



1. Línea Base Ambiental (LBA) para el Área Contractual Calibrador

La elaboración de la presente **Línea Base Ambiental** sigue los lineamientos de la *Guía para definir la Línea Base Ambiental previo al inicio de las actividades petroleras terrestres*, emitida por la **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)** y la **Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA)**. Asimismo, se fundamenta con la normatividad en materia ambiental, la experiencia de personal y trabajos académicos.

El **objetivo general** de la **Línea Base Ambiental** es determinar las condiciones en las que se encuentran los elementos bióticos y abióticos del ecosistema en donde se localiza Área Contractual Calibrador, así como la identificación, caracterización y registro de eventuales daños o pasivos ambientales presentes en el mismo.

El desarrollo y presentación de esta **Línea Base Ambiental** cumple con lo señalado en el Oficio No. ASEA/UGI/DGGEERC/0738/2016, del 20 de julio de 2016 y a las mejores prácticas de la Industria, la Legislación y Normatividad vigente aplicable, relacionada con las actividades previstas en el artículo 2 de la Ley de Hidrocarburos.

2. Resumen ejecutivo de la Línea Base Ambiental para el Área Contractual Calibrador

En primer lugar, se ha identificado que el estado del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET), principal ecosistema en el municipio de China, N.L., no ha sido afectado de manera significativa por las actividades relacionadas con la exploración, perforación, extracción y transporte de gas.

La extracción de gas se ha concentrado en espacios bien delimitados (peras, macroperas, caminos de acceso a las mismas y derechos de vía de las LDD y otros gasoductos). Estos espacios no han sufrido cambios operacionales, ni de dimensiones, por lo que sus afectaciones al ambiente no han sido significativas a lo largo del tiempo, con lo cual se ha dado cumplimiento al Resolutivo para el Proyecto



Integral Cuenca de Burgos 2004-2022, con número S.G.P.A./DGIRA.DG.2440.04 de fecha 28 de septiembre del 2004, registrándose tasas de afectación ambiental marginales y sin representar un alto riesgo al ambiente.

Los métodos de observación y análisis de los elementos abióticos y bióticos presentes en el Área Contractuales Calibrador, resaltan un grado de afectación mayor derivadas de las otras actividades económicas que se realizan en las zonas de estudio, aledañas a peras, macroperas y caminos de acceso a las mismas. Entre estas actividades destaca la ganadería, al ser la actividad dominante, la cual genera un alto impacto en la cobertura vegetal, suelo y el paisaje en general, aunado al uso de maquinaria para remoción de suelos destinados al pastoreo.

Aunado a lo anterior, se identificó el uso altemo por parte de los lugareños de caminos de acceso a peras y macroperas, así como de los derechos de vía de ductos como caminos de acceso a zonas de trabajo de diversa índole; por ejemplo: cabeceras de rancho, terrenos de siembra, ranchos cinegéticos, zonas de tránsito de ganado. En algunos sitios a lo largo de los derechos de vía de ductos y Líneas de descarga (LDD) se observaron: aperturas de brechas, preparación del suelo (*rocoteo*), acumulación de material vegetal, basureros clandestinos y sustitución de flora nativa por exótica (principalmente pastos para uso ganadero).

Por lo cual, desafortunadamente, el uso de los derechos de vía de las LDD como caminos de acceso, ha provocado indirectamente, la fragmentación del paisaje, denotando áreas considerablemente afectadas por actividades humanas, no asociadas a la extracción de gas.

Por otra parte, en cuanto a la identificación de pasivos ambientales asociados a la exploración, perforación, extracción y transporte de gas, a considerarse para su remediación, se identificaron los siguientes emplazamientos para realizar análisis de muestras de suelo para su análisis con reactivos PetroFlag y escaneo con Geo-Radar. Estos sitios son:



- Huella de material color rojizo adyacente al Pozo Calibrador-8
- Montículo de material adyacente al Pozo Calibrador-25
- Montículo de material, con forma de presa, adyacente al Pozo Calibrador-25
- Huella de material color rojizo adyacente al Pozo Calibrador-23
- Línea de descarga de dos tanques de agua congénita en la macropera del Pozo Calibrador-1
- Perímetro de Presa móvil localizada en la macropera del Pozo Calibrador-1
- *Manifold* de la macropera en donde se localiza el Pozo Calibrador-1
- Perímetro del Pozo Calibrador-4

Los resultados de los análisis con reactivos PetroFlag y los escaneos con geo-radar indicaron que no existe contaminación por hidrocarburos en los emplazamientos arriba listados.

Por lo que no se identifican pasivos, ni daños ambientales al interior del Área Contractual Calibrador.

3. Introducción

En esta sección se presentan las generalidades del estado de Nuevo León, así como del municipio de China, en donde se localiza en Área Contractual Calibrador, haciendo hincapié en el medio abiótico (geología, geomorfología, clima y meteorología, hidrología, calidad del aire, erosión e infiltración) y el medio biótico (vegetación y fauna). Al final de esta sección se detalla la infraestructura de extracción de gas con que cuenta el Área Contractual Calibrador.



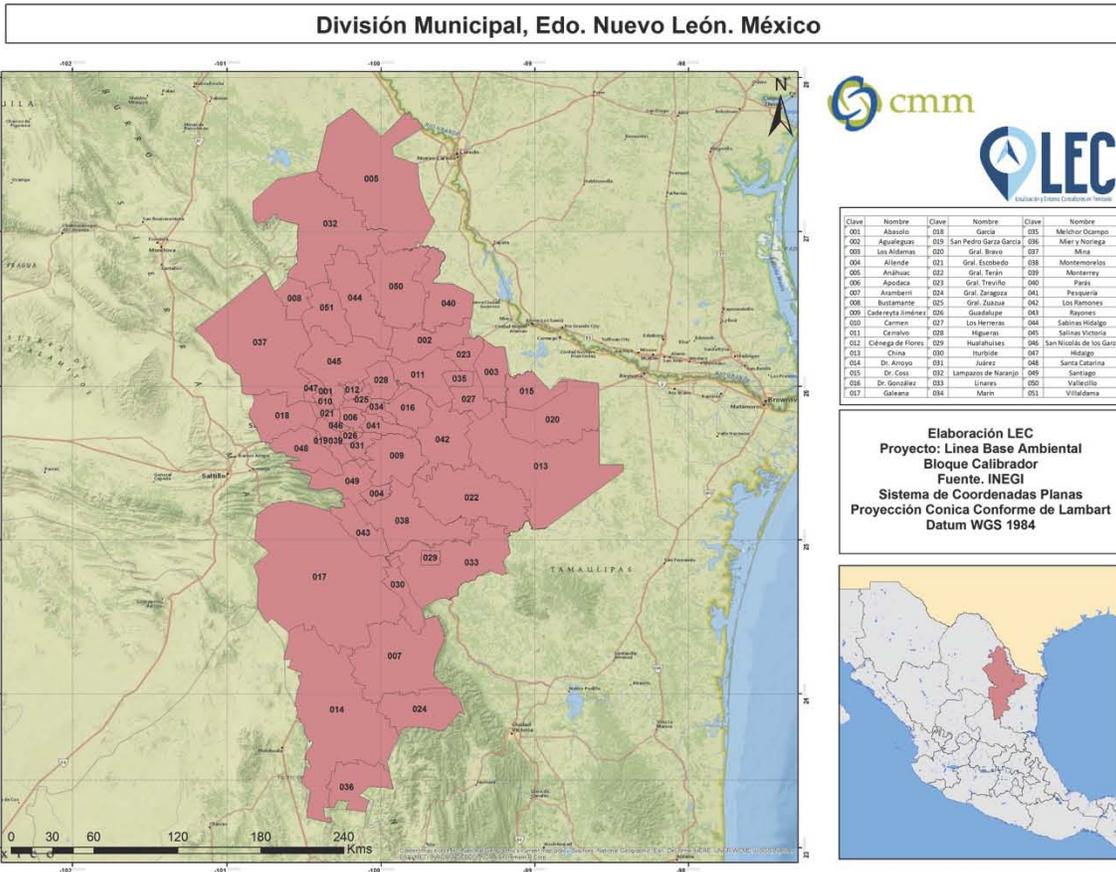
3.1. Generalidades

El estado de Nuevo León tiene las siguientes coordenadas extremas: al norte, $27^{\circ} 49'$, al sur, $23^{\circ} 11'$, de latitud norte; al este, $98^{\circ} 26'$, al oeste, $101^{\circ} 14'$, de longitud este (INEGI 2003).

El Trópico de Cáncer, situado en el paralelo $23^{\circ} 27'$, atraviesa el estado en el extremo sur, a 3 km al norte de la cabecera del municipio de Mier y Noriega y 24 km al sur de la de Doctor Arroyo. En el apartado 3.1.2.2. se mostrará la relación de esta localización con los factores del clima.

La extensión del estado de Nuevo León es de 64,081.94 km², lo que representa 3.26 por ciento de la superficie del país. La longitud máxima de norte a sur es de 504 km, y de este a oeste de 225 km.

Nuevo León colinda al norte con Estados Unidos de América (con el estado de Texas), al noreste y este con Tamaulipas, al oeste con Coahuila y Zacatecas, y al sur y suroeste con San Luis Potosí. Las colindancias con Texas y Zacatecas son muy pequeñas, ya que con el estado sureño de Estados Unidos sólo comparte poco más de 14 km, mientras que con Zacatecas apenas un vértice entre San Luis Potosí y Coahuila, en el municipio de Galeana (Contreras 2007). Finalmente, cabe señalar que el territorio estatal se compone de 51 municipios (ver Mapa 1).



Mapa 1. División municipal estado de Nuevo León.

