

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN.

La explotación de gas natural con volúmenes importantes en la Cuenca de Burgos inició en 1945, su producción creció rápidamente a partir de la mitad de los años cincuentas y alcanzó una producción pico de 600 mmpcd en 1970. Antes de los grandes descubrimientos de hidrocarburos en el sureste mexicano, Burgos produjo una tercera parte de la producción total de gas natural del país.

Durante la década de los sesentas del siglo pasado, se realizaron exportaciones de gas de esta cuenca a Estados Unidos, en un promedio de 135 mmpcd, estas exportaciones tendieron a la baja a principios de los setenta conforme la producción de Burgos perdió dinamismo (Lajous, 2004).

El mercado de gas en el norte de México se desarrolló a lo largo del gasoducto troncal Reynosa-Monterrey-Chihuahua-Ciudad Juárez. Tiempo después la producción volvió a recuperarse en la Región Norte con el desarrollo de los campos de Sabinas y esta vez alcanzó un segundo pico de 568 mmpcd en 1979, para después declinar a 215 mmpcd en 1993.

Hubo posteriormente una significativa disminución en la perforación de pozos de exploración y de desarrollo en la cuenca debido a la entrada en operación del nuevo gasoducto troncal, ya que este conectó los campos de gas asociado del sureste con los centros de consumo del norte del país. Este gasoducto de gran diámetro, rápidamente adquirió importancia estratégica, ya que fue diseñado para exportar gas de Tabasco y Chiapas a Estados Unidos; una consecuencia inesperada de su construcción, fue la integración de un mercado nacional de gas natural (Lajous, 2004).

Hasta entonces el gas de Burgos fluía únicamente a los mercados del norte de México o era exportado. Contrariamente a lo que se pensó en esa época, el excedente exportable de gas del sureste, fue rápidamente absorbido por el crecimiento interno de la demanda industrial de este combustible, ya que se incrementó la cantidad de zonas industriales que se instalaron en las principales ciudades del norte del país, cerca del límite con los Estados Unidos de Norteamérica.

En los años ochentas y la primera mitad de los noventas del siglo pasado, existió un abandono en exploración de la cuenca, lo cual trajo consigo una caída en la producción; esto se debió en parte a los bajos precios del gas en Estados Unidos, así como los costos de desarrollo y extracción relativamente altos en Burgos, por lo que disminuyó la producción de gas para exportación.

A principios de la década de los noventas del siglo pasado, la unión de los siguientes cuatro factores modificó las tendencias en exploración y desarrollo de campos: la adopción de normas ambientales más estrictas, la revaluación del potencial gasífero de Burgos, la estrategia de desarrollo de crudo pesado y la introducción de contratos de servicios integrales en esa región (Lajous, 2004).

El impacto ambiental que trajo el uso extensivo de combustóleo pesado con alto contenido de azufre, tanto en la generación de electricidad, como en la industria, se convirtió en la década de los noventas del siglo pasado en una fuente de preocupación creciente, particularmente en zonas ecológicamente críticas.

Entre 1993-1994 una comisión intersecretarial, inició la evaluación de tecnologías alternativas, para controlar emisiones contaminantes en centrales eléctricas y concluyó que el uso de gas en plantas de ciclo combinado, ofrecía la solución más efectiva en términos de costos y recomendó la adopción de normas ambientales más rigurosas (Lajous, 2004). Al igual que en otros países, estas decisiones propiciaron eventualmente una fuerte expansión de la demanda de gas.

En 1995, Pemex decidió concentrar la mayor parte de sus recursos de inversión en el desarrollo del Campo Cantarell de crudo pesado. Con este desarrollo, se pensó que la producción de gas asociado, alcanzaría un nivel máximo en 1997-1998, pero esto no fue posible debido a las bajas relaciones gas-aceite de este campo. Debido a esto, las cuencas de Burgos y Veracruz constituían la única opción para lograr un rápido incremento en la producción de gas natural. La reactivación y rehabilitación de la Cuenca, se tuvo con los contratos de servicios integrales diseñados en 1996.

En 1994 se inició un nuevo período de auge en la producción de gas en la región norte. La producción creció a ritmo acelerado y por consiguiente se ampliaron las reservas de gas natural. En el periodo de 1995-1999 la producción se cuadruplicó, esto representa un crecimiento anual del 32 % y de un 50% para 1998 (Lajous, 2004). Este incremento se debió a la gran producción que aportaron los siguientes campos petroleros: Arcabuz-Culebra, Arcos, Cuitláhuac y Corindón-Pandura; estos son los campos más grandes de Burgos, salvo Reynosa y Monterrey, ambos en fase avanzada de agotamiento.

Durante esta etapa, la perforación de pozos exploratorios y de desarrollo se intensificó, sobre todo si se toma como referencia al año de 1994, año en el que no se perforó un solo pozo exploratorio en la región; pero en 1999 el nivel registrado fue de 24 pozos. La perforación se enfocó preferentemente a extender campos productivos y no a descubrir nuevos yacimientos.

La perforación de pozos de desarrollo se amplió de un pozo en 1993 a 159 en 1999. Asimismo, la eficiencia de la perforación mejoró significativamente al reducirse el número promedio de días requeridos para la perforación de un pozo a profundidad promedio.

A partir de una nueva caracterización geológica realizada en 1994, se llevó a cabo la identificación de las propiedades geológicas y petrofísicas de los principales yacimientos, y se inició también con la perforación de pozos de desarrollo aplicando nuevos criterios de espaciamiento, lo que fue complementado con cambios importantes en el diseño e instrumentación de la terminación de pozos.

En el periodo 2000-2003 la producción de Burgos se estabilizó en torno a una producción promedio de mil mmpcd (Lajous, 2004). Ha sido posible mantener este alto volumen de producción gracias al crecimiento de la inversión. En estos años se lograron niveles de perforación nunca alcanzados en la cuenca, mejoró la eficiencia de la perforación, se incorporaron prácticas operativas más avanzadas, así como nuevas tecnologías y se contó con ingeniería de yacimientos y de producción más moderna.

Entre 2000 y 2001 la perforación de pozos casi se duplicó y este nivel ha sido sostenido en fechas recientes al perforarse más de 300 pozos de desarrollo cada año, igualmente el número de pozos exploratorios terminados aumentó en 38 por ciento en 2001 y la reparación ha seguido creciendo (Lajous, 2004).

Dada la caída de reservas y producción a nivel nacional, PEMEX busca aumentar la producción y las reservas en esta cuenca. Aspira por tanto, a descubrir nuevos campos de gas y nuevos yacimientos en campos conocidos, a extender el área probada de yacimientos previamente descubiertos y a mejorar los factores de recuperación del gas que se encuentra en el subsuelo mediante la aplicación de nuevas tecnologías y la adopción de prácticas operativas más avanzadas.

## **1.2 OBJETIVOS**

- a) Conocer las características geológicas – petroleras más importantes de la Cuenca de Burgos.
- b) Describir el sistema petrolero y realizar la evaluación de los parámetros más importantes.
- c) Dar a conocer los métodos de perforación que se están implementando con mejores resultados.
- d) Describir las principales características de los yacimientos petroleros que son de utilidad para su óptima evaluación.
- e) Generar información que sea de utilidad para la implementación de los mejores métodos de explotación.

