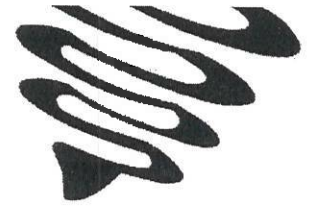


# EEMSSA

ESTUDIOS ESPECIALIZADOS DE MECANICA DE SUELOS, S.A. DE C.V.  
Lázaro Cárdenas No. 436 Col. Emiliano Zapata, Tel. 83.47.54.44 Fax. 83.47.54.51 Monterrey, N.L. C.P. 64390  
e-mail: eemssa@prodigy.net.mx



L-238/18

## ESTUDIO DE RIESGO GEOLOGICO IT-226-2017

INVERISIONES HEB, S.A. DE C.V

PROYECTO  
SITE CARRETERA NACIONAL  
EL URO  
MONTERREY, NUEVO LEON.



1

MONTERREY, NUEVO LEON, NOVIEMBRE 2017.

ELIMINADO: Dos palabras. 1. Nombre de la persona física 2. Firma de la persona física  
Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclassificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



2

# Estudio de Riesgo Geológico para Proyecto Site Carretera Nacional.

Monterrey, Nuevo León, México  
Noviembre 2017

EEMSSA IT-226-2017  
Noviembre 2017

Elaboró:

[Redacted] 3

[Redacted] 4

Revisó:

[Redacted] 5

**EEMSSA**  
Monterrey, N.L.  
64390, México  
(81) 8347 5451  
[eemssa@prodigy.net.mx](mailto:eemssa@prodigy.net.mx)

<http://www.eemssa.com.mx>

ELIMINADO: Cuatro palabras. 3. Nombre de la persona física. 4. Firma de la persona física  
5. Nombre de persona física. 6. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-Once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclassificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

[Redacted]

# Tabla de Contenido

<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>E-1</b>
<b>1. Introducción y Antecedentes</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivo del estudio	4
1.3 Alcance del Trabajo	5
1.4 Condiciones Limitantes y Especiales	5
1.4.1 Condiciones limitantes encontradas durante la visita al sitio	5
1.4.2 Asunciones Significativas	5
<b>2. Área de Investigación y Entorno del Sitio</b>	<b>6</b>
2.1 Área de investigación geológica	6
2.2 Localización del sitio, clima y vegetación	8
<b>3. Fisiografía del Área</b>	<b>11</b>
3.1 Descripción de la Topografía del Área	11
3.2 Geología regional	12
3.3 Estratigrafía	14
3.4 Geología local del Área de Estudio	18
3.5 Historia geológica y Evolución tectónica	20
3.6 Evolución de las principales Estructuras geológicas	25
<b>4. Evaluación del Riesgo presente en el área de estudio, Site Carretera Nacional</b>	<b>30</b>
4.1 Riesgo sísmico	30
4.2 Riesgo volcánico	36
<b>5. Discusión del Riesgo geológico</b>	<b>40</b>
5.1 Tipo de riesgos que pueden presentarse en la zona	40
5.2 Discusión sobre el riesgo sísmico en la zona de estudio	40
5.3 Exposición a Riesgos por efecto de las actividades humanas	44
<b>6. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>46</b>

## BIBLIOGRAFÍA

ELIMINADO: Una palabra. 7. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

## Resumen Ejecutivo

Estudios Especializados de Mecánica de Suelos, S.A. de C.V. (EEMSSA) fue contratada directamente por Supermercados Internacionales H.E.B., S.A. de C.V., a través del Arquitecto Tadeo Ortiz, para efectuar el Estudio de Riesgo Geológico del área circundante a un predio actualmente sin construir, en el cual se desea desarrollar el proyecto denominado Site Carretera Nacional, el cual consta tienda y tiendas sub-ancas, además de las áreas de carga y descarga, así como de los estacionamientos para los clientes. El predio del estudio, se ubica sobre la Carretera Nacional entre Antiguo Camino a Villa de Santiago y Camino a Rancho La Bola, así como la Calle Rio Los Sabinos, todo esto al Sur del Municipio de Monterrey, Nuevo León.

La finalidad de esta investigación es determinar el tipo de riesgos geológicos que podrían presentarse en el área del proyecto. Adicionalmente, en caso de que fuera necesario, también es parte de este estudio la evaluación *a priori* del grado de afectación que podría ocasionar un evento de este tipo, de llegar a presentarse para el proyecto por desarrollar denominado Site Carretera Nacional, el cual contempla la construcción de Tienda de Autoservicio y tiendas sub-ancas.

Para el desarrollo de este estudio y las actividades de campo, así como el trabajo de gabinete y la elaboración de este informe técnico, los trabajos fueron realizados por el Ing. Rafael Elizondo, del staff de ingeniería geológica de EEMSSA. En este informe se describen las condiciones geológicas imperantes en el área donde se localiza el sitio del proyecto, a través de su evolución geológica y de la comprensión del funcionamiento del modelo tectónico, que explica el origen de fenómenos geológicos como los sismos, que se han presentado recientemente en el estado de Nuevo León y que potencialmente pueden presentarse en la localidad, y que pudiesen inferir en el proyecto a desarrollar de la Tienda de Autoservicio y estructuras complementarias.

ELIMINADO: Una palabra. 8. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

EEMSSA

# 1. Introducción y Antecedentes

## 1.1 Antecedentes

El estado de Nuevo León está situado en el extremo noreste de la República Mexicana. Se localiza entre los paralelos 23 10' 00" y 27°47'30" de latitud Norte, y los 98°24'38" y 101° 12'9" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

El trópico de Cáncer, situado en el paralelo 23°27' de latitud norte, atraviesa al estado en el extremo sur, tres kilómetros al norte de la cabecera del municipio de Mier y Noriega y 24 kilómetros al sur de la de Dr. Arroyo.

Limita al norte con el estado de Coahuila, los Estados Unidos de América, en la angosta zona fronteriza del municipio de Colombia y con el estado de Tamaulipas; hacia el oeste limita con Coahuila, San Luis Potosí y con Zacatecas (en el vértice de los límites de los cuatro estados) y al sur comparte todo su límite oriental con San Luis Potosí y Tamaulipas.

El estado de Nuevo León tiene una forma de un polígono irregular y alargado, su superficie es de 64,555 kilómetros cuadrados; su parte más ancha mide 269 kilómetros, siendo ésta muy irregular; mide 509 kilómetros de norte a sur. Por su extensión ocupa el décimo tercer lugar en el país.

Las coordenadas del punto medio del predio en son 25°32'55" latitud Norte y 100°13'31" longitud Oeste con una elevación de 588 m.

En lo que respecta a la constitución geológica, en el estado predominan las formaciones sedimentaria de origen marino. Sólo al noreste del municipio de Galeana, sobre la Sierra Madre y en algunas elevaciones del norte se han encontrado pequeños afloramientos de rocas metamórficas y algunas rocas ígneas intrusivas, su suelo es de la era mesozoica.

El estado de Nuevo León es atravesado de noreste a sureste por la Sierra Madre Oriental. Su altura promedio es de 2 mil a 2, 300 metros y su anchura oscila entre los 30 y 65 kilómetros. Los picos más altos son los de San Antonio de Peña Nevada en el municipio de General Zaragoza con cerca de 3,600 metros de altura y El Potosí, ubicado en el municipio de Galeana con una altura de 3,000m.

ELIMINADO: Una palabra. 9. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

En la ciudad de Monterrey, está la Sierra Cerro de la Silla con una altura de 1,800 metros sobre el nivel del mar y hacia el sur hay una serie de sierras conformadas por rocas de origen sedimentario (se forman en las playas, los ríos y océanos y en donde se acumulen la arena y barro) donde se encuentra el cerro El Morro con 3,710 msnm, que es la mayor altitud del estado. Dentro del Valle de Monterrey, separado del cerro de las Mitras por la Sierra Madre, se localiza la Loma del Obispado; al sur de la ciudad se tiene la extensión montañosa conocida como la Loma Larga.

También son notables los valles, que están comunicados por cañones transversales como los de Rinconada al noroeste, y el de Santa Catarina, llamado también de la Huasteca, al oeste de Monterrey; el de Huajuco en el municipio de Santiago y el Rayones, al sur está el cañón de Santa Rosa llamado de Los Altares, el cual comunica a Linares con Galeana y el que une a General Zaragoza con Aramberri.

Al norte hay extensos lomeríos, interrumpidos por algunas sierras aisladas, que forman valles entre serranías, localmente se les denomina potreros como el de San José de la Popa.

Asimismo, hay una gran llanura conocida como población Anáhuac, la altura más baja es de 100 metros y se localiza al este en el límite con el estado de Tamaulipas.

El sitio de estudio presenta una vegetación de arbustos pequeños a medianos y zacatal, así como un desnivel entre la Carretera Nacional y el predio de hasta 5.0 m. La topografía existente marca una barrera para el acceso al predio en estudio, la cual deberá de ser retirada considerando la infraestructura existente sobre dicha área para su reubicación, toda la topografía se encuentra en el levantamiento topográfico y deberá de ser considerada para la ejecución del proyecto planeado, así como el de considerar la infraestructura sobre dicho frente.

Como parte de los estudios técnicos solicitados para llevar a cabo el proyecto mencionado Site Carretera Nacional, la autoridad municipal correspondiente determinó que es necesario presentar un estudio de riesgo geológico del sitio del proyecto considerado.

## **1.2 Objetivo del estudio**

Con estos antecedentes, el Arquitecto Tadeo Ortiz, solicitó a Estudios Especializados de Mecánica de Suelos (EEMS, S.A. de C.V.), el desarrollo del presente Estudio de Riesgo Geológico y mitigación del mismo, a fin de determinar el potencial de que pudiera ocurrir un evento de este tipo en el sitio del proyecto Site Carretera Nacional.

ELIMINADO: Una palabra. 10. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

### 1.3 Alcance del Trabajo

Para el desarrollo del presente estudio, primeramente se llevó a cabo la recopilación bibliográfica de información disponible para la localidad del sitio del proyecto, a través de las diferentes fuentes y autores. Asimismo, se llevó a cabo el reconocimiento de campo el día 15 de Octubre de 2016, el cual fue conducido por el Ing. Rafael Elizondo, quien hizo una inspección física del sitio para recabar datos geológicos.

El alcance del trabajo fue definido por EEMS, S.A. de C.V. y autorizado por el Arquitecto Tadeo Ortiz, para la ejecución de las actividades mencionadas, las cuales incluyeron la recopilación y revisión de información bibliográfica para la visualización del entorno y la descripción del proyecto; la descripción de la historia geológica del área de estudio así como su evolución tectónica y la presencia de rasgos estructurales activos tales como fallas y fracturas que representen un riesgo potencial en el área de estudio.

Toda la información recolectada, se incluye un apartado con las conclusiones y recomendaciones correspondientes con respecto a este tipo de riesgo, para el proyecto a desarrollar Site Carretera Nacional.

### 1.4 Condiciones Limitantes y Especiales

#### 1.4.1 Condiciones limitantes encontradas durante la visita al sitio

El día de la visita de campo al sitio se registró un estado del tiempo caluroso aunque con cielo parcialmente nublado y sin precipitación, con una temperatura máxima de aproximadamente 33°C y un ambiente húmedo. No se observaron condiciones limitantes o especiales que impidieran la ejecución de los trabajos.

#### 1.4.2 Asunciones Significativas

11

Durante esta evaluación del sitio, EEMSSA consideró como una fuente de información válida lo siguiente: 1) comunicación telefónica con el [REDACTED] y personal de Mas Arquitectura, quien proporcionó información sobre el proyecto; 2) los registros actuales e históricos disponibles por parte de agencias federales, estatales y municipales; y 3) las observaciones visuales hechas durante la visita al sitio. Se asumió hasta un límite razonable, que esta información es precisa. En caso de surgir información adicional que fuera descubierta posteriormente y que sea contraria a aquella proporcionada a EEMSSA, las conclusiones presentadas en este informe podrían no ser exactas y se deberá realizar su valoración.

ELIMINADO: Dos palabras. 11. Nombre de persona física. 12 Firma de la persona física.

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

12

## 2. Área de Investigación y Entorno del Sitio

### 2.1 Area de investigación geológica

En el contexto del marco físico regional del estudio se consideró a toda el área metropolitana de Monterrey, que abarca a la capital del estado y a otros 8 municipios conurbados<sup>1</sup>, además de partes de otros municipios como referencia para el contexto geológico, fundamento de esta investigación, abarcando una superficie total de más de 4,100 km<sup>2</sup>, según se define en el Atlas de Riesgo del Estado de Nuevo León. En la Fig. 2.1 se aprecia el medio fisiográfico natural que rodea al área de estudio, destacando La Sierra Cerro de la Silla y el flanco meridional de la Sierra Madre Oriental hacia el SW, del predio en estudio donde se desarrollará el proyecto Site Carretera Nacional.

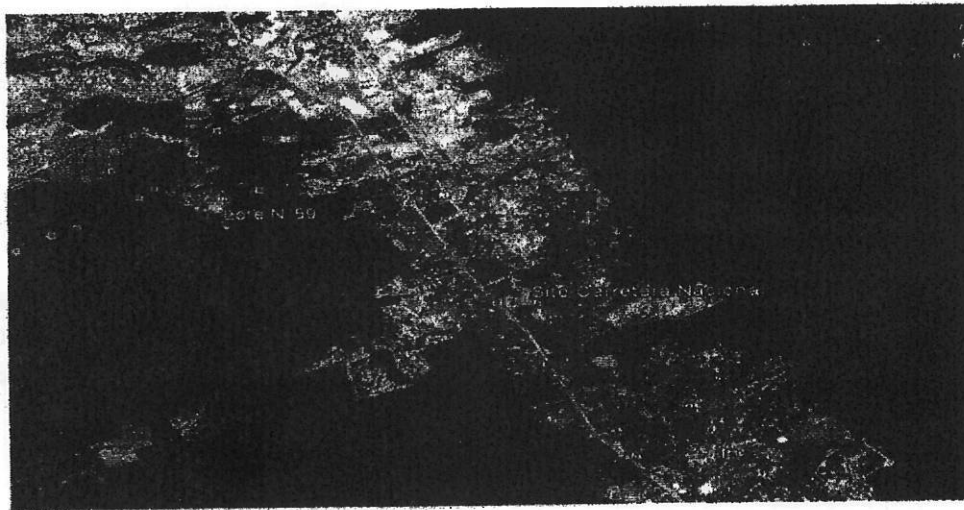


Fig. 2.1 Marco regional del área de estudio, apreciando la Sierra Cerro de la Silla al Oriente del predio en estudio.