3.1.1.1. Contexto regional

Con base en las actuales propuestas de regionalización biogeográfica la zona de estudio, el polígono del Área Contractual Calibrador, se encuentra incluida en la Región Neotropical. Esta región se extiende desde el límite norte de la Patagonia, pasando por los Andes, las cuencas del Amazonas y el Orinoco, hasta el Caribe y Mesoamérica. Sin embargo, muchos grupos típicamente neotropicales tienen una distribución que se extiende hasta el suroeste de los Estados Unidos de América, en particular el sur de Florida.



Dentro de esta región se encuentra el altiplano mexicano que generalmente ha sido reconocido como un área única que cuenta con un gran conjunto de especies propias del medio árido. Es un área extensa, ubicada entre las provincias norteñas de la Zona de Transición Mexicana de Montaña, constituida por una amplia llanura elevada contenida entre la sierra Madre Oriental, la sierra Madre Occidental y del Eje Neovolcánico. Esta amplia región se puede dividir en dos a la altura del parteaguas de las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval (INEGI 2003).

La *Subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León* se ubica al norte, noreste y este del estado de Nuevo León, es una de las llanuras más amplias, que se extiende desde Anáhuac, Nuevo León, hasta Nueva Rosita, Coahuila. Esta subprovincia se conforma de cerros, serranías, lomeríos y mesas que pueden alcanzar altitudes de hasta 2,600 m.s.n.m. La orientación de estas formaciones es noroeste-sureste, entre las que destacan: Las Mesillas, Mesa de Catujanos, Sierra de Lampazos, Sierra de la Iguala, Lomas de Vallecillo, Sierra del Carrizal, Cerro Boludo, Sierra Morena, Sierra de Santa Clara, Sierra de Milpillas, Sierra de Picachos y Sierra de Papagayos, entre otras (Andrade 1987).

El municipio de China, se localiza en la llamada *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: la *Subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León*.



3.1.1.2. Contexto local

El Área Contractual Calibrador, ubicada en el municipio de China, Nuevo León, se localiza en la denominada Provincia de las Grandes Llanuras de Norteamérica (98%) y Llanura Costera del Golfo Norte (2%), en la Subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León (98%) y Llanuras y Lomeríos (2%); conformando un Sistema de Topoformas que comprenden: Lomerío de Laderas Tendidas con Llanuras (92%), Valle Típico (6%), Lomerío con Llanuras (1.9%) y Sierra Baja (0.1%), entre los paralelos 25° 55' y 25° 03' de latitud norte; los meridianos 98° 25' y 99° 28' de longitud oeste; altitud entre 100 y 200 m.

El municipio de China colinda al norte con los municipios de Los Herreras, Los Aldamas, Doctor Coss y General Bravo; al este con el estado de Tamaulipas; al sur con el estado de Tamaulipas y el municipio de General Terán; al oeste con los municipios de General Terán, Los Ramones y Los Herreras. China ocupa el 6.6% de la superficie del estado y cuenta con 777 localidades y una población total de 10,697 habitantes (INEGI 2003).

El territorio de lo que hoy es el municipio de China, Nuevo León, mantuvo un equilibrio natural hasta la época colonial, cuando la población creció y se distribuyó por la región. A partir del siglo XVII se introduce el ganado europeo con el consecuente pastoreo, lo cual provocó fuertes cambios en el medio natural, principalmente la remoción de la vegetación, la exposición de los suelos y su posterior erosión.

Testimonio de lo anterior, se encuentra en las crónicas del capitán Alonso de León, explorador y gobernador del Nuevo Reino de León, quien, hacia mediados del siglo XVII, esboza las actividades agrícolas y ganaderas, así como su impacto en el paisaje del Nuevo Reino de León:

...la sierra que es para dar gracias a Dios por su hermosura y forma [...] la vertiente al norte es fértil, abundante de pastos; muchas aguas que la riegan; algunas ciénegas, tierra

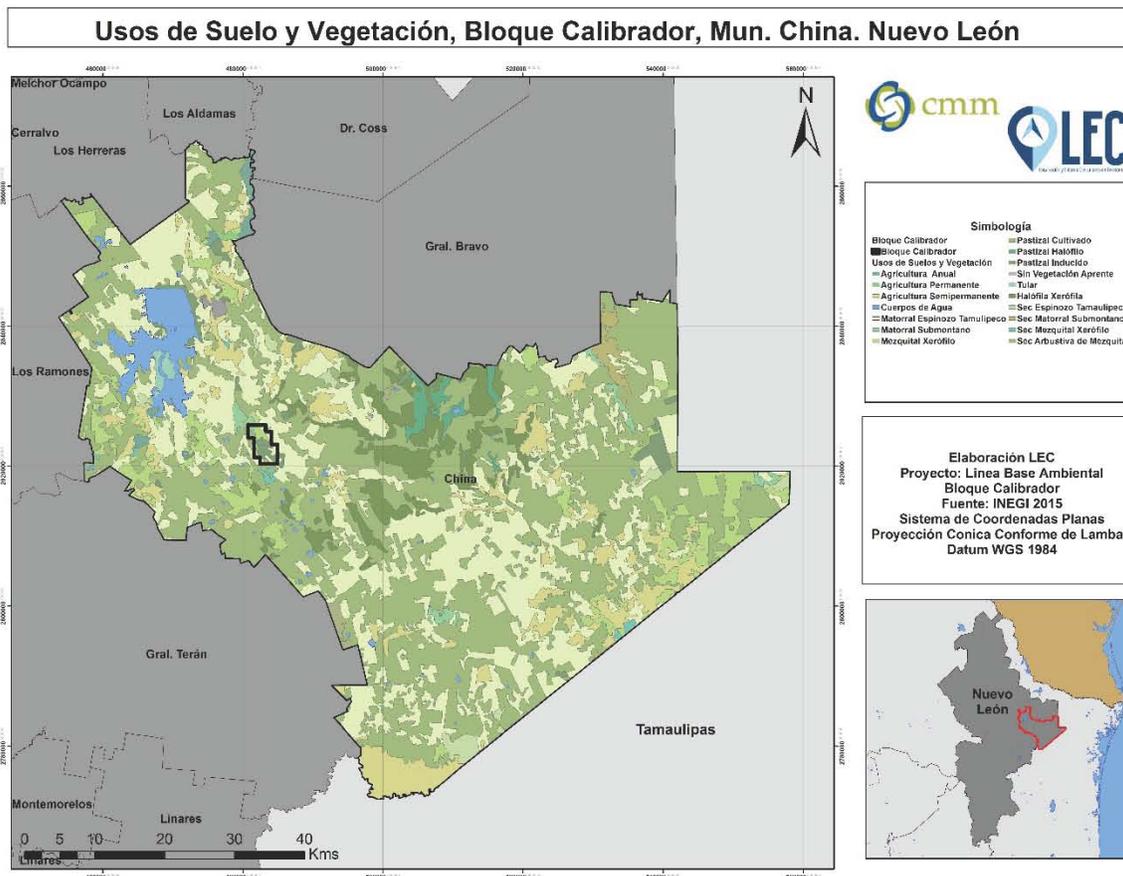


escombrada, llana y de provecho, con algunos montes espesos [...] Abundante de maderas, ébanos, brasiles, guayacán, que llaman palo santo; encinos muy gruesos, laureles y otros de menos cuenta; ruibarbo, cocolmecate, que llaman china, y la yerba tembladora, que tiene la hoja como mezquite. Yerba de afill; y en muchas partes los nopales crían muy linda grana [...] y muchas plantas medicinales. Críanse muchos ganados, así naturales como advenedizos. Hay bandadas de ciervos [...] berrendos, conejos, liebres, cantidad de gallinas monteses; puercos, del ombligo en el espinazo; armadillos, tejones [...] gatos pintados sin cola ni señal, yeguas, mulas, cantidad de ganado mayor, cabrío [...] de ovejuno es tanta la cantidad, que cuando esto se escribe, entran a agostar, de la Nueva España, más de 300,000 cabezas, citado por (Del Hoyo 1972).

Asimismo, De León menciona la facilidad de adaptación y producción de "todas las semillas y géneros de árboles frutales", incluyendo algodón, arroz, melones, sandías, higos, nogales, moras, zarzamora y uva. Aunque de esta última el cronista confiesa que sólo sabe de oídas. También se tiene noticia de los primeros plantíos de caña de azúcar hacia 1616 (Del Hoyo 1972).

El rancho de China Nuevo León se creó, aproximadamente en el año de 1710, para servicio de pastoreo siendo una superficie llana con dos lomas "La Loma de San Felipe" y "La Loma de Cacique" en la cabecera municipal (Del Hoyo 1972).

En general, es manifiesta la paulatina transformación de las praderas y valles con predominancia de matorrales en grandes mosaicos paisajísticos en los cuales se practica la agricultura estacional, la cual ha estado permanentemente condicionada a la disponibilidad de agua. Resalta el gran desbalance ambiental provocado por el sobrepastoreo ovino, el cual ocasionó la sustitución de los pastizales naturales por vegetación de chaparral (Mapa 2).



Mapa 2. Usos del suelo y vegetación en el municipio de China, Nuevo León.

Las condiciones de aridez o semiaridez características de Nuevo León, impiden el desarrollo de una agricultura intensiva y la producción de alimento para el ganado (bovino, caprino, equino y asnar), lo que limita las fuentes para la apta alimentación de los habitantes de la región.

Como lo señalan (González, Ramírez et al. 2010), las continuas sequías presentadas en la zona en la primera década de este siglo amenazaron al sector agropecuario, dada la poca disponibilidad de agua para el consumo humano y animal en el sector rural e industrial de Nuevo León.