## **1.3 METAS**

- a) Elaborar material de consulta sobre las principales características geológicas y petroleras de la Cuenca de Burgos.
- b) Elaborar material de consulta sobre los métodos de explotación que se están llevando a cabo en la Cuenca de Burgos y que se puedan implementar en cuencas petroleras con características semejantes.
- c) Obtener mi título profesional.

## **1.4 UBICACIÓN DE LA CUENCA**

La Cuenca de Burgos corresponde con una provincia Geológica Cenozoica, productora de hidrocarburos en etapa de exploración y desarrollo, que se localiza en la margen Noreste de la Republica Mexicana (Figura 1.1); cubre principalmente al estado de Tamaulipas, parcialmente al de Nuevo León, la margen Noreste de Coahuila y parte del Golfo de México.

Está limitada geográficamente al norte por el Río Bravo, al oriente por el Golfo de México, al sur por el paralelo 24° 30' de latitud norte (Provincia de Tampico- Misantla), y al poniente por el contacto geológico superficial Cretácico/Cenozoico representado por una línea imaginaria que parte al oriente de Piedras Negras, Coahuila y se extiende hacia el sureste, hasta el litoral del Golfo de México en la plataforma continental (Best – Martínez y Monroy, 2008).

Fisiográficamente, forma parte de la planicie Costera del Golfo de México, presenta un relieve suave y moderado conformado por lomeríos que van disminuyendo su altitud, hacia el oriente. Geológicamente tiene continuidad al norte con el embahiamiento del Río Grande (Bravo) en la región sur de Texas, E.U.A.

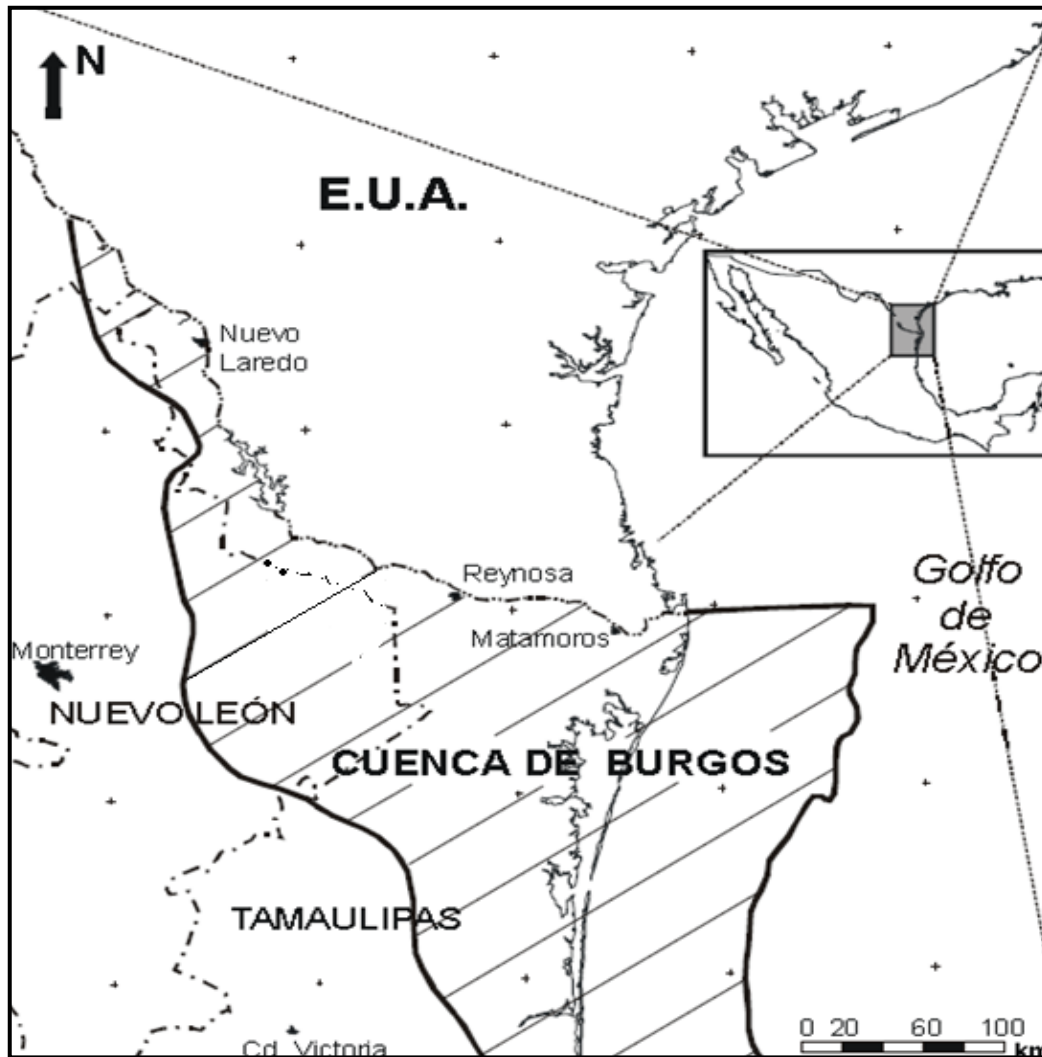


Fig 1.1.- Localización de la Cuenca de Burgos  
(Tomado de Arturo Ortiz-Ubilla y Gustavo Tolson 2004).

## 1.5 ANTECEDENTES DE LA CUENCA

Los primeros trabajos de prospección petrolera en la Cuenca de Burgos, se iniciaron a fines de la década de 1920- 1930, por compañías extranjeras, quienes apoyadas en estudios geológicos y de manifestaciones superficiales, realizaron una primera etapa de perforación, que culmina con el establecimiento de la producción de gas en cuatro campos: La Presa, Rancherías, Lajitas y Laredo, ubicados en la porción nor-noreste de la cuenca.

Petróleos Mexicanos inició la exploración en la Cuenca de Burgos en 1939 y es hasta Abril de 1945, cuando ve coronados sus esfuerzos, con el descubrimiento comercial de gas en areniscas del Oligoceno, en el pozo Misión-1, ubicado a aproximadamente a 30 Km al noroeste de la Ciudad de Reynosa Tamaulipas. Con el descubrimiento comercial de gas se intensificó la actividad exploratoria por lo que se hicieron nuevos descubrimientos, activándose simultáneamente su desarrollo y el establecimiento de nuevos campos.

A la Cuenca de Burgos, se le clasifica como productora de gas en etapa de desarrollo con producción en casi toda la columna Cenozoica, salvo en la parte occidental, donde también hay producción en rocas Jurásicas y Cretácicas, ya que en este sector, estas secuencias se encuentran poco profundas (Best y Monroy, 2008). La Cuenca se puede subdividir en franjas representativas de las áreas de producción y que reflejan la edad de los yacimientos, estas franjas son sensiblemente paralelas entre sí y con una orientación principal noroeste-sureste; a su vez estas franjas se distinguen por sus características sedimentario-estratigráficas, estructurales y por su atractivo económico petrolero, siendo más jóvenes de poniente a oriente; estas franjas son: Franja Jurásico-Cretácico, Franja Paleoceno, Franja Eoceno, Franja Oligoceno y Franja Mioceno (Figura 1.2).



