de estrategias, mientras la explotación continúe funcionando. Asimismo, al término de la vida útil de los bancos de explotación en dicha región, se debe promover la puesta en marcha de programas de restauración del lugar en tal forma que reduzcan el impacto ocasionado al mismo.

I.6 METODOLOGIA

Para lograr determinar la situación ambiental que prevalece en la zona de la sierra de San Miguel, específicamente la falda sur de la misma, donde se localiza la zona industrial de extracción y trituración de materiales pétreos para la construcción, obtenidos de la piedra caliza que conforma la mayor parte de la estructura geomorfológica de dicha sierra, se procede a realizar un diagnóstico de dicha zona que permita detectar las alteraciones que afectan la calidad ambiental en el área de estudio, y que puedan estar relacionadas directa o indirectamente con las actividades industriales imperantes de la Sierra de San Miguel.

Un análisis exhaustivo de ciertas características ambientales del sitio permiten suponer la posibilidad de que estén siendo impactadas negativamente debido a las actividades industriales de la zona de las pedreras en la mencionada sierra, conformadas por la extracción de caliza para su posterior trituración, cribado, almacenamiento, transporte, carga y descarga del material pétreo resultante de tal procesamiento.

El estudio exploratorio de las características naturales del área de estudio permitirá avanzar hacia el establecimiento de un diagnóstico ambiental; para ello es indispensable proceder a la descripción de las características naturales de la región, entre ellas la geología, la hidrología, la edafología, la climatología, la fauna y la flora, que nos permitan obtener un

escenario ambiental anterior al establecimiento de la actividad industrial en esa área. Para complementar la información, es necesario también describir el entorno socioeconómico en el que se incide, ya sea positiva o negativamente. La descripción de las condiciones naturales del sitio nos permitirá establecer que tan modificadas han resultado a través del tiempo a causa de la actividad extractiva.

El estudio de la literatura relacionada con este tipo de actividades, así como el análisis de los sistemas de explotación de piedra caliza comunes en la zona y sus métodos de control de emisiones al aire, así como sus descargas al agua y al suelo, nos permiten considerar que dichos factores ambientales son los mayormente afectados, siendo especialmente la calidad del aire, impactada negativamente, no sólo en la zona de estudio, sino más allá de ella, proyectándose hacia la comunidad urbana del AMM. Se hace un mayor énfasis en el análisis de esta variable ambiental debido a que su impacto se proyecta más allá de la zona de estudio, por lo que se procede a presentar los datos correspondientes del monitoreo de Partículas Suspendidas Totales (PST) en la periferia de la zona de amortiguamiento, establecida especialmente para la zona de pedreras de la Sierra de San Miguel, mediciones llevadas a cabo siguiendo el procedimiento establecido dentro de la normatividad ambiental mexicana, y que nos permiten interpretar, aunque de manera preliminar, la calidad del aire que prevalece en dicha zona. Asimismo, los datos recopilados en las diversas estaciones de monitoreo de la calidad del aire, pertenecientes al Gobierno del Estado de Nuevo León, nos ayudan a emitir una interpretación de la situación general de las diversas zonas que conforman el área metropolitana de Monterrey (centro, noreste, noroeste, suroeste y sureste) en lo que se refiere a la calidad del aire y, si realmente éstas han sido impactadas por el transporte de material particulado procedente de las zonas de explotación de las pedreras.

La revisión de la literatura sobre los efectos en la salud, la vegetación y las propiedades por efecto de la presencia de Partículas Suspendidas Totales (PST) iguales o mayores a 30 micras, y por Partículas Menores a 10 micras (PM-10), nos ayuda a vislumbrar los posibles efectos dañinos, sobre todo en la salud de la población, traducidos principalmente en la proliferación de enfermedades respiratorias.

Se considera también la importancia de revisar las características espaciales y funcionales de la Zona de Amortiguamiento propuesta para la Sierra de San Miguel, así como los problemas futuros que ya se vislumbran ante la presencia de asentamientos irregulares dentro de dicha zona, que supone la prohibición de áreas habitacionales en su interior.

La determinación de los factores ambientales susceptibles de ser impactados negativamente es a base del procedimiento efectuado en la elaboración de estudios de impacto ambiental, cuya metodología ha sido específicamente la denominada "Método de Leopold" (de "Matrices"), la que permite una identificación de las relaciones causa-efecto entre las actividades específicas del proceso industrial y los impactos que, a base del estudio de dichas actividades, pudiesen generarse. El capítulo referente a "IMPACTOS AL MEDIO AMBIENTE" define con mayor precisión dicha metodología, misma que permite determinar, de una manera general y cualitativa, como han sido impactados cada uno de los factores ambientales considerados relevantes, permitiéndonos diagnosticar el deterioro que ha sufrido la zona a causa de las actividades extractivas.

Una parte fundamental es, precisamente que, en base a dicha identificación de impactos, se propongan alternativas de solución o estrategias que apoyen la restauración, hasta donde sea posible, de la zona. Las estrategias deberán contemplar actividades posibles de poner en marcha, no sólo al término de la vida útil de los bancos de explotación de caliza, sino a la par de las actividades de extracción de los mismos.

Capítulo 2

ROCAS CALIZAS, GENERALIDADES Y PROCESAMIENTO

2.1 LAS ROCAS CALIZAS: GENERALIDADES

Los materiales pétreos (rocas, gravas y arenas) en la industria de la construcción, se clasifican en naturales y artificiales. Las piedras naturales son las que se extraen directamente de la naturaleza, no precisando para su empleo más que darle la forma adecuada; suelen estar formados por la asociación de minerales y cuerpos de la misma composición química y forma cristalina.

Las piedras de construcción y rocas disgregadas comprenden todos los materiales sólidos (rocas) que, existiendo en la naturaleza, pueden intervenir directamente en la construcción, las primeras como piedras de tamaño regular que permita usarlas como bloques de construcción de edificios, puentes, presas, etc., y las segundas como material para fabricación de concreto o relleno de caminos, ya sea en forma natural (piedra bola, grava y arenas), o como piedras trituradas artificialmente.

2.1.1 Clasificación de las rocas

Según su origen geológico las rocas se dividen en:

- A) Rocas ígneas: formadas por la solidificación de una masa fundida.
- B) Rocas sedimentarias: formadas por la acumulación de sedimentos.
- C) Rocas metamórficas: de la metamorfosis de las anteriores.
- D) Productos de disgregación: componentes de los suelos.

Según el carácter estructural de las grandes masas se dividen en:

- A) Estratificadas: en forma de estratos o capas (rocas sedimentarias).
- B) No estratificadas

Según su composición química se dividen en:

- A) Simples: formadas por un sólo mineral (calizas, etc.)
- B) Compuestas: las formadas por varias.

Según su grado de compacidad se dividen en:

- A) Rocas compactas o aglomeradas
- B) Rocas sueltas o disgregadas

Debido a que el presente trabajo analiza básicamente la actividad de explotación y trituración de caliza en la Sierra de San Miguel, así como sus efectos de esa explotación para el medio, centraremos, primordialmente, la atención sobre la descripción de las rocas sedimentarias, a las cuales pertenece, precisamente, la caliza.

2.1.2 Rocas sedimentarias

Son rocas formadas por la consolidación de sedimentos, o sea, restos de rocas pre-existentes arrancados por los agentes exteriores y depositados en lugares, casi siempre en capas superpuestas llamadas "estratos", consolidados más tarde por la influencia de la presión y la temperatura.

División

Según su origen y composición se clasifican como:

- A) Eólicas: transportadas por el viento.
- B) Detríticas: de residuos diversos o "detritus": areniscas y conglomerados.
- C) Orgánicas: de depósitos orgánicos: calizas, coralígenas, numulíticas y cretas.
- D) Sedimentación química
- E) Carbones

Calizas

Las calizas son rocas estratificadas formadas en su mayor parte por calcita. Se supone que provienen de los depósitos de los residuos del metabolismo de organismos animales del mar o de agua dulce.

Son compactas, poco duras, bastante tenaces; pueden contener cantidades variables de otros compuestos como: óxidos de hierro, carbonato de magnesio, etc.; si éste último se encuentra en proporción más o menos igual a la del carbonato de calcio, las rocas se

conocen con el nombre de "dolomitas". El color y la textura de las calizas es muy variable, pudiendo ser desde blanco grisáceo hasta negro, según las impurezas. Las más comunes son las pardas, las grises y las negras de estructura compacta, ya que son fáciles de trabajar y resistentes.

La creta es una caliza débilmente cementada, generalmente contiene muchas conchas pequeñas. La marga es una mezcla de carbonato de calcio y arcilla. En su composición intervienen cantidades variables de dichos elementos.

La roca dolomítica es similar a la caliza en apariencia, pero es ligeramente más dura y efervesce con ácido solamente sobre una superficie rayada o cuando está pulverizada. Esta roca está constituida principalmente del mineral dolomita, en cuya composición intervienen el magnesio y el calcio. Se atacan fácilmente por el ácido clorhídrico y otros agentes atmosféricos por lo que no son muy durables. Su peso específico es de 2.6, tienen baja absorción (0.3%) y porosidad (0.5%) y gran resistencia a la compresión, 2,500 Kg/cm². A menudo contiene calcita cristalizada. Además de ser una de las piedras importantes de construcción y una fuente de piedra triturada para concretos, la caliza se explota mucho para la fabricación del cemento, como fundente para altos hornos, y para la fabricación de cal viva, cal hidratada y otros productos que se usan a gran escala en la industria química. La caliza constituye más de los dos tercios de todas las piedras que se usan.

La piedra triturada se prepara de gran variedad de rocas en grandes cantidades, especialmente en caliza y se usa como componente del concreto para varios tipos de estructuras. En muchas zonas, la ausencia de agregados naturales como arena y grava depositada en lechos de ríos y zonas aluviales, hacen del uso de la piedra triturada una necesidad.

Por otra parte, los materiales pétreos de la industria de la construcción, según sean las dimensiones de sus ejes, se clasifican, de manera general en:

Clasificación	Tamaño	Unidad
Bloques	> 500	mm
Cantos o guijarros	500 a 100	mm
Gravas	100 a 30	mm
Arenas	5 a 0.2	mm
Polvo y limo	0.2 a 0.002	mm
Arcillas	0.002 a 0.001	mm

Es importante recalcar que la gran mayoría de los materiales usados en la construcción de obras de ingeniería o arquitectura, se obtienen directa, o indirectamente de lo que constituye la superficie de la corteza terrestre. Es sabido que, dependiendo del tipo de roca y del tipo de suelo, cada uno tenga un uso específico determinado como material de construcción, por ejemplo: la arcilla como material impermeable, y las arenas y gravas para filtros y rocas para la capa protectora de presas de tierra.

Además, el amplio uso de las rocas en la construcción urbana y el creciente aprovechamiento del concreto, están íntimamente relacionados con la historia geológica y la naturaleza mineralógica de las rocas utilizadas.

Los tamaños de los materiales pétreos o agregados utilizados en el concreto van, desde unos cuantos milímetros, hasta partículas pequeñísimas de décimas de milímetro en sección transversal. El tamaño máximo que se usa en la realidad varía, pero en cualquier mezcla se incorporan partículas de diversos tamaños. Por otra parte, las gravas se emplean en trabajos de mampostería, balasto en los ferrocarriles y para material de base en las carreteras, al igual que para la fabricación de concretos. Así como los anteriores ejemplos, podríamos mencionar, entre otros, la importancia de la arena en la construcción, no únicamente como relleno o para hacer firmes porosos y permeables, sino también, y en gran escala, como filtrante, y nuevamente como constituyente de morteros y concretos.

2.2 GENERALIDADES SOBRE EL PROCESAMIENTO DE AGREGADOS PETREOS

México cuenta con una extensión aproximada de 2 millones de kilómetros cuadrados y con una orografía tan variada en donde podemos localizar todo tipo de rocas. Estas últimas

conforman la materia prima básica en el procesamiento de los agregados pétreos.

De acuerdo a la geología, las rocas son clasificadas en tres grupos: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Si enfocamos nuestro interés en la materia prima para la elaboración de los agregados pétreos, se establece que la roca proviene de:

- 1) La explotación de un banco (Ver Foto 1)
- 2) La extracción de grava-arena de río o conglomerados (Ver Foto 2)

Ya sean las rocas procedentes de la explotación de un banco o de la extracción de grava-arena de río o conglomerados, es necesario practicarles reducciones sucesivas mediante la aplicación de esfuerzos de máquinas de trituración, quebradoras o molinos.

Los rangos básicos, en las reducciones de tamaño, pueden clasificarse, según Pedro L. Benítez Esparza⁷, en:

- a) Trituración primaria: 4" a 10", a base de quebradoras primarias.
- b) Trituración secundaria: 1" a 3", a base de equipo secundario como son las familias de conos, trituradoras de impacto y de rodillo doble.
- c) Trituración terciaria: 1/4" a 3/4".

Los agregados requeridos en los concretos hidráulicos son los denominados arenas artificiales, obtenidos a través de la molienda y que se denomina etapa cuaternaria.