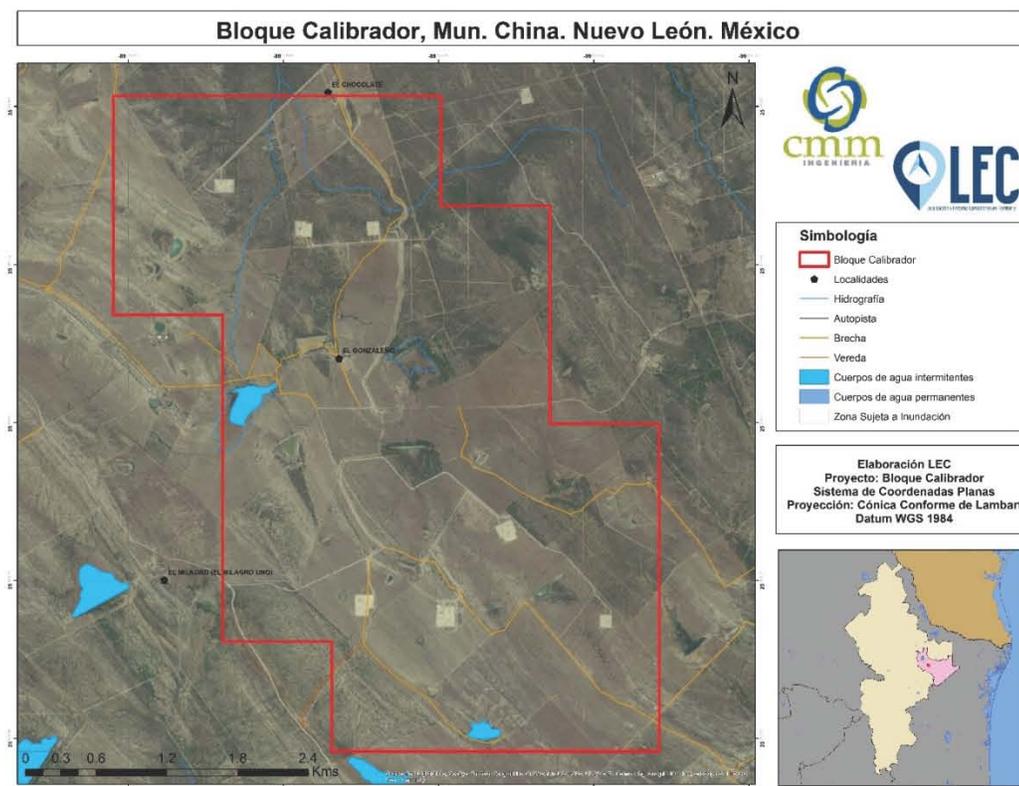
3.1.1.3. El Área Contractual Calibrador

El Área Contractual Calibrador se ubica aproximadamente a 107 kilómetros al Suroeste de la Ciudad de Reynosa, Tamaulipas. Geológicamente se encuentra dentro de la Cuenca de Burgos. En el año 2007 fue perforado por el Pozo Calibrador-1. El Área Contractual Calibrador está clasificada como productora de Gas Seco en areniscas de la Formación Paleoceno Midway.

Las coordenadas extremas del Área Contractual Calibrador son:

Tabla 1. Coordenadas extremas del Área Contractual Calibrador

Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
1	99° 10' 00"	25° 33' 00"
2	99° 10' 00"	25° 32' 30"
3	99° 09' 30"	25° 32' 30"
4	99° 09' 30"	25° 31' 30"
5	99° 09' 00"	25° 31' 30"
6	99° 09' 00"	25° 30' 00"
7	99° 10' 30"	25° 30' 00"
8	99° 10' 30"	25° 30' 30"
9	99° 11' 00"	25° 30' 30"
10	99° 11' 00"	25° 32' 00"
11	99° 11' 30"	25° 32' 00"
12	99° 11' 30"	25° 33' 00"



Mapa 3. Polígono Área Contractual Calibrador.

El Área Contractual Calibrador se asocia a la asignación AR- 0434 con una superficie de 37 km²; cuenta con 14 pozos perforados, de los cuales, dos están cerrados con posibilidades.

Cabe resaltar que el Área Contractual Calibrador produce gas natural no asociado y no se tiene reportada la producción de condensado. Por otra parte, sólo se tiene identificado el yacimiento PM-17 como productor comercial único, según la evaluación petrofísica y las pruebas de producción asociadas.

Como respaldo en la caracterización del Área Contractual Calibrador, se presentan los volúmenes originales del campo Calibrador (diciembre de 2014); estos datos



proceden del cuarto de datos de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH)¹, los cuales fueron obtenidos con información de PEMEX y su cálculo se obtuvo utilizando el método volumétrico.

Tabla 2. Valores del volumen original asociado al campo Calibrador

Campo	Tipo de reserva	Volumen original		Volumen acumulado a abril 2017		Volumen remanente		CERTIFICADAS (01 enero 2015)	ACTUAL (abril 2017)
		Aceite mmb	Gas natural mmmopc	Aceite mmb	Gas natural mmmopc	Aceite mmb	Gas natural mmmopc	1P, 2P, 3P	1P, 2P, 3P
Calibrador	1P	N/A	45.9	N/A	30.0	N/A	15.9	6.7	1.7
	2P	N/A	50.4	N/A	-	N/A	20.4	9.4	4.4
	3P	N/A	54.5	N/A	-	N/A	24.5	12.7	7.7

Fuente: CNH

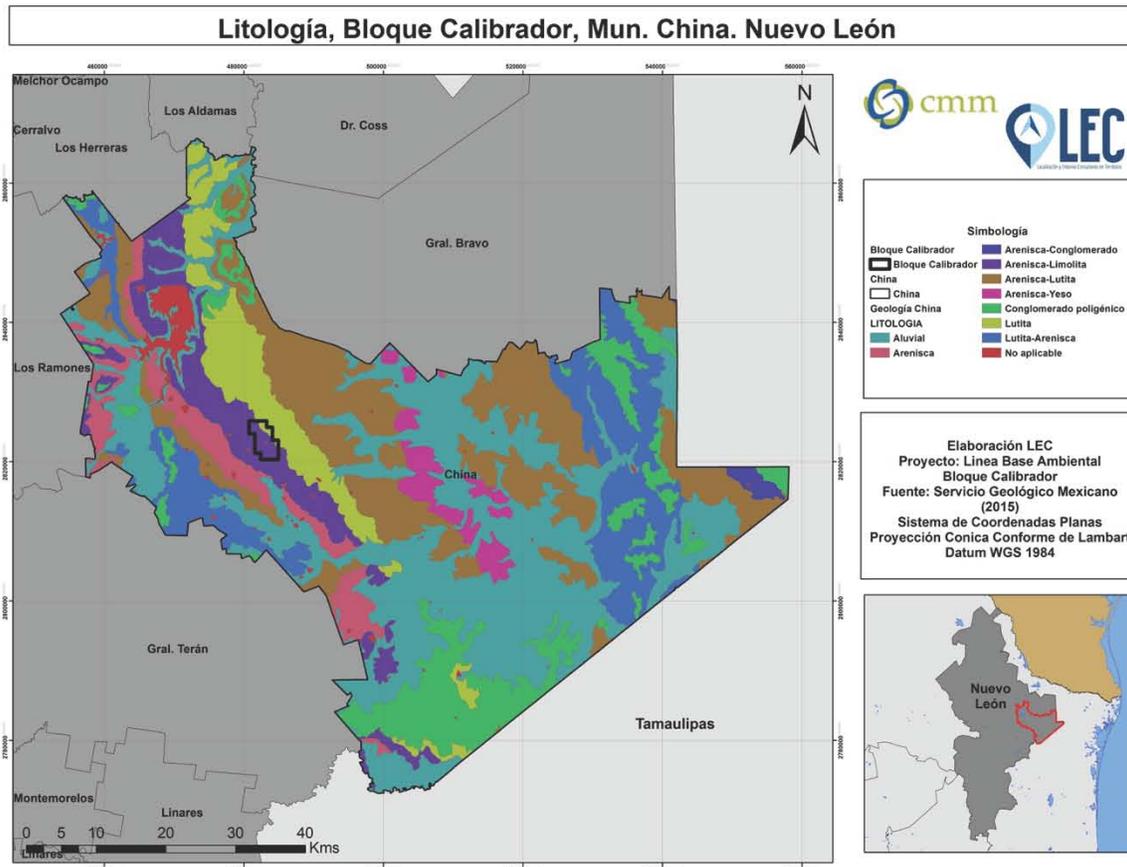
3.1.2. Medio Abiótico

3.1.2.1. Geología y Geomorfología

Geología

La geología del municipio de China se caracteriza por rocas de distintos periodos, los cuales se distribuyen de la siguiente manera: Cuaternario (46%), Paleógeno (44%) y Neógeno (10%); conformándose por las siguientes clases de roca: Sedimentaria: Lutita-arenisca (44%), conglomerado (9.6%) y arenisca-conglomerado (0.4%) Suelo: aluvial (46%) (INEGI).