Figura 1.2.- Franjas geológicas de la Cuenca de Burgos  
(Tomado de Echánove, E.O., 1986).

Posteriormente se siguió explorando en la cuenca por lo que se encontraron nuevos yacimientos, por ejemplo en la Franja del Paleoceno se encontraron yacimientos de gas y condensados al Oeste Presa Falcón en 1959, quienes aportaron en algunos casos una producción promedio de 2,000 m<sup>3</sup> de gas por día, como ocurrió con el pozo Peñalva-101, ubicado aproximadamente a 20 Km al norte de General Bravo, N.L. Posteriormente, en 1962 se encontró la presencia de gas en las calizas arcillosas de las formaciones Taraises y Agua Nueva del Cretácico, en el pozo Cadena-2, aproximadamente a 30 Km al Suroeste de Ciudad Miguel Alemán, Tamaulipas (Best y Monroy, 2008).

En 1971, PEMEX obtuvo producción comercial de hidrocarburos gaseosos en el Área Laredo, en el pozo Robulus-1, con una producción inicial de 21,800 m<sup>3</sup> de gas por día. En la Franja del Eoceno, en 1954 PEMEX encontró la presencia de aceite y gas en el pozo Zacate-101. En 1956, el pozo Pato-1 resultó productor con 17,000 m<sup>3</sup> de gas por día. A partir de esa fecha, se activó la prospección en la franja Eocénica, obteniéndose magníficos resultados que hicieron que esta cuenca se convirtiera en la principal productora de gas no asociado. En la Franja del Oligoceno, que se ubica en la parte central de la cuenca, la presencia de hidrocarburos fue reportada en 1945, con el pozo Misión-1, mencionado anteriormente. Posteriormente, en 1948 se descubrió el Campo Reynosa, con gas y condensado. En la Franja del Mioceno se encontró la presencia de Hidrocarburos en el pozo Matamoros-1, perforado en 1956, productor de gas (Best y Monroy, 2008). En 1968, se estableció la producción de aceite en el pozo Lerma-1 correspondiente al área San José de las Rusias (Figura 1.3).

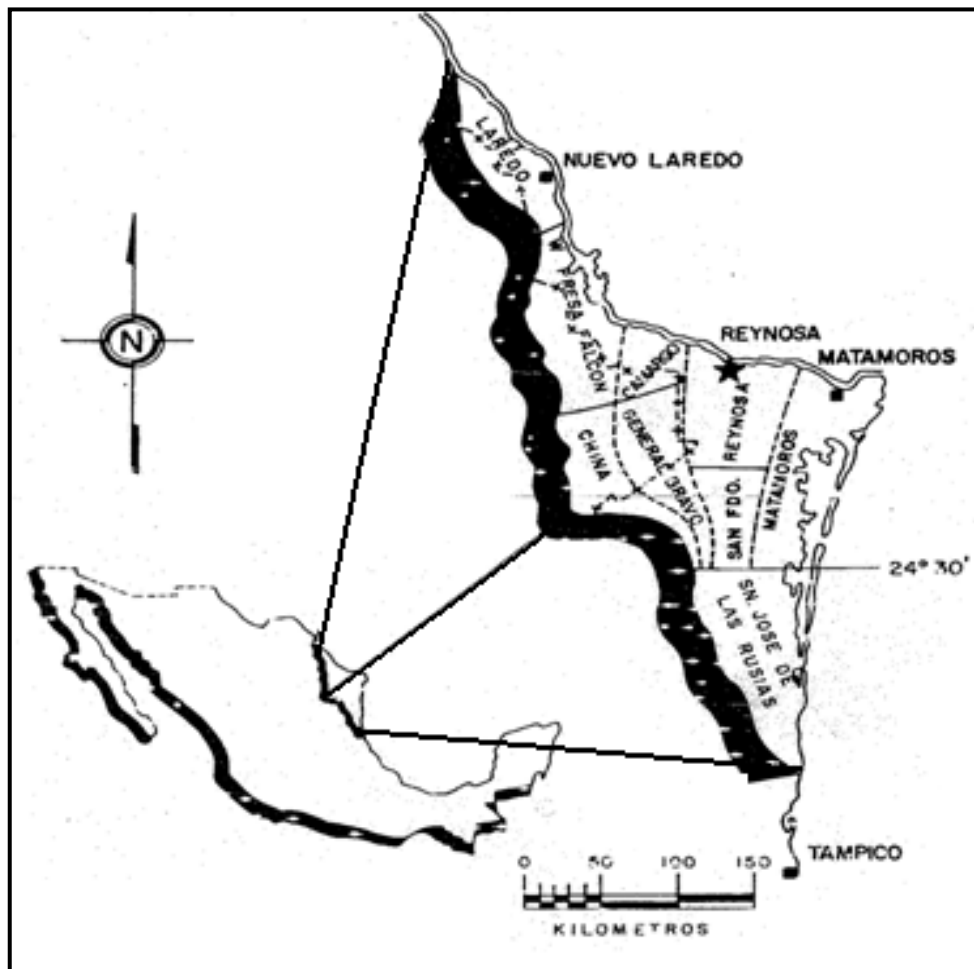


Figura 1.3.- Áreas productoras de gas y/o condensados de la Cuenca de Burgos (Tomado de Echánove, E.O., 1986).

Dentro de los trabajos previos más importantes realizados en el área, se tiene que en 1969 se publica la primera síntesis geológica de la Cuenca de Burgos elaborada por Yzaguirre, Rodríguez Santana, Sandoval Cambranis, García del Ángel y Castillo Chavira, en la cual establecen un panorama general de la estratigrafía de la Cuenca, mediante la descripción litológica de muestras de canal, registros eléctricos de algunos pozos y algunos controles paleontológicos de los mismos, ya que existían pocos perfiles sísmicos locales disponibles para ese tiempo (Best y Monroy, 2008).

Echánove E. O., en 1976, realizó el trabajo llamado Geología del Paleoceno – Eoceno de la Cuenca de Burgos, postulando que todos los yacimientos de esta edad, tienen trampas del tipo estratigráfico – estructural; los yacimientos principales se encuentran en barras arenosas, que de acuerdo a su orientación forman una franja a nivel regional; debido al intenso fallamiento su interpretación es muy difícil.

Posteriormente en 1986, publicó otro trabajo llamado Geología Petrolera de la Cuenca de Burgos, haciendo una descripción litológica, así mismo, describe la geología histórica y el sistema petrolero de la Cuenca; trabajo que se ha tomado como referencia en cualquier proyecto posterior de exploración y de desarrollo de campos (Best y Monroy, 2008).

En 1992 Pérez Cruz elaboró un trabajo sobre la evolución Geológica de la Cuenca de Burgos, en donde se considera la estratigrafía de secuencias y geología estructural de toda la región, interpretando numerosos perfiles sísmicos a diferentes escalas, desde los locales de aproximadamente 40 Km de largo hasta regionales de 400 Km de longitud que abarcan hasta el talud continental del Golfo de México.