ELIMINADO: Una palabra. 13. Firma de la persona física.

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

EEMSSA



El área en estudio comprende parte de dos provincias, a la Provincia Llanura Costera del Golfo Norte, a la cual pertenecen las llanuras de la parte Norte del área metropolitana de Monterrey y a la Provincia de la Sierra Madre Oriental, con elevaciones máximas de 2,500 msnm y de la Subprovincia Llanuras y Lomeríos y Llanuras Coahuilenses, así como al sistema de topofomas, Lomerío con llanuras y Bajada con Lomerío. La altitud del valle aluvial es variable y va descendiendo desde los 600 msnm hacia la parte de Santa Catarina al oeste, hasta los 100 msnm en el extremo con el estado de Tamaulipas.

La provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte que ocupa en el estado 9,602.69 kilómetros cuadrados abarcando el área de Monterrey, Montemorelos y Linares. Quedan integrados los municipios de Apodaca, Cadereyta Jiménez, El Carmen, Ciénega de Flores, General Zuazua, Hualahuises, Marín, Pesquería, San Nicolás de los Garza y arte de Allende, General Escobedo, General Terán, Juárez, Los Ramones y Salinas Victoria.

En su sistema de topofomas se incluye la sierra baja, la sierra de las Mitras, lomerío suave con bajadas y lomerío suave con llanuras. Los suelos que predominan son los vertisoles, así como asociaciones de rendzina con litosol, vertisol crómico con regosoles y feozem, regosoles éutricos con litosol y castañozem lúvico y háplico con vertisoles y feozem.

El área de estudio que rodea al sitio del proyecto, se ubica en el suroriente del municipio de Monterrey y comprende la zona urbana del sector conocido como El Uro, del mismo municipio de Monterrey. El perímetro del área de estudio está delimitada por la misma Carretera Nacional el antiguo Camino a Villa de Santiago la Calle a Rancho La Bola y Calle Río Los Sabinos, del cual se presenta gráfico en la figura 2.2. Cuya vía de acceso principal es la Carretera Nacional.

ELIMINADO: Una palabra. 14. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

## 2.2 Localización del sitio

El sitio del estudio, corresponde a un predio actualmente sin desarrollar, del cual se estuvo extrayendo material, y se ubica sobre la Carretera Nacional entre Calle a Rancho La Bola y Calle Río Los Sabinos, el acceso principal es por la Carretera Nacional. Las coordenadas geográficas aproximadas del punto central de la propiedad son: 25°32'55" lat N y 100°13'31" long Oeste y se encuentra a una altitud promedio de 588 msnm. Con sus desniveles conocidos.

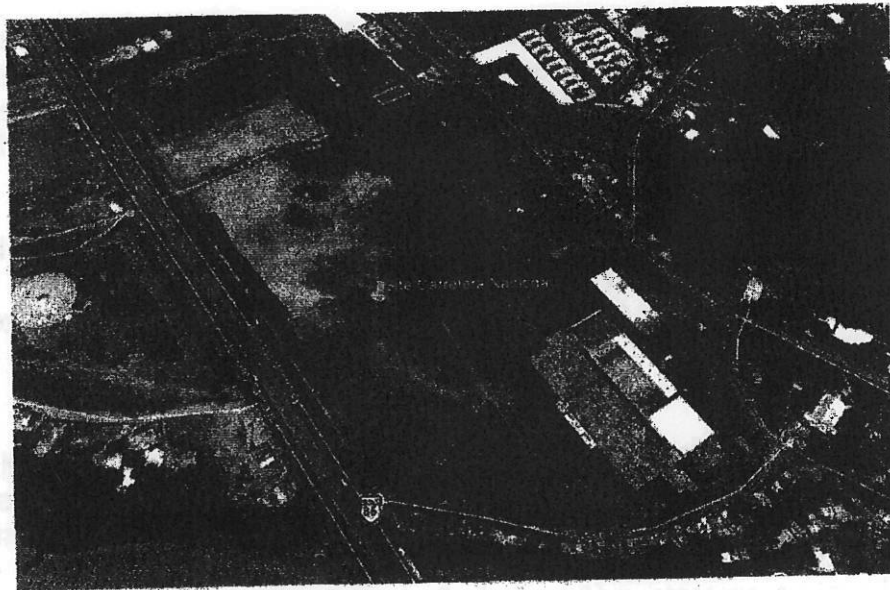


Fig. 2.2 Ubicación del predio del estudio de Riesgo Geológico, apreciando las excavaciones de extracción de materiales en parte de la superficie del mismo y vegetación existente.

### Clima.

La zona Conurbana de Monterrey se caracteriza por su clima seco estepario, cálido y extremo con lluvias irregulares a fines de verano. La temperatura media anual es de 22.1°C. Los veranos son cálidos muy secos con temperaturas de 35°C y hasta 40°C en Julio y Agosto. El invierno es corto con temperaturas bajo cero en algunos días del mes de Diciembre y Enero. Por la conformación orográfica del Valle de Monterrey, por el régimen de vientos y otros factores geográficos, ocurren significativas variaciones locales del clima en general. La zona norte, semicálida; la zona sur, con clima templado, sub-húmedo; y en el centro de la Zona Conurbana de Monterrey, donde se localiza la isla de calor generada por el calor producido por las industrias, los vehículos, la alta proporción de área pavimentada y la falta de forestación, zona en la que se ubica nuestro predio en estudio. De este modo, se llega a presentar una diferencia de hasta 4°C en relación al área del Bosque La Pastora, al sureste de la zona Conurbana.

ELIMINADO: Una palabra. 15. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

En los municipios del valle del Salinas el clima característico es seco-semicálido con una temperatura media de 18°C, Cadereyta cuenta con un clima semicálido subhúmedo con una temperatura media anual de 22°C.

#### Vegetación.

En la zona Conurbana de Monterrey se localizan los siguientes tipos de vegetación.

Bosque de galería y Vegetación riparia. Este tipo de comunidad se encuentra distribuida de manera fraccionada en las riberas de algunos ríos y arroyos más representativos del área Conurbana, tales como: Río Santa Catarina, Arroyo Elizondó, Arroyo Sabinas (Juárez) Río Pesquería; algunos de los elementos predominantes que se localizan son el mezquite, álamo, sauce, sicomoro y sabino.

Bosque de pino-encino, cedros y juníperos. Estas comunidades representan en su mayoría áreas de preservación ecológica, localizadas generalmente en la Sierra madre y la Sierra de las Mitras, frecuentemente por encima de los 800 m.s.n.m.

Matorral submontano. Es la vegetación que separa los elementos del matorral desértico de las planicies y los bosques de encino-pino, existentes en los taludes superiores de la Sierra madre Oriental. Las especies típicas son huizache, chaparro prieto, mezquite, cenizo, anacahuita. Está ampliamente distribuido en las laderas de las montañas y a lo largo del valle de la Zona Conurbana. Esta vegetación es la que se tiene en nuestro predio en estudio.

Matorral espinoso con izotales. Se localiza en la planicie superior, desde la zona de Apodaca hasta el sureste, algunas especies están al norte del área metropolitana, condicionados por la humedad, la salinidad y la profundidad del suelo. Las especies características son : uña de gato, guayacán, guajillo, colima, chaparro amargoso, tasajillo, nopal, izotes o yucas, maguey, lechuguilla, gobernadora, hojásén.

Matorral desértico. Existen dos tipos rosétófilo y micrófilo; el primero se presenta sobre flancos montañosos y taludes de varias elevaciones con afloramientos rocosos, el segundo se localiza en terrenos planos o en abanicos aluviales de lomas o cerros, en los municipios de García y Santa Catarina. Están representados por las especies: sotol, guapilla, lechuguilla, amole, candelilla, nopal cegador y biznaga dulce para el primer tipo y para el segundo por gobernadora, hojásén, ocotillo, chaparro prieto, guajillo y granjeno.

Chaparral. Comunidad donde predominan encinos arbustivos y algunos elementos de origen secundario de comunidades de bosque. Se localizan principalmente en las partes altas del municipio de Santa Catarina, en laderas en donde ha sido removida la vegetación natural, en algunos casos por el fuego.

ELIMINADO: Una palabra. 16. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

Mezquital. Comunidad donde predomina el mezquite; se localiza en el taludes inferiores, en terrazas fluviales y fondos de valles (condiciones de suelo y humedad favorables), en la parte noreste, en los municipios de Apodaca, Ciénega de Flores y General Zuazua.

Pastizales. Son superficies cubiertas por diversas especies de gramíneas, producto de desmontes que han sido abandonados, las cuales están desapareciendo por el crecimiento de la mancha urbana, tal es el caso donde hoy se ubica Ciudad Solidaridad en el Municipio de General Escobedo.

Vegetación secundaria. Es una etapa sucesional que agrupa todas aquellas formas vegetales, herbáceas, arbóreas y arbustos que se desarrollan en sitios donde la vegetación natural ha sido destruida o degradada total o parcialmente.

Al momento de efectuarse la visita de reconocimiento al sitio se tiene una vegetación xerófila la cual deberá de retirarse de la superficie de construcción en la etapa de limpieza del predio en estudio y colocarse fuera de la futura área de construcción del proyecto Site Carretera Nacional.

ELIMINADO: Una palabra. 17. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

### 3. Fisiografía del Área

#### 3.1 Descripción de la Topografía del Área

El área de estudio se encuentra sobre la Carretera Nacional, con desnivel muy marcado en toda su superficie y principalmente en su parte frontal con el límite de propiedad de la misma con la Carretera Nacional de aproximadamente 5.0 m. en la cual se encuentra la infraestructura existente y deberá de ser reubicada para la ejecución de este proyecto y evitar cualquier tipo de accidente durante dichos trabajos. El área presenta desniveles muy marcados entre los diferentes límites del mismo para lo cual se deberá de considerar dicho desnivel en la ejecución del proyecto.

La zona urbana está creciendo sobre suelos y rocas sedimentarias del Cuaternario, en lomeríos; tienen clima semicálido y con lluvias escasas todo el año, y está creciendo también hacia la parte Sur de la ciudad en donde se requieren más servicios como los que se proyectan proporcionar con el Supermercado a desarrollar denominado Site Carretera Nacional.

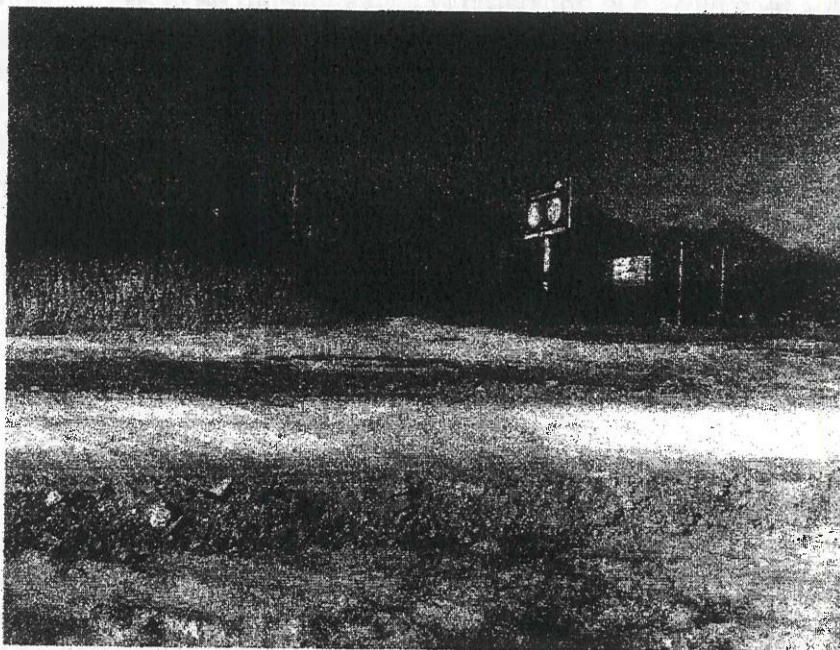


Fig. 3.1 Parte del área de estudio ubicada al Sur de la ciudad, apreciando el desnivel existente y la presencia de los anuncio sobre la Carretera Nacional, observando la escasa vegetación en dicha área.

ELIMINADO: Una palabra. 18. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

### 3.2 Geología regional

El área del estudio se encuentra en al Sur del municipio de Monterrey. Considerando el rango de exploración utilizado para este estudio, lo cual queda dentro de la Provincia Fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo Norte; que abarca las tierras más bajas de Nuevo León, y que por su morfología de llanuras aluviales extensas, es la zona del estado que mejor responde al nombre de "plano inclinado", y la cual pertenece a la Subprovincia de Cuencas y Sierras. Esta ocupa aproximadamente una superficie equivalente al 15% del total del estado (9,600 km<sup>2</sup>), y su estratigrafía consiste principalmente de rocas de origen marino y de litoral continental (calizas y lutitas, respectivamente) del Cretácico Superior, lutitas (21%) conglomerado (9%). En los valles aluviales (como en el que se encuentra el sitio del proyecto), suelo aluvial (70%), sobreyaciendo a estas rocas se encuentran algunos sedimentos de conglomerados y brechas de edad pleistocénica, producto del arrastre de fragmentos de roca desprendidos de sus afloramientos ubicados en la Sierra Madre. La capa de sedimentos más reciente corresponde a materiales de relleno de origen clástico, depositados en la llanura aluvial y son de edad Cuaternaria (70%), Cretácico (21%) y Neógeno (9%),

Estructuralmente, estas rocas muestran abundantes fracturas y fallas de todo tipo, asociadas a los movimientos tectónicos que originaron el levantamiento de la Sierra Madre Oriental. El área que rodea a Monterrey se caracteriza por una aglomeración de sierras montañosas con estrechos valles aluviales. El suelo en la superficie está compuesto de materiales clásticos, desde gravas y arenas gruesas a finas, limos y arcillas, agrupados en capas de dimensiones variables, tanto de extensión como de profundidad y espesor, atestiguando un registro dinámico de los patrones de sedimentación en el más reciente tiempo geológico.