Dentro de la industria procesadora de materiales para la construcción, es básica la buena localización de los bancos de material susceptibles de aprovechamiento: que cumplan con la calidad requerida en la producción de agregados, y que se encuentren cercanos a las áreas de mercado, para no encarecerlo por acarreos y fletes.

⁷ Benítez Esparza, Pedro L. "TECNOLOGIA ACTUAL PARA LA PRODUCCION DE AGREGADOS PETREOS PARA CONCRETO". Memoria Segundo Congreso Nacional de Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. A.C. México, D.F. págs. 198 a 218.

Capítulo 2
ROCAS CALIZAS, GENERALIDADES Y PROCESAMIENTO

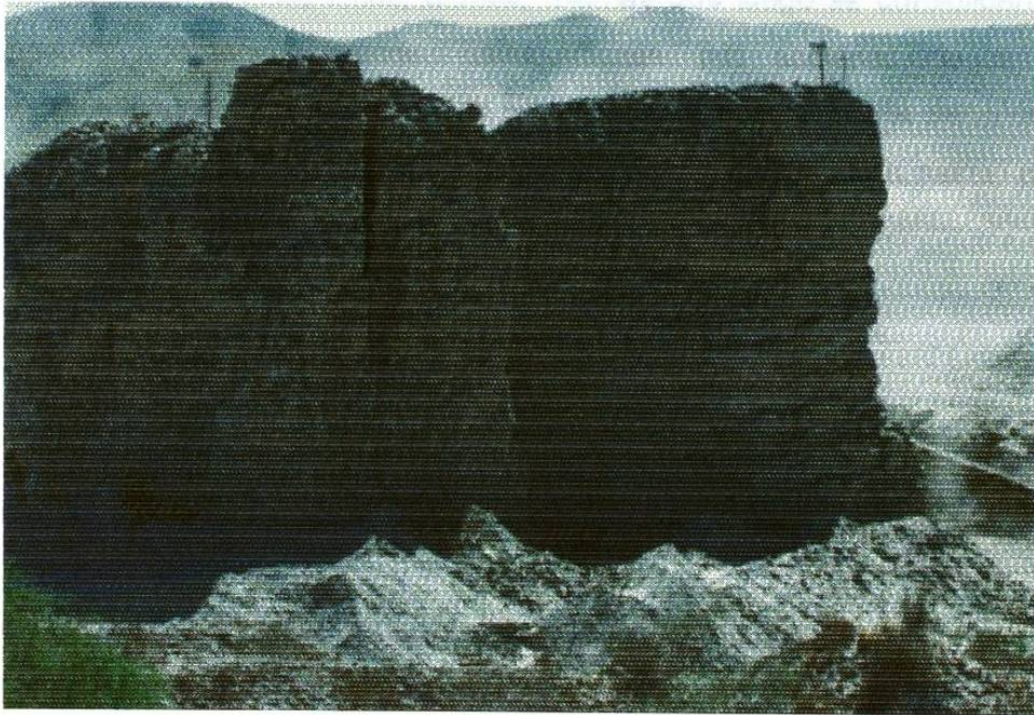


Foto 1. Explotación de un banco



Foto 2. Extracción de grava-arena de río

"Las rocas ígneas", comenta el Ing. Benítez Esparza⁸, "proviene del enfriamiento del magma, mismo que procede del centro de la tierra en forma de granitos y basaltos, y que posteriormente son atacados por agentes naturales que dan lugar primero, a sedimentos sin consolidar como gravas, limos, arenas, mismas que luego se consolidan para dar conglomerados, calizas, areniscas. Estas últimas, por acciones de presiones y temperaturas adecuadas se convierten en rocas metamórficas, como la caliza que nos da el mármol, roca de apariencia y de propiedades muy diferentes a la caliza, pero de la misma composición química, que es el carbonato de calcio."

También las rocas pueden ser clasificadas en dos grandes tipos:

- a) no abrasivas: índice de dureza en la Escala de Moss hasta de 5.5
- b) abrasivas: índice de dureza en la Escala de Moss mayor que 5.5

El bióxido de silicio (cuarzo o sílice, SiO_2) es el mineral abrasivo más común sobre la corteza terrestre por lo que, las rocas con un contenido de cuarzo mayor de 6% son consideradas definitivamente abrasivas.

En los ejes de las cordilleras correspondientes a las Sierras Madre Oriental y Madre Occidental abundan los minerales básicos, sobre todo las rocas ígneas; los agregados, arrastrados por los ríos que vienen de esas cordilleras, son el cuarzo, el feldespato y la mica.

Son muy pocos casos, en nuestro país, en los que no sea la roca la materia prima para elaborar agregados pétreos.

En forma general, se puede mencionar que las actividades que conforman el procesamiento de la piedra caliza son:

⁸ Benítez Esparza, Pedro L. "TECNOLOGIA ACTUAL PARA LA PRODUCCION DE AGREGADOS PETREOS PARA CONCRETO". Memoria Segundo Congreso Nacional de Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México, D.F. págs. 198 a 218.

- a) Despalme
- b) Barrenación y voladura
- c) Carga y transporte
- d) Trituración primaria
- e) Trituración secundaria y terciaria
- f) Trituración cuaternaria

En el capítulo denominado "SISTEMAS DE EXPLOTACION EN LAS SIERRA SAN MIGUEL" se describen, de manera general, cada una de las actividades antes citadas.

2.3 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION EN MEXICO

La estrecha relación existente entre la producción de una de las materias primas básicas en la edificación y la industria de la construcción, obliga a tratar el tema de la importancia económica de dicha industria.

Durante los últimos años, esta industria ha ido adquiriendo mayor importancia en el desarrollo económico nacional, en virtud de que esta actividad contribuye en un alto porcentaje a la formación bruta de capital, al producir infraestructura básica como obras de edificación: vivienda, escuelas, edificios para oficinas y similares, clínicas y hospitales, instalaciones industriales, obras de infraestructura de riego, agua potable, drenaje y saneamiento, entre muchas otras más. Su contribución al producto interno bruto (PIB) en los últimos 5 años, ha sido en promedio de 4.6% y su participación dentro de la inversión fija total es de poco más del 50%.

Por otro lado, la construcción es la actividad que colabora en mayor medida a la creación de empleos directos e indirectos, con lo cual aminora los posibles desequilibrios sociales, ya que es una actividad con uso intensivo de mano de obra no calificada, por lo que ocupa, en promedio, el 7.0% del total de personal empleado que registra la economía, principalmente de mano de obra eventual.

La industria de la construcción guarda estrecha relación con los cambios que experimenta la economía nacional, ya que si la actividad económica registra tasas negativas, la construcción se verá desfavorecida; sin embargo, si la construcción obtiene cifras positivas, el resto de la economía se dinamiza en forma inmediata.

2.4 DEMANDA HISTORICA EN EL CONTEXTO LOCAL

La demanda de los productos de la industria de la extracción, trituración y venta de caliza, se enfoca básicamente hacia la industria de la construcción. La industria de la construcción en Nuevo León, durante el año 1988, generó un total de 22,885 empleos directos que representaron 108,622.4 millones de pesos en remuneraciones totales al personal ocupado. La producción bruta total equivalió a 759,622.6 millones de pesos, con insumos que ascendieron a 500,638.3 millones de pesos.

Asimismo, según el destino de la obra, se estimó, para el mismo año, que fueron empleados 11,570 personas para obra pública (obra gubernamental) y 11,315 para obra privada. De la misma manera, las remuneraciones totales para el personal ocupado en la obra pública ascendieron a 60,432.8 millones de pesos, requiriendo de 313,840.0 millones de pesos en insumos totales. En tanto, la obra privada generó 48,189.6 millones de pesos en remuneraciones del personal empleado, ascendiendo su producción bruta total a 276,766.2 millones de pesos. Los gastos de insumos fueron de 186,798.3 millones de pesos.

La vivienda es el principal propósito de esta industria, ya que es el equipamiento de mayor demanda dentro de las áreas que presentan desplazamientos de población buscando zonas habitacionales con función homogénea.

En este sentido, en 1960, el Area Metropolitana de Monterrey (AMM) tenía 725,811 habitantes y 127,620 viviendas para una densidad domiciliaria de 5.68 habitantes por vivienda, en promedio.

En 1986 se estimó que la población era de 2,521,397 habitantes y que había 450,346 viviendas para una densidad domiciliaria de 5.59 habitantes, por vivienda.

Es conveniente recalcar que la densidad domiciliaria promedio, en el nivel nacional se estima en 5.3 hab/vivienda. Asimismo, con base en el incremento poblacional esperado entre los años 1986 y 2010 de 2,817,614 hab. y, suponiendo una composición de 5 miembros por familia, en promedio, se espera una demanda de 564 mil nuevas viviendas.

Además, habrá que reponer 106 mil viviendas que cumplirán un período útil de 50 años entre 1986 y 2010. Por lo que, en total, la localidad requerirá de 670 mil viviendas nuevas además del mejoramiento de la infraestructura y de los servicios públicos.

Estos datos, referidos a la demanda de vivienda en el AMM, constituyen un claro indicador de la importancia de la industria de la construcción en el ámbito económico y social.

Por otra parte, las demandas de modernización, mejoramiento y ampliación de otros equipamientos urbanos como infraestructura de urbanización y vialidad, reafirman a la industria de la construcción como una actividad de gran demanda. De aquí la importancia de los materiales pétreos que constituyen la principal materia prima de esta industria.

Así, queda claro que el objetivo primordial de la industria extractiva, de procesamiento y fleteo de caliza sobre la sierra de San Miguel es el **satisfacer** el abasto de materia prima para la industria de la construcción en Monterrey, tanto para obras particulares como gubernamentales, haciendo uso de los materiales regionales que proporcionan cierta calidad y precio competitivo con el fin de cubrir la demanda de mercado, principalmente dentro del AMM, así como en el nivel estatal y nacional.

3.1 EL CLIMA

El área de estudio, en cuanto a climatología se refiere, presenta una predominancia del grupo de climas secos, con tipos cálidos y semicálidos. Los climas secos se distribuyen en el norte del estado y se caracterizan, principalmente, porque la evaporación excede a la precipitación; el rango de temperaturas es amplio, ya que hay secos muy cálidos, hasta secos con temperaturas semifrías. Las lluvias se presentan en verano y son escasas el resto del año⁹.

Se reporta, para la zona de estudio, el clima correspondiente a $BS_o hw$, de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por E. García para la República Mexicana:

3.1.1 $BS_o hw$

Grupo de climas secos (B). Tipo de clima seco (S_o). Subtipo de clima secos semicálidos (h). Precipitación invernal (w). Este tipo de clima se presenta casi el cien por ciento del área de estudio sobre la Sierra San Miguel. Estos climas son efecto de las influencias climáticas de la Sierra Madre Oriental, se presenta, además de la Sierra San Miguel, al sur y al poniente de la zona conurbada, afectando parte de San Nicolás de los Garza y Monterrey, al igual que los municipios de San Pedro Garza García y Santa Catarina.

Se caracteriza por presentar lluvias en verano y escasez de las mismas a lo largo del año; es semicálido con invierno fresco y temperatura media anual mayor que 18°C, y la temperatura del mes más frío llega a ser inferior a 18°C (h); cuenta con un régimen de lluvias de verano y un porcentaje de lluvias invernal, respecto al total anual, entre 5 y 10.2 (w).

De acuerdo con este tipo de clima, dentro de las generalidades de la zona de estudio, las características de precipitación total anual oscilan entre 300 y 500 mm, y la temperatura media anual fluctúa entre 18 y 22°C.

9

INEGI (1990). Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León.