En 1993, PEMEX y Chevron elaboraron un estudio geológico y geoquímico en el que se analizó la estratigrafía del área, y definieron tres estilos estructurales: el primero, al occidente del área, compuesto por una serie de bloques afectados por fallas normales de poco desplazamiento; el segundo, un sistema de fallas normales de crecimiento en las formaciones Vicksburg y Frío principalmente, y el tercero ubicado al oriente, formado por bloques afectados por fallas normales y diapiros de arcilla en el Oligoceno Superior y Mioceno. También identificando tres unidades de rocas generadoras de hidrocarburos, una en el Paleoceno – Eoceno, otra en el Oligoceno y la tercera en el Mioceno (Pérez – Bautista y Aguayo, 2006).

En 1994 – 1995 se realizó el Estudio de Potencial Remanente del Terciario del Proyecto Integral Burgos. En este estudio de tipo regional, se delimitaron de manera general los plays de la Cuenca de Burgos mediante la interpretación de secciones sísmicas 2D e información de pozos. El área de la Cuenca de Burgos se encuentra cubierta por una gran cantidad de estudios geofísicos sismológicos regionales, de semidetalle y detalle, que determinan los modelos estructurales que afectan a la secuencia sedimentaria en el área (Pérez – Bautista y Aguayo, 2006).

En el año 2004 Ortiz U. A. y Tolson G., publicaron un trabajo el cual denominaron: Interpretación estructural de una sección sísmica en la región Arcabuz – Culebra de la Cuenca de Burgos, NE de México; proponen también un modelo de cómo ocurrió el aporte sedimentario y como fueron a su vez afectados por los eventos tectónicos de la región (Best y Monroy, 2008).

Existen también numerosos trabajos inéditos elaborados por personal de PEMEX, que corresponden con reportes internos o con publicaciones hechas en memorias de Congresos de los últimos 20 años.

## **1.6 VÍAS DE COMUNICACIÓN**

La Cuenca de Burgos posee una buena infraestructura de comunicación, la cual está constituida por vías de ferrocarril, carreteras estatales, carreteras federales, autopistas y aeropuertos internacionales. A continuación se presenta la infraestructura de los estados de Tamaulipas (Figura 1.4), y Nuevo León (Figura 1.5), ya que son los estados que principalmente abarca la Cuenca (INEGI, 2010).

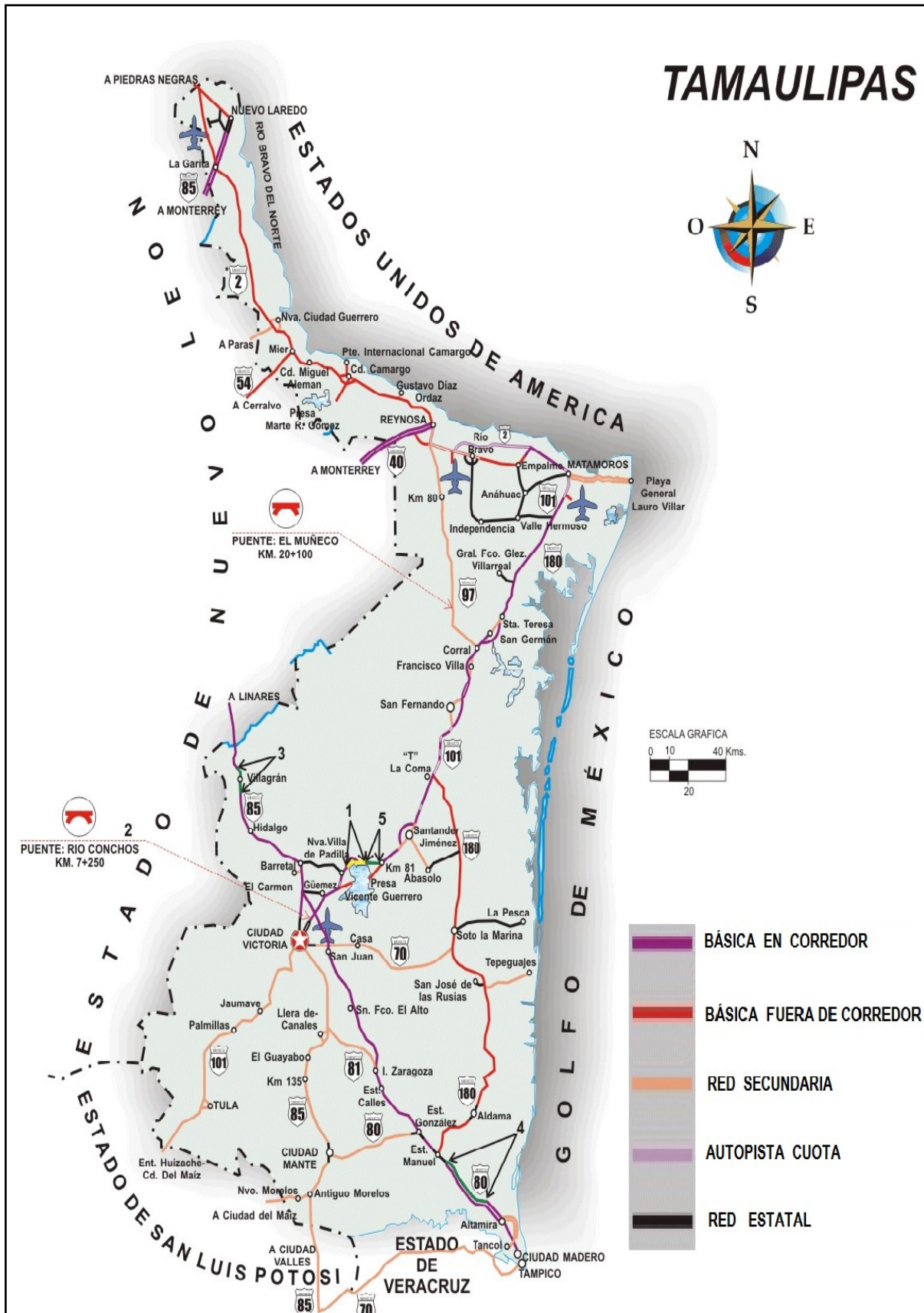


Figura 1.4.- Vías de Comunicación del Estado de Tamaulipas (Tomado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2010).