¹ Información disponible en: www.cnh.gob.mx/5600.aspx



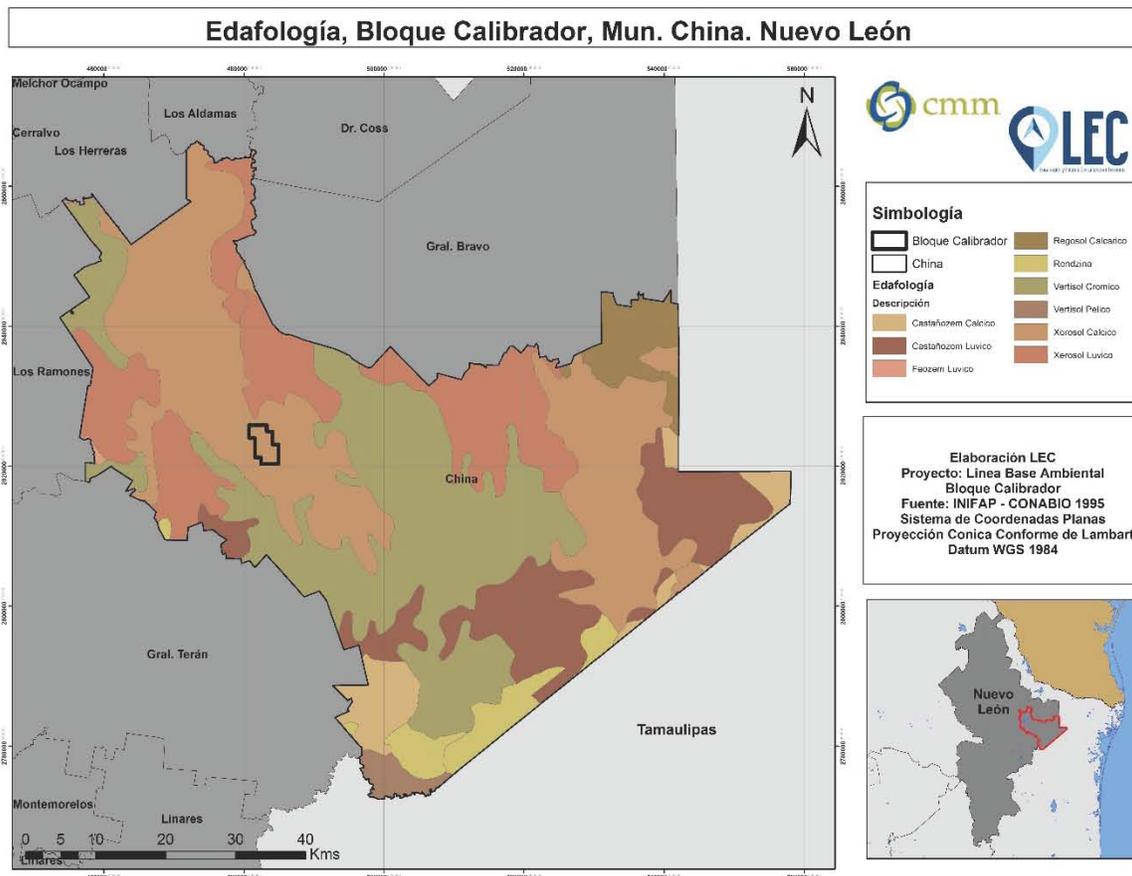
Mapa 4. Geología China

Geomorfología

La geomorfología se entiende como el estudio de la naturaleza a partir de las descripciones del relieve.

El Área Contractual Calibrador se localiza específicamente dentro de la *Subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León*. Esta subprovincia comprende los municipios de Anáhuac, Lampazos, Sabinas Hidalgo, Vallecillo, Parás, Agualeguas, Cerralvo, General Treviño, Ocampo, Los Aldamas, Los Herreras, General Bravo, Doctor Coss, China, norte de Los Ramones y oriente de General Terán. Predominan en ella los suelos claros, clasificados como xerosoles lúvicos, cálcicos y hálpicos

(Mapa 5). Los xerosoles cálcicos presentan movimientos de carbonato dentro del perfil, los xerosoles lúvicos presentan acumulación de arcilla en los horizontes subsuperficiales, los xerosoles hálpicos no muestran evidencias tan claras de los procesos antes mencionados (Andrade 1987). En general, son suelos fértiles con deficiencia de nitrógeno, poco susceptibles a la erosión y se encuentran en regiones áridas y semiáridas.



Mapa 5. Edafología del municipio de China, Nuevo León.

Los tipos de relieve continental del municipio de China se enlistan a continuación:

- Montañas. Son grandes elevaciones del terreno que tienen una pendiente muy pronunciada, la cual disminuye por efecto de la erosión, formando cerros



y lomas. Su origen puede ser diverso. Las montañas de pliegue. Se forman por plegamientos de la corteza terrestre. Las montañas se agrupan en cadenas montañosas llamadas sierras o cordilleras.

- Mesetas. Son regiones planas y elevadas, en relación con el terreno que las rodea, por encima de los 400 m.s.n.m. normalmente están entre dos cadenas montañosas. También se conocen como altiplanicies o altiplanos. Su origen es similar al de las montañas, varias de ellas son montañas erosionadas.
- Llanuras. También son llamadas planicies. Son regiones planas o semiplanas que tienen una elevación menor a los 500 m.s.n.m. Por su origen, pueden ser llanuras aluviales (por los depósitos de los ríos en sus márgenes), llanuras de sedimentación marina (por antiguos lagos o mares que se han elevado debido a movimientos tectónicos, como es el caso de Cuatro Ciénegas, en Coahuila), penillanuras (restos de montañas niveladas por la erosión).
- Depresiones. Son regiones de la superficie terrestre que se encuentran por debajo de las tierras contiguas. Pueden originarse por erosión fluvial, plegamientos o hundimientos tectónicos. Pueden ser absolutas o relativas. Las primeras se encuentran sobre los continentes, pero su profundidad está por debajo del nivel del mar; la mayoría de ellas se encuentra cubierta de agua, formando lagos. Las depresiones relativas se encuentran sobre el nivel del mar, pero por debajo del terreno que las rodea.

3.1.2.2. Clima y meteorología

El clima es un concepto que abarca varios fenómenos meteorológicos; entre ellos los más importantes son la temperatura, la presión atmosférica, la velocidad y dirección de los vientos, corrientes marinas, así como la humedad y las precipitaciones pluviales. La situación climática está en función de la latitud geográfica, la altitud y la distancia respecto al mar. México cuenta con una amplia



diversidad de climas desde los muy cálidos en las costas, los secos en la parte central y norte y los templados en las sierras, en cuyas cumbres más altas se manifiestan fríos polares.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), anteriormente Instituto Nacional de Ecología, ha identificado 15 provincias fisiográficas en México. En cuanto a grupos de climas se identifican los siguientes: tropicales lluviosos, climas áridos o secos, templados lluviosos y fríos.

Con base en las condiciones geográficas y el hecho de que México se encuentra imaginariamente dividido por el Trópico de Cáncer (paralelo 23° 27'), el INECC ha delimitado las siguientes regiones climáticas en el país: zonas áridas y semiáridas, zonas tropicales, las cuales pueden subdividirse en trópico húmedo y trópico seco, y zonas templadas.

El climatólogo Wladimir Meter Köppen propuso un sistema para clasificar los climas del mundo, basándose en cinco grandes zonas climáticas, cada una determinada por su promedio de temperaturas en el mes más cálido y en el mes más frío, así como por su promedio de precipitación anual. De esas observaciones resultaron las siguientes zonas climáticas: A (tropical), B (seco), C (templado), D (frío) y E (polar). La mayoría de las regiones de Nuevo León pertenecen en la clasificación B, donde hay grandes oscilaciones térmicas debido a la escasez de vapor de agua en la atmósfera. Köppen denominó a los climas A, C, y D como húmedos (con precipitaciones medias mayores a 300 mm.) y los clasificó de acuerdo con su régimen de lluvias asignándoles letras minúsculas (f, w, s, m, x'). Mientras que a los climas secos y polares los clasificó por su tipo de vegetación, asignándoles letras mayúsculas (S, W, B, T, F).

En Nuevo León dominan los climas B (por zona) S (por tipo de vegetación) es decir, clima seco estepario con herbáceas. También hay presencia del clima BW, es decir seco desértico con xerófilas. Esta breve introducción puede ayudarnos a entender



masas de aire de diferente temperatura; la masa de aire caliente, al tener menor densidad, asciende sobre la masa fría y, al subir, se enfría y se condensa provocando lluvias abundantes.

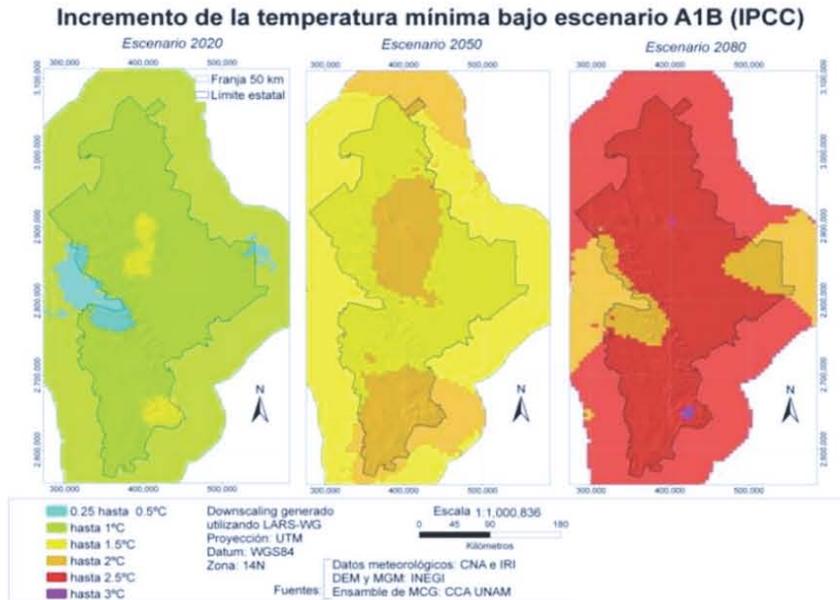
En general, las zonas menos lluviosas (menos de 250 mm anuales) del mundo son las que están ubicadas alrededor de los 30° de latitud, región de los grandes desiertos. El estado de Nuevo León se encuentra entre los 23° 11' y 27° 49' latitud norte, en consecuencia, se ubica en una región semiárida por naturaleza.

Por último, cabe mencionar que en el estudio *Escenarios Climatológicos de la República Mexicana ante el Cambio Climático* elaborado por (CONAZA 2004) se describe la disponibilidad de humedad y el patrón de lluvias para las dos condiciones meteorológicas de Nuevo León. En este documento se señala que la época de lluvias está comprendida en los meses de mayo-octubre, y se asocia con la afluencia de aire marítimo tropical con alto contenido de humedad. La época seca, comprendida en los meses de noviembre a abril, está asociada con el flujo de aire polar con bajo contenido de humedad.