Capítulo 3
CARACTERÍSTICAS NATURALES Y SOCIOECONÓMICAS DE LA ZONA

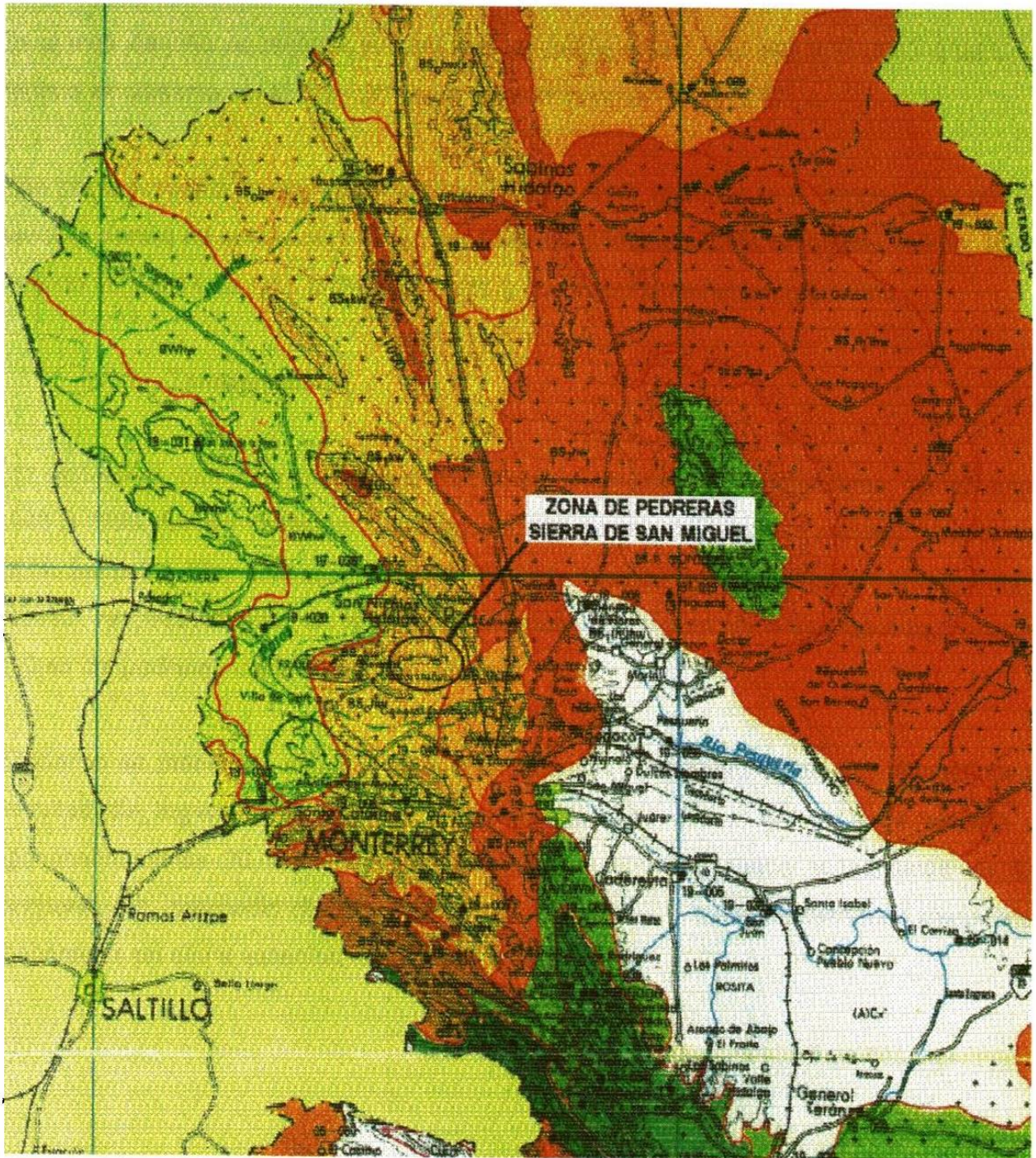


Fig. No.1 Climatología (INEGI: CARTA ESTATAL CLIMAS)

La mayor incidencia de lluvias tiende a presentarse en el mes de septiembre, con un nivel entre 80 y 90 mm; y en enero y diciembre se registra la menor, con un valor de 5 a 10 mm.

En el mes de julio se registra la temperatura media anual más alta con 25°C ó 26°C; la mínima se observa en el mes de enero con un valor de 15 a 19°C.

Esta zona presenta la condición de canícula, que se refiere a una temperatura menos lluviosa, dentro de la estación de lluvias, llamada también sequía de medio verano, dicho período va del 14 de julio al 24 de agosto y dura aproximadamente 40 días.

3.1.2 Temperaturas

Los siguientes datos de promedios mensuales y anuales de temperaturas, de los años 1993 a 1998, fueron tomados de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire del SIMA llamadas "San Bernabé" y "San Nicolás", mismas que se localizan al noroeste y noreste, respectivamente, de la zona metropolitana de Monterrey, y son las más cercanas al área de pedreras de la Sierra San Miguel.

Asimismo se presentan datos tomados de la estación meteorológica "La Fama", de la Facultad de Ingeniería Civil, de la U.A.N.L., ubicada al sur del área de estudio, a aproximadamente 20 km en línea recta, proporcionando datos estadísticos de las temperaturas promedio diarias, mensuales, y máximas y mínimas extremas mensuales registradas en dicha estación, durante el año 1991.

Tabla No.1
Temperaturas, Estación San Bernabé, Noroeste, SIMA

MES	1993			1994			1995		
	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C
Enero	14.7	29.0	3.9	14.9	32.7	2.9	15.0	30.5	3.1
Febrero	16.9	31.9	6.0	15.9	31.6	3.0	18.7	31.6	6.1
Marzo	19.6	32.6	2.7	20.1	35.3	5.2	19.4	38.5	7.1
Abril	23.0	36.4	12.2	22.7	37.1	10.8	23.8	40.0	12.7
Mayo	24.4	33.3	14.1	25.2	36.5	13.2	27.1	43.6	18.1
Junio	25.7	38.0	19.5	27.7	38.7	20.9	26.9	36.5	18.4
Julio	27.6	35.3	19.1	28.5	36.8	20.7	28.5	37.2	21.8
Agosto	27.9	35.0	20.4	27.1	35.2	20.2	26.6	33.9	21.2
Septiembre	24.7	33.4	14.1	24.7	33.3	17.5	25.8	33.4	12.6
Octubre	21.5	34.7	3.2	23.1	32.9	12.0	23.3	36.4	12.1
Noviembre	16.5	31.9	3.1	20.5	34.2	11.0	19.2	35.3	7.0
Diciembre	15.7	28.5	4.8	16.1	28.2	6.0	15.2	34.2	4.1

Tabla No.1 (continuación)
Temperaturas, Estación San Bernabé, SIMA

MES	1996			1997			1998		
	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C
Enero	15.7	32.0	0.6	13.4	32.9	-1.1	18.0	28.9	6.3
Febrero	17.8	36.9	1.1	15.5	31.8	6.7	18.5	32.1	8.7
Marzo	18.6	35.8	3.1	20.3	34.6	10.9	19.1	35.3	8.2
Abril	23.5	39.5	8.2	20.0	36.4	7.9	19.1	35.3	8.2
Mayo	27.6	36.6	14.8	24.4	37.9	15.2	29.2	43.1	17.1
Junio	28.5	37.9	21.2	26.8	37.9	10.0	29.9	42.4	21.9
Julio	29.1	36.4	20.3	28.6	35.8	21.4	29.4	38.6	21.8
Agosto	27.0	38.2	20.8	29.1	37.9	21.3			
Septiembre	26.4	36.6	15.1	26.8	34.6	18.9			
Octubre	22.9	35.8	10.6	21.9	34.5	10.2			
Noviembre	19.1	34.7	6.6	17.2	34.2	5.0			
Diciembre	16.0	31.9	-2.7	14.3	33.3	0.4			

Tabla No.2
Temperaturas, Estación San Nicolás, Noreste, SIMA

MES	1993			1994			1995		
	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C
Enero	14.5	28.2	5.3	14.8	33.2	4.4	14.8	30.4	3.1
Febrero	16.7	32.3	5.8	15.6	29.6	1.6	18.3	31.7	5.8
Marzo	19.4	32.3	3.1	19.8	33.5	5.5	19.3	38.8	6.6
Abril	22.9	37.0	13.2	22.2	37.3	10.1	23.7	39.6	12.7
Mayo	24.4	33.5	15.1	25.0	36.1	12.8	26.9	42.2	17.6
Junio	25.7	37.5	19.9	27.6	39.5	19.8	26.6	36.3	18.2
Julio	27.4	36.0	19.3	28.4	37.4	19.9	28.2	37.4	21.1
Agosto	27.8	35.6	21.2	26.9	35.8	20.3	26.5	34.4	21.8
Septiembre	24.8	34.8	16.0	24.6	33.2	16.7	25.6	33.4	11.3
Octubre	21.4	34.6	3.8	22.9	33.5	13.0	23.4	35.1	12.9
Noviembre	16.4	31.6	2.4	20.3	34.6	10.3	19.0	34.7	6.8
Diciembre	15.8	27.9	4.9	16.1	28.8	6.5	15.2	34.7	4.1

Tabla No.2 (continuación)
Temperaturas, Estación San Nicolás, Noreste, SIMA

MES	1996			1997			1998		
	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C	Prom. °C	Temp. Máx.°C	Temp. Mín.°C
Enero	15.5	32.7	1.1	13.2	33.1	-1.0	18.0	29.2	7.1
Febrero	17.6	36.7	0.6	15.5	31.8	7.0	18.6	32.4	8.7
Marzo	18.5	36.2	3.4	20.3	35.3	10.3	19.1	36.0	7.6
Abril	23.6	39.6	6.1	19.8	36.2	7.3	19.1	36.0	7.6
Mayo	27.5	36.8	15.4	24.3	38.0	15.3	29.1	42.9	17.5
Junio	28.5	38.4	21.3	26.8	36.1	20.3	29.9	42.2	21.6
Julio	29.1	36.8	20.6	28.6	36.4	21.9	29.6	39.1	22.0
Agosto	26.8	38.7	20.5	29.2	38.3	21.8			
Septiembre	26.4	36.3	15.7	27.1	35.5	19.4			
Octubre	22.8	34.8	11.5	22.1	34.6	12.0			
Noviembre	19.0	35.0	6.6	17.0	34.2	4.9			
Diciembre	16.1	31.8	-1.2	14.2	33.6	0.1			

Tabla No.3
Temperaturas promedio diarias (1991), Estación "La Fama"

TEMPERATURAS PROMEDIO DIARIAS						
(1991)						
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
01	10.8	12.6	24.0	15.3	25.5	27.0
02	13.6	13.1	21.2	19.2	25.8	27.2
03	10.3	16.5	18.5	21.2	28.7	26.6
04	9.1	15.8	20.6	20.6	28.8	27.1
05	12.5	16.6	27.6	17.6	20.2	27.7
06	15.8	15.3	27.1	15.6	17.5	26.0
07	9.3	14.8	23.1	20.8	20.7	26.1
08	9.8	13.0	19.7	24.7	24.0	22.6
09	11.1	13.8	15.8	21.2	25.7	25.2
10	10.0	18.2	16.5	21.2	26.2	20.8
11	15.1	17.8	21.2	22.7	25.1	26.0
12	9.5	17.7	23.2	24.1	25.7	28.7
13	8.8	21.5	21.2	26.3	24.7	27.2
14	19.0	17.7	15.8	24.0	23.0	26.7
15	11.8	13.0	18.2	21.5	28.3	27.7
16	15.3	14.6	18.2	24.1	21.2	26.7
17	16.7	20.2	20.6	24.5	25.2	26.1
18	12.1	21.8	19.2	29.5	25.7	29.1
19	11.5	14.3	20.1	26.6	26.2	28.2
20	11.1	11.3	24.1	22.1	25.5	28.5
21	5.9	13.8	25.2	23.8	24.7	28.7
22	6.0	16.7	21.2	27.3	25.5	28.5
23	11.8	16.2	21.2	25.3	25.5	27.5
24	8.8	19.7	23.0	26.2	22.0	27.5
25	13.3	10.8	24.7	26.7	26.2	24.7
26	12.3	7.3	24.8	28.7	26.8	25.7
27	14.1	10.3	25.2	28.8	25.1	26.3
28	15.8	18.7	23.7	28.6	25.6	24.0
29	17.7		20.3	24.0	25.8	19.6
30	10.3		18.2	24.3	27.7	22.0
31	10.5		11.8		26.5	

Tabla No.4
Temperatura promedio mensual 1991 "La Fama"

TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL EN °C	
Enero	13.3
Febrero	16.8
Marzo	23.0
Abril	25.2
Mayo	26.2
Junio	27.4
Julio	26.1
Agosto	28.4
Septiembre	23.2
Octubre	22.2
Noviembre	15.7
Diciembre	14.4
Temperatura Promedio Anual °C	
Anual (1991)	21.8

Tabla No.5
Temperaturas máximas y mínimas extremas mensuales (1991) "La Fama"

TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS EXTREMAS MENSUALES (1991)		
Mes	Máxima	Mínima
Enero	28.7	4.0
Febrero	32.5	5.0
Marzo	39.2	11.3
Abril	39.2	11.1
Mayo	35.0	15.8
Junio	35.5	17.6
Julio	35.9	19.7
Agosto	36.7	20.8
Septiembre	32.9	13.0
Octubre	32.9	10.3
Noviembre	31.7	4.1
Diciembre	27.7	5.5

3.1.3 Humedad relativa

Del análisis de los datos registrados en la estación "La Fama" en el mismo periodo de 1991, se observa que para cada mes se presenta en varias ocasiones una humedad relativa máxima del 100% y una mínima del 7% durante el mes de marzo, que en ese año presentó una humedad relativa promedio de 50.5%, misma que fue la más baja registrada, así mismo, el mes de septiembre presentó la humedad relativa promedio más alta, con un valor de 87.9%, situación que coincide con los datos estadísticos del tipo de clima que se presenta en el área de estudio; de igual manera, el promedio anual de humedad que se presentó en ese año fue del 73.9 % el cual se considera satisfactorio para los seres que habitan el lugar. No obstante, cabe mencionar que en periodos cortos se alcanzan mínimas extremas de 7% a las 14 horas por varios días consecutivos, situación que llega a provocar perturbaciones sobre los seres humanos.