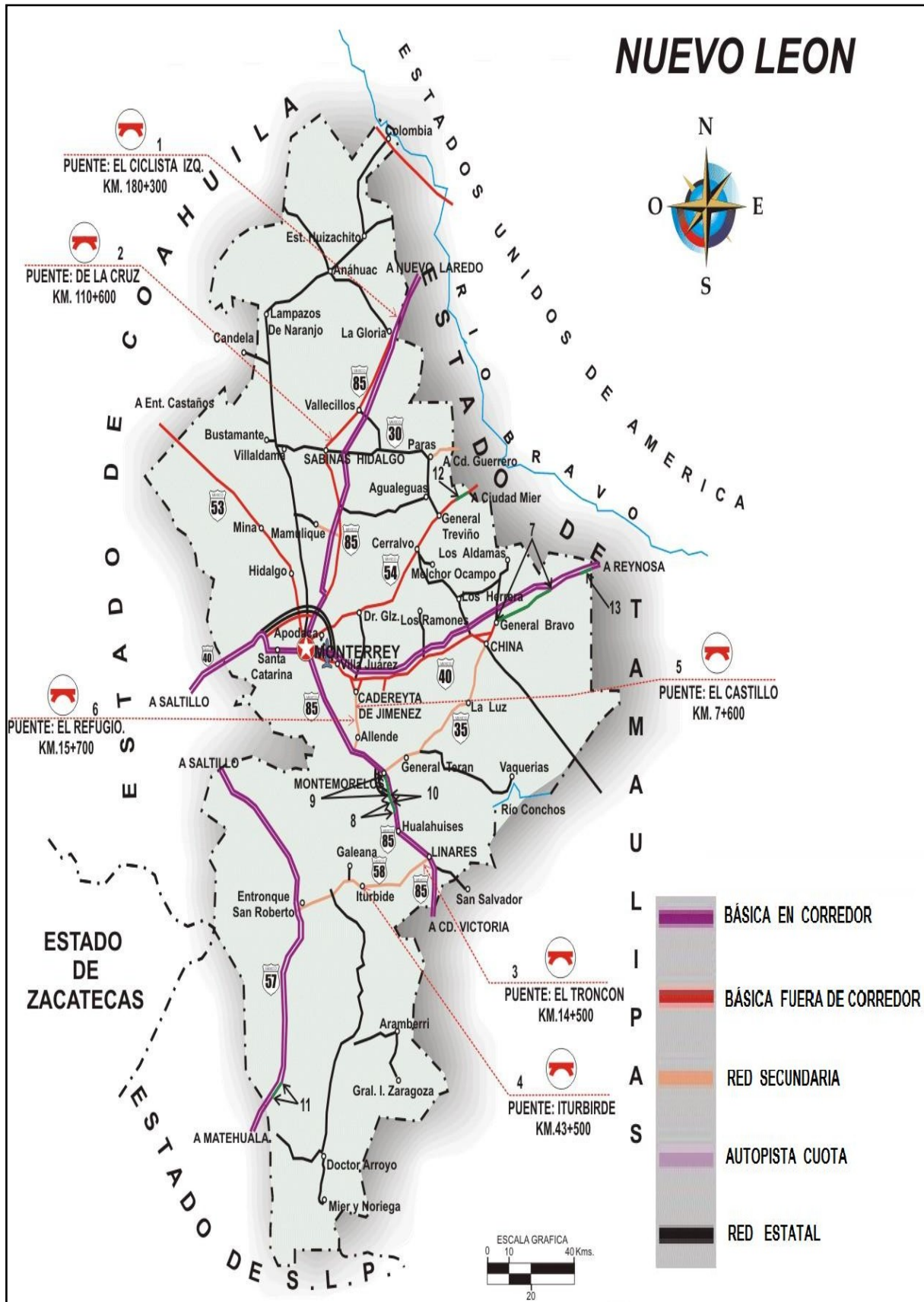


Figura 1.5.- Vías de Comunicación del Estado de Nuevo León (Tomado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2010).

## **1.6.1 TAMAULIPAS.**

La capital del Estado es Ciudad Victoria, en el estado existen 43 municipios que abarcan una extensión de 80,175 Km<sup>2</sup>, que es el 4.1% del territorio nacional (INEGI, 2010). Existe una población aproximada de 3, 024, 238, que representa un 2.9 % del total del país, de la cual un 87% es urbana y 13% rural. El Estado de Tamaulipas aporta un 3.3% al PIB Nacional, generado de la industria, el comercio, restaurantes y hoteles.

### **1.6.1.1 CARRETERAS.**

Los ejes carreteros troncales federales más importantes del estado son los siguientes: El primero parte de Nuevo Laredo en el noroeste de la entidad y corre más o menos paralelo a la línea fronteriza, pasando por las poblaciones de Nueva Ciudad Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Ciudad Camargo y Gustavo Díaz Ordaz. De esta carretera parten varios ramales (Carreteras federales y terracerías), y además entronca con otro eje federal, desde donde continúa hasta la Ciudad de México, pasando por Monterrey, Nuevo León. La carretera federal No. 2 llega hasta Matamoros; la No. 180 une a Matamoros con Tampico y corre paralela a la costa del Golfo de México. En el trayecto de esta carretera entroncan diversos ejes, entre los cuales están el No. 101, que une a Matamoros con Ciudad Victoria, y el No. 97, que parte al norte de San Fernando y llega a Reynosa (INEGI, 2010).

### **1.6.1.2 FERROCARRILES.**

En la red ferroviaria de Tamaulipas es importante, sobre todo dos de sus líneas que son las que enlazan a uno de los centros de producción y consumo más importantes del país que es Monterrey (INEGI, 2010). El sistema ferroviario se encuentra básicamente en terrenos de la Llanura Costera del Golfo de México. El estado cuenta también con dos puentes internacionales, el de Nuevo Laredo y el de Matamoros, que conectan con el ferrocarril norteamericano, facilitando la actividad exportadora e importadora de esta entidad y del país.

### **1.6.1.3 AEROPUERTOS.**

Los principales aeropuertos son los de Tampico, Matamoros, Reynosa y Nuevo Laredo. Otros aeropuertos de segundo orden son los de Nueva Ciudad Guerrero y el de Ciudad Victoria.

### **1.6.1.4 PUERTOS.**

El puerto de Tampico fue fundado a mediados del siglo XVI, en la margen izquierda del Río Pánuco, pero cobró un auge sorprendente al descubrirse e iniciarse la explotación de los mantos petrolíferos de la región. Este puerto posee tres tipos de instalaciones: en el primero y más importante se realiza el movimiento de Petróleos Mexicanos (INEGI, 2010). El segundo está integrado por instalaciones particulares, para el movimiento de minerales o carga a granel; el último lo constituye el Muelle Fiscal, a través del cual se mueve la carga general.

## **1.6.2 NUEVO LEÓN.**

La capital del Estado de Nuevo León es Monterrey, estado en el que se tienen 51 municipios que abarcan una extensión de 64,220 Km<sup>2</sup>, representan un 3.3% del territorio nacional; cuenta con una población aproximada de 4,199,292 habitantes, un 4.1% de la población total del país. Se considera que el 94% de la población es urbana, mientras que el 24% es rural. Nuevo León aporta el 7.5% del PIB Nacional proveniente de servicios comunales, sociales y personales (INEGI, 2010).

### **1.6.2.1 CARRETERAS.**

Nuevo León se encuentra comunicado directamente por carretera, con todos los puntos de importancia de la República y todas las cabeceras municipales del estado. Los ejes carreteros troncales más importantes son: la carretera México-Nuevo León, que cruza el estado de sureste a noroeste, y de ahí comunica con todo el sureste y Golfo de México. Hacia el norte comunica con Nuevo Laredo, Tamaulipas y con Estados Unidos. La carretera Matamoros – Mazatlán cruza la entidad de este a oeste por su parte media. Partiendo de Monterrey hacia el oeste, también se tiene una autopista que llega a Saltillo Coahuila y de esta población hay entronques hacia el centro, norte y noroeste de la República (INEGI, 2010).

### **1.6.2.2 FERROCARRILES.**

Por su parte central, cruza la vía del ferrocarril Monterrey – Tampico; También de oeste a noreste atraviesa el estado la vía México – Nuevo Laredo, la cual transporta el mayor tonelaje de importación al centro y sur del país. También destaca la vía Monterrey – Torreón por el transporte de minerales.