ELIMINADO: Una palabra. 19. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



Fig. 3.2 Se presenta el relieve del área que delimita al predio en estudio, Figura adaptada de INEGI. Apreciando la Sierra Cerro de la Silla, estructura más cercana al predio en estudio.

ELIMINADO: Una palabra. 20. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

### 3.3 Estratigrafía de la Provincia Llanura Costera del Golfo Norte

Comprende la porción central del estado y limita con la Gran Llanura de Norteamérica y con la Sierra Madre Oriental.

El Cretácico Inferior está representado por rocas calcáreas localizadas en el norte de la ciudad de Monterrey. La mayor parte de los afloramientos rocosos de esta provincia pertenecen al Cretácico Superior y está constituida por lutitas. Los conglomerados que sobreyacen en forma discordante a los sedimentos del Cretácico Superior son del Terciario ( Pleistoceno).

Los depósitos más recientes corresponden al Cuaternario y están constituidos por rellenos aluviales.

Las estructuras características de las rocas del Cretácico en esta provincia están formadas por numerosos pliegues de pequeñas dimensiones y por abundantes fracturas y fallas de corriente horizontal.

#### **Cretácico Inferior**

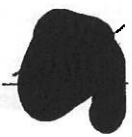
*Formación Carbonera*, se puede observar en las localidades de Huachichil, Arteaga, San Rafael, Allende y Rayones, principalmente. Está compuesta por una secuencia de lutitas arenosas interestratificadas alternando con areniscas de color gris en la cual existen cambios litológicos laterales que se presentan como interdigitaciones de lutitas calcáreas y calizas arcillosas debido a cambios laterales en el ambiente de depósito de tipo deltaico.

*Formación Taraises*, se localiza en la zona correspondiente a la curvatura de la Sierra Madre Oriental y la localidad tipo se describió cerca de Parras, Coah. Está compuesta en su base por una alternancia de calizas arcillosas de color gris oscuro con lentes de pedernal negro, intercaladas con estratos de lutitas de color café amarillento. En la parte media se presentan calizas arcillosas y carbonosas en forma de lajas y en la parte superior presenta una alternancia de lutitas y calizas arcillosas con mayor presencia de pedernal. El ambiente sedimentario corresponde a una cuenca profunda, donde predominaba el depósito de carbonatos con poca presencia de oxígeno. Hay abundancia de amonitas fósiles.

*Formación Cupido*, su localidad tipo también corresponde al área de Parras, si bien es abundante en las cadenas montañosas hacia el oriente y SW del área de Monterrey; está conformada por estratos de calizas arcillosas y masivas de color gris oscuro y con algunos nódulos de fierro cuyo ambiente de depósito corresponde a una facies de plataforma.

ELIMINADO: Una palabra. 21. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.





*Formación La Peña*, está expuesta en pequeños afloramientos en las áreas de La Huasteca, Allende, García, Garza García, Rayones y Ramos Arizpe y está compuesta por estratos de caliza arcillosa intercalados con limolitas y bandas de pedernal, lo que sugiere un ambiente de depósito de cuenca de poca profundidad ubicada cerca de la costa.

*Formación Aurora*, se presentan afloramientos en el área de la curvatura de Monterrey, en las sierras Los Muertos, Las Mitras, Los Nuncios, La Escalera, San Cristóbal y Rancho Nuevo. Está compuesta por calizas arcillosas de color gris claro de estratificación mediana o masiva, contiene nódulos y bandas de pedernal, así como abundantes fósiles. Su ambiente de depósito es de tipo plataforma de aguas tranquilas y someras.

*Formación Cuesta del Cura*, se encuentra abundantemente distribuida en la curvatura de Monterrey y en el sector transversal. Está compuesta por calizas de grano fino de color oscuro, intercaladas con bandas de pedernal negro y margas con una notable ondulación de los estratos. Su ambiente de depósito es marino de agua profunda variando a plataforma elevada, evidenciando una etapa inicial regresiva del mar.

### **Cretácico Superior**

*Formación Indidura*, está expuesta en numerosas localidades yaciendo sobre la F. Cuesta del Cura y comprende una secuencia alternante de lutitas y calizas arcillosas intercaladas con areniscas y laminillas de yeso, variando en color de gris oscuro a negro y gris verdoso a rosa, con las calizas y las lutitas de color amarillo crema. El ambiente de depósito es de tipo deltaico.

*Formación Agua Nueva*, se presenta en las sierras Cerro de La Silla, San Cristóbal, Potrero de Ábrego y California dentro de la curvatura Monterrey. Está compuesta por una alternancia de calizas arcillosas con nódulos y bandas de pedernal interestratificadas con lutitas laminares carbonosas, margas bentoníticas y capas de bentonita. Predominan las coloraciones gris y gris oscuro; la estratificación va de delgada a media en la base, cambiando a laminar en la parte media y superior. El ambiente sedimentario varía de plataforma externa a cuenca. La presencia de bentonita revela actividad volcánica contemporánea del lado del Pacífico, correspondiente al arco magmático asociado a la subducción de la placa Farallón bajo la de Norteamérica.

*Formación San Felipe*, aflora en las sierras de Las Mitras, Loma Larga y Cerro de la Silla. La litología es muy homogénea y se compone de lutitas y estratos arcillosos y de bentonita muy abundantes, de color gris claro y gris verdoso en capas delgadas, con escasos nódulos de pedernal. El ambiente es de mar abierto, con gran presencia de material bentonítico proveniente del arco magmático del occidente, el cual se encontraba en plena actividad.

ELIMINADO: Una palabra. 22. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

*Formación Méndez*, aflora en la porción oriental y occidental de la Sierra Cerro de la Silla, en los alrededores de Monterrey, y en el frente oriental de la Sierra Madre Oriental. Se compone principalmente de lutitas calcáreas de color gris y gris pardusco intercaladas con margas y capas delgadas de bentonita, así como de algunas areniscas de color gris oscuro.

### **Periodo Terciario**

*Grupo Difunta*, se encuentran afloramientos al norte de la Sierra de Parras dentro de dicha Cuenca, en las Sierras El Potrero y Palo Alto. Regionalmente se depositó al S-SE de la Isla de Coahuila y al este de la Cuenca de Sabinas y cabe mencionar que no existen afloramientos de este grupo en el área circundante a la ciudad de Monterrey. Está conformado por una alternancia de areniscas ligeramente calcáreas, lutitas, limolitas y lentes de conglomerado de fragmentos de calizas, en colores cafés y rojizos. La estratificación varía desde capas delgadas a masivas. El ambiente sedimentario se considera deltaico asociado a levantamientos orogénicos y subsidencia frontal producto de actividad tectónica al inicio de la Orogenia Laramídica. El rango de edad en las rocas es confuso, pero se sitúa entre el Campaniano y hasta el Paleoceno.

ELIMINADO: Una palabra. 23. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

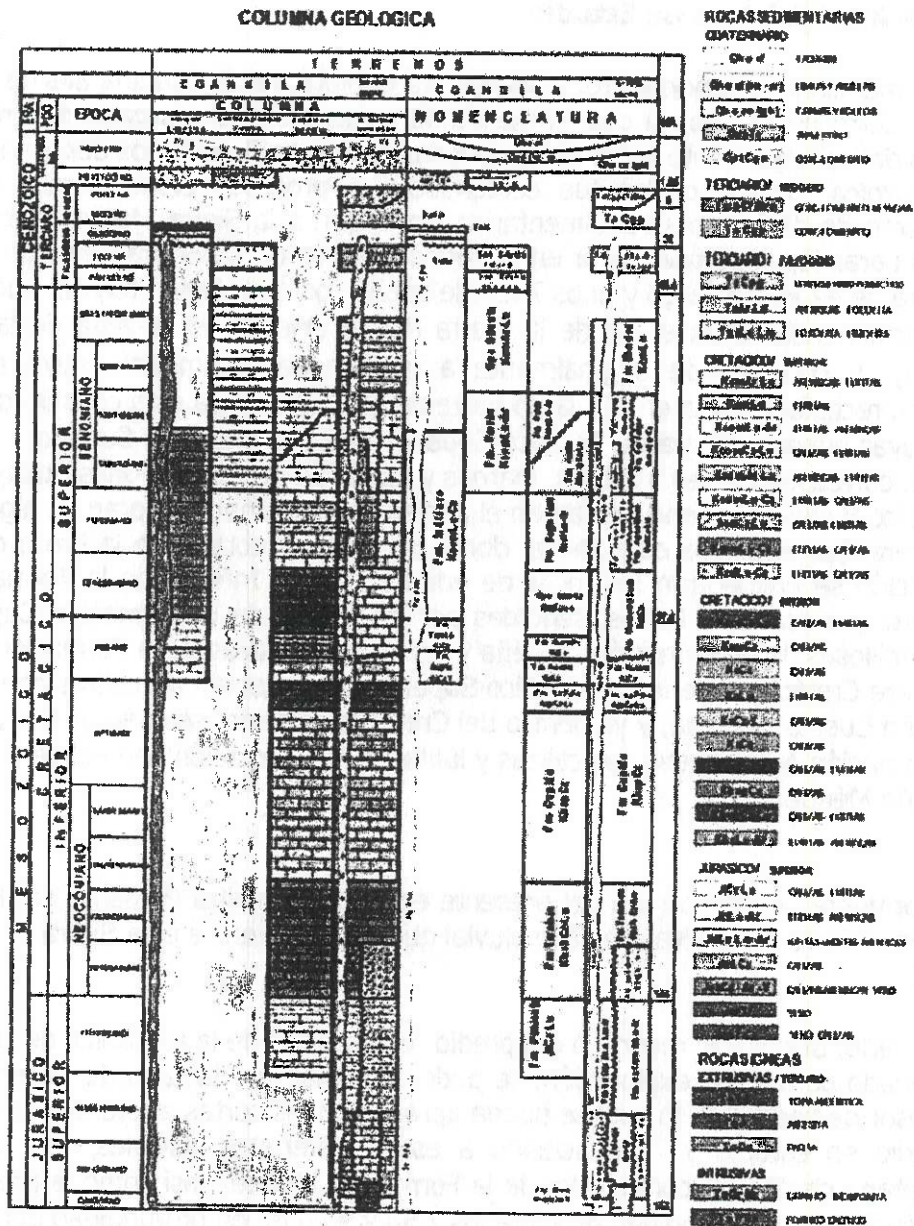


Fig. 3.3 Columna estratigráfica de la zona Noreste de la República Mexicana. Tomado del Informe de la Carta Geológica Minera de la hoja Monterrey, del SGM; 2000.

ELIMINADO: Una palabra. 24. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



### 3.4 Geología local del Área de Estudio

Como se mencionó anteriormente, la estructura geológica más cercana al sitio del estudio es la Sierra Cerro de la Silla, la cual corresponde a un anticlinal alargado de origen alóctono, producto del cabalgamiento hacia el NE de los paquetes sedimentarios depositados durante la Era Mesozoica, de los cuales fue cercenado por procesos erosivos más recientes. El plegamiento de dichas rocas sedimentarias dio origen a la Sierra Madre Oriental durante la orogenia Laramide, que tuvo lugar en el Periodo Terciario. La Sierra Cerro de la Silla es una estructura de 42 km de largo y unos 7 km de ancho con orientación NW-SE que representa la última prominencia hacia el NE de la Sierra Madre Oriental en el área de la curvatura de Monterrey, y corresponde originalmente a un pliegue recumbente cuyo plano axial se encuentra recostado hacia el NE. Gran parte de esta estructura está constituida por calizas y lutitas cuyas edades van desde Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior. Las rocas más antiguas, correspondientes a calizas, margas y lutitas de las Formaciones Zuloaga y La Casita, del Jurásico Superior, se encuentran en el núcleo del anticlinal, y afloran en algunos cortes de la carretera que atraviesa esta Sierra, donde se ubica la cortina de la Presa de La Boca. A continuación se encuentran las rocas de edad Cretácico Inferior de la Formación Taraises, compuesta por calizas y lutitas, seguidas por las calizas de la Formación Cupido, luego las calizas arcillosas de la Formación La Peña y las calizas masivas de la Formación Aurora. En el límite entre Cretácico Inferior y Cretácico Superior se presentan las calizas con pedernal de la Formación Cuesta del Cura, y ya dentro del Cretácico Superior se cuentan las lutitas y margas de la Formación Agua Nueva, las calizas y lutitas de la Formación San Felipe y las lutitas de la Formación Méndez.

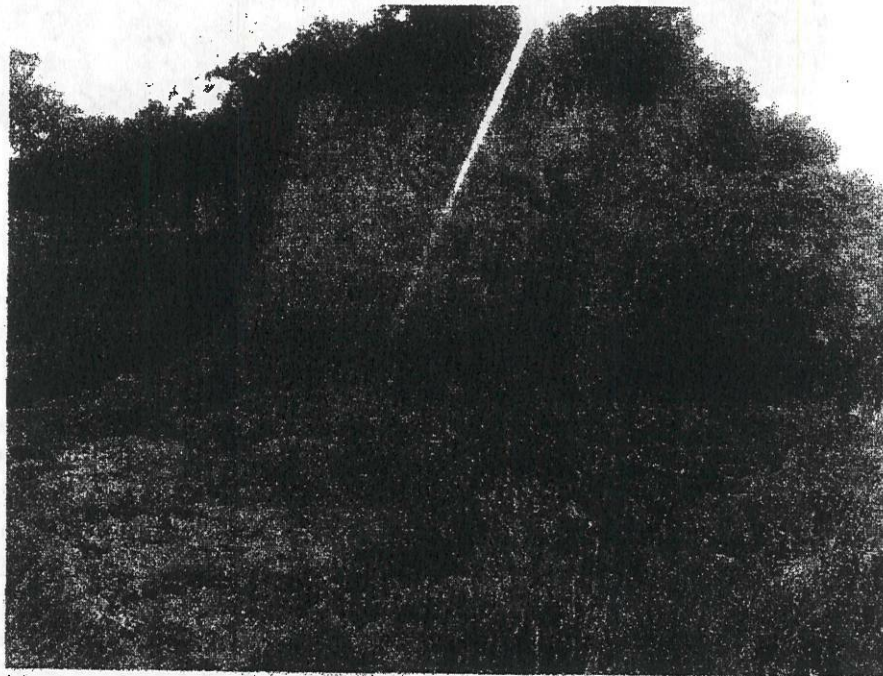
Particularmente, el sitio objeto del presente estudio se localiza Poniente de dicha estructura de la Sierra Cerro de la Silla, en valle aluvial que se forma entre esta Sierra y la Sierra Madre Oriental.