De igual manera, en un segundo ejercicio de prospectiva, el *Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Nuevo León*, se señala que las temperaturas máximas y mínimas para el periodo 2020, tendrán un incremento entre 0.5° C y 1° C, bajo distintos escenarios, para el periodo 2050 entre 1° C y 2° C y para el 2080 entre 2° C y 3° C.

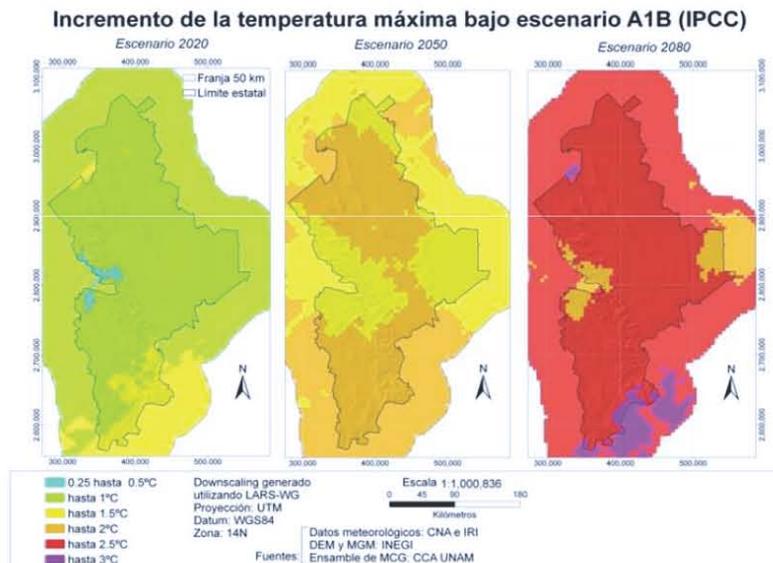
Aunado a lo anterior se esperan reducciones en la precipitación en la zona Sur del estado, del orden del -9.7%; en contraste con la zona Norte, las precipitaciones presentarán incrementos de hasta el 14% (SEMARNAT, León et al. 2010).

Figura 1. Cambios en la temperatura mínima promedio bajo el escenario A1B del IPCC las climatologías 2020's, 2050's y 2080's, con respecto al periodo base 1960 respecto al periodo base 1960-1990.



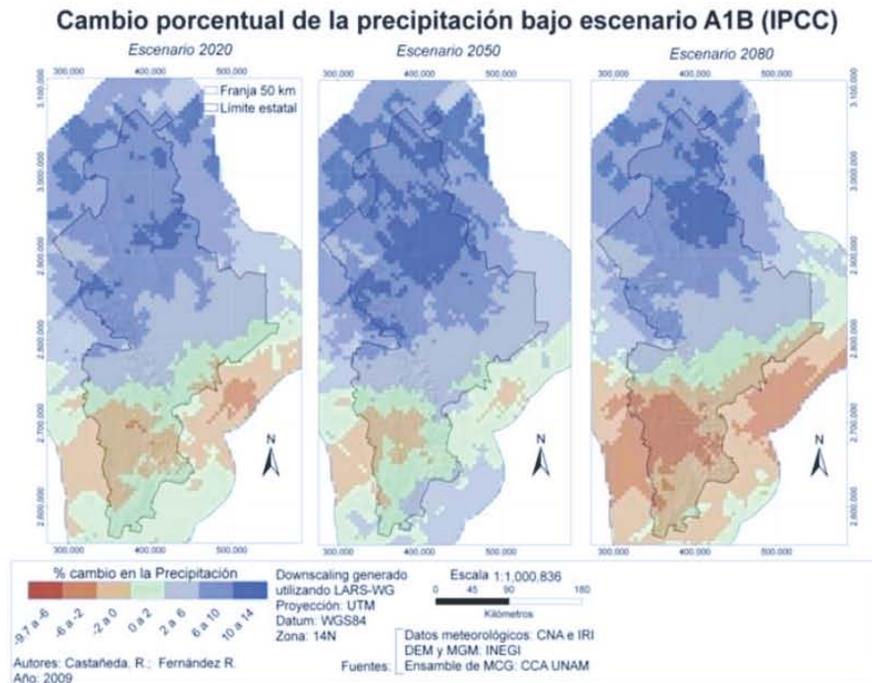
Fuente: Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Nuevo León, 2010.

Figura 2. Cambios en la temperatura máxima promedio bajo el escenario A1B del IPCC para las climatologías 2020's, 2050's y 2080's, con respecto al periodo base 1960 con respecto al periodo base 1960-1990.



Fuente: Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Nuevo León, 2010.

Figura 3. Cambios en la precipitación bajo el escenario A1B del IPCC para las climatologías 2020's, 2050's y 2080's, con respecto al periodo base 1960 respecto al periodo base 1960-1990.



Fuente: Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Nuevo León, 2010.

3.1.2.3. Hidrología superficial y subterránea

Con la finalidad de comprender mejor los aspectos hidrológicos del estado de Nuevo León y del municipio de China, particularmente, se revisarán algunas definiciones de uso común en este rubro.

- Cuenca hidrográfica. Unidad natural definida por la existencia de la línea divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfológicas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones.



- **Región hidrológica.** normalmente formada por una cuenca, ya sea fluvial o la cumbre con sus afluentes. En una región hidrológica existen dos zonas de importancia ecológica y social críticas y estrechamente interconectadas: la terrestre y la marina. La terrestre está integrada por la cuenca alta, las planicies costeras y la zona intermareal. Una región hidrológica se caracteriza por una alta variedad de gradientes y ecotonos (límite natural entre dos ecosistemas distintos donde viven especies propias de ambos ecosistemas y suelen ser zonas de mayor riqueza e interés biológico) regulados por cuatro tipos básicos de procesos: fisiográficos, biogénicos, climáticos y fisico-químicos (Toledo 2002).
- **Cuenca hidrológica.** La definición de ésta es más integral que la cuenca hidrográfica. Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales: además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo. Las cuencas hidrológicas cumplen con al menos cuatro funciones fundamentales en la naturaleza (vista ésta como el conjunto del medio físico y humano): función hidrológica, función ecológica, función ambiental, función socioeconómica (www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/conceptos.html)

A continuación, se describen las cuencas, principales y ríos y afluentes, así como los cuerpos de agua de cada una de las cuatro regiones hidrológicas que comprenden a las aguas superficiales del estado de Nuevo León y dos particulares correspondientes al municipio de China.

Región Hidrológica Bravo-Conchos.

El río Bravo es el límite entre México y Estados Unidos por la frontera centro-norte y noreste (entre Ciudad Juárez, Chihuahua, y Matamoros, Tamaulipas). Tiene su origen en las montañas Rocallosas del estado de Colorado, Estados Unidos, y sigue



una dirección norte-sur hasta entrar en territorio mexicano por Ciudad Juárez, donde cambia de dirección hacia el sureste hasta llegar al estado de Coahuila, ahí vira hacia el noreste, dentro del mismo estado cambia de rumbo hacia el sureste hasta su desembocadura en el Golfo de México. Desde su nacimiento hasta su desembocadura recorre 2,896 km, de los cuales 2,008 son parte de la frontera entre los dos países. De esta región tenemos en Nuevo León cinco cuencas y Cubre el 59.37% de la superficie estatal.

Región Hidrológica San Fernando-Soto La Marina (también conocida como Golfo Norte).

Esta región corresponde a todas las corrientes que desembocan en el Golfo de México y que están comprendidas entre las cuencas de los ríos Bravo y Pánuco. Aproximadamente 20 por ciento de toda la superficie de esta región corresponde al estado de Nuevo León y el resto al estado de Tamaulipas cubriendo el 17.99% de la superficie estatal (Contreras, 2007).

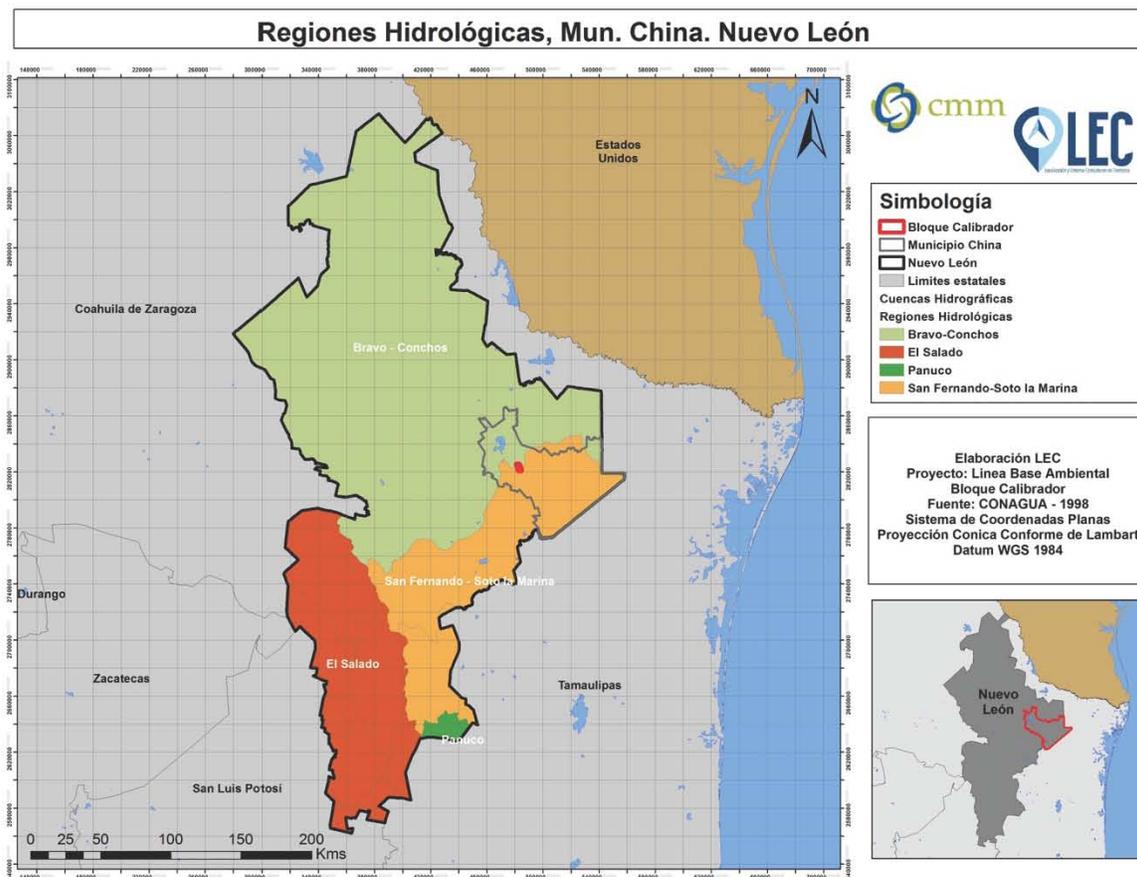
Región Hidrológica El Salado.