Tabla No.6
Humedad relativa

HUMEDAD RELATIVA (%)			
Mes	Máxima	Mínima	Promedio
Enero	100.0	15.0	79.54
Febrero	100.0	15.0	67.4
Marzo	100.0	7.0	50.5
Abril	100.0	8.0	62.7
Mayo	100.0	30.0	77.7
Junio	100.0	34.0	73.9
Julio	100.0	27.0	79.2
Agosto	100.0	22.0	68.0
Septiembre	100.0	37.0	87.9
Octubre	100.0	29.0	77.1
Noviembre	100.0	17.0	75.6
Diciembre	100.0	36.0	87.7
HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO ANUAL			73.9 %

3.1.4 Precipitación

El área de estudio se localiza entre las isoyetas medias anuales que van de un nivel de 300 a 400 mm. Asimismo, durante el periodo de 1991, se presentó una lluvia acumulada de 337.3 mm, siendo el mes de octubre el de mayor precipitación registrada, mientras que la lluvia máxima en 24 horas se manifestó el 25 de septiembre con una lámina de lluvia de 31.2 mm.

Se muestran a continuación los datos de precipitación acaecidos durante el año 1991 y registrados en la estación "La Fama".

Tabla No.7
Precipitación acumulada mensual

PRECIPITACION ACUMULADA MENSUAL	
MES	mm
ENERO	3.4
FEBRERO	11.9
MARZO	0.3
ABRIL	30.0
MAYO	19.1
JUNIO	73.4
JULIO	20.9
AGOSTO	21.6
SEPTIEMBRE	108.0
OCTUBRE	10.6
NOVIEMBRE	5.9
DICIEMBRE	32.2

Tabla No.8
Precipitación promedio mensual

PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL	
MES	mm
ENERO	0.1
FEBRERO	0.4
MARZO	0.0
ABRIL	1.0
MAYO	0.6
JUNIO	2.5
JULIO	0.7
AGOSTO	0.7
SEPTIEMBRE	3.6
OCTUBRE	0.3
NOVIEMBRE	0.2
DICIEMBRE	1.1
PRECIPITACION ANUAL	
1991 (mm)	339.0

3.1.5 Presión atmosférica

Del análisis de los datos registrados en el mismo periodo de 1991 de la estación "La Fama", podemos observar que el comportamiento promedio mensual de la presión atmosférica se manifiesta en forma muy estable, ya que los valores registrados presentan un valor promedio anual de 1008.2 mbs. mientras que los valores extremos se dan, la mínima en abril (1006 mbs), y la máxima promedio mensual en diciembre (1010.1 mbs). No obstante, lo extremo del clima en la zona puede provocar cambios bruscos en la presión atmosférica, cuyos picos no son valorados representativamente en los promedios.

Tabla No.9
Presión atmosférica

PRESION ATMOSFERICA	
Mes	Valor promedio (mbs)
Enero	1009.4
Febrero	1009.7
Marzo	1006.4
Abril	1006.0
Mayo	1006.2
Junio	1007.2
Julio	1008.4
Agosto	1008.4
Septiembre	1009.0
Octubre	1008.3
Noviembre	1009.8
Diciembre	1010.1
Presión Promedio Anual	
1991	1008.2

3.1.6 Nubosidad e Insolación

Nubosidad

La nubosidad guarda una relación inversa a la insolación. Los valores medios de la nubosidad, observados a las 14:00 hrs. durante el periodo comprendido de 1958 a 1962 en la estación "Monterrey" de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, se indican en la siguiente tabla. De igual manera, se anexa la nubosidad promedio anual¹⁰ la cual presenta un valor del 64%, siendo el otoño la estación del año con mayor nubosidad.

10

"Elementos Bioclimáticos en la República Mexicana" de la Dra. Consuelo Soto Mora y el Ing. Ernesto Jáuregui O. Instituto de Geografía de la UNAM, México, 1968. Citado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Tabla No.10
Nubosidad Media Mensual

NUBOSIDAD MEDIA MENSUAL (1958-1962)	
Mes	Décimas de Cielo Cubiertos
Enero	5.8
Febrero	6.7
Marzo	5.7
Abril	6.5
Mayo	6.2
Junio	5.8
Julio	6.6
Agosto	6.6
Septiembre	7.0
Octubre	6.8
Noviembre	6.8
Diciembre	7.2
PROMEDIO ANUAL DE NUBOSIDAD	
Anual	6.47

Insolación

En la zona tienden a presentarse valores de insolación superiores a los 700 Kcal/hora/m². En tanto que la insolación promedio anual es del orden de 140 Kcal/hora/m², siendo los meses de julio y agosto cuando se presentan los valores máximos de insolación. A continuación se presentan los valores registrados en la estación "La Fama" en el año 1991.

Capítulo 3
 CARACTERISTICAS NATURALES Y SOCIOECONOMICAS DE LA ZONA

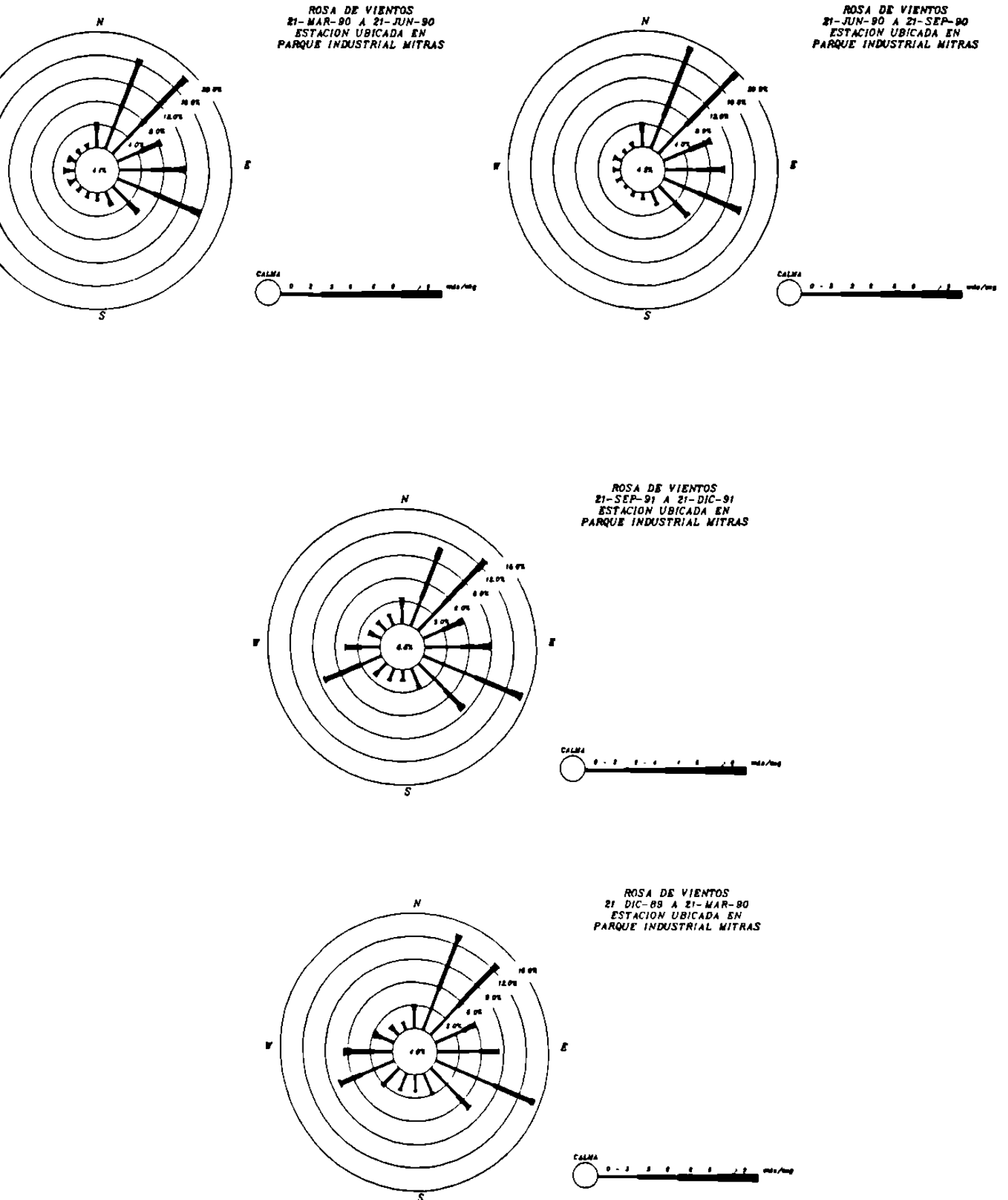


Fig. No.2 Rosas de vientos en el área de estudio

3.1.8 Intemperismos severos

En cuanto a los intemperismos severos, están constituidos por:

- **Heladas:** En nuestro país estas se presentan debido a la invasión de aire polar continental generalmente seco, proveniente del Canadá y de los Estados Unidos. En Monterrey y su área metropolitana, se han presentado 9 heladas en promedio durante el periodo 1921-1970 inclusive. El mes en el que ocurre la primera helada normalmente en Monterrey es en noviembre, y la última en marzo.

Otro dato importante respecto a las heladas es el número promedio de las mismas en el mes de máxima ocurrencia, las cuales podrían ser 4 en el mes de enero, y en un rango de 0 a 20 días durante el año para esta zona.

- **Granizadas:** De distribución irregular ya que no guardan un patrón de comportamiento definido presentándose, en general, con un rango de 0 a 2 días durante el año, su incidencia está asociada a los primeros meses del periodo de lluvias: abril, mayo y junio.
- **Huracanes:** Con frecuencia de uno cada tres años en los últimos 100 años.

3.2 GEOMORFOLOGIA

Orográficamente el estado de Nuevo León engloba porciones importantes de las tres grandes regiones naturales o provincias fisiográficas del noreste del país: Sierra Madre Oriental, Llanura Costera del Golfo Norte y La Gran Llanura de Norteamérica ¹¹.

¹¹ INEGI. (1990). Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León.

El centro de la ciudad de Monterrey se localiza en una planicie rodeada por algunas elevaciones de mediana altura y, después, por montañas altas, por lo tanto forma una estructura de valle amplio con una salida hacia el sureste.

Las principales elevaciones de mediana altura que enmarcan el valle de la ciudad de Monterrey son: la Loma Larga en el sur de Monterrey, localizada al norte del cerro El Mirador; el cerro del Obispado localizado al suroeste; las pequeñas prolongaciones de la sierra Las Mitras que son la Loma de Vista Hermosa y la zona de San Jerónimo, hacia el oeste de la ciudad y, finalmente, la Loma Linda hacia el noroeste. Todas estas elevaciones tienen una altura promedio sobre el nivel del mar de 700 m.

El área de estudio se ubica en la región natural perteneciente a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (IX), específicamente de la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses (IX.7) la cual, dentro del estado de Nuevo León, ocupa una área de 8,852.73 km², que incluye los municipios de Abasolo, Bustamante, Ciénega de Flores, Dr. González, Higuera, Salinas Victoria, San Nicolás Hidalgo y Villaldama, y partes de Agualeguas, Cerralvo, García, Garza García, Lampazos de Naranjo, Mina y Sabinas.

Esta subprovincia está constituida por sierras calizas plegadas, la mayoría orientadas de noroeste a sureste, escarpadas y más bien pequeñas. Sus ejes estructurales están bien definidos y, especialmente en el sur, se presentan anticlinales alargados con lomos erosionados.

Los sistemas de topofomas de la zona de estudio sobre la Sierra San Miguel son: tipo Sierra Pliegue (S_1), tipo Valle Intermontano (V_2), y Bajada con Lomeríos (B_1L).

El sistema de topofoma Sierra Pliegue (S_1) tiene por asociaciones a la Sierra Pliegue y los Lomeríos. Su origen es sedimentario y su orientación es primordialmente noroeste-sureste; los rasgos geológicos característicos de este sistema son la presencia de anticlinales erosionados. Constituidos por calizas, las alturas en estos sistemas van de los 1,500 a los 2,220 metros sobre el nivel del terreno, y se caracterizan por la presencia de pendientes convexas y abruptas.