Por otro lado, durante el recorrido del predio y desarrollo de la mecánica de suelos en el sitio seleccionado para dicha exploración, se pudo constatar que la capa de material aluvial tiene un espesor de hasta 5.0 lo cual se puede apreciar en los cortes existentes en diferentes área del predio en estudio y subyaciendo a estos materiales aluviales, se detectó la roca sedimentaria clasificada como lutita de la Formación Méndez, así como la presencia de agua subterránea a una profundidad de entre los 7.50 y 9.70 m. de profundidad durante esta etapa de exploración, para ser considerada en la ejecución del proyecto.



Por otro lado, durante el recorrido de inspección en el sitio no se observó ningún afloramiento rocoso; sin embargo, con la investigación realizada se determina que estas lutitas corresponden a la Formación Méndez y son estratigráficamente el paquete de rocas más recientes del área en estudio, además de los materiales aluviales del Cuaternario.

De los valores de resistencia del terreno obtenidos en campo, mediante la prueba de penetración estándar para el muestreo de suelos y roca sedimentaria que se hizo en los seis puntos ubicados dentro de la futura área donde se va a desplantar el desarrollo del Proyecto Site Carretera nacional, se pudo determinar que la resistencia del terreno es buena en base a dichos resultados, los cuales deberán de utilizarse para el diseño de las cimentaciones de las futuras construcciones sin exceder dichos valores, lo cual deberá de ser verificado por la supervisión de obra del proyecto, y así evitar movimientos no deseados en las cimentaciones del proyecto.



Corte existente en la parte posterior del predio muy cerca de la Calle Camino a Rancho La Bola

ELIMINADO: Una palabra. 26. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

### 3.5 Historia geológica y Evolución tectónica

De acuerdo a las aportaciones de diversos autores, la evolución tectónica del noreste de México se puede explicar dentro del proceso del desarrollo tectónico del Golfo de México, el cual se encontraba en un margen de placas divergente de tipo pasivo durante la Era Mesozoica, a su vez originando varias cuencas por la ruptura continental de la Pangea (ver. Fig. 3.4)

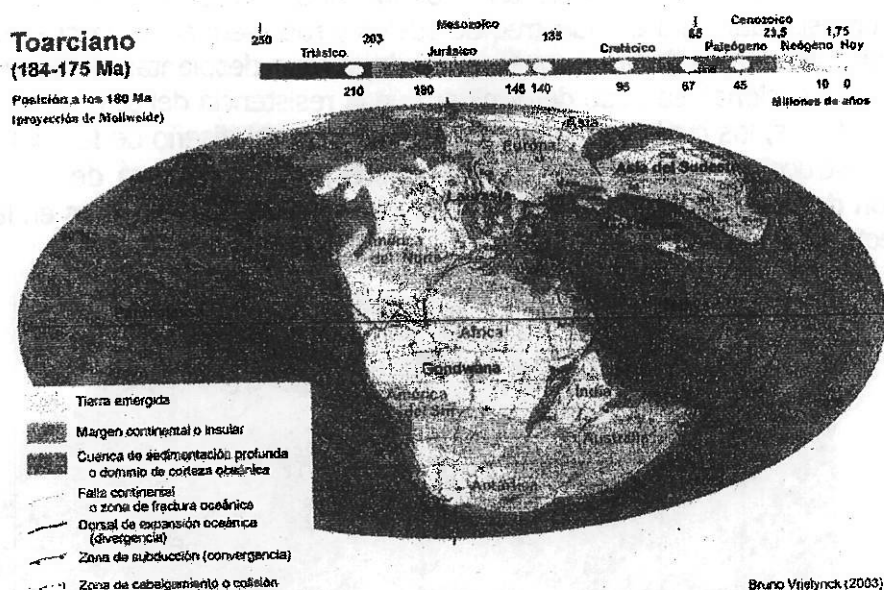


Fig. 3.4 Mapa paleogeográfico del Jurásico Inferior. La mayoría de los continentes se encontraban unidos formando un supercontinente llamado Pangea.

Esta separación da principio a la apertura y expansión del fondo oceánico que originó el Golfo de México (Jurásico Superior), así como una gran sutura continental (Cinturón Ouachita)<sup>2</sup> derivada de un margen convergente (zona de subducción) entre la placa Americana y la placa Farallón, el cual desarrolló un arco insular de origen volcánico que derivó en una colisión continental cuyos efectos se extendieron hasta la zona que actualmente constituye el noreste mexicano. Durante el Triásico Superior, al iniciarse el fracturamiento de Pangea, los procesos de desgarramiento continental en México están relacionados a tres fallas de desplazamiento lateral izquierdo (i.e. Río Grande, Mojave-Sonora Megashear y el Cinturón Volcánico Mexicano), jugando un papel crucial en el inicio de la ruptura del noreste del país formando un rift.

ELIMINADO: Una palabra. 27. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

En conjunto, el desplazamiento de dichas fallas dio origen a los bloques Coahuila, Yaqui y Apache<sup>3</sup> (Fig. 3.5).

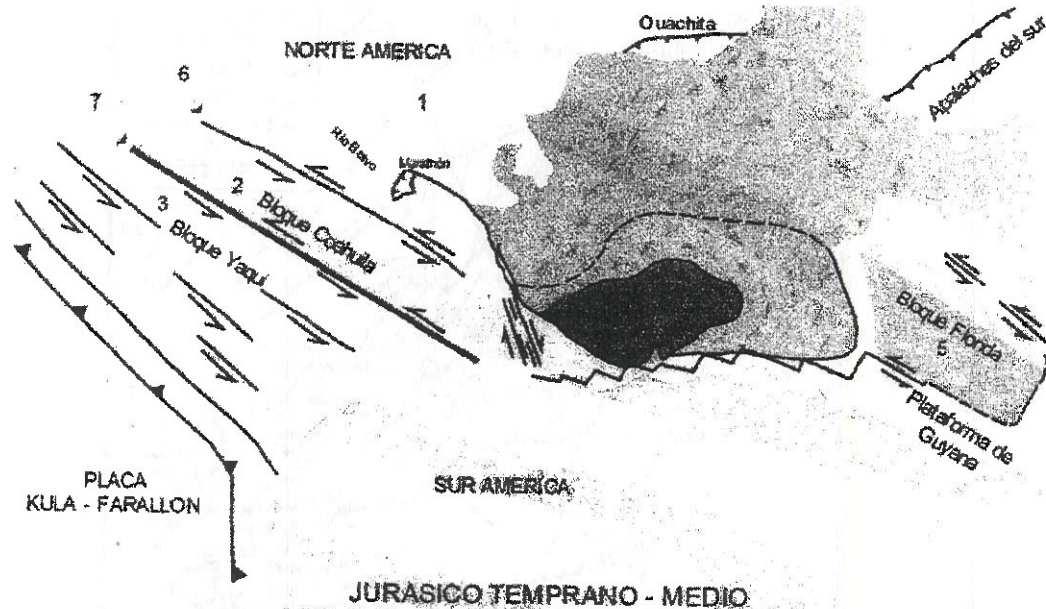


Fig. 3.5 Paleogeografía del Jurásico Inferior – medio en la región del Golfo de México. 1 Bloque Apache; 2 Bloque de Coahuila; 3 Bloque Yaqui; 4 Bloque de Yucatán; 5 Bloque de Florida; 6 Lineamiento Río Grande; 7 Lineamiento Sonora – Mojave Megashift (modificado de Pindell, 2001).

En esta etapa del proceso de deformación provocado por distensión, el basamento del noreste mexicano dio lugar a importantes altos estructurales entre los que se encuentran la llamada Isla de Coahuila, la Península Burro-Peyotes, la Isla La Mula y el Archipiélago de Tamaulipas (Fig. 3.6), cuyo movimiento se vio limitado probablemente por la activación de fallas con posibles desplazamientos oblicuos (fallas normales con desplazamiento lateral izquierdo). Este proceso distensivo dio origen entonces al desarrollo de un sistema de horst y grabens que controló los patrones sedimentarios mesozoicos en diferentes cuencas de depósito.

ELIMINADO: Una palabra. 28. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

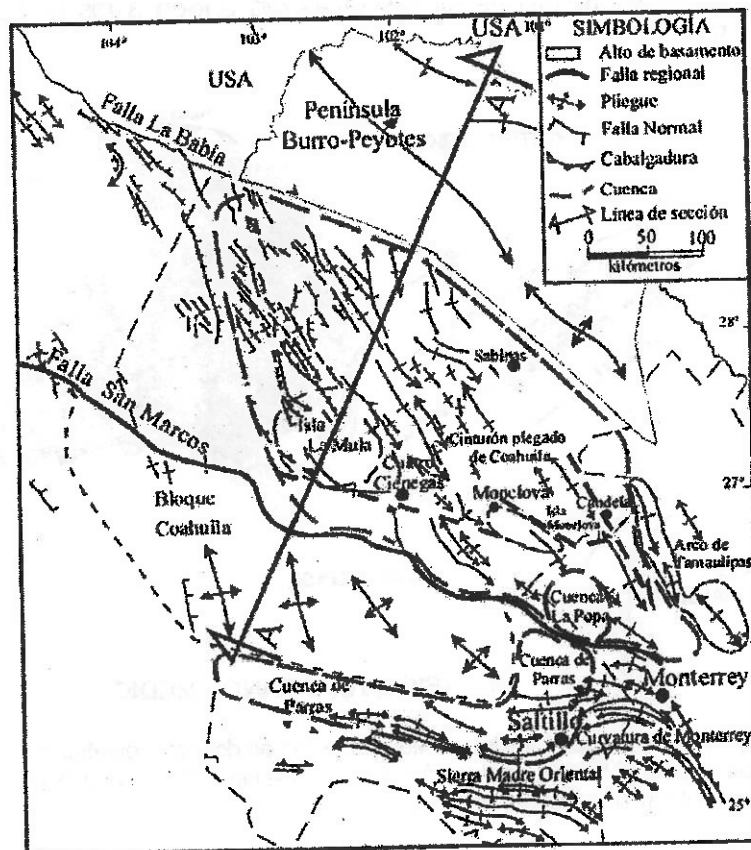


Fig. 3.6 Configuración estructural y rasgos tectónicos del Noreste de México (estado de Coahuila y áreas adyacentes), tomado de González-Sánchez, 2007.

ELIMINADO: Una palabra. 29. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



### Tithoniano (141-135 Ma)

Posición a los 140 Ma  
(proyección de Maltzweid)

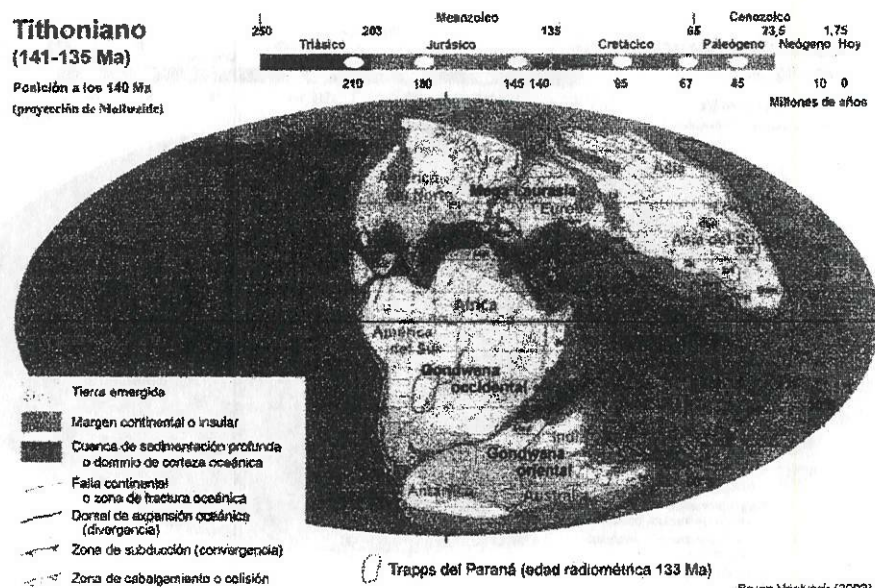


Fig. 3.7 Para el Jurásico Superior el proceso de apertura del océano Atlántico ya estaba en progreso y el Golfo de México había empezado a formarse.

Durante el Jurásico Superior el área de las paleoestructuras ya mencionada estuvo sujeta a procesos de deformación por compresión en zonas específicas haciendo que los bloques de Coahuila, Yaquí y Apache se desplazaran a lo largo de una falla lateral. Por su parte el bloque de Yucatán se desplazó debido a la activación de la falla lateral Tamaulipas-Chiapas y en consecuencia, estas estructuras pudieron haber desarrollado un régimen de tipo cizalla provocado por la subducción de la placa Farallón en el Pacífico, al suroeste de Norteamérica. Es mediante este proceso que tiene origen la distintiva conformación de la actual República Mexicana<sup>4</sup>.

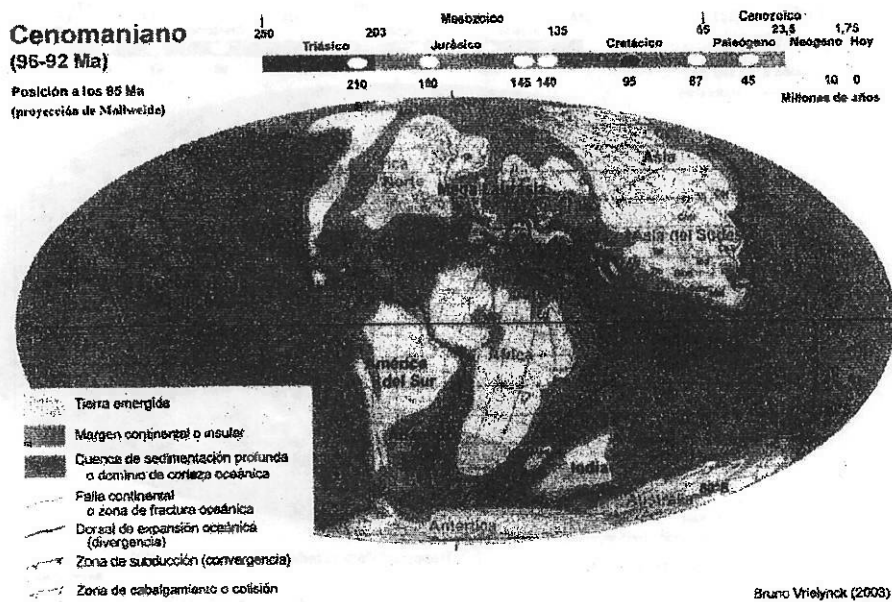
El hundimiento del noreste de México fue consecuencia de un paulatino proceso de subsidencia posterior a las etapas de apertura de rift y deriva continental, el cual se hizo más lento durante el Cretácico Inferior hasta llegar al cese de los movimientos de la falla lateral. La Isla de Coahuila permaneció como un alto estructural, controlando la distribución de sedimentos y patrones de avance del depósito de rocas carbonatadas sin aporte de sedimentos arenosos de origen continental.