Esta región es una de las vertientes interiores más importantes del país. Se localiza en la Altiplanicie Septentrional. La mayor parte de su territorio se sitúa a la altura del Trópico de Cáncer. Este conjunto hidrográfico está constituido por una serie de cuencas cerradas de diferentes dimensiones, los escurrimientos son superficiales y escasos, las corrientes naturales de tipo permanente son mínimas, lo que hace de esta área una zona semidesértica.

Comprende, dentro del estado de Nuevo León, parte de tres cuencas. Tiene una altitud promedio de 2,000 m.s.n.m. y comprende el 19.44% de la superficie estatal.

Región hidrológica Pánuco.

Cubre el 0.75% de la superficie estatal, abarcando solo una pequeña porción en el sureste de la entidad. Comprende dentro del estado de Nuevo León parte de la cuenca del Río Tamesí.

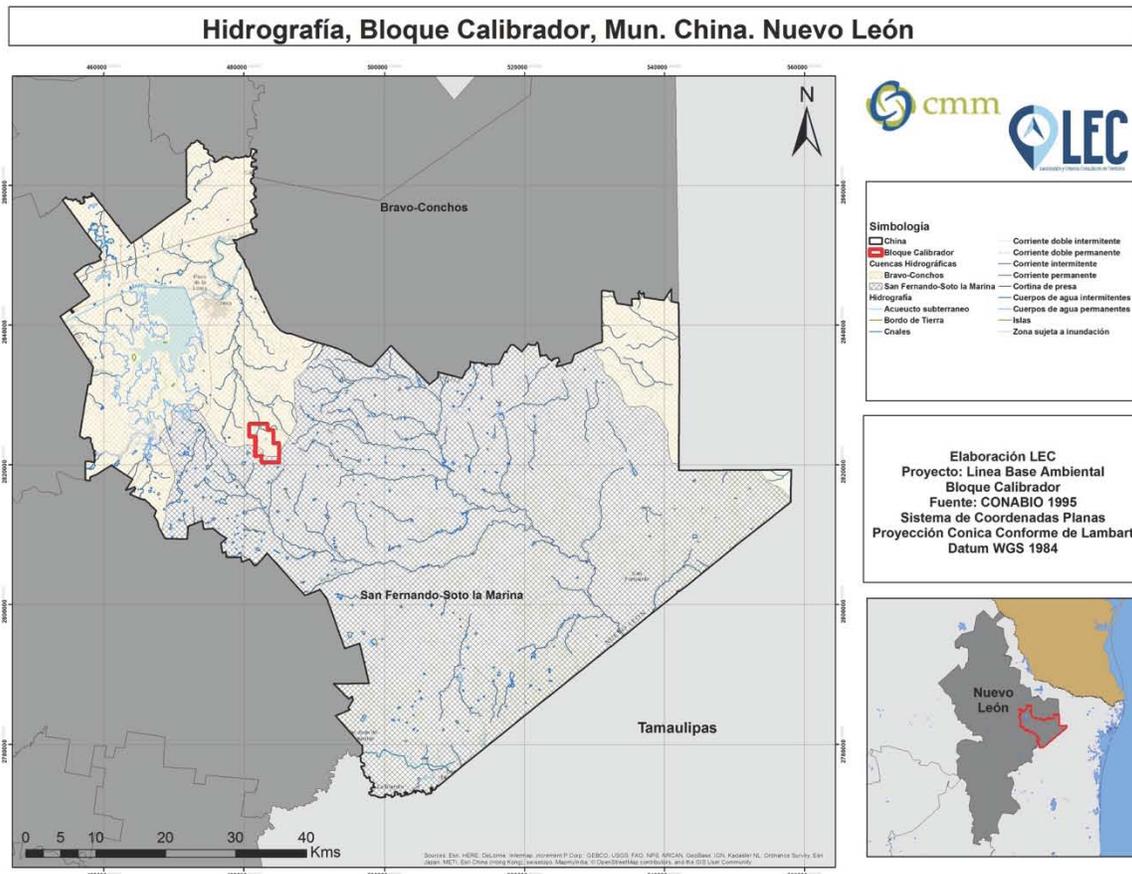


Mapa 6. Regiones Hidrológicas del estado de Nuevo León.

La hidrografía del municipio de China comprende la influencia de dos Regiones Hidrológicas, la Bravo-Conchos que abarca el 70% de la superficie del mismo y la Región San Fernando-Soto la Marina que representa el 30% restante del total del territorio municipal.

A su vez, el Área Contractual Calibrador queda dividida entre la Región Hidrológica Bravo-Conchos (80%) y la Región Hidrológica San Fernando-Soto la Marina (20%).

En el Mapa 6 se pueden identificar las dos Regiones Hidrográficas que enmarcan al Área Contractual Calibrador y los cuerpos de agua que lo caracterizan.



Mapa 7. Regiones Hidrológicas y cuerpos de agua presentes en el municipio de China y Área Contractual Calibrador.

El Área Contractual Calibrador alberga cuerpos de agua semipermanentes y de origen antropogénico principalmente ubicados al norte de la Zona Contractual, los mismos son empleados principalmente para la ganadería y en menor porcentaje para la pesca y la recreación.



3.1.2.4. Calidad del aire

El aire está conformado por una mezcla de gases la cual se encuentra ubicada por debajo de los 90 km. de altitud sobre la superficie terrestre, dicha mezcla está formada en un 99.997% por cinco componentes principales: Nitrógeno (N_2), Oxígeno (O_2), Argón (Ar), dióxido de Carbono (CO_2) y vapor de agua.

Son considerados gases permanentes aquellos que su vida media en la atmósfera es superior a los 1000 años, considerándose entre ellos el Nitrógeno, el Oxígeno y el Argón.

La Tabla 3 muestra la proporción en la que pueden ser encontrados los diferentes tipos de gases que componen el aire atmosférico en las proximidades del suelo, señalando de igual manera la permanencia de los mismos en la atmósfera.

Tabla 3. Proporción y vida media de gases que conforman el aire atmosférico.

	GAS	% EN VOLUMEN	TIEMPO DE PERMANENCIA APROXIMADO
PERMANENTES	Nitrógeno N_2	78.094	10 ⁿ años
	Oxígeno O_2	20.946	5 X 10 ⁴ años
	Argón Ar	0.394	—
	Neón Ne	1.8 X 10 ⁻⁴	—
	Helio He	5.2 X 10 ⁻⁶	10 ⁷ años
	Criptón Kr	1.1 X 10 ⁻⁴	—
	Xenón Xe	8.7 X 10 ⁻⁶	—
VARIABLES	Dióxido de Carbono CO_2	0.03	15 años
	Metano CH_4	1.4 X 10 ⁻⁶	5 años
	Hidrógeno H_2	5 X 10 ⁻⁴	7 años
	Óxido nitroso N_2O	2.5 X 10 ⁻³	8 años
	Ozono O_3	2 X 10 ⁻⁶	2 años

MUY VARIABLES	Agua H ₂ O	$(0,4-400) \times 10^{-4}$	10 días
	Monóxido de carbono CO	10^{-6}	180 días
	Dióxido de nitrógeno NO ₂	10^{-9}	6 días
	Amoniaco NH ₃	$(1-10) \times 10^{-7}$	7 días
	Anhidrido sulfuroso SO ₂	$0,2 \times 10^{-7}$	3 días
	Sulfuro de hidrógeno SH ₂	$0,2 \times 10^{-7}$	2 días

Fuente: Elaboración propia con información de Carone (1986).

Los gases mostrados en la tabla anterior no son considerados contaminantes ya que forman parte de la composición natural del aire, esto ocurre cuando las concentraciones superan el equilibrio natural de la atmósfera y es alterado.

Finalmente, el contenido microbiano del aire lo constituyen gérmenes y partículas de polvo que son transportados decenas de kilómetros sobre la superficie de la tierra y mar adentro. El aire de las capas superiores de la atmósfera está libre de microorganismos, mientras que el de la superficie de la tierra está fuertemente contaminado (Carone 1986).

Los microorganismos más comunes hasta los 200m de altura son (Folgueras 2008):

- Esporas de Bacillus subtilis, B. megaterium, B. cereus, Clostridium, etc.
- Ascosporas de levaduras
- Fragmentos de micelio
- Conidios de hongos y estreptomicetos.
- Quistes de protozoos
- Algas unicelulares
- Actinomicetos
- Bacilos gram (-), coniformes

Sobre la de calidad del aire en el municipio de China, N.L., sólo se tienen referencias cercanas, provenientes del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA) del



estado de Nuevo León. Entre los años 2009-2010, este programa estatal tuvo como objetivo evaluar la calidad del aire de varios municipios neoloneses, monitoreando las concentraciones de contaminantes atmosféricos a las que se encuentra expuesta la población (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros monitoreados y períodos de monitoreo en las tres distintas localidades.