Capítulo 3
CARACTERISTICAS NATURALES Y SOCIOECONOMICAS DE LA ZONA

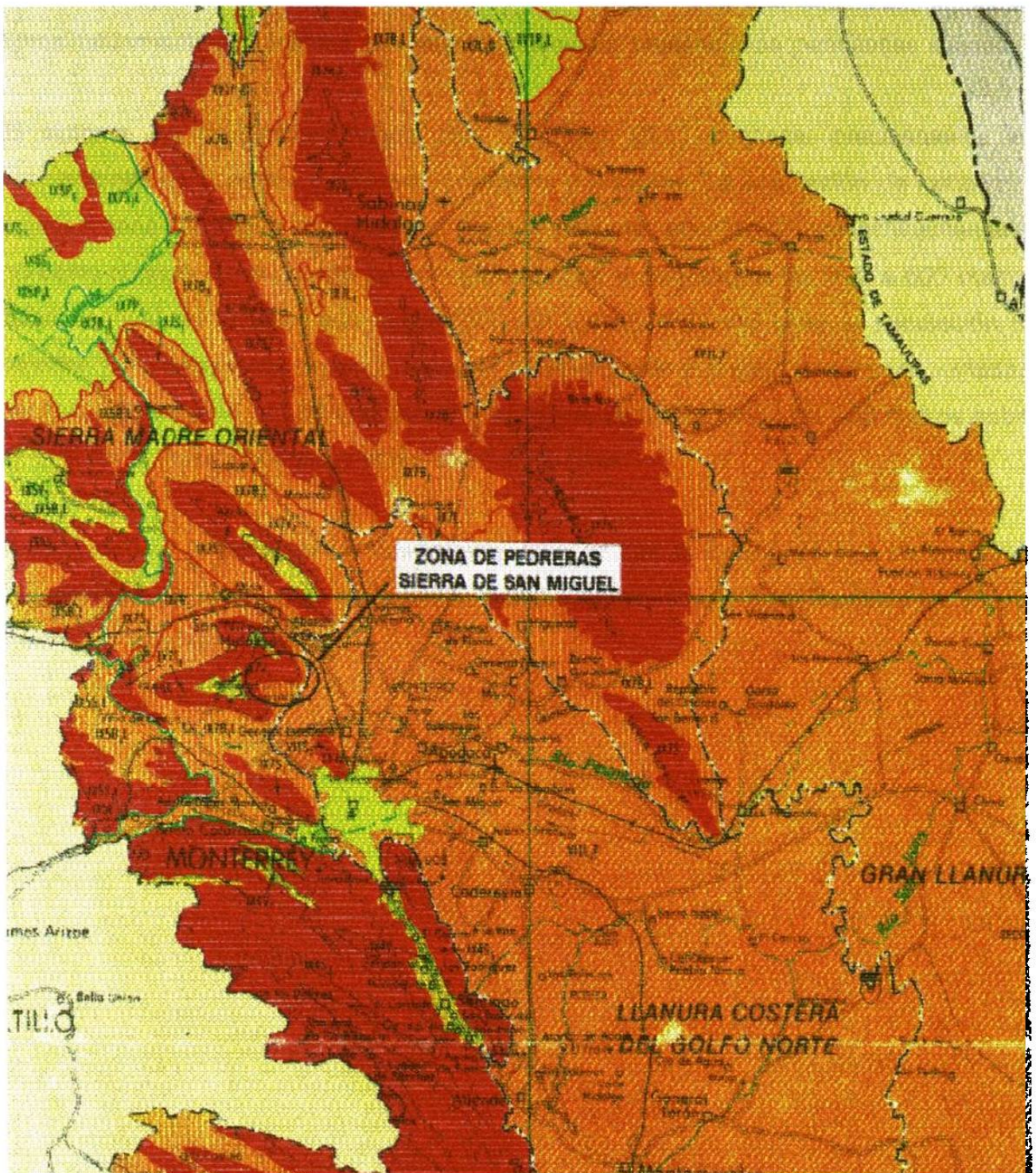


Fig. No.3 Geomorfología (INEGI: CARTA ESTATAL REGIONALIZACION FISIOGRAFICA)

El sistema de topografía Valle Intermontano (V_2) tiene su origen en la erosión de anticlinales y pliegues más complejos de rocas sedimentarias marinas. Su orientación es básicamente circular y su rasgo geológico particular es el plegamiento complejo. Están constituidos por la asociación de caliza-lutita y su altura sobre el nivel del mar, es de aproximadamente 500 metros. Se caracterizan por la presencia de pendientes suaves.

El sistema de topografía Bajada con Lomeríos (B_1L) contiene precisamente las asociaciones de lomeríos y bajadas, y bajadas y lomeríos. La asociación de lomeríos y bajadas tiene un origen sedimentario marino, con una orientación predominantemente noroeste-sureste, conformado por conglomerados, y con alturas de 500 a 800 metros sobre el nivel del terreno, sus pendientes son suaves. Por otro lado, la asociación de bajadas y lomeríos tiene un origen aluvial, de orientación y rasgos geológicos variados, conformada también por conglomerados; su altura va de los 500 a los 800 metros sobre el nivel del terreno y sus pendientes son muy suaves.

A continuación se presenta un cuadro esquemático con la Descripción de las Unidades Fisiográficas de la Provincia de la Sierra Madre Oriental, y su subprovincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses:

Tabla No. 12

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES FISIOGRAFICAS						
PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL						
SUBPROVINCIA DE LAS SIERRAS Y LLANURAS COAHUILENSES						
SISTEMA DE TOPOFORMAS	ASOCIACIONES	ORIGEN	RASGOS GEOLOGICOS	LITOLOGIA	ALTURA(m)*	PENDIENTES
Sierra Pliegue	Sierra pliegue y lomeríos	Sedimentario marino	noroeste-sureste anticlinales erosionados	caliza	1500-2220	convexas y abruptas
Sierra Compleja		Sedimentario marino	noroeste-sureste sin ejes estructurales	caliza y calizas-lutitas	1,350	abruptas
Lomerío	Lomeríos y bajadas	Sedimentario marino	noroeste-sureste	conglomerado	500-800	suaves
Bajada	Bajadas y lomeríos	aluvial	variada	conglomerados	500-800	muy suaves
Gran Llano		aluvión		aluvión	1500 (m.s.n.m)	sin pendientes
Valle Intermontano		erosión de anticlinales y pliegues más complejos de rocas sedimentarias marinas	circular plegamiento complejo	caliza-lutita	500 (m.s.n.m)	suaves

*Sobre el nivel del terreno

básicamente circular y su rasgo geológico particular es el plegamiento complejo. Están constituidos por la asociación de caliza-lutita y su altura, sobre el nivel del mar, es de aproximadamente 500 m. Se caracterizan por la presencia de pendientes suaves.

El sistema de topoforma Bajada con Lomeríos (B₁L) contiene precisamente las asociaciones de lomeríos y bajadas, y bajadas y lomeríos. La asociación de lomeríos y bajadas tienen un origen sedimentario marino, con una orientación predominantemente noroeste-sureste, conformados por conglomerados, y con alturas de 500 a 800 metros sobre el nivel del terreno, sus pendientes son suaves. Por otro lado, la asociación de bajadas y lomeríos tiene un origen aluvial, de orientación y rasgos geológicos variados, conformada también por conglomerados; su altura va de los 500 a los 800 metros sobre el nivel del terreno y sus pendientes son muy suaves.

3.3 GEOLOGIA

3.3.1 Geología histórica ¹²

Durante el Jurásico Superior y el Cretácico todo el Norte de Nuevo León estaba invadido por el mar. En este mar había una vida orgánica muy rica y variada, como lo indican los fósiles ya encontrados, que son principalmente invertebrados: cefalópodos, paquiodontos, bivalvos, gasterópodos, corales, equinoides, foraminíferos, etc., además de moluscos de agua salobre y restos vegetales continentales.

Hacia fines del Mesozoico, en el Senoniano Superior, hubo movimientos tectónicos, puesto que se nota variación de la facies y de los fósiles y al principio del Cenozoico ocurrieron otros movimientos muy fuertes, a causa de los cuales el occidente del Norte de Nuevo León quedó fuera del mar, porque ascendió el subsuelo del mar del Mesozoico Superior y quedó la región convertida en tierra firme, y además los estratos ya formados quedaron plegados y afallados. Estos movimientos orogénicos contribuyeron a la formación de sierras con dirección NNO a SSE y de ONO a ESE. El movimiento fue más fuerte en la

12

Mulleried, Federico. (1944). Geología del Estado de Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León.

región de la Sierra Madre Oriental, formada a principios del Cenozoico que al Este de aquella. Otros movimientos orogénicos probablemente ocurrieron al mismo tiempo y resultaron en intrusiones y extrusiones del magma. Ya con la formación de estos terrenos muy quebrados, comienza el trabajo geológico de la erosión y denudación que no ha cesado aún en el tiempo actual.

Tal vez continuaba existiendo el mar durante el Mioceno, pero después y ya a veces antes, en el Eoceno y Oligoceno, hubo otros movimientos tectónicos y finalmente, a fines del Mioceno o principios del Plioceno, el subsuelo del mar se convirtió en el Este de Nuevo León en tierra firme, aunque las capas depositadas durante el Terciario Inferior y Mioceno quedaron con cierta inclinación hacia el Este.

Durante el Plioceno se depositaron, en las regiones convertidas en tierra firme, muchos guijarros cuya acumulación originó la formación del conglomerado de Reynosa, y al mismo tiempo, siguió en los terrenos de la Sierra Madre Oriental tanto la formación de depósitos terrestres y fluviales, como la erosión y denudación de estos depósitos y de los estratos del Mesozoico Superior.

En la época geológica siguiente ya no hubo movimiento tectónico y la superficie formada a fines del Terciario quedó expuesta a la erosión y denudación, pero al mismo tiempo se formaron capas terrestres y fluviales. El efecto geológico ha sido más fuerte en la primera etapa del Cuaternario, el Pleistoceno o diluvial por el clima húmedo que entonces reinaba. Después del Pleistoceno, en el Holoceno o aluvial que no ha terminado todavía, cambió el clima a otro semi-desértico, por lo que hay en la superficie en las grandes llanuras al Oeste del Estado los depósitos salitrosos. Sigue durante el Holoceno la erosión y denudación y hay depósitos terrestres y fluviales. El efecto de estos fenómenos geológicos se observa en la superficie tal como está actualmente. Al Este tenemos, en el Norte de Nuevo León, las grandes extensiones de la planicie y en el Oeste los lomeríos, cerritos, serranías y sierras, con sus cañones y valles. En las calizas se encuentran en el Oeste las cuevas y cavidades, con sus estalactitas y estalagmitas, formadas probablemente en una época más húmeda que la actual, es decir, en el Pleistoceno. Pero en el Norte de Nuevo León, como en todo el Noreste de México, no se registran ya movimientos tectónicos

como aquellos de principios y fines del Terciario, porque quedó bien estabilizada la tierra, faltando también los sismos tan frecuentes en otras partes de México. Sí parece sentirse en el Norte de Nuevo León, a veces, temblores locales, que probablemente tienen que ver con la caída subterránea de grandes bloques en cavidades que seguramente existen, dado que la caliza se presta para la formación de cuevas, tienen una extensión muy grande en la superficie y en el subsuelo del Norte del estado de Nuevo León.

3.3.2 Geología regional ¹³

En el estado de Nuevo León afloran principalmente rocas sedimentarias de origen marino (depósitos clásticos y químicos de edad mesozoica). Sólo hay pequeños afloramientos de rocas metamórficas y algunos de rocas ígneas intrusivas. Las rocas más antiguas de Nuevo León son esquistos de edad precámbrica que afloran en el área de Arramberri.

La mayor parte de las rocas que forman grandes estructuras plegadas (anticlinales y sinclinales), que caracterizan a la Sierra Madre Oriental, son del Mesozoico. Los depósitos más recientes están constituidos por conglomerados y suelos aluviales que pertenecen al Cuaternario.

La geología económica del estado descansa principalmente en la explotación de minerales no metálicos y de bancos de roca caliza. La explotación de minerales metálicos es mínima, ya que dentro del estado de Nuevo León no existen grandes yacimientos. La mayoría de las minas reportadas se encuentran abandonadas o se trabajan eventualmente, lo que resulta en una baja producción de este tipo de materiales. Las explotaciones más grandes de caliza de Nuevo León se encuentran localizadas en la sierra de Las Mitras, en el cañón de La Huasteca, en la sierra de San Miguel y en el área cercana a las Grutas de García. La mayoría de estas explotaciones está ubicada en la provincia de la Sierra Madre Oriental.

El estado de Nuevo León queda comprendido, como ya se ha mencionado en "Geomorfología", dentro de tres provincias: Llanura Costera del Golfo Norte, Sierra Madre

¹³

INEGI. (1990). Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. México.

Oriental y Gran Llanura de Norteamérica.

Debido a que la zona de estudio en la Sierra San Miguel se ubica dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental, se efectúa, a continuación, una descripción más detallada de la misma.

3.3.3 Sierra Madre Oriental

Ocupa la mayor parte de la porción occidental del estado y limita al oriente con la Llanura Costera del Golfo Norte y con la Gran Llanura de Norteamérica.

Estratigrafía

Las rocas más antiguas de esta provincia, en Nuevo León, son esquistos del Precámbrico. Hay afloramientos de areniscas y asociaciones de lutitas y areniscas intercaladas pertenecientes al Triásico. Del Jurásico Superior hay afloramientos masivos de caliza. Además, afloran lutitas y varias asociaciones de lutitas y areniscas y de calizas con lutitas.