ELIMINADO: Una palabra. 30. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

### Cenomaniano (95-92 Ma)

Posición a los 85 Ma (proyección de Mollweide)



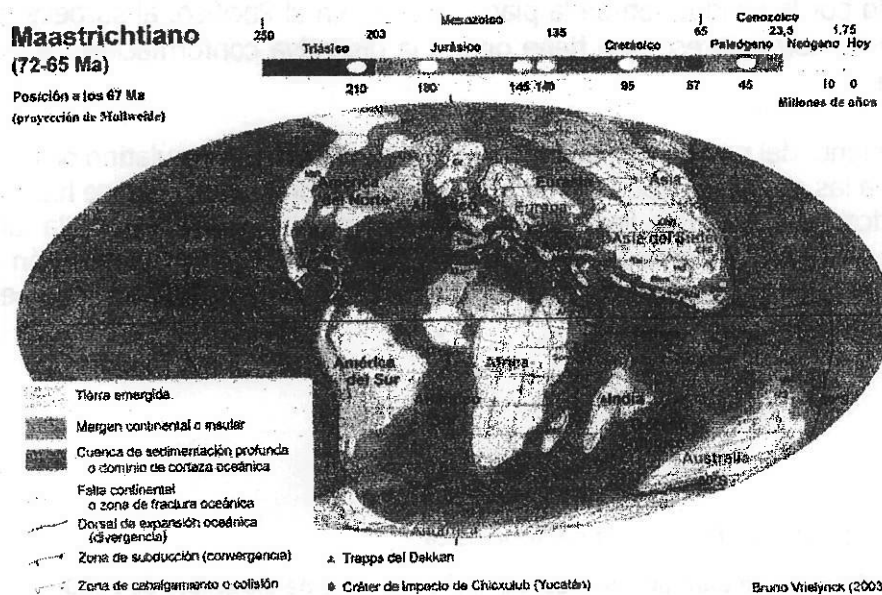
Bruno Vrielynck (2003)

Fig. 3.8 Hacia la mitad del periodo Cretácico la apertura de la parte sur del océano Atlántico ya había iniciado y solamente algunas partes de la costa norte de lo que ahora es Brasil y la costa occidental de África permanecían unidas. El Golfo de México ya estaba en proceso de formación.

Durante el Cretácico Superior la erosión del arco volcánico insular levantado en el litoral del Pacífico del continente, a consecuencia de la subducción de la Placa Farallón fue el origen del depósito de los sedimentos continentales.

### Maastrichtiano (72-65 Ma)

Posición a los 67 Ma (proyección de Mollweide)



Bruno Vrielynck (2003)

Fig. 3.9 Para el periodo Cretácico Superior ya se encontraba el océano Atlántico completamente abierto.

ELIMINADO: Una palabra. 31. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

Posteriormente, en el Terciario (Paleoceno Tardío - Eoceno Temprano) la Orogenia Laramídica provocó un deslizamiento y deformación de la cubierta sedimentaria que se había acumulado desde el Mesozoico en el antepaís del arco volcánico (Complejo Inferior de la Sierra Madre Occidental) en dirección E-NE, ocasionando los esfuerzos compresivos de plegamiento que dieron origen a la Sierra Madre Oriental.

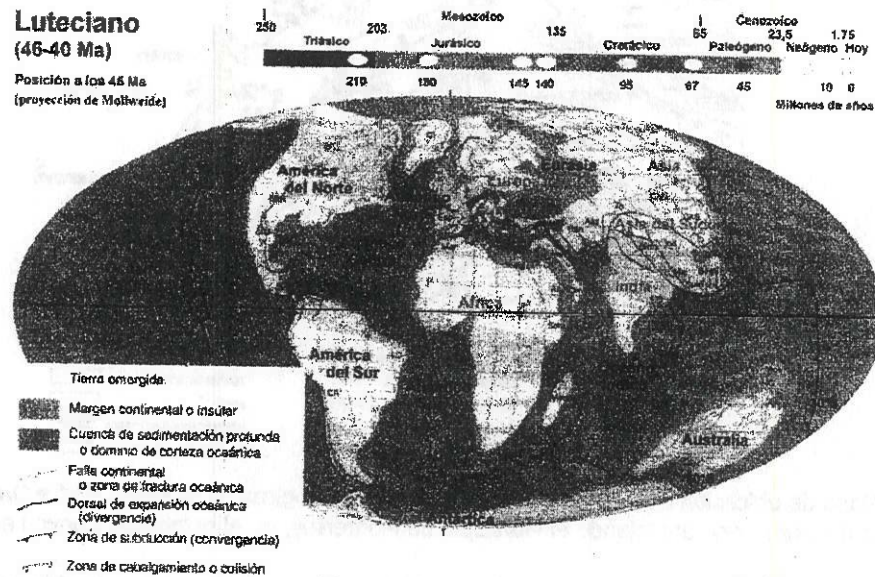


Fig. 3.10 Durante el periodo Terciario continúa el proceso de apertura del Golfo de México e inicia la orogenia Laramídica, que da origen a la Sierra Madre Oriental.

### 3.6 Evolución de las principales Estructuras geológicas

Las principales estructuras geológicas de la zona NE del país que determinaron el patrón sedimentario durante el Mesozoico y posteriormente orogénico de la Sierra Madre Oriental en el Terciario, dejaron evidencia de su dinámica en la Curvatura de Monterrey, la Cuenca de Parras, la Isla de Coahuila, el sector transversal de la Sierra Madre Oriental y el Golfo de Sabinas.

ELIMINADO: Una palabra. 32 Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020-dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



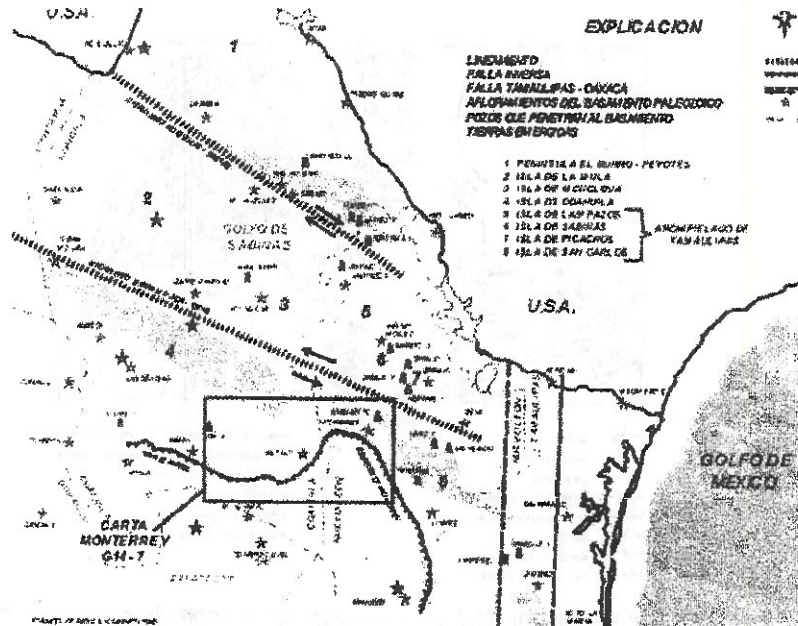


Fig. 3.12 Diagrama de los principales elementos estructurales del norte de México que influyeron en su conformación actual.

En la curvatura de Monterrey, la forma de los plegamientos es efecto del deslizamiento de las rocas mesozoicas en dirección noreste, cabalgando sobre rocas evaporíticas y lutitas del Jurásico superior que fueron arrastradas y comprimidas hacia el norte, entre los bloques de los pilares tectónicos que originaron las paleoislas de Coahuila y San Carlos. Éstos, por ser más estables actuaron como contrafuertes, produciendo el plegamiento y fallamiento de los enormes paquetes sedimentarios del Mesozoico (Fig. No. 3.13).

ELIMINADO: Una palabra. 34. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020-dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

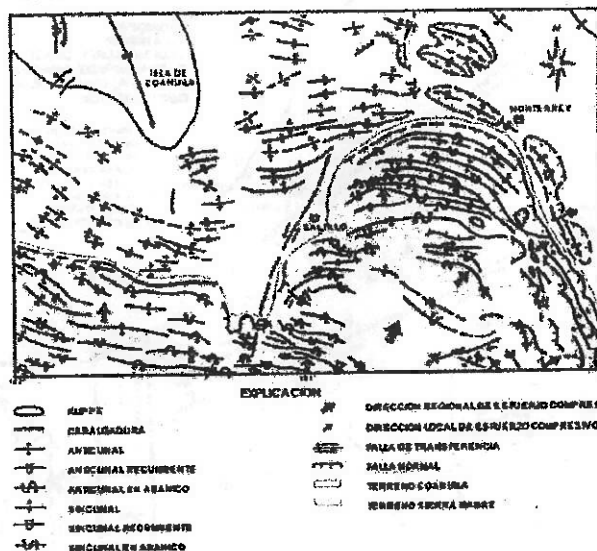


Fig. 3.13 Esquema de la dirección principal de los esfuerzos compresivos durante la orogenia Laramide, a principios del Terciario, en el noreste de México.

La orientación en general de los pliegues recumbentes hacia el N y NE, evidencia que la dirección del movimiento de deformación tuvo lugar hacia el NE; sin embargo localmente dentro de la curvatura de Monterrey se presentan varios bloques de deslizamiento por *décollement* (desprendimiento) que se desplazaron de manera independiente entre sí, originando que dichos bloques se orientaran en diferentes direcciones, uno de los cuales es precisamente la Sierra Cerro de la Silla (Figura No. 3.14).

ELIMINADO: Una palabra. 35. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

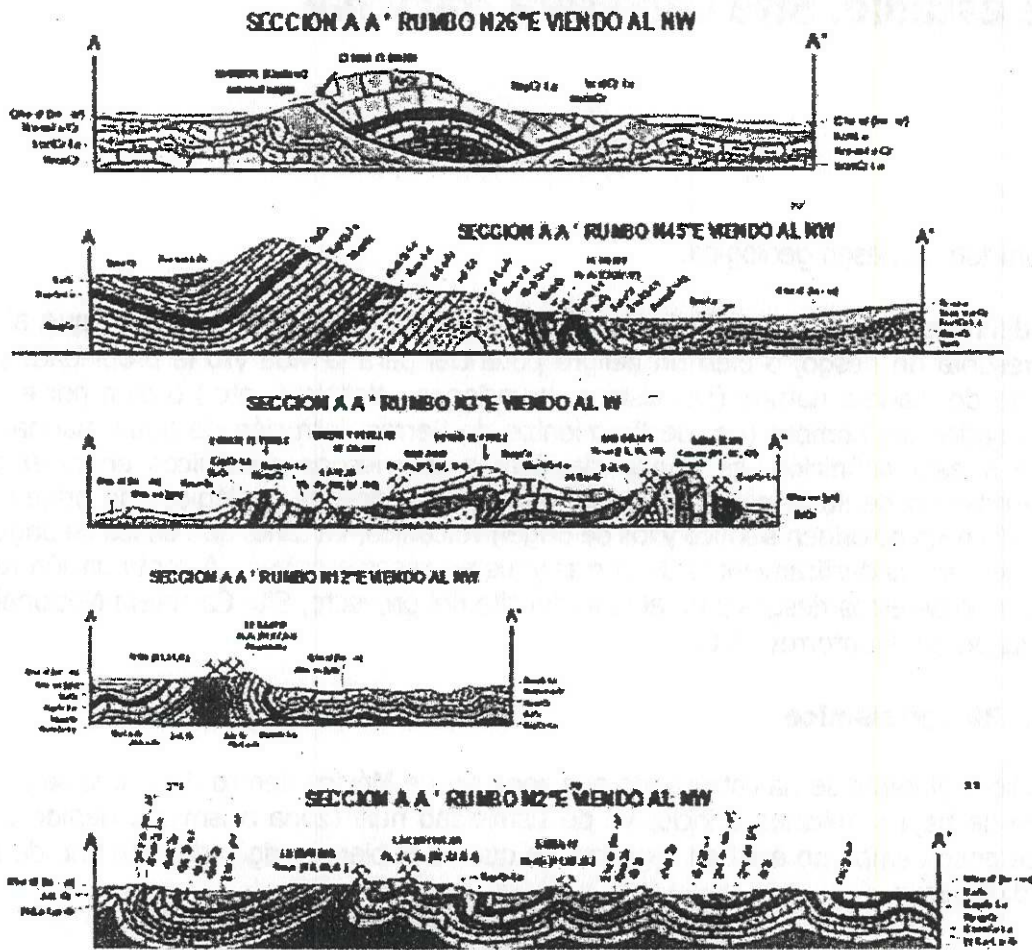


Fig. 3.14 Secciones geológicas transversales de varias localidades en las cercanías de la ciudad de Monterrey. De arriba hacia abajo: Cerro del Topo Chico, Sierra Cerro de la Silla a la altura de El Diente, N.L., Cerro del Fraile, Sierra Madre al oeste de Santa Catarina, N.L. y en la zona de Arteaga, Coah. Obsérvese la complejidad de las deformaciones en varias de las secciones, involucrando a menudo la presencia de fallas inversas que fracturan grandes bloques rocosos. Las figuras no están a escala. Tomado del Informe de la Carta Geológico Minera de la hoja Monterrey, del SGM, 2000.