Período	Contaminantes	Parámetros Meteorológicos
11 al 28 de agosto de 2009 (Los Ramones) 27 de enero al 12 de febrero de 2010 (Los Aldama) 28 de agosto al 14 de septiembre de 2009 (General Terán)	Partículas Menores a 10 Micras	Dirección y velocidad de viento
	Partículas Menores a 2.5 Micras	Temperatura
	Óxidos de Nitrógeno	Radiación solar
	Ozono	Presión atmosférica
	Bióxido de Azufre	Precipitación pluvial
	Monóxido de Carbono	Humedad relativa

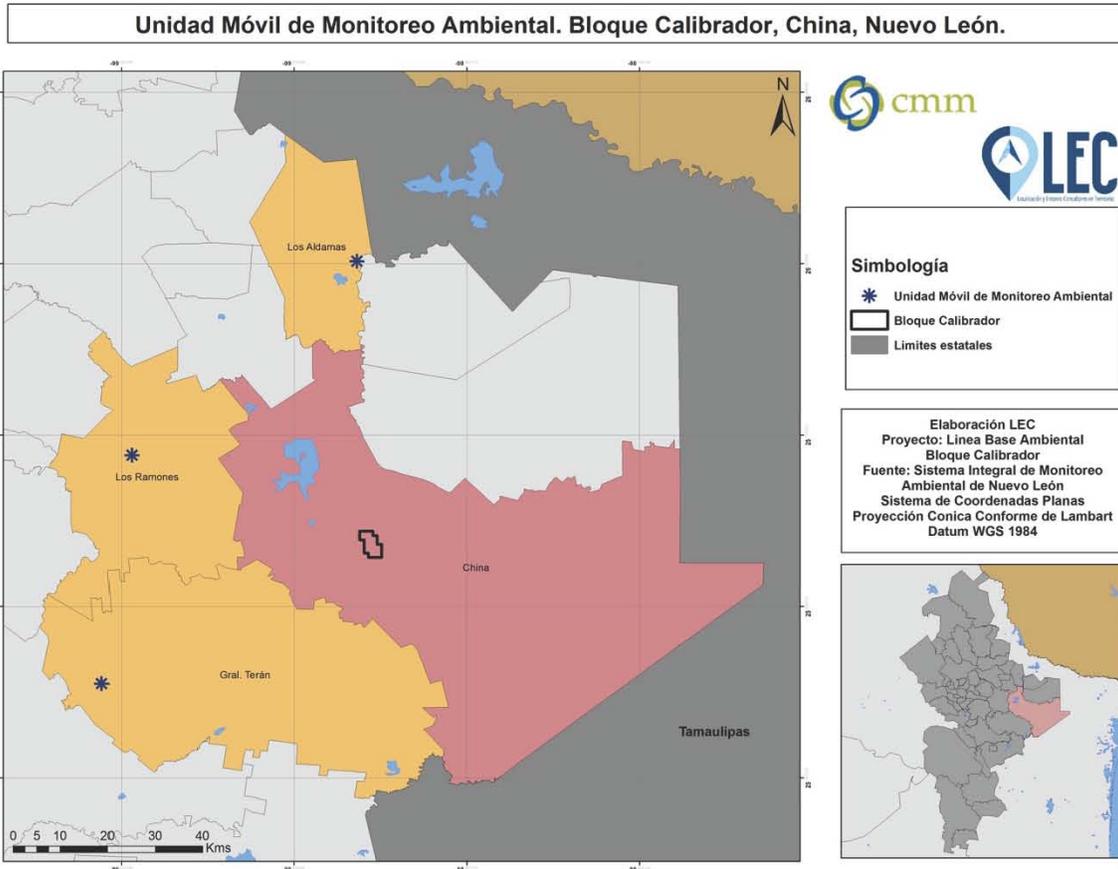
Fuente: SIMA, Nuevo León, consultado en aire.nl.gob.mx, enero 2017.

El monitoreo se llevó a cabo con una Unidad Móvil de Monitoreo Ambiental (UMMA), la cual evaluó la calidad del aire en distintos municipios.

Con la finalidad de dar contexto a la calidad del aire en el municipio de China, N.L., aquí se retoman las lecturas de la UMMA obtenidas en:

- La Plaza Principal de la cabecera municipal de Los Ramones. Ubicación: 25° 41' 46.6" N; 99° 37' 26.1" W, a 214 msnm,
- La Plaza Principal de la cabecera municipal de Los Aldama. Ubicación: 26° 04' 11.4" N; 99° 12' 11.0" W, a 106 msnm, y
- La Plaza Principal de la cabecera municipal de General Terán. Ubicación: 25°15'27" N; 99°41'09" W, a 317 msnm.

Al ser estos tres municipios adyacentes al municipio de China, que aloja las instalaciones de extracción de gas que incluyen al Área Contractual Calibrador (Mapa 7).



Mapa 8. Ubicación de puntos de muestreo las UMMA, cercanos al Área Contractual Calibrador

Las Tablas 5, 6 y 7 muestran los datos registrados en cada uno de los sitios de monitoreo por las UMMA y los parámetros monitoreados.

Tabla 5. Lecturas de calidad de aire en la locación Los Ramones.

Ubicación	Contaminante	Punto IMECA máximo	Resultado
Los Ramones	Monóxido de Carbono (CO)	8	Satisfactorio
	Bióxido de Nitrógeno (NO ₂)	4	Satisfactorio
	Bióxido de Azufre (SO ₂)	3	Satisfactorio
	Ozono (O ₃)	44	Satisfactorio
	Partículas menores a 10 micras (PM ₁₀)	89	Satisfactorio
	Partículas menores a 2.5 micras (PM ₁₀)	53	Satisfactorio

Fuente: SIMA, Nuevo León, consultado en aire.nl.gob.mx, enero 2017.

Tabla 6. Lecturas de calidad de aire en la locación Los Aldama.

Ubicación	Contaminante	Punto IMECA máximo	Resultado
Los Aldamas	Monóxido de Carbono (CO)	7	Satisfactorio
	Bióxido de Nitrógeno (NO ₂)	4	Satisfactorio
	Bióxido de Azufre (SO ₂)	5	Satisfactorio
	Ozono (O ₃)	41	Satisfactorio
	Partículas menores a 10 micras (PM ₁₀)	37	Satisfactorio
	Partículas menores a 2.5 micras (PM ₁₀)	34	Satisfactorio

Fuente: SIMA, Nuevo León, consultado en aire.nl.gob.mx, enero 2017.

Tabla 7. Lecturas de calidad de aire en la locación General Terán.

Ubicación	Contaminante	Punto IMECA máximo	Resultado
General Terán	Monóxido de Carbono (CO)	19	Satisfactorio
	Bióxido de Nitrógeno (NO ₂)	12	Satisfactorio
	Bióxido de Azufre (SO ₂)	3	Satisfactorio
	Ozono (O ₃)	41	Satisfactorio
	Partículas menores a 10 micras (PM ₁₀)	77	Satisfactorio
	Partículas menores a 2.5 micras (PM ₁₀)	58	Satisfactorio

Fuente: SIMA, Nuevo León, consultado en aire.nl.gob.mx, enero 2017.

Con la finalidad de contar con mayor información sobre la calidad del aire en el Área Contractual Calibrador, el presente estudio empleará dos métodos, el empleo de bioindicadores, en este caso la identificación de líquenes, y la instalación de estaciones de medición de la calidad del aire cercanas a las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos relacionadas con la extracción y transportación de gas en el Área Contractual Calibrador.

3.1.2.5. Erosión

La erosión es la degradación del suelo debida a procesos inducidos por las actividades humanas o la exposición al aire y agua, que impactan negativamente en su productividad biológica, en su biodiversidad, así como en la capacidad actual y futura para sostener la vida (Oldeman 1998).



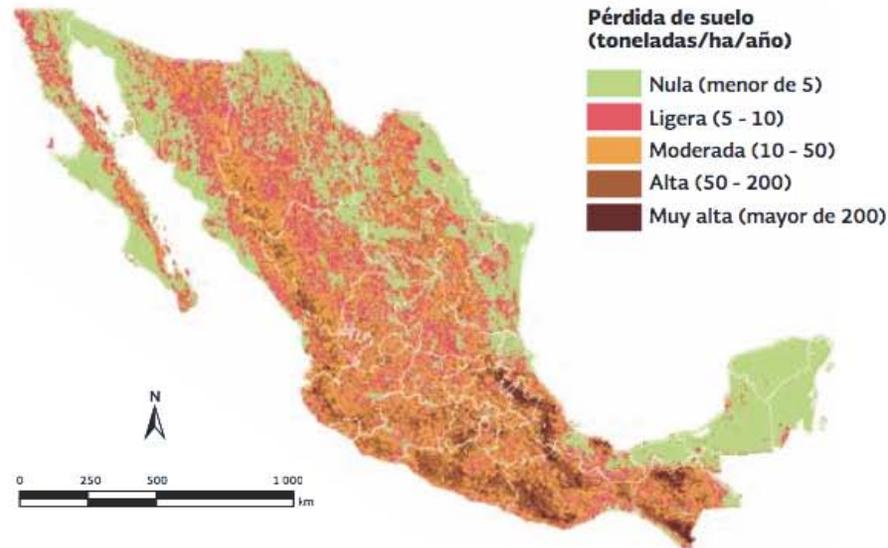
Las diferentes actividades agropecuarias, así como la reducción de la cubierta vegetal, exponen al suelo a la degradación. La erosión ocasiona una disminución de la materia orgánica, la fracción de partículas en el suelo y la pérdida de la fertilidad. En términos generales, un suelo degradado provoca la disminución progresiva de los rendimientos de los cultivos, el aumento de los costos de producción, el abandono de las tierras o al incremento de la desertificación (INIFAP 2015).

Las principales causas de degradación de suelos a nivel nacional son: actividades agrícolas (17.44%); sobrepastoreo (17.45%); deforestación y remoción de la vegetación (7.38%); urbanización (1.45%); sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico (1.07%) y actividades industriales (0.23%).