### **1.6.2.3 AEROPUERTOS**

La entidad cuenta con un aeropuerto internacional en la Capital del estado, así como pistas privadas para avionetas, en algunas de las cabeceras municipales del estado.

## **1.7 FISIOGRAFÍA**

### **1.7.1 TAMAULIPAS**

El Estado de Tamaulipas tiene un relieve contrastante, al que pertenecen parte de las tres grandes regiones naturales o provincias fisiográficas que conforman el territorio mexicano: la zona montañosa del suroeste de la entidad, que forma parte de la Sierra Madre Oriental (Best y Monroy, 2008); las extensas áreas de las llanuras costeras, lomeríos y valles, así como las sierras de San Carlos y Tamaulipas, que abarcan la mayoría de los terrenos tamaulipecos y que corresponden a la Llanura Costera del Golfo Norte y la zona noroeste, en la que predominan lomeríos suaves, alternados con llanuras; es la región más meridional de la provincia de las Grandes Llanuras de Norteamérica, cuya mayor parte se encuentra en los Estados Unidos (Figura 1.6).

#### **1.7.1.1 PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL.**

Esta provincia corresponde con un conjunto de sierras mayores y menores producto de la deformación de las secuencias sedimentarias plegadas y falladas, tales secuencias son en su mayoría rocas sedimentarias marinas (Cretácicas y del Jurásico Superior) entre las que predominan las calizas, en segundo término se tienen a las lutitas, después a las rocas limosas y a las areniscas (Best y Monroy, 2008). El plegamiento se manifiesta de múltiples maneras, pero su forma más notoria en estas sierras, es la que produce una topografía de fuertes ondulados paralelos y alargados, semejantes a la superficie de un techo de lámina corrugada, en dirección general noroeste-sureste.

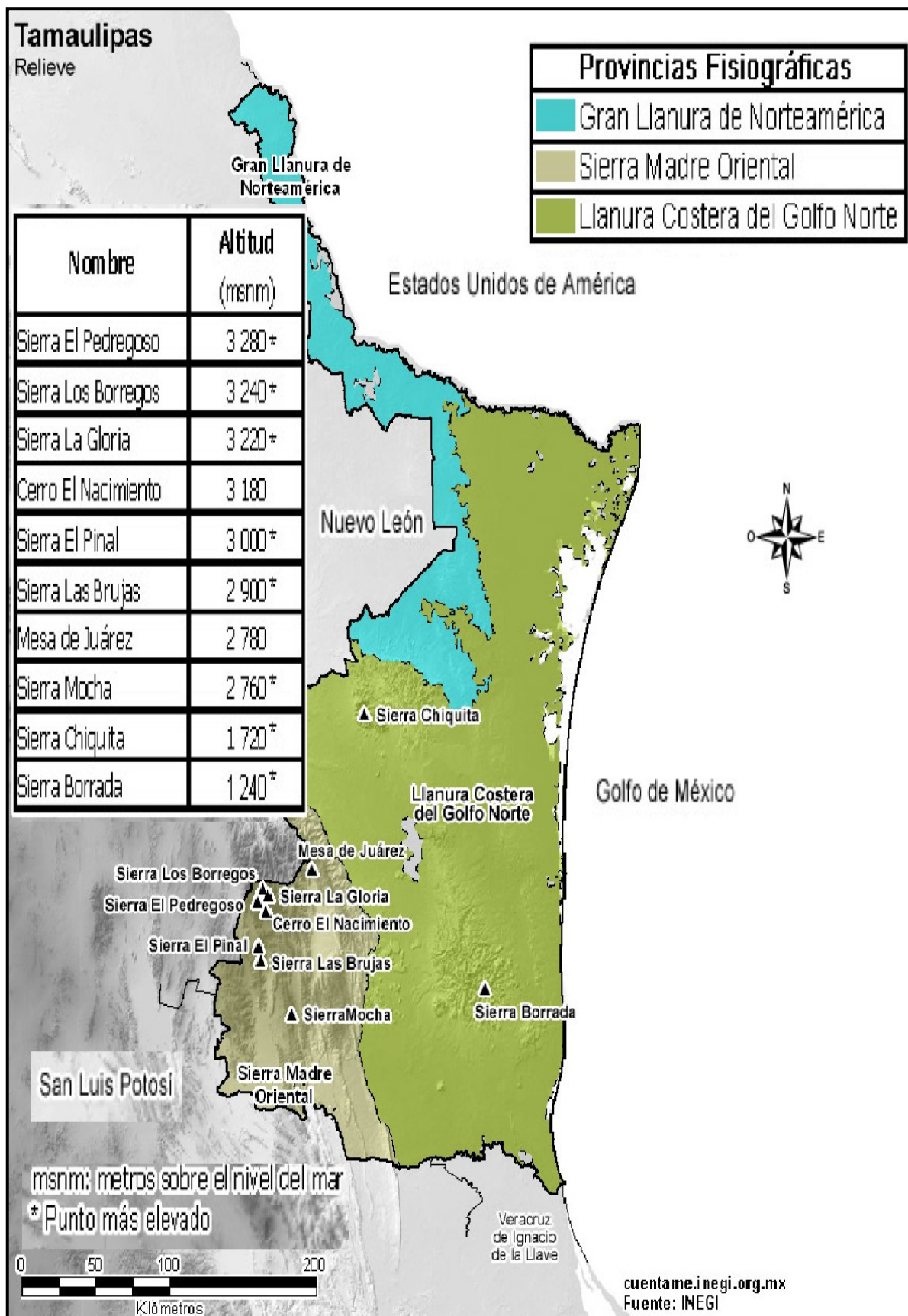


Figura 1.6.- Fisiografía del Estado de Tamaulipas (Tomado de INEGI, 2009).

a) **SUBPROVINCIA DE LA GRAN SIERRA PLEGADA.**

Esta subprovincia tiene sistemas de topoformas que se designan como sierras plegadas y sierras complejas (pliegues y fallas) pero también se encuentran bajadas, lomeríos, mesetas, llanuras y valles. En esta subprovincia existe gran diversidad de vegetación, que depende en gran medida de las variaciones climáticas que imperan en esta sierra por la diferencia de altura y por la humedad transportada por el viento.

b) **SUBPROVINCIA SIERRAS Y LLANURAS OCCIDENTALES.**

Se localiza al oeste de la Gran Sierra Plegada y en ella predominan las sierras compuestas de secuencias de carbonatos, con orientación norte-sur, y enlazadas entre sí por conjuntos de cerros que siguen ese mismo sentido o que son oblicuos (Best y Monroy, 2008). Los sistemas de topoformas, que se encuentran en la porción tamaulipeca de esta subprovincia son: en el norte, las sierras complejas y las bajadas, aunque hay pequeñas llanuras y valles; en el sur predominan las llanuras de diferentes tipos.

### **1.7.1.2 PROVINCIA DE LA LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE.**

Dentro del territorio tamaulipeco se localizan porciones amplias de las dos subprovincias que la conforman en su parte mexicana, estas son la denominada Llanura Costera Tamaulipeca, subprovincia de la Sierra de San Carlos y Tamaulipas, y la subprovincia de las llanuras con lomeríos. A diferencia de la Llanura Costera del Golfo Sur, integra claramente una costa en proceso de avance.

a) **SUBPROVINCIA DE LAS LLANURAS CON LOMERÍOS.**

Dentro del estado, esta subprovincia tiene una superficie territorial que significa el 37% del total estatal. Los materiales dominantes en la región son: sedimentos antiguos arcillosos y arenosos, de edades que decrecen hacia la costa (mesozoica y terciaria).