ELIMINADO: Una palabra. 36. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

## 4. Evaluación del Riesgo Geológico presente en el área de estudio, Site Carretera Nacional.

### Definición de riesgo geológico.

Se define como riesgo geológico a una condición o fenómeno geológico que al suscitarse representa un riesgo, o bien un peligro potencial para la vida y/o la propiedad, ya sea que ocurra de manera natural (i.e. sismos, erupciones volcánicas, etc.) o bien por efecto de las actividades del hombre (i.e. deslizamientos de tierras, intrusión de agua marina, etc.). En base a esta definición, se puede clasificar a los riesgos geológicos en diversos grupos, dependiendo de su origen. En la categoría de los riesgos geológicos de origen natural se clasifican los de origen sísmico y los de origen volcánico; en tanto que en los de origen humano se cuentan los deslizamientos de tierras y los procesos erosivos. A continuación revisaremos cada uno de estos riesgos para el caso del sitio del proyecto, Site Carretera Nacional, al Sur de la ciudad de Monterrey, N.L.

### 4.1 Riesgo sísmico

Tradicionalmente se ha catalogado a la zona NE de México dentro de lo que se conoce como zona de baja sismicidad o inclusive de sismicidad nula (zona asísmica), debido a que hasta hace poco tiempo no existían registros de que se hubieran originado este tipo de fenómenos en dicha área.

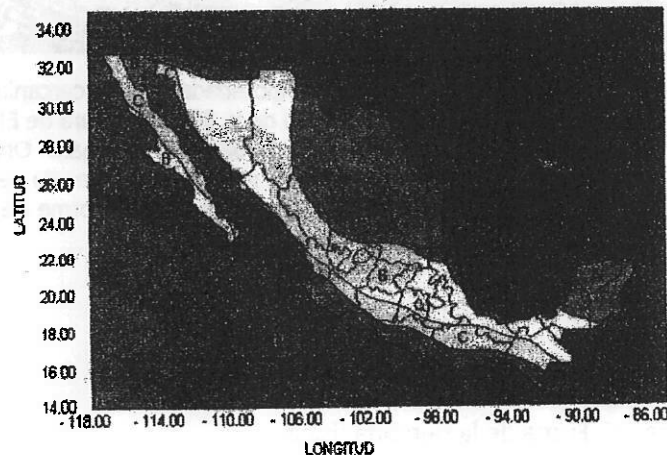


Fig. 4.1 Regiones sísmicas de México según el Servicio Sismológico Nacional (SSN). En la zona A se presentan pocos registros de ocurrencia de sismos en los cuales la aceleración alcanzada no sobrepasará al 10% de la aceleración de la gravedad a la cual pertenece Monterrey. En la zona D se espera que sobrepase el 70%. Las zonas B y C son zonas intermedias.

ELIMINADO: Una palabra. 37. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



Según un esquema tradicional de la sismicidad en México, el extremo noreste del país no tenía registros de la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Por encontrarse en una zona de baja actividad tectónica, es decir, con pocas o nulas evidencias de movimientos de la corteza terrestre que se manifiestan como fallas o fracturas en las rocas, se ha considerado a esta región del país como poco propensa a la ocurrencia de sismos. Sin embargo, estudios recientes desarrollados en los E.U. han determinado que en la región central del continente norteamericano existe el potencial para la generación de sismos con magnitudes de hasta 7 y 7.5 grados en la escala de Richter<sup>5</sup>.

Literatura especializada<sup>6</sup> reporta que durante el proceso de evolución tectónica del norte de nuestro país tuvieron particular importancia tres grandes estructuras conocidas como megacizalladuras (megashears) que tienen una orientación NW-SE y que habían estado históricamente inactivas hasta hace relativamente poco tiempo. Estas estructuras se denominan: Falla La Babia, Falla San Marcos y Falla Sonora Mojave (ver Fig. 4.2).

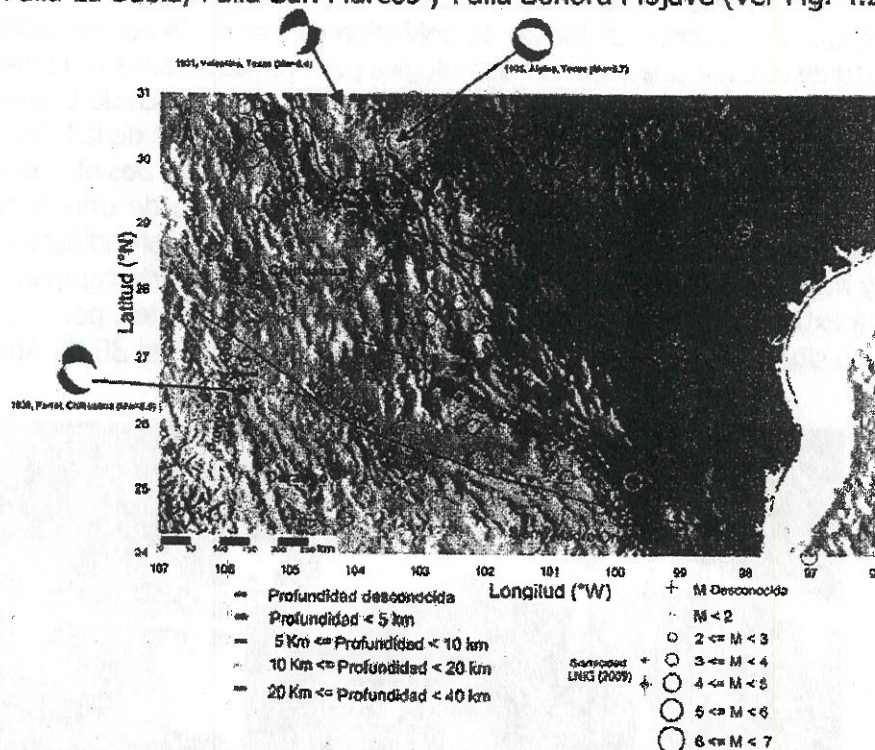


Fig. 4.2 Sismicidad histórica y reciente para el noreste de México. En color café se señalan las fallas de La Babia, San Marcos y Sonora-Mojave, responsables de dicha actividad.

ELIMINADO: Una palabra. 38. Firma de la persona física.

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020-dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclassificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

<sup>5</sup> Montalvo-Arrieta, 2009

<sup>6</sup> Montalvo-Arrieta (op. cit.)

Como ya se describió anteriormente en el resumen de la evolución tectónica de la región, estas estructuras jugaron un papel muy importante en el desarrollo de los patrones de creación de altos estructurales y cuencas que controlaron los procesos erosivos y sedimentarios durante el final del Mesozoico. Posteriormente, durante el desarrollo de la orogenia Laramide, que dio origen a la Sierra Madre Oriental, dichas estructuras tuvieron un periodo de calma para reactivarse nuevamente hacia finales del periodo Terciario<sup>7</sup>.

Los registros históricos en la región reportan un par de sismos que se presentaron en 1841 y 1878, los cuales se sintieron más fuertemente en Saltillo y Monterrey, respectivamente, tras los cuales hubo daños en varias construcciones presentando cuarteaduras e inclusive personas lesionadas y fallecidas por derrumbe parcial de las mismas. Durante el S. XX ocurrieron algunos eventos leves, que a falta de una estación sismológica bien equipada no pudieron ser debidamente registrados. Fue hasta el S. XXI, tras la ocurrencia de un sismo con epicentro en Linares, que pudo ser percibido por la población civil en 2004 que se consideró seriamente la necesidad de instalar una estación sismológica para registrar estos fenómenos. Es en enero de 2006 cuando se pone en funcionamiento la estación sismológica de Linares, que opera con equipo digital y de banda ancha y está a cargo de personal técnico de la UANL, en coordinación con el Sistema Sismológico Nacional (SSN). Con ella ha sido posible registrar de manera precisa la ocurrencia subsecuente de estos fenómenos<sup>8</sup>, tanto de origen natural, debidos a movimientos a profundidad de las capas rocosas a mayor profundidad, o bien de origen inducido y más someros, como los que se han reportado dentro de campos de perforación de pozos para extracción de petróleo o gas (gas shale, principalmente), por lo que es posible que en el futuro sigan registrándose este tipo de eventos como el del 30 de Agosto del presente año.

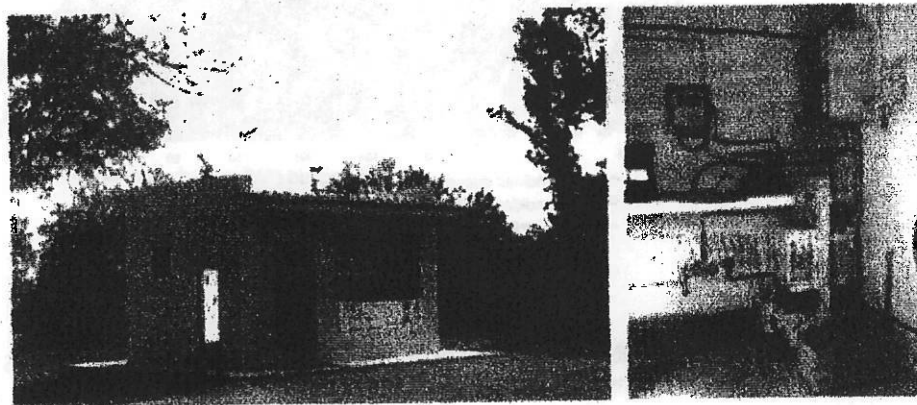


Fig. 4.3 Estación sismológica digital e interconectada a la red de banda ancha, operada por personal de la UANL en Linares, N.L., en coordinación con el SSN.

<sup>7</sup> Aranda-Gómez, 2005

<sup>8</sup> Montalvo-Arrieta, op. cit.

ELIMINADO: Una palabra. 39. Firma de la persona física



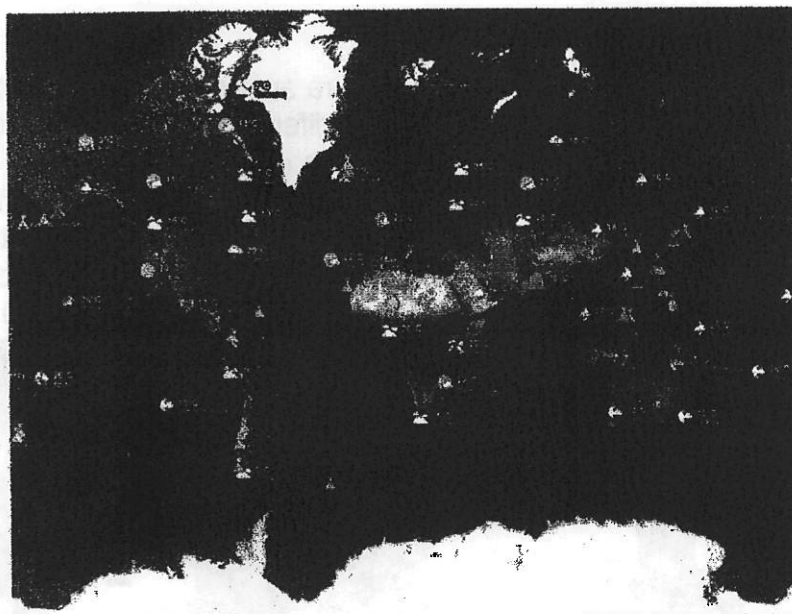


Fig. 4.5 Mapa mostrando la distribución de los grandes volcanes actualmente en actividad.

Por lo tanto, es más probable encontrar manifestaciones sísmicas y/o de actividad volcánica en las zonas cercanas a los límites entre las diferentes placas de la corteza terrestre, más inestables tectónicamente, que en aquellas áreas que se encuentran más alejadas de sus bordes, en las cuales se presentan condiciones de mayor estabilidad. Por esta misma razón es que las repentinas manifestaciones de actividad sísmica en zonas clasificadas como tradicionalmente estables representan un riesgo importante a considerar para la prevención a futuro de potenciales situaciones de desastre, ya que las construcciones que se levantan en dichas zonas no están diseñadas para soportar movimientos telúricos con aceleraciones relativamente altas y sus códigos de construcción no corresponden a esta reclasificación<sup>9</sup>. En la figura siguiente se presenta un mapa con las diferentes zonas de comportamiento para la transmisión de las ondas sísmicas en base a los distintos valores de aceleración determinados.

ELIMINADO: Una palabra. 41. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

<sup>9</sup> Montaivo-Arrieta, 2011

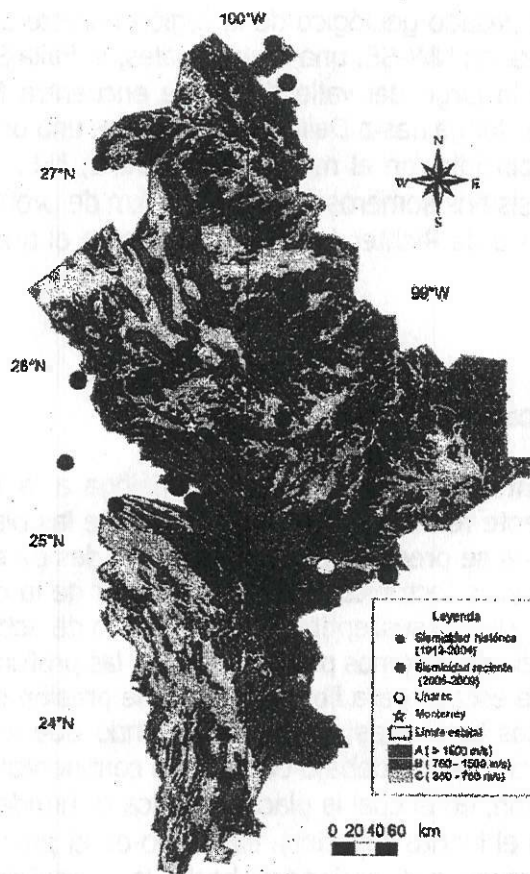


Fig. 4.6 Mapa del estado de Nuevo León mostrando en diferentes colores las áreas con diferentes valores de aceleración para la transmisión de las ondas sísmicas. Las áreas con mayor velocidad de transmisión corresponden a aquellas con presencia de rocas más compactas (Montalvo-Arrieta, 2011).