En nuestro país se han realizado diversas evaluaciones de la erosión del suelo, pero debido a diferencias metodológicas y a la escala utilizada, sus resultados no son comparables. Los dos más recientes se realizaron en los primeros años del siglo XXI, son: *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000* (Semarnat y UACH, 2003) y *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000* (Semarnat y CP, 2003).

En términos generales se muestra que el 42% de la superficie nacional podría resultar afectada por erosión hídrica, y que 17 entidades federativas mostrarían daño en más de 50% de su territorio, entre ellas Guerrero (79.3%), Puebla (76.6%), Morelos (75.2%), Oaxaca (74.6%) y el estado de México (73.7%). También las regiones montañosas de las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur, así como vastas regiones de Chiapas y las entidades del centro del país, tendrían riesgo de presentar alta y muy alta pérdida de suelo por erosión hídrica (Figura 4).

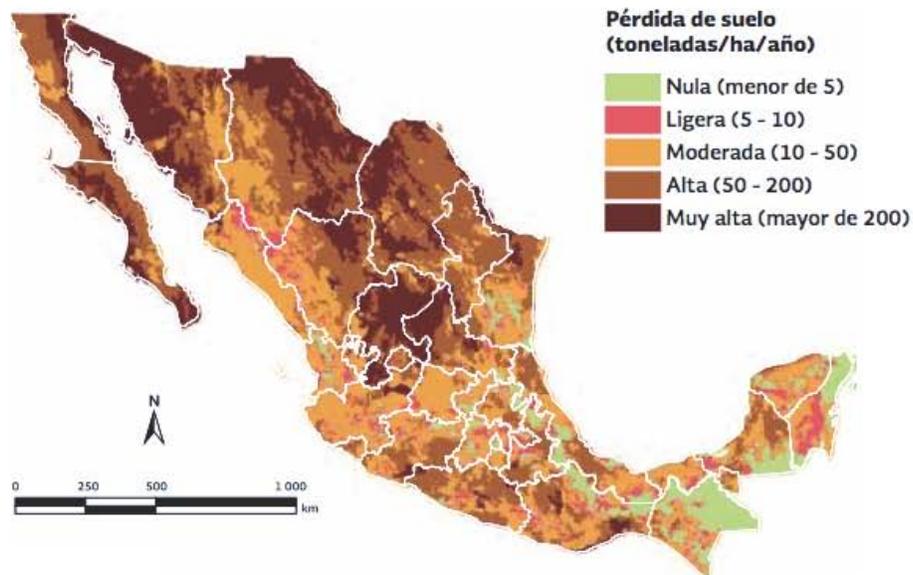
Figura 4. Erosión hídrica potencial de suelos en México



Fuente: SEMARNAT y UACH. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000*. Memoria 2001-2002. México. 2003.

Con respecto a la erosión eólica potencial, se estimó que 89% del territorio nacional estaría en riesgo de ser afectado. Prácticamente el 100% del territorio de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Durango y Zacatecas, tendría alta y muy alta erosión eólica potencial, lo que concuerda con los tipos de vegetación y climas típicos en las zonas áridas y semiáridas del país. Sólo dos entidades mostraron menos de 30% de su territorio con riesgo de presentar erosión eólica: Chiapas (29.3%) y la Ciudad de México 21.8% (Figura 5).

Figura 5. Erosión eólica potencial de suelos en México



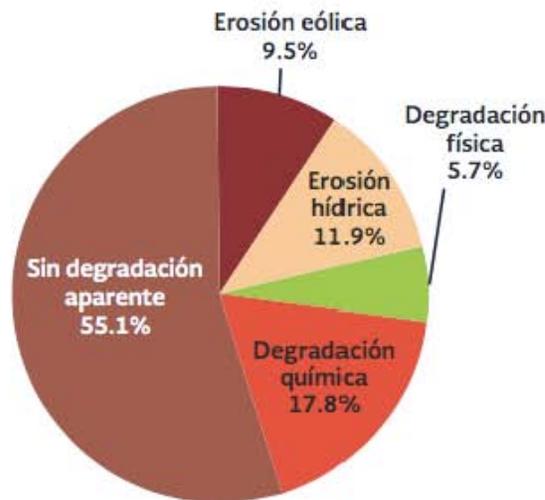
Fuente: SEMARNAT y UACH. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000*. Memoria 2001-2002. México. 2003.

El segundo estudio reportado en este Informe es la *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre* (SEMARNAT y CP, 2003). Es el más reciente y el de mayor nivel de resolución que se ha hecho para México, y a diferencia del anterior, se sustenta en un amplio muestreo en campo que permitió determinar de manera directa cuatro procesos de degradación del suelo: erosión hídrica y eólica y degradación física y química, así como sus causas, tipos específicos y niveles de afectación.

De acuerdo con esta evaluación, el 44.9% de los suelos del país estaban afectados por algún proceso de degradación, los cuales se ubican tanto en zonas de ecosistemas naturales como manejados. La degradación química ocupaba el primer

lugar (34.04 millones de hectáreas, 17.8% del territorio nacional), seguida por la erosión hídrica (22.72 millones de hectáreas, 11.9%), eólica (18.12 millones de hectáreas, 9.5%) y, por último, la degradación física (10.84 millones de hectáreas, 5.7%). (Figura 6) Donde se aprecian los suelos sin degradación aparente los cuales se encontraban en 55.1% del país (105.2 millones de hectáreas).

Figura 6. Superficie relativa afectada por procesos de degradación del suelo en México, 2002

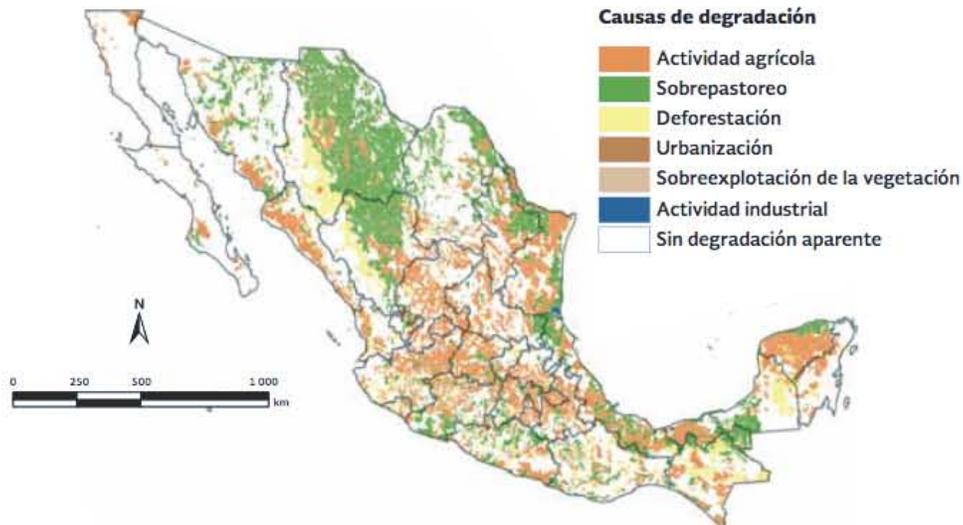


Nota: Superficie nacional considerada: 1 909 818.5 km². No incluye cuerpos de agua, asentamientos humanos, zonas urbanas, regiones desprovistas de vegetación y superficie insular.

Fuente: SEMARNAT y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003

Las causas de la degradación de los suelos en el país involucran actividades de diversa índole: 35% de la superficie nacional degradada se asocia a las actividades agrícolas y pecuarias (17.5% cada una de ellas) y 7.4% a la pérdida de la cubierta vegetal. El resto se divide entre urbanización, sobreexplotación de la vegetación y actividades industriales (Figura 7).

Figura 7. Causas de la degradación del suelo en México



Fuente: SEMARNAT y UCh. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000*. Memoria 2001-2002. México. 2003.

Erosión y degradación del suelo en Nuevo León.

El estado de Nuevo León presenta cuatro tipos de erosión: eólica, hídrica, química y física; las cuales se detallan a continuación.

- Erosión eólica.

Entre las actividades productivas que se realizan en Nuevo León para el sector primario, se encuentra la agricultura, con 261,923 hectáreas de temporal y 130,492 de riego; de las cuales, en el año 2012 se establecieron 141,641 ha con cultivos cíclicos y 209,338 ha con perennes, incluyendo pastizales. Además de los pastizales, la ganadería ocupa 4,990,301 hectáreas de agostadero; de las cuales se calcula que 1,849,555 ha se encuentran con sobrepastoreo (SEMARNAT, 2015).



La deforestación o remoción de la vegetación, principalmente por cambio de uso del suelo, afecta en Nuevo León un estimado de 0.52% de la superficie, el equivalente a 13,929 ha por año (SAGARPA 2014).

Por otra parte, en Nuevo León se registra la agricultura bajo riego, la cual emplea sistemas poco eficientes; en el suelo desnudo de las tierras de cultivos cíclicos se presenta erosión eólica, mientras que los escurrimientos de las lluvias torrenciales provocan erosión hídrica.

Las diferentes actividades agropecuarias, así como la reducción de la cubierta vegetal, exponen al suelo a la degradación. Se estima que en Nuevo León la erosión eólica tiene influencia en 1,187,780 ha, o 18.9% de su territorio.

En términos generales, Nuevo León es una de las entidades más afectadas por la erosión eólica, al contar con amplias regiones áridas y semiáridas, las cuales son más vulnerables al efecto del viento, por su escasa cubierta vegetal. El 18.9 % de la superficie de Nuevo León sufre de erosión eólica. Los efectos alcanzan 1,187,780 hectáreas con pérdida de suelo superficial (SEMARNAT 2012).

- Erosión hídrica.

Por otra parte, la erosión hídrica ha afectado un total de 667,210 ha (10