El Cretácico está representado por afloramientos de caliza, de lutitas y asociaciones de calizas-lutitas y lutitas-areniscas.

Los cuerpos de rocas ígneas intrusivas (ácidas e intermedias), que afectan a rocas sedimentarias mesozóicas son del Terciario. También pertenecen a esta edad los conglomerados que se encuentran en los márgenes de la Sierra Madre Oriental. Además, hay depósitos de conglomerados y rellenos aluviales del Cuaternario. Las principales estructuras de la Sierra Madre Oriental están constituidas por pliegues anticlinales y sinclinales, afectados por grandes fallas de tipo normal y numerosas fallas inversas (cabalgaduras) que han trocado las secuencias normales de depósito. Además, hay varios cuerpos de rocas intrusivas que han afectado a las secuencias mesozoicas de la Sierra Madre Oriental en diversos puntos.

Geología Económica

En esta provincia se encuentran los principales yacimientos minerales del estado, algunos de los cuales están siendo explotados por pequeños mineros, aunque su producción es de poca importancia. Por lo demás, la mayoría de los antiguos yacimientos de minerales metálicos se encuentra abandonada debido a diversos problemas técnicos y socioeconómicos.

Respecto a los minerales no metálicos, en esta provincia se realizan las explotaciones más importantes de Nuevo León. En las sierras aledañas al área metropolitana de Monterrey se explotan numerosos bancos de caliza, la cual se utiliza en la industria de la construcción, en la siderurgia y en la industria del vidrio.

Otros minerales no metálicos explotados en esta provincia son la fosforita, la barita y el yeso.

La fosforita es explotada principalmente en el municipio de Galeana, por pequeños mineros que tienen su principal mercado en San Luis Potosí. La barita se explota al sur de Santa Clara de González, en el municipio de Galeana. El yeso es un material rocoso que está ampliamente distribuido en la Sierra Madre Oriental. Sin embargo, debido a las condiciones geológicas de sus yacimientos, a su ubicación y a su acceso, sólo se explota en algunas localidades, y en forma eventual en los municipios de García, Hidalgo, y Mina, cuya producción diaria es destinada a la industria de la construcción y se expende en el área regiomontana.

3.3.4 Descripción litológica de la zona de estudio ¹⁴

A continuación, de manera cronológica, se presenta, en forma general, una descripción litológica de las grandes unidades geológicas de la zona de influencia geológica del área de estudio.

PALEOZOICO

¹⁴ Mulleried, Federico.(1994). Geología del Estado de Nuevo León. Tomo I. pp.167-199. Monterrey, N.L.

Pre-Triásico. En el estado de Nuevo León, como se ha venido mencionando, afloran rocas cuyas edades van desde el Paleozoico hasta nuestro tiempo. Las rocas más antiguas se localizan en el sur del estado, en el municipio de Aramberri. Consisten en esquistos verdes y rocas volcánicas cuyas edades corresponden del Carbonífero al Pérmico. Estas rocas podemos relacionarlas con eventos de deformación y metamorfismo, que afectaron a las rocas ya formadas, en el antiguo cinturón orogénico de Marathon-Ouachita (MEIBURG et al., 1987). Estas constituyen gran parte del basamento de la Sierra Madre Oriental, de la cual forma parte la Sierra San Miguel.

MESOZOICO

Triásico. Sobre este basamento dió inicio la depositación de tipo fluvial de rocas clásticas continentales de la Formación Huizachal, del periodo Triásico, reinando entonces un clima semiárido, el cual da las tonalidades rojizas a estas capas. Esta formación se compone de lutitas intercaladas con areniscas y conglomerados polimíticos que fueron acumulados en estructuras de fosas tectónicas, representando antiguas zonas de apertura de la corteza (MICHALZIC, 1988). Una localidad típica para estas rocas es la región de Galeana, a más de 120 kilómetros del área de estudio.

Los depósitos jurásicos de la formación La Joya se presentan en forma discordante con los sedimentos triásicos, presentando así una interrupción en el proceso de acumulación de sedimentos (MICHALZIK, 1988)..

Posteriormente el ambiente cambió al de tipo marino lagunar, dando lugar a los depósitos vaporíticos (yeso y anhidrita, ambos sulfatos de calcio) de la formación Minas Viejas, teniendo ésta intercalaciones de calizas. Este tipo de rocas afloran al norte de la ciudad de Monterrey, en la sierra de Minas Viejas, en el municipio de Hidalgo, N.L. y al suroeste de ésta, en el núcleo del cañón de La Huasteca, en Santa Catarina, N.L. Sobreyaciendo la formación de Minas Viejas descansa la formación Zuloaga la cual está formando calizas masivas y karstificadas.

La formación La Casita, que yace concordantemente con la formación Zuloaga, consiste básicamente de lutitas y areniscas con horizontes de fosforita. Esta formación se

caracteriza por ser muy fosilífera, conteniendo cefalópodos y lamelibranquiados, encontrándose gran parte de la fauna dentro de concreciones calcáreas. Con esta unidad termina la depositación del Jurásico.

Cretácico. Cretácico Inferior. El Cretácico Inferior se inicia con la depositación de la formación Taraises, compuesta básicamente de calizas de espesores medianos, con intercalaciones de horizontes lutíticos y de areniscas, representando estas últimas sedimentos de delta.

La formación Cupido es concordante con la Formación Taraises y está constituida por calizas masivas, con nódulos de pedernal y estructuras de disolución de tipo karren y karts. Bajo ciertas condiciones, tales como flujo de agua clara y baja profundidad, así como temperaturas cálidas, se formaron arrecifes de rudistas, lamelibranquiados hoy extintos. Restos de estos arrecifes se pueden observar sobre las calizas de la Meseta de Chipinque, situada en el frente de la Sierra Madre Oriental, a la altura del municipio de San Pedro Garza García, o bien, en las Grutas de García, en el municipio del mismo nombre. Hacia el Este de Monterrey, aparecen las calizas masivas casi sin fósiles de la formación Tamaulipas Inferior.

Sobreyaciendo a la formación Cupido, o bien Tamaulipas Inferior, yace en forma concordante la formación La Peña que dentro de la Sierra Madre Oriental es considerada como una unidad índice para delimitar las formaciones Aurora y Cupido. Esta unidad consiste de una secuencia de calizas arcillosas, intercaladas con horizontes lutíticos y lentes de pedernal. Por su litología, tiene un comportamiento a la erosión bastante diferente a las formaciones Cupido y Aurora, presentándose por lo regular como depresiones morfológicas. Su contenido fosilífero es muy importante, destacándose cefalópodos, tales como amonites y belemnites, así como lamelibranquiados.

Formando las crestas de las sierras aledañas a Monterrey, destaca la formación Aurora, que presenta una litología muy similar a la de la formación Cupido, calizas densas de color gris. De igual manera, en fases de cuenca, se depositaron las calizas masivas de la formación Tamaulipas Superior, con litología similar a la Inferior.

El Cretácico Inferior termina con la depositación de la formación Cuesta del Cura. Esta unidad estratigráfica está constituida por calizas alternadas con lutitas, así como lentes y bandas de pedernal negro. Como característica distintiva presenta plegamiento interno, conservando sus límites superior concordantes.

Cretácico Superior. Con el inicio de la regresión de las lagunas marinas, se marca el paso hacia el Cretácico Superior. Gran cantidad de material terrígeno se depositó desde el occidente, indicando una elevación incipiente de la región continental central mexicana (CONKLIN & MORRE, 1977). La formación Agua Nueva/Indidura, que sobreyace a la formación Cuesta del Cura, es constituida por calizas arcillosas oscuras de espesores medianos a delgados, intercalados con horizontes lutíticos y margosos de estratificación laminar, dentro de las calizas se observan concreciones de pirita y como rasgo característico es la hojiosidad que presentan las calizas a la fractura.

La formación San Felipe/Parras está constituida por una intercalación de areniscas verdes, calizas y lutitas arenosas y cretas silificadas. En la sierra de la Silla tiene un espesor de 127 m (SEIBERTZ, 1988). El ambiente de depositación es de talud de plataforma marina.

La formación Méndez/Difunta sobreyace a la formación San Felipe en forma concordante y está constituida por una alternancia de lutitas, margas y areniscas de espesor delgado, las lutitas se encuentran fuertemente afectadas por esquistocidad, característica de la parte superior de esta unidad, intemperizándose en forma acicular. Regionalmente al resultado de la intemperización de esta unidad, se le conoce con el nombre de "almendrilla".

CENOZOICO

Terciario. No se tiene registro en nuestra región de rocas terciarias anteriores al Plioceno. En esta época se depositó la formación Goliad/Reynosa constituida por arena, limo y arcilla transportados por ríos y arroyos, siendo posteriormente cementados con carbonatos. La formación Goliad/Reynosa sobreyace principalmente la formación Difunta/Méndez. Al final del periodo Cretácico y al inicio del Terciario (Paleoceno-Eoceno) se agudizaron en el norte de México los levantamientos, así como la subsidencia del Golfo de México, de esta manera se generaron esfuerzos de compresión y empuje en dirección

general hacia el Noreste, provocando que el basamento y el paquete sedimentario se desplazara en la dirección Este-Noreste y se elevara sobre el nivel del mar, dando lugar a diferentes estructuras tectónicas tales como plegamientos y fallamientos.

Es importante mencionar que la cubierta sedimentaria se deslizó sobre los yesos de la formación Minas Viejas, principalmente por sus características plásticas. A este proceso tectogénico se le conoce como Revolución Larambídica, la cual tiene su máxima expresión en la provincia de la Sierra Madre Oriental.

PLEISTOCENO

Cuaternario. El proceso de depositación iniciado en el Terciario, continúa en el Pleistoceno con el mismo tipo de material aluvial, distinguiéndose del anterior por su menor grado de cementación. Los depósitos Cenozoicos del Terciario y Cuaternario rellenan el valle de Monterrey.

La zona de explotación de las pedreras se localiza en una zona de calizas y asociaciones de caliza-lutita, en la falda sur de la Sierra San Miguel, misma que remata en el valle de Monterrey. La sección estratigráfica de esta zona se encuentra constituida principalmente por rocas sedimentarias cuya edad varía desde el Jurásico hasta el Reciente, representada por las formaciones descritas a continuación (Ver Fig. No.4), en forma descendente de las más recientes a las más antiguas y cuya ubicación es mostrada en la figura geológica del lugar (Ver Fig. No.5). Para esta división estratigráfica, se adoptó la utilizada por la Gerencia de Exploraciones de Petróleos Mexicanos que se basa en la monografía titulada "**Jurassic and lower Cretaceous Stratigraphy and Tectonics, of North East Mexico**" de los ingenieros W.E. Humphrey y Teodoro Díaz.

3.3.5 Formaciones que conforman la estratigrafía del área de estudio¹⁵

PLEISTOCENO

Reciente. El proceso de depositación iniciado en el Terciario, continúa en el Pleistoceno

15

Estudio Geohidrológico de Acuíferos Regionales en Calizas Zona Monterrey. 1967.