Al respecto de la frecuencia con que se pueden presentar sismos en zonas alejadas de los bordes de una placa tectónica (intraplaca), el [REDACTED] 42, investigador de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la UANL en Linares, N.L., en un reporte de marzo de 2014 señala: *Los terremotos intraplaca que se originan al interior de los continentes son raros si se compara la tasa de ocurrencia de los sismos en regiones de límites de placas (p.e. costa del Pacífico mexicano), debido a que sus desplazamientos son muy lentos. Sin embargo, en regiones donde hubo actividad tectónica en el pasado geológico, como es el caso de la Sierra Madre Oriental y la Planicie Costera del Golfo Norte, es común que se puedan generar sismos asociados a fallas pre-existentes.*


ELIMINADO: Dos palabras. 42. Nombre de persona física. 43. Firma de la persona física.

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

Recordemos que en el pasado geológico de la región noreste de México se manifestaron tres grandes fallas con dirección NW-SE, una de las cuales, la Falla San Marcos, cuyo alineamiento corre más o menos a lo largo del valle donde se encuentra Mina, N.L., La Gavia y Cuatro Ciénegas, Coah, y se prolonga hasta Delicias, Chih., tiene una orientación tal que si se proyecta hacia el este podría coincidir con el municipio de China, N.L., área donde se han reportado una nube de focos de sismos someros (menos de 5 km de profundidad) de intensidad entre 4 y 4.5 grados en la escala de Richter (ver Fig. 4.2). como el que se tuvo en el Mes de Agosto del presente año.

#### 4.2 Riesgo volcánico

Como se mencionó anteriormente, de manera análoga a la actividad sísmica, la actividad volcánica está igualmente relacionada con los bordes de las placas tectónicas, de tal manera que los conos volcánicos se presentan en las proximidades de estos límites. Es precisamente en los bordes de las placas tectónicas donde el espesor de la corteza continental es menor y por lo tanto más débil, siendo susceptible al surgimiento de actividad volcánica provocada por el ascenso a la superficie de magmas provenientes de las profundidades de la corteza terrestre al encontrar una vía de escape para liberar la enorme presión del interior de la Tierra. En las zonas donde dos placas tectónicas chocan, resultando que la placa oceánica (la cual tiene mayor densidad) se incrusta por debajo de la placa continental tiene lugar un proceso que se conoce como subducción, en el cual la placa oceánica se hunde y es reabsorbida nuevamente por la astenósfera (en el Manto superior), liberando en el proceso materiales que dan origen a magmas ricos en gases que ascienden hasta la superficie, por debajo del continente, formando un volcán (ver Fig. 4.7). En este proceso, como resultado de la fricción por el movimiento entre las ásperas superficies de ambas placas ocasionalmente se producen fuertes sacudidas que dan lugar a los terremotos.



ELIMINADO: Una palabra. 44. Firma de la persona física.

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

Cooler oceanic plate subducts underneath island arcs (also oceanic crust), creating a deep sea trench

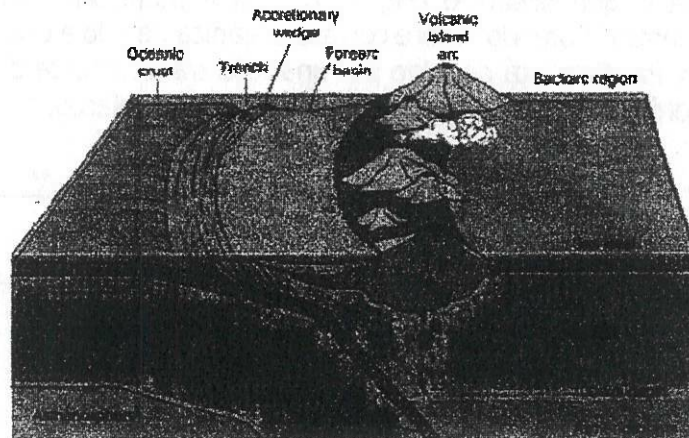


Fig. 4.7 Formación de volcanes a consecuencia del ascenso de magmas desde la astenósfera, producto de un proceso de subducción de una placa oceánica por debajo de otra continental.

En un mapa de distribución de los volcanes activos en nuestro país es posible distinguir que todos ellos se localizan en zonas de fronteras entre placas tectónicas y que están directamente relacionados con algún proceso interactivo resultante de los movimientos relativos entre dos o más placas.

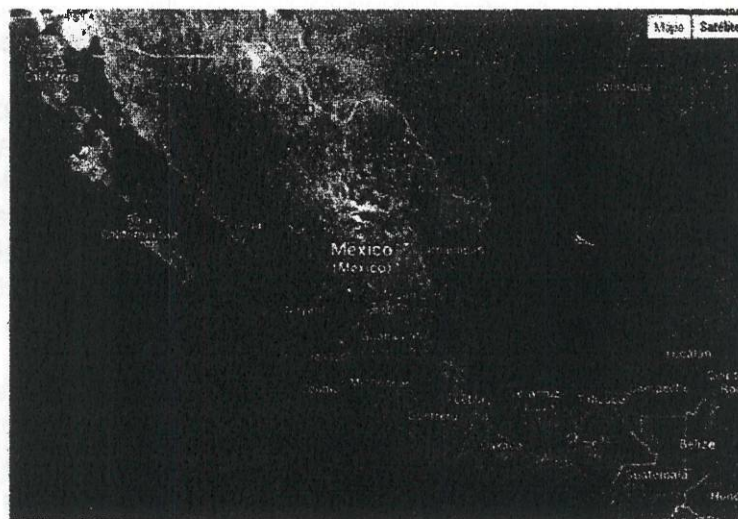


Fig. 4.8 Mapa de la República Mexicana mostrando la ubicación de los volcanes activos.

ELIMINADO: Una palabra. 45. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

*[Handwritten signature]*

El territorio que ocupa la República Mexicana está asentado sobre cuatro placas tectónicas, una de ellas, la Placa Norteamericana es de origen continental y las otras tres, Cocos, Rivera y del Pacífico, de origen oceánico (Fig. 4.9). Cabe mencionar que la península de Baja California se encuentra "flotando" sobre corteza oceánica debido a que el límite entre las placas Norteamericana y Pacífica está definido por una falla transcurrente de desplazamiento lateral (Falla de San Andrés), caso poco común en los límites intraplacas.

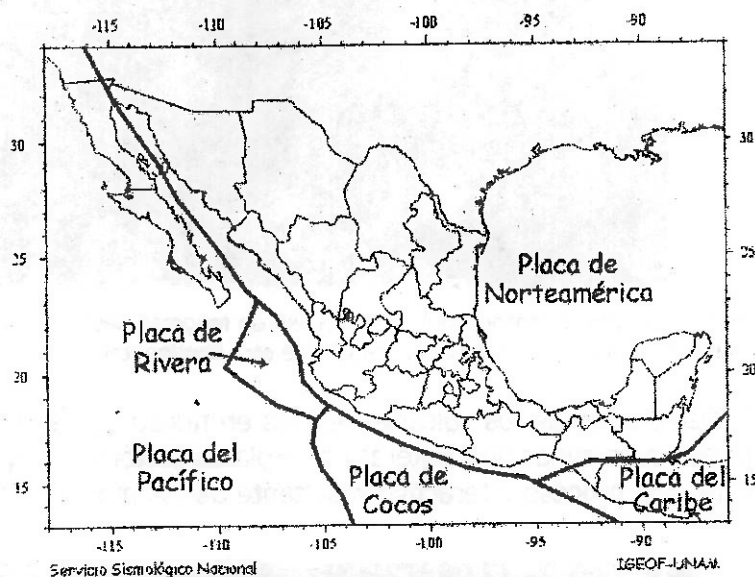


Fig. 4.9 Mapa mostrando la disposición de las distintas placas tectónicas que interactúan en el territorio mexicano.

De acuerdo a los mapas anteriores se puede observar que el estado de Nuevo León se encuentra situado "tierra adentro" en la Placa Norteamericana, alejado de cualquier zona limítrofe con alguna otra placa tectónica, por lo cual los fenómenos volcánicos en el presente geológico no ocurren en esta parte del país. La distancia hacia el volcán más próximo es del orden de los 900 km al SW, en el estado de Nayarit, donde se localiza el volcán Ceboruco, que se encuentra inactivo. El volcán activo más próximo es el Popocatepetl, en las proximidades del Valle de México, y se encuentra a 1,200 km de distancia hacia el S.

Cabe mencionar que el vulcanismo no solo se manifiesta a través de los conos o edificios volcánicos en sus diferentes tipos, sino que también puede hacerlo a través de fisuras en la corteza de la Tierra que se producen en zonas de debilidad, originando eventos de coladas de lava que no necesariamente emergen a la superficie mediante eventos explosivos.

ELIMINADO: Una palabra. 46. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



Un ejemplo de este tipo de actividad volcánica no explosiva se presenta en la Sierra Madre Occidental, que está compuesta por grandes paquetes de rocas volcánicas de origen Terciario que se consolidaron a través de fisuras en la corteza más que por medio de un aparato volcánico en particular<sup>10</sup>.

La enorme distancia que hay entre el sitio del proyecto y las zonas de actividad volcánica más próxima, además de la ausencia de zonas de debilidad en la corteza superior que permitan actualmente el ascenso de magmas provenientes de la astenósfera es la razón por la cual este tipo de fenómenos no se presentan en el estado de Nuevo León, y en general en todo el noreste mexicano. De hecho, según estudios geológicos que se han desarrollado a lo largo de la Sierra Madre Oriental, las evidencias de actividad volcánica más recientes que se reportan en esta región datan de la etapa final del Jurásico Medio (pre-Oxfordiense)<sup>11</sup> hace 166 m.a., según lo testimonia el hallazgo de rocas conocidas como lechos rojos, asociados a actividad volcánica, en el flanco occidental de dicha cordillera.

Por lo que este tipo de riesgo queda, clasificado como de muy baja probabilidad de ocurrencia en el predio en estudio.

ELIMINADO: Una palabra. 47. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

<sup>10</sup> Aranda-Gómez, 2000

<sup>11</sup> Eguiluz de Antuñano, 2000

## 5. Discusión del Riesgo Geológico

### 5.1 Tipo de riesgos que pueden presentarse en la zona

Habiendo estudiado los apartados anteriores en los cuales se han explicado los mecanismos que controlan las manifestaciones de actividad volcánica en la corteza de la Tierra, y considerando las condiciones geológicas del área noreste del país, donde se encuentra el estado de Nuevo León, y desde luego el municipio de Monterrey, es claro que el vulcanismo no representa un factor de riesgo geológico a considerar en el área de estudio. Por lo tanto, sólo los riesgos por sismos y aquellos ocasionados por deslizamiento de rocas o taludes, por interacción de las actividades humanas, son los que tienen posibilidades de presentarse en la región y área en estudio. A continuación describiremos cada uno de ellos.

### 5.2 Discusión sobre el riesgo sísmico en la zona de estudio

El tema de las manifestaciones sísmicas en Nuevo León es tan reciente que no está incluido en el Atlas de Riesgo del estado, publicado por la Secretaría de Desarrollo Sustentable y que empezó a prepararse en 2005 y se publicó por primera vez en 2010. Por otro lado, en el mapa de las zonas sísmicas de la República Mexicana, publicado por el Servicio Sismológico Nacional (SSN), dependiente del Instituto de Geofísica de la UNAM, el estado de Nuevo León y toda la región noreste del país siempre ha aparecido dentro de la zona A, la cual inclusive era considerada zona asísmica, es decir, donde los sismos no ocurrían. Actualmente, dadas las recientes manifestaciones sísmicas que se han presentado en la parte oriental del estado, y sobre todo, una vez que se encuentra en funcionamiento la estación sismológica de Linares la cual ha venido proporcionando una serie de registros detallados de los movimientos telúricos que han ocurrido principalmente en la zona citrícola así como en el municipio de China, es conveniente revisar la categoría de zona "asísmica" con la cual se había venido identificando a la región noreste de nuestro país en algunas fuentes bibliográficas. Se tiene registro del movimiento más reciente el cual fue percibido en la zona metropolitana de Monterrey el día 30 de Agosto del presente año.

ELIMINADO: Una palabra. 48. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020-dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

Si bien los valores máximos de magnitud sísmica que se han registrado en la mencionada estación sismológica, son del orden de los 4.0 a 4.5 grados en la escala de Richter y en comparación con los que se registran cerca de la costa del Pacífico mexicano se encuentran dentro de un intervalo mucho menor, los daños que potencialmente podría causar un sismo de magnitud mayor a dicho rango y cuyo epicentro, se localizará más cercano a asentamientos urbanos de mayor importancia en Nuevo León, podrían ser de consecuencias más graves, dado que los reglamentos de construcción en los municipios de este estado no contemplan el factor de actividad sísmica como un parámetro a considerar en los diseños estructurales de los proyectos arquitectónicos, se recomienda que se utilicen los valores proporcionados para este apartado del estudio de mecánica de suelos realizados y que el estructurista encargado del proyecto valore su aplicación en base a su experiencia en el diseño.

En cuanto a las condiciones de riesgo sísmico para el municipio de Monterrey, primeramente se hizo una recopilación de información estadística sobre la ocurrencia de sismos en el estado de Nuevo León. De acuerdo a los registros estadísticos del SSN que fue posible consultar en su página web: [www.ssn.unam.mx](http://www.ssn.unam.mx) sobre la ocurrencia de sismos en el estado con magnitudes de 4 grados o mayores en la escala de Richter a partir de 2006, año en que empezó a operar la estación sísmica, el sistema arrojó un total de 16 registros (ver Tabla 5.1).

DETALLE	MAGNITUD	FECHA/HORA	EPICENTRO (LATITUD, LONGITUD, ALTITUD)	PROFUNDIDAD
	4.0	2006-06-20 04:47:25	57 km al SURESTE de SANABAS, NL (20.91° -102.71°)	14 km
	4.0	2006-06-20 07:37:56	51 km al ESTE de GARCIA, NL (22.91° -104.47°)	5 km
	4.0	2007-08-11 04:48:37	37 km al NOROCCIDENTE de GARCIA, NL (22.45° -104.17°)	25 km
	4.0	2014-09-09 00:32:53	65 km al SURESTE de SANABAS, NL (20.91° -102.71°)	23 km
	4.0	2016-04-16 09:56:27	35 km al NOROCCIDENTE de SANABAS, NL (20.91° -102.71°)	20 km
	4.0	2016-03-22 04:59:45	32 km al NOROCCIDENTE de MONTEMORELOS, NL (25.07° -104.15°)	27 km
	4.0	2016-02-07 12:10:29:25	64 km al NOROCCIDENTE de CADIZAVITA JIMENEZ, NL (25.07° -104.49°)	29 km
	4.0	2016-02-23 02:50:27	15 km al SUR de LINARES, NL (24.70° -104.01°)	16 km
	4.0	2016-01-20 23:00:20	42 km al SURESTE de CO de ALLANDE, NL (21.94° -102.12°)	20 km

Tabla 5.1 Relación de sismos con magnitudes mayores a 4 grados en la escala de Richter que se han registrado en el estado de Nuevo León a partir del año 2006.