Hay, sin embargo, importantes afloramientos de rocas basálticas, que se formaron en coladas de lava de bastante extensión al norte de Tampico; estas tienen morfología general de mesetas y otras forman pequeños lomeríos dispersos al sureste de Ciudad Victoria (Best y Monroy, 2008). No obstante, el paisaje de esta subprovincia se caracteriza por sus extensas llanuras interrumpidas por lomeríos.

b) **SUBPROVINCIA DE LA SIERRA DE SAN CARLOS Y DE TAMAULIPAS.**

La Sierra de Tamaulipas es extensa, está formada de carbonatos deformados intrusionados por cinco cuerpos de roca ácida. Tiene un profundo cañón por donde fluye con dirección sur - norte el río Soto la Marina. En el núcleo de la sierra se levantan los picos Sierra Azul y cerro Picacho, con altitudes de 1,400 y 1,200 m, respectivamente. La sierra de San Carlos está constituida por un conjunto de cuerpos intrusivos ígneos que afectaron a las calizas.

c) **SUBPROVINCIA DE LA LLANURA COSTERA TAMAULIPECA.**

Todo su territorio está cubierto por sedimentos marinos no consolidados, con un relieve muy próximo al nivel del mar. La región cuenta con una superficie donde predominan las llanuras, que son inundables hacia la costa y están interrumpidas al oeste por lomeríos de pendiente suave.

### **1.7.1.3 PROVINCIA DE LAS GRANDES LLANURAS DE NORTEAMÉRICA**

Abarca una parte de los territorios fronterizos de Tamaulipas aunque su mayor extensión esta en Norteamérica. Independientemente de encontrarse a menor altitud que casi todo el resto de las provincias; se caracteriza por el hecho de que sus llanuras están interrumpidas por lomeríos bajos y dispersos, de pendientes suaves y constituidos en forma dominante por materiales conglomeráticos o arenosos (Best y Monroy, 2008).

a) **SUBPROVINCIA DE LAS LLANURAS DE COAHUILA Y NUEVO LEÓN**

En Tamaulipas, únicamente la franja fronteriza en las proximidades del Río Bravo pertenece a esta subprovincia. Los sistemas de topofomas que predominan son los lomeríos muy suaves, asociados a llanuras. En la porción sur de la subprovincia existen sierras bajas, mesetas y valles.

## **1.7.2 NUEVO LEÓN**

Dentro del Estado de Nuevo León, se encuentran áreas que corresponden a tres provincias fisiográficas: La Llanura Costera del Golfo Norte, La Sierra Madre Oriental y La Gran Llanura Norteamericana (Figura 1.7), cuyas características generales se presentan a continuación (Best y Monroy, 2008).

### **1.7.2.1 PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL**

La Sierra Madre Oriental en el Estado de Nuevo León, corresponde con un conjunto de sierras menores en las que afloran secuencias mesozoicas plegadas. Las secuencias deformadas son rocas sedimentarias marinas (Cretácico y Jurásico Superior), entre los que predominan las calizas y en segundo término, las areniscas y por último las secuencias arcillosas.

En estas sierras, el plegamiento se manifiesta de múltiples maneras, pero su forma más notable es la que produce una topografía de topofomas onduladas y paralelas (Best y Monroy, 2008).

Las partes topográficamente más altas, corresponden con anticlinales y las zonas bajas a sinclinales. El flexionamiento de las rocas en las crestas de los pliegues, ocasiono extensión con el correspondiente fracturamiento, haciéndolas más susceptibles a los procesos erosivos.

En su estado actual las estructuras mayores se encuentran erosionadas en su núcleo por lo que solo quedan flancos residuales de los anticlinales, con un valle al centro. Tales estructuras reciben en la zona regiomontana el nombre local de "potreros", ya que son comunes en la región y se les aprovecha para el pastoreo (Best y Monroy, 2008).

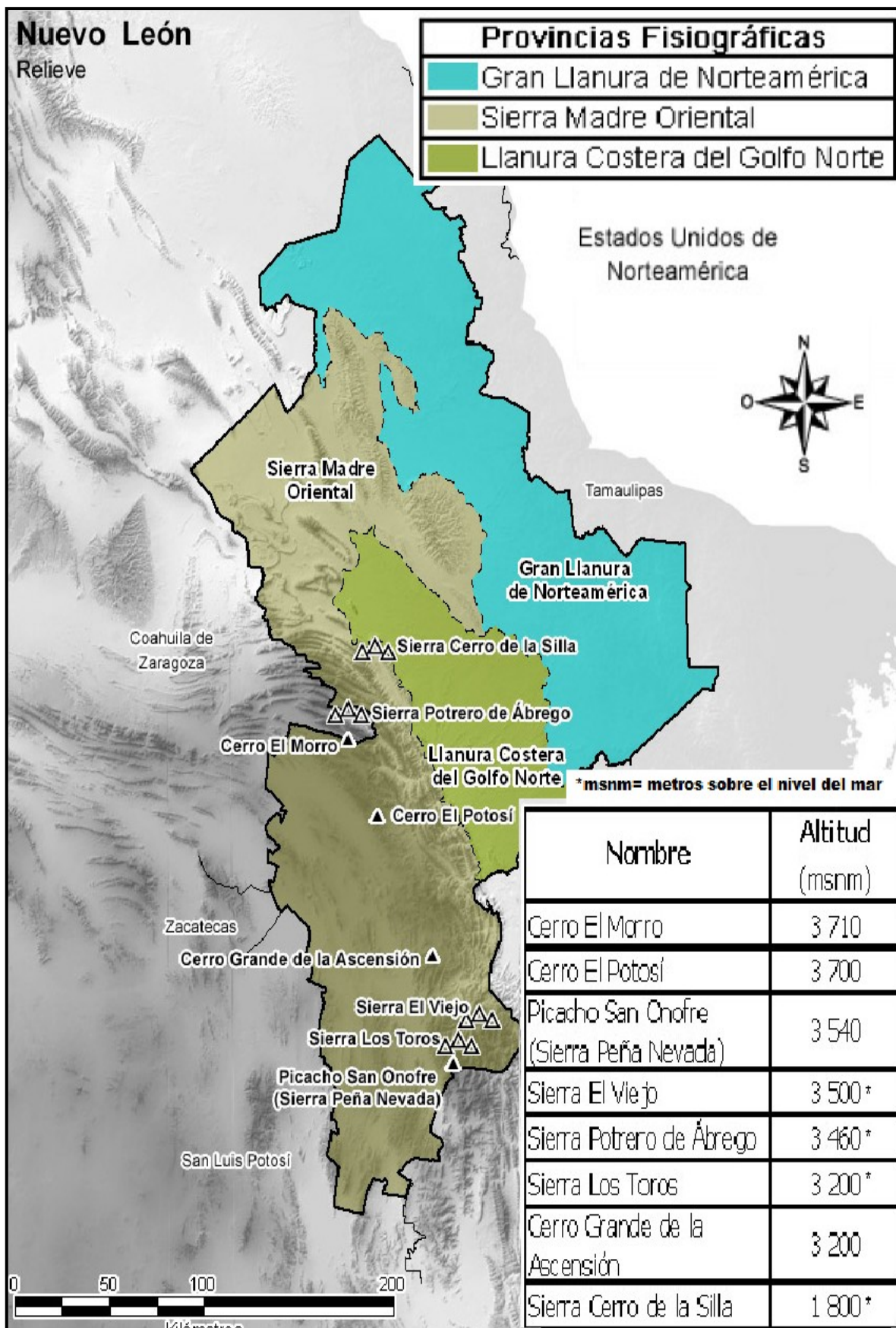


Figura 1.7.- Fisiografía del estado de Nuevo León (Tomado de INEGI 2009).