ESTRATIGRAFIA DE LA ZONA

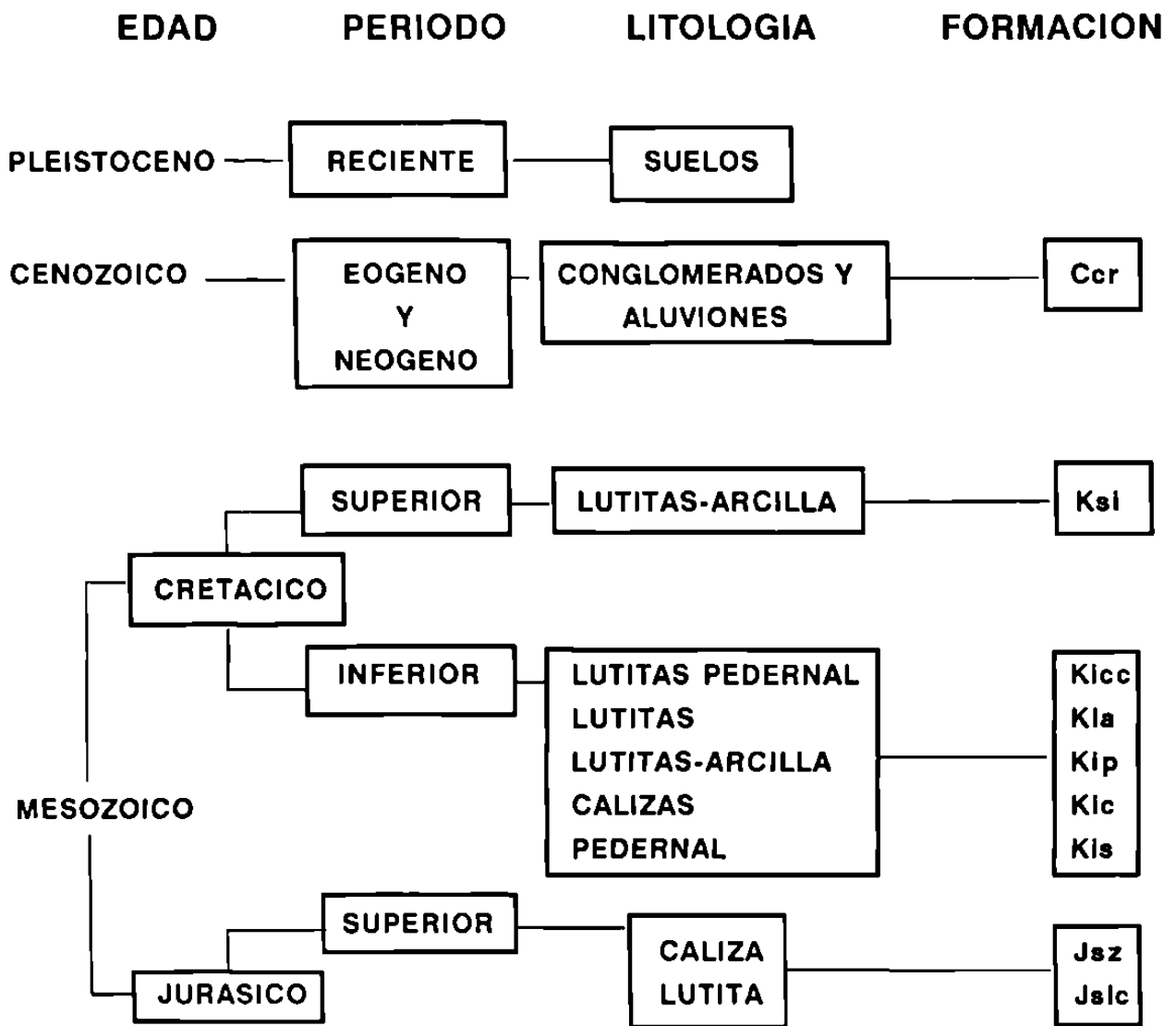


Fig. No.4 Estratigrafía de la zona

Capítulo 3
CARACTERÍSTICAS NATURALES Y SOCIOECONÓMICAS DE LA ZONA

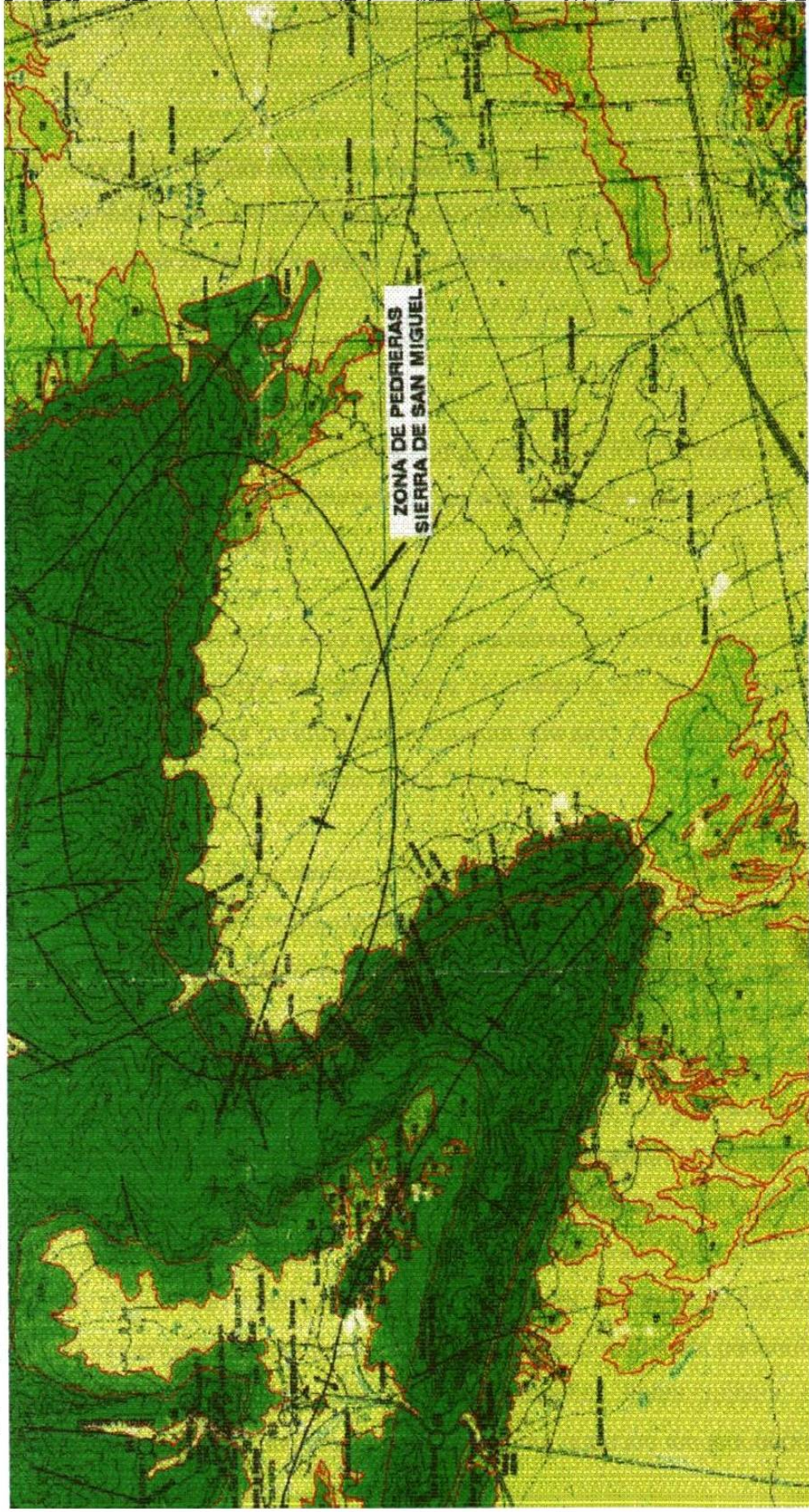


Fig. No.5 Geología (INEGI: G14C15 CARTA GEOLOGICA)

con el mismo tipo de material aluvial, distinguiéndose del anterior por su menor grado de cementación, es en esta época cuando da inicio la formación de los suelos de la zona.

CENOZOICO

Eogeno y Neogeno. Estos depósitos están representados por rellenos de gravas, arenas y limos mezclados en distintas proporciones que cubren el valle y las planicies aluviales, formando abanicos al pie de la sierra y en las estructuras aisladas de la región formando la base de los actuales suelos.

MESOZOICO

Cretácico Superior. Formación Indidura: Ksj. La formación Indidura está constituida por capas de lutitas impermeables de espesor variable que alternan ocasionalmente con capas delgadas de margas y calizas.

Sus variaciones laterales son muy grandes y pueden presentar características litológicas locales en que predominan las calizas que equivalen a las de la formación Agua Nueva hacia el golfo. En algunas de las estructuras que han sido atacadas por la erosión, se han podido medir espesores superiores a los 500 m.

La alternancia de calizas arcillosas y limolita calcárea dispuestas en capas delgadas o lajeadas, con numerosas capas medianas o gruesas de caliza laminar son característica de esta formación. En superficies intemperizadas con tonalidades rosa, rojo y violeta.

Cretácico Inferior. Formación Cuesta del Cura: Kicc. Esta formación consiste en capas alternadas delgadas de calizas y lutitas con margas, en las que predominan las calizas, de 20 a + 300 m., consiste principalmente de una caliza arcillosa laminar de estratificación ondulada, y color gris medio oscuro, que contiene numerosas capas delgadas y lentes de pedernal negro; la abundancia de estos nódulos de pedernal es la característica más notable por la que uno puede identificarla, las capas de caliza varían de 20 a 30 cm de espesor y frecuentemente contienen separaciones formadas por pequeñas capas lajosas de caliza arcillosa y lutitas que pueden presentar tintes rojizos o violáceos por intemperismo, el espesor de esta forma varía y en algunos de sus afloramientos se han

podido observar fenómenos de disolución incipientes.

Formación Aurora: Kia. Esta formación, de características muy semejantes a la formación Cupido está constituida por bancos de calizas densas muy puras de espesores medios y gruesos (0.8 a 1.50 m) en un color que varía del gris obscuro al claro. Algunos de los horizontes de caliza contienen nódulos de pedernal oscuros diseminados en forma regular entre los estratos. Puede observarse que, cerca del contacto con la formación superior Cuesta del Cura, los estratos tienden a adelgazarse. En general, en todos los afloramientos de las calizas Aurora se hacen notables los fenómenos de disolución, lo que se puede observar claramente en las explotaciones en las canteras. Las características litológicas y la composición química de esta formación hacen que sean particularmente susceptibles a la disolución. Una muestra de ello son los manantiales que afloran en las zonas donde hay un claro predominio de esta formación.

Formación La Peña: Kip. La formación La Peña, que originalmente se había incluido como una parte inferior de la formación Cupido, ha sido separada como una formación con características que la definen perfectamente.

Las capas alternadas de lutitas y calizas de poco espesor, su localización perfectamente definida entre las formaciones Aurora y Cupido, su menor dureza que la hacen aparecer siempre formando una escotadura entre estas dos formaciones y su pequeño espesor que varía entre 10 y 100 m la hace más fácilmente identificable en todos los reconocimientos de campo.

Las características litológicas de la formación son notables por su constancia, en cambio, el espesor puede tener variaciones locales grandes. En el flanco Sur de la sierra Minas Viejas tiene un espesor de 40 m, y en flanco Norte llega hasta los 100 m. El contacto entre las formaciones superiores e inferiores es concordante y no presenta ninguna transición. Sirve de horizonte índice en todas las perforaciones, y marca el principio de Cupido.

Su conformación es de calizas arcillosas de estructura laminar interestratificadas con calizas menos arcillosas de color gris claro y lutitas, pero en otras áreas aparece como una

lutita carbonosa con abundante pirita diseminada.

Formación Caliza Cupido: Kic. Esta formación está constituida por bancos gruesos de caliza hasta de 5 m de espesor, alternando con bancos de calizas dolomíticas y es la que representa el área mayor en los afloramientos de las montañas del Sur de Coahuila y el Este de Nuevo León. Se presenta formando acantilados muy característicos en el cañón de La Huasteca y en la sierra de los Muertos. En la sierra de Los Frailes y en la sierra de Minas Viejas están perfectamente expuestos en forma vertical las secciones completas de esta formación, en las entradas de los potreros.

Constituidas por calizas, calizas dolomíticas y dolomías con algunos nódulos de pedernal en estratos de medianos a gruesos predominando los gruesos, su parte inferior está caracterizada por presentar una estratificación más delgada. La formación Cupido se encuentra constituida por calizas gruesas de color gris con estiolitas paralelas a los planos de estratificación.

Formación Sombrerillo-Transicional: Kis. La formación Sombrerillo, también conocida como formación Kiamichi, presenta espesores que van de los 20 a 60 metros, se considera una formación transicional con elementos de Cuesta del Cura y Aurora, y en algunos casos contiene abundantes bandas de pedernal.

Jurásico Superior. Formación Caliza Zuloaga: JsZ La caliza zuloaga está constituida por estratos de calizas estratificadas en capas delgadas de color gris oscuro que intemperizan dejando un residuo característico ferruginoso y de calizas color gris oscuro en bancos de mayor espesor. En los afloramientos donde está expuesta es frecuente la presencia de grandes cuerpos irregulares de yeso que en ocasiones se presentan con estratificación concordante con las calizas y en otras aparecen como intrusivos.

En forma general las calizas son de color gris a gris claro, de grano fino con capas de 1.0 a 4.0 m con horizontes caolíticos y ocasionalmente calcarenitas.

Formación La Casita: JsLc. Es una de las formaciones que presentan variaciones laterales

en sus características litológicas y en sus espesores, afloran únicamente en las regiones donde la erosión ha sido más activa y ha puesto al descubierto las partes más bajas de las estructuras geológicas, sus afloramientos no cubren grandes extensiones.

Está constituida por una serie de lutitas, limolitas, areniscas. La formación consiste principalmente de lutitas carbonosas de color gris oscuro a negro interestratificadas con areniscas conglomeráticas. Presenta yeso en lentes delgados y vetillas. Se encuentran también capas delgadas de calcita siguiendo los planos de estratificación con pirita diseminada en muchos casos.

Esta formación presenta sus mejores secciones en la sierra de Los Frailes, sierra de Minas Viejas y en el flanco noroeste del cerro del Topo Chico al Norte del área metropolitana de Monterrey. Esta formación puede dividirse en dos pisos bien definidos, el inferior en el que predominan los depósitos de tipo arcilloso y en el superior en que son notables los depósitos clásticos que originan areniscas y conglomerados bien cementados. En ambos pisos se encuentran intercalaciones de capas calizas, lutitas calcáreas y lutitas carbonosas.