ELIMINADO: Una palabra. 49. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclassificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



Observando los resultados de la búsqueda resalta lo siguiente:

- En el año 2006 solo se registraron dos eventos con magnitud mayor a 4.0, ambos el mismo día y casi en el mismo epicentro, ubicado a 26 km al SW de Santiago, N.L., por lo que es probable que el segundo haya sido una réplica del primero.
- No se registraron sismos en los años 2007, 2008 y 2011 con magnitud mayor a 4 grados.
- En 2009 se registró un solo evento con epicentro a 51 km al este de Montemorelos.
- En 2010 se registró un solo evento con epicentro a 4 km al sur de San Pedro Garza García.
- En 2012 se registró un solo evento con epicentro a 41 km al este de Linares.
- En 2013 se dispara el número de eventos, registrándose cinco y ocurriendo el primero en octubre, con epicentro a 64 km al NE de Cadereyta; los siguientes tres entre el 25 y el 29 de noviembre con epicentros a 54 km al NE de Cadereyta y a 77 y 67 km al E, y el último el 22 de diciembre, a 62 km al E de esa misma población.
- En 2014 se registró un total de seis eventos, cuatro de ellos en el mes de marzo: el primero y el segundo con tres días de diferencia tuvieron su epicentro a 42 km al E de Cadereyta, el tercero a 35 km y el cuarto a 37 km al E de la misma ciudad. El quinto sismo ocurrió el mes de abril a 43 km al este de Montemorelos y el último en el mes de mayo, a 82 km al SW de Linares.
- En lo que va del año 2016 (hasta el mes de Agosto) se registró un evento con magnitudes mayores a 4.0 grados en escala de Richter el día 30 de Agosto.

Acerca de los daños que hasta ahora han causado estos sismos en el estado, se han reportado daños menores en el municipio de Montemorelos, donde se han observado algunas grietas y cuarteaduras en algunas construcciones como escuelas como el CETIS No. 163<sup>12</sup>; y daños más severos también se han reportado recientemente en la escuela primaria Revolución, ubicada en el ejido El Llano, en el municipio de General Terán, donde ocurrió un derrumbe ocasionado por un sismo<sup>13</sup>, sin reportarse personas heridas. Concretamente, en el Municipio de Monterrey, hasta el momento de preparar este informe no se tenía ningún reporte de daños sufridos a consecuencia de algún sismo.

ELIMINADO: Una palabra. 50. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

Si bien la ocurrencia de sismos con más de 4.0 grados de intensidad en territorio del estado de Nuevo León ya ha causado algunos daños en varios municipios cercanos a los epicentros, hay que considerar el hecho de que la distancia desde Monterrey hasta el epicentro más cercano reportado hasta ahora es de 100 km hacia el E-SE en línea recta, en la región circundante a la presa El Cuchillo, en el municipio de China, alrededor de la cual se ha generado ya un enjambre de epicentros cuyos registros han sido reportados por la estación sismológica de Linares (Fig. 5.1). Es factible que el factor de la distancia hasta dicha zona, aunado a la posible atenuación en la velocidad de las ondas sísmicas debido a cambios en el grado de compactación de los diferentes materiales del subsuelo pudieran influir de manera positiva para reducir los efectos que podría ocasionar un sismo de igual o mayor intensidad en el municipio de Monterrey.

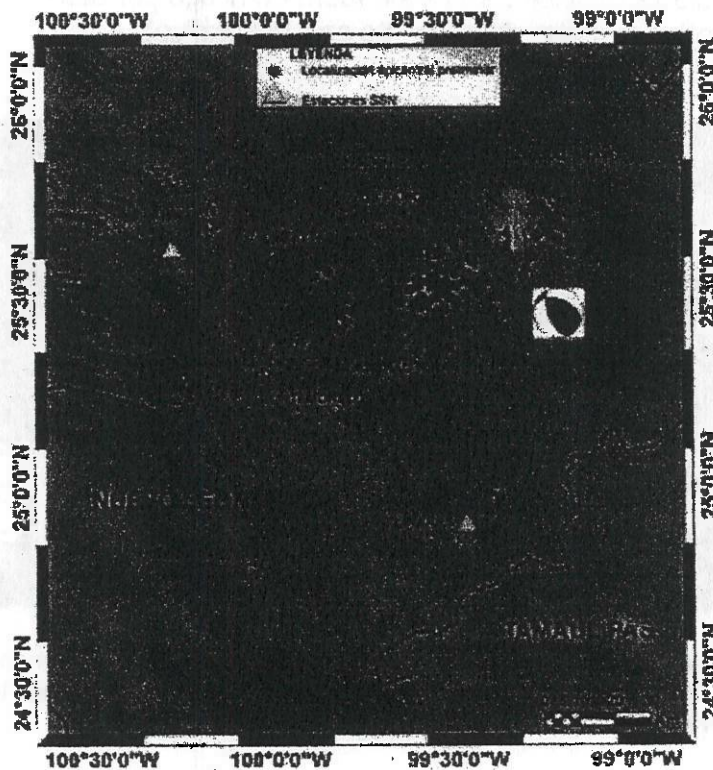


Figura 5.1 Distribución geográfica de los epicentros de los sismos registrados por la estación sismológica de Linares en el período entre octubre de 2013 y junio de 2015<sup>14</sup>. Obsérvese la concentración de epicentros formando una nube en los alrededores de la presa El Cuchillo.

ELIMINADO: Una palabra. 51. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



### 5.3 Exposición a Riesgos por efecto de las actividades humanas

Del Atlas Nacional de Riesgo, se tomó información referente a las áreas susceptibles de presentar deslizamiento de rocas por presencia de taludes muy empinados, que generalmente pueden ceder tras un fuerte evento de lluvia o tormenta. Esta situación se agudiza en algunos puntos donde además se ha desarrollado alguna construcción al pie de alguna pared rocosa y que en muchos casos involucra la excavación o la perforación de dichas rocas, aumentando el riesgo de deslizamiento o falla. En la Fig. 5.1 se muestra el grado de susceptibilidad de las zonas próximas al sitio en estudio, a presentar riesgo por deslizamiento de rocas en el municipio de Monterrey, de acuerdo a la imagen y comparando con el cuadro de susceptibilidad en colores que se anexa, el municipio y sitio donde se desarrollará el proyecto objeto de este estudio se clasifica como zona fuera de riesgo por deslizamiento de rocas (sin tonalidad de color rojo que indica riesgo punto azul del gráfico).



Fig. 5.1 Mapa indicando las áreas susceptibles de riesgo geológico, principalmente por derrumbes y deslizamiento de rocas en el área metropolitana de Monterrey. Apreciando el predio en estudio sin riesgo de este tipo. Figura tomada del Atlas de Riesgos del Estado de Nuevo León.

En el caso particular del sitio del estudio, se determina que queda fuera de la posibilidad de alguna afectación directa como consecuencia de un potencial deslave o inestabilidad de las paredes de roca más cercanas al predio.

ELIMINADO: Una palabra. 52. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



En lo que concierne a la factibilidad del terreno para la obra de construcción del proyecto Site Carretera Nacional, y en base a los resultados obtenidos durante el estudio de mecánica de suelos, de esta etapa de exploración, es posible afirmar que el material sobre el cual se planean construir las obras de infraestructura representa una base firme para su desplante.

Por otro lado, en caso de ocurrir algún evento sísmico que pudiera afectar la zona metropolitana de Monterrey, dada la resistencia del terreno, según se observó durante la prueba de penetración estándar, realizada durante la exploración del estudio de mecánica de suelos, es muy probable que el inmueble que se va a construir en el sitio no resulte afectado en forma alguna, debiéndose de seguir los diseños recomendados.

ELIMINADO: Una palabra. 53. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020-dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

Estudios Especializados en Mecánica de Suelos (EEMSSA) fue contratada por el Arquitecto <sup>54</sup> [REDACTED] H.E.B., S.A. de C.V., a través de Más Arquitectura, para efectuar el Estudio de Riesgo Geológico del área circundante al predio donde se desea desarrollar el proyecto Supermercado Site Carretera Nacional. El predio del estudio se ubica sobre la Carretera Nacional a la altura de El Uro, entre la calle Camino al Rancho La Bola y Río de los Sabinos, al Sur de la ciudad de Monterrey, Nuevo León.

Las actividades de campo asociadas con la investigación del sitio, así como el trabajo de gabinete y la elaboración del reporte fueron realizados <sup>55</sup> [REDACTED], del staff de ingeniería geológica de EEMSSA. Durante la ejecución de las distintas etapas del trabajo, desde la búsqueda de información bibliográfica, la visita de campo y el desarrollo de las actividades relacionadas en el sitio, así como el trabajo de gabinete que incluyó el análisis de la información y la evaluación de la factibilidad de ocurrencia de un fenómeno geológico cuyas consecuencias pudieran representar un riesgo para el sitio del proyecto y considerando la definición estricta de lo que es un Riesgo Geológico, se han podido definir las conclusiones siguientes para su mitigación:

1. Considerando las características geológicas y tectónicas que han conformado a la parte noreste de nuestro país, es posible determinar que la sismicidad principalmente, y en menor medida un potencial deslizamiento de rocas desde el flanco poniente de la Sierra Cerro de la Silla, es el único fenómeno geológico que podrían representar un riesgo real de origen natural para el área donde se encuentra el proyecto, el cual de acuerdo al Atlas de Riesgo es nulo de acuerdo a la coloración obtenida de dicho Atlas. El vulcanismo y sus fenómenos asociados, así como los tsunamis no representan un riesgo que deba presentar algún grado de preocupación para dicha región o predio en estudio.
2. La historia de la reciente actividad sísmica que se ha presentado en el noreste de México, y particularmente en el estado de Nuevo León, han obligado a reflexionar sobre la categorización de la zona norte y noreste de nuestro país que tradicionalmente se había considerado como zona asísmica. Por lo que se recomienda el uso de los valores para la consideración del diseño sísmico, proporcionados en el estudio de mecánica de suelos ya entregado para esa etapa de exploración de este proyecto.

ELIMINADO: Una palabra. 54. Nombre de persona física. 55. Nombre de persona física. 56. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.



3. De acuerdo a los más aceptados modelos geodinámicos que explican la tectónica regional en el noreste del país, es posible que el origen de los sismos que se han experimentado en el Reciente geológico sea debido a la reactivación de una falla de gran tamaño con orientación NW-SE conocida como Falla San Marcos, la cual había estado inactiva en el pasado geológico, pero que recientemente (a partir del periodo Cuaternario) ha dado muestras de una reactivación tectónica, aunque aquellos no se manifiestan con frecuencia histórica.
4. El análisis de la información sismológica que ha arrojado la nueva estación de Linares, ha permitido determinar que los sismos que ocurren a mayor profundidad tienen menor intensidad que los que se generan a menor superficie. La profundidad de los focos de los sismos de intensidad mayor a 4.0 es menor a 20 km, en tanto que aquellos de mayor profundidad, cercana a los 60 km o inclusive más profundos rara vez rebasan los 3.5 grados de intensidad.
5. La frecuencia de los sismos con magnitud mayor a 4.0 grados ha venido en incremento de manera exponencial desde el año 2006, de la ocurrencia de un evento en ese año (además de una réplica) y hasta uno o ninguno cada año hasta 2012, se pasó a cinco en 2013 y seis en 2014 y en tabla de sismos presentada en ese apartado de los que van del año 2016.
6. Los epicentros de estos sismos, cuyos focos se encuentran a profundidades cercanas a los 20 km, se han distribuido aleatoriamente en algunos puntos cercanos a la Sierra Madre Oriental; sin embargo los epicentros de los más recientes, con profundidades menores a 5 km han formado un enjambre en los alrededores de la presa El Cuchillo, en el municipio de China, N.L.
7. A pesar de la frecuencia en constante aumento de los sismos en el estado de Nuevo León, hasta ahora no se han reportado daños o afectaciones en el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León.

ELIMINADO: Una palabra. 57. Firma de la persona física

Fundamento Legal: Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020 -dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.

**Montalvo-Arrieta, J.C. et al., 2008**  
Mapping Seismic Site Classes in Monterrey Metropolitan Area, northeast Mexico  
Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen 60, núm. 2, 2008, p. 147-157

**Pindell, J., et al. 2001**  
Kinematic evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean  
GCSSEPM Foundation 21 Annual Research Conference Transactions, Petroleum Systems of Deep-Water Basins,  
December 2-5, 2001, pages 193-220

**Ramos-Zúñiga, L.G. et al., 2012a**  
Patrones de sismicidad en la curvatura de Monterrey, noreste de México  
Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 29, núm. 2, 2012, p. 572-589

**Ramos-Zúñiga, L.G. et al., 2012b**  
Seismic characterization of station LNIG as a reference site in Northeast Mexico  
Geofísica Internacional (2012) 51-2: 187-197

**Secretaría de Desarrollo Sustentable, Gobierno del Estado de Nuevo León, 2008**  
Plan de Desarrollo Urbano de la Zona Conurbada de Monterrey

**Secretaría de Desarrollo Sustentable, Gobierno del Estado de Nuevo León, 2013**  
Atlas de Riesgo del Estado de Nuevo León

**Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2008**  
Carta geológica-minera, Hoja Monterrey, G14-7  
Esc. 1:250,000

**ELIMINADO:** Una palabra. 58. Firma de la persona física

**Fundamento Legal:** Acuerdo de Confidencialidad de fecha 11-once de diciembre de 2020-dos mil veinte, por tratarse de información clasificada como confidencial en virtud de que contiene datos personales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 141 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Nuevo León y los Lineamientos en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como para la Elaboración de Versiones Públicas de los Sujetos Obligados del Estado de Nuevo León.