***a) SUBPROVINCIA DE LAS SIERRAS Y LLANURAS COAHUILENSES.***

El más largo de los brazos de esta subprovincia, esta ubicada al oriente de la misma, penetra en Nuevo León. En esta entidad ocupa un área aproximada de 8,852.73 km<sup>2</sup>. La subprovincia está constituida por sierras de carbonatos plegados, con pendientes escarpadas la mayoría de ejes están orientados de noroeste a sureste. Sus ejes estructurales están bien definidos y, especialmente en el sur, se presentan anticlinales alargados con las crestas erosionadas (Best y Monroy, 2008).

Hay tres conjuntos estructurales de la subprovincia que forman parte del territorio neoleonés, la Sierra de Sabinas Hidalgo, la alargada Sierra El Potrero, anticlinal de charnela erosionada, que se extiende al norte de la ciudad de Monterrey, y la Sierra Picacho que se levanta al noreste de la misma ciudad. Se observa en toda la subprovincia un claro predominio de los litosoles, que son suelos de origen residual, poco desarrollados y muy someros (no exceden los 10 cm de profundidad). Sin embargo, dependiendo del sistema de topofomas en que se encuentren, se forman asociaciones diferentes.

***b) SUBPROVINCIA DE LOS PLIEGUES SALTILLO – PARRAS***

Esta subprovincia forma parte de la región conocida como Mesa del Norte y está constituida por llanuras donde dominan las lutitas y las areniscas, que se extienden al sur de Monclova hasta el oeste a la altura de Saltillo; la subprovincia ocupa dentro del estado una pequeña porción del noroeste, abarca aproximadamente 3,003.90 km<sup>2</sup> de la superficie estatal y comprende partes de los municipios de García y Mina.

En las sierras y lomeríos de las subprovincia se presentan los suelos denominados litosoles, que son de origen residual y tienen un desarrollo incipiente. Asociados a ellos se encuentran los regosoles calcáricos, sobre todo en las sierras, en donde estos suelos se han derivado de las lutitas-areniscas que las conforman (Best y Monroy, 2008).

***c) SUBPROVINCIA DE LAS SIERRAS TRANSVERSALES***

Esta subprovincia corre casi perpendicularmente a los ejes principales de la Sierra Madre Oriental. Sólo una pequeñísima extensión de llanura desértica, en el extremo oriente de la subprovincia, penetra en el estado de Nuevo León y abarca parte del municipio de Galeana, lo que representa el 0.82% de la superficie del estado.

En los sistemas de topofomas genéricamente identificados como Sierras Transversales, predominan los litosoles, suelos de menos de 10 cm de profundidad (Best y Monroy, 2008). En los sistemas de lomeríos, bajadas y llanuras, dominan los xerosoles háplicos y cálcicos poco profundos.

***d) SUBPROVINCIA DE LA GRAN SIERRA PLEGADA.***

Se inicia al este de Saltillo, Coah., se flexiona con la integración de un gran arco al sur de Monterrey, N.L. y se prolonga hacia el sur hasta la altura de Ciudad Valles, S.L.P. En ella dominan las capas plegadas de calizas, con prominentes ejes estructurales de anticlinales y sinclinales. El área cubierta por la subprovincia dentro del estado de Nuevo León cubre una superficie aproximada de 8, 808.45 km<sup>2</sup>.



La región flexionada que se encuentra al este de Saltillo y al sur de Monterrey se conoce como Anticlinatorio de Arteaga, cuyo flanco oriental esta dislocado por una falla inversa corre sobre los bordes de la sierra. También hay afloramientos yesíferos paralelos en el mismo sentido, particularmente del lado occidental de la sierra, y en otros segmentos hay presencia de fosforitas.

A lo largo de toda la subprovincia se presenta un claro predominio de suelos someros pertenecientes a los tipos denominados litosol y rendzina. Sin embargo, también se les encuentra formando asociaciones diversas con otros tipos de suelo, y éstas asociaciones varían de un sistema de topofomas a otro.

### **1.7.2.2 PROVINCIA DE LA GRAN LLANURA DE NORTEAMÉRICA**

El rasgo más destacado de esta provincia es la presencia de amplias llanuras, muy planas y cubiertas de vegetación de pradera, antiguo hábitat del bisonte. De las subprovincias que integran la Gran Llanura de Norteamérica, sólo una queda dentro del territorio mexicano.

#### **a) SUBPROVINCIA DE LAS SIERRAS Y LLANURAS OCCIDENTALES**

El territorio de la subprovincia se distribuye entre Nuevo León, San Luis Potosí y un pequeño sector de Tamaulipas; abarca una extensa región al oeste de la Gran Sierra Plegada. Las sierras se componen principalmente de carbonatos deformados. En la parte austral de la unidad afloran rocas ígneas intrusivas (Best y Monroy, 2008).

En esta subprovincia, que ocupa casi toda la zona del sur del estado, predominan suelos con una capa superficial de color claro, que en muchas ocasiones presentan manchas, polvo o aglomeraciones de caliche, los cuales corresponden con suelos xerosoles cálcicos.

#### **b) SUBPROVINCIA DE LAS LLANURAS DE COAHUILA Y NUEVO LEÓN**

Una de las llanuras más amplias en esta zona es la que se extiende desde la ciudad de Anáhuac, N.L., hasta Nueva Rosita, Coah. Esta subprovincia forma parte de la región conocida como Llanura Costera y abarca aproximadamente 23,138.39 km<sup>2</sup> de la superficie de Nuevo León.

El área que queda dentro del estado, a pesar de ser muy extensa, es homogénea en cuanto a los sistemas de topofomas, ya que presenta una gran sucesión de lomeríos y llanuras, que en raras ocasiones se ven interrumpidas por una sierra baja o un valle. En esta subprovincia predominan los suelos claros, que son clasificados como xerosoles lúvicos, cálcicos y háplicos.

### **1.7.2.3 PROVINCIA LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE**

Esta provincia dentro del estado de Nuevo León, está representada por la subprovincia de Llanuras con Lomeríos (Best y Monroy, 2008). La parte de esta subprovincia que penetra en el estado de Nuevo León ocupa el área de Monterrey, Montemorelos y Linares.

La subprovincia está constituida por una pequeña sierra baja, la Sierra de las Mitras; lomeríos suaves con bajadas y llanuras de extensión considerable. Los suelos que predominan en la subprovincia son los vertisoles, que son profundos y de color oscuro.