3.3.6 Geohidrología

3.3.6.1 Reconocimientos geológicos en el área de estudio¹⁶

Estos reconocimientos son el resultado de estudios generales realizados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Comisión de Agua Potable de Monterrey, en ellos se hicieron observaciones de altimetría, comprobación de los afloramientos y observaciones de los rasgos estructurales y estratigráficos, con la finalidad principal de localizar zonas aptas para el aprovechamiento de aguas subterráneas. A continuación se presenta el resultado de dichos estudios en la zona.

EXTREMO NOROESTE DEL ANTICLINAL DE POTRERO CHICO

El anticlinal de Potrero Chico, junto con el anticlinal de Potrero de García, forman la sierra

16

Estudio Geohidrológico de Acuíferos Regionales en Calizas Zona Monterrey, 1967.

del Fraile. Los dos anticlinales con orientación del noroeste al sureste se encuentran separados por un sinclinal.

El anticlinal de Potrero Chico constituye la parte norte del sistema, en una estructura cuyo eje presenta una curvatura hacia el sur.

En los flancos afloran las formaciones del Cretácico desde Indidura hasta Cupido, y en la parte central del anticlinal la erosión ha formado un potrero en el que afloran las formaciones Taraises del Cretácico y La Casita del Jurásico Superior.

El buzamiento noroeste de la estructura presenta condiciones estratigráficas y estructurales que no son muy favorables para la extracción de agua subterránea. La inclinación de los echados es del orden de 40° y el área apta para un campo de pozos es reducida.

Topográficamente, el buzamiento noroeste es más alto que el extremo opuesto y al occidente ya no aparecen afloramientos de las calizas acuíferas, sino que se encuentran las formaciones superiores del Cretácico Superior.

EXTREMO SURESTE DEL ANTICLINAL DEL POTRERO CHICO

La porción sur que constituye el buzamiento sureste de esta estructura muestra características geohidrológicas algo más favorables que el extremo noroeste.

En las proximidades del parque conocido como Mutualista afloran rocas del Cretácico Superior correspondientes a las formaciones Indidura y Parras, con echados de 32° . Hacia la porción occidental y correspondiendo a las formaciones Indidura y Cuesta del Cura, aparece un pequeño valle que ha sido labrado por la erosión en el que se pueden observar formaciones correspondientes a la Aurora y La Peña.

Existe un manantial aproximadamente a la cota 640 m., pero las condiciones estructurales dada la inclinación de las capas que en este lugar tienen 45° así como lo reducido del área, hacen que la zona no se vea favorable para un campo de pozos.

3.3.6.2 Unidades Geohidrológicas

Las unidades geohidrológicas se determinaron en base al análisis de las características físicas de los materiales consolidados y no consolidados para determinar sus posibilidades de obtener agua o no.

Según información recabada del INEGI, la sierra El Fraile, a la altura de Hidalgo, N.L. y el cerro del Topo Chico, en Escobedo, estructuras geológicas aledañas al área de estudio, presentan material consolidado con posibilidades bajas de obtener agua¹⁷. Esta unidad geohidrológica se encuentra ampliamente distribuida en la zona, la constituyen caliza, arenisca y lutita de edad Jurásico Superior y Cretácico Superior. No obstante, estos materiales se presentan fuertemente plegados con gran cantidad de fallas y fracturas que, en consecuencia, le permiten presentar en ciertas zonas permeabilidades variables.

Por otra parte, es sabido que la caliza en general presenta una permeabilidad alta, sin embargo, en la zona de proyecto, debido a su relieve elevado y posición estratigráfica funciona como zona de recarga, donde el agua migra hacia los valles situados en estructuras sinclinales en los cuales, al perforarse sobre ellos, se obtienen buenos gastos.

Asimismo, la unidad de arenisca, ubicada en la porción norte, se le considera con permeabilidad baja, por el fuerte grado de compactación e intercalación con lutita.

La unidad geohidrológica de material no consolidado con posibilidades altas de obtener agua se extiende alrededor de las sierras El Fraile y San Miguel, es decir, se encuentra ampliamente distribuida en la zona, siendo constituida por los depósitos aluviales de composición areno-arcillosa que rellenan, por lo general, las estructuras sinclinales y poseen una permeabilidad alta.

Los acuíferos que se explotan son libres existiendo en esta unidad gran cantidad de norias con niveles y gastos variables; la calidad del agua varía de dulce a salada; la dirección del

17

Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. (1981). Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas 1:250 000 Monterrey G14-7.

flujo subterráneo es similar al que presentan las corrientes superficiales; los niveles estáticos son de diez metros en promedio y se ubican en todo el valle de Monterrey.

Sobre la sierra San Miguel, en la zona denominada Potrero Chico, en el valle central de dicha sierra, ubicamos una zona aislada donde predomina la unidad geohidrológica de material no consolidado con posibilidades bajas de obtener agua. Está constituida de material aluvial que cubre depresiones topográficas, siendo de espesor reducido, estos suelos son de composición areno-arcillosa de permeabilidad baja. También forman parte de esta unidad depósitos de conglomeráticos calcáreos poco consolidados. A esta unidad se le considera de baja posibilidad debido a su posición topográfica, estratigráfica y a sus características físicas lo cual influye en la ausencia de aprovechamientos.

3.3.6.3 Características geohidrológicas de las formaciones ¹⁸

PLEISTOCENO

Reciente. Estos depósitos constituyen acuíferos locales de permeabilidad muy variable dependiendo de la mezcla de los materiales arcillosos y de los clásticos gruesos. La capacidad productora es relativamente baja y los almacenamientos no son muy grandes como se ha podido comprobar en la región de Monterrey donde en la actualidad se encuentran agotados después de haber sido explotados por medio de pozos someros.

Las posibilidades para una explotación grande e intensiva no pueden tener comparación con las posibilidades que tienen los acuíferos en las calizas.

CENOZOICO

Eogeno y Neogeno

MESOZOICO

Cretácico Superior. Formación Indidura: Ksi. Esta formación se ha considerado como confinante superior que cubre a los horizontes acuíferos constituidos por las calizas Aurora

18

Sisteleón. (1990). Estudio General de los Acuíferos en el Subsuelo del Estado de Nuevo León.

y Cupido en ausencia de la Kiamichi.

Cretácico Inferior. Formación Cuesta del Cura: Kicc. En general puede considerarse esta formación como una formación impermeable y confinante. Ocasionalmente en las zonas en donde ha sido sometida a esfuerzos que la han fracturado grandemente puede permitir la circulación de las aguas que pasan desde la Aurora a través de la Kiamichi cuando ésta se encuentra presente.

Formación Aurora: Kia. Dadas las características anteriormente descritas de esta formación, se considera que es muy favorable para la circulación de las aguas subterráneas y que constituyen acuíferos de mucha importancia junto con la formación subyacente de Cupido.

Formación La Peña: Kip. Dado el carácter arcilloso de la Formación La Peña puede considerarse ésta no apta para la circulación de las aguas subterráneas. En algunos lugares puede constituir una barrera que separe las aguas que circulan entre las calizas Cupido y Aurora, como se pudo comprobar en la perforación de los pozos de La Huasteca donde se tiene la seguridad que esta formación actúa como confinante. En general, como todas las formaciones han sido sometidas a intensos plegamientos y afallamientos, en la mayor parte de los casos, esta formación no constituye una barrera, y tanto las formaciones Aurora y Cupido, en general, pueden considerarse como un solo acuífero.

Formación Caliza Cupido: Kic. Por su uniformidad y espesor, por su posición estratigráfica y por la activa disolución que muestra en sus afloramientos, la formación Cupido se considera como la que tiene las condiciones más favorables para permitir la circulación permanente de aguas subterráneas. Constituye el acuífero principal, y la mayor parte de los pozos perforados obtienen producción de ella. Las Grutas de García serían la máxima expresión del fenómeno de disolución en la formación Cupido

Jurásico Superior. Formación Caliza Zuloaga: JsZ. Aunque se pueden observar los efectos de la disolución en estos sedimentos y se estime que la circulación de las aguas subterráneas a través de ellos puede ser activa, hay que tener en cuenta que estas aguas tendrán características de mineralización fuerte.

Formación La Casita: Jslc. Ambas divisiones de esta formación, por sus características litológicas, las hacen inadecuadas para la circulación del agua subterránea y se considera en conjunto una formación de muy baja permeabilidad y confinante.

3.4 EDAFOLOGIA

En términos generales, en toda la subprovincia de Sierras y Llanuras Coahuilenses pertenecientes a la Provincia de la Sierra Madre Oriental se observa un claro predominio de los suelos litosoles, los cuales son de origen residual, poco desarrollados y muy someros (en promedio no exceden los 10 cm de profundidad). Sin embargo, dependiendo del sistema de topofomas en que se encuentren, forman asociaciones diferentes ¹⁹.

Asimismo, otros sistemas de topofomas en los que no domina el litosol son: las bajadas que se encuentran alrededor de las sierras Las Mitras, El Fraile y San Miguel, donde predominan xerosoles háplicos, lúvicos y calcáricos; grandes llanos donde dominan regosoles cálcicos asociados con xerosol háplico en fase lítica o petrocálica; y los pequeños valles intermontanos localizados entre las sierras del Fraile y San Miguel, donde dominan suelos someros y oscuros como las rendzinas que, sobre una fase petrocálica, se encuentran asociados a litosol y a feozem calcárico.

3.4.1 Características edafológicas de la región de estudio

De acuerdo a la unidad de clasificación FAO/UNESCO, entre la gran diversidad de suelos presentes en la zona de estudio de la sierra San Miguel, se encuentran, de manera general, los siguientes tipos y asociaciones de suelos:

El valle intermontano formado en la parte central de la Sierra El Fraile, se hacen manifiestas las siguientes asociaciones de suelos:

19

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (1986). Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. México.

Rendzina asociada a litosol de clase textural media y en fase lítica (E+I/2). Castañozem cálcico como suelo primario y único de clase textural fina y en fase gravosa (Kk/3). Fluvisol calcárico también como suelo primario y único en fase gravosa (Jc/1) y de clase textural gruesa en los treinta centímetros superficiales del suelo (Xl/3).

Al suroeste del área de estudio se localizan las asociaciones conformadas por xerosoles háplicos unidos ya sea a regosol calcárico de clase textural media (Xh+Rc/2); o unidos a fluvisol calcárico también de clase textural media (Xh+Jc/2), ambos en fase física gravosa. El regosol calcárico se presenta como suelo primario y único en fase gravosa y de clase textural media (Rc/2), al poniente del área de estudio.

Por otra parte, debido a la presencia de un escurrimiento superficial de tipo intermitente denominado "El Potrero" y "Arroyo Blanco", se ubica también suelo tipo fluvisol calcárico de clase textural gruesa y en fase gravosa (Jc/1) localizada sobre el lecho del arroyo.

Al sureste de la zona de estudio se localizan también una gran diversidad de suelos: se encuentran la asociación de rendzina y litosol de clase textural media y en fase petrocálcica (E+I/2); otra asociación importante es la del castañozem lúvico, de clase textural fina en los treinta centímetros superficiales del suelo (Kl/3).

Otro tipo de suelo localizado al sureste de la zona de estudio es el feozem calcárico de clase textural media y en fase gravosa (Hc/2); cercano a éste, sobre el Cerro del Topo Chico, encontramos la asociación de litosol y regosol calcárico de clase textural media (I+Rc/2).

Al norte del área de estudio, sobre el valle intermontano, localizado al centro de la Sierra San Miguel, se ubica la asociación de feozem calcárico y rendzina, de clase textural fina en los treinta centímetros superficiales del suelo en fase gravosa (Hc+E/2).

Al noroeste del área de explotación se ubica, de forma aislada, sobre la cañada denominada "El Abra", la asociación de suelos conformada por vertisol crómico y rendzina, de clase textural media y en fase gravosa (Vc+E/2).

Específicamente en la zona de estudio donde se ubican las pedreras, encontramos las siguientes asociaciones dominantes²⁰:

I+E/2 Asociación de litosol como suelo primario, y rendzina como suelo secundario, de clase textural media en los treinta centímetros superficiales de suelo.

I+E+Jc/2 Asociación de litosol como suelo primario, rendzina como suelo secundario, y fluvisol calcárico como terciario, de clase textural media en los treinta centímetros superficiales de suelo, en fase petrocálica.

E+I/2 Asociación de rendzina como suelo primario y litosol como suelo secundario, de clase textural media en los treinta centímetros superficiales del suelo, también en fase petrocálica.

Estas asociaciones conforman prácticamente ambos cuerpos de la sierras tanto San Miguel, como El Fraile.

Se ofrece una descripción de las características de cada uno de los tipos de suelos dominantes en la zona de estudio²¹.

Los **litosoles** son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca, tepetate o caliche duro. Se localizan en todas las sierras de México, en mayor o menor proporción, en laderas y barrancas, así como en lomeríos y en algunos terrenos planos.

Tienen características muy variables, en función del material que los forma. Pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. Su susceptibilidad a erosionarse depende de la zona en donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo, y puede ser desde moderada hasta muy alta.

²⁰ CETENAL. (1977). Carta Edafológica G14C15.

²¹ INEGI. (1990). Guías para la Interpretación de Cartografía. Edafología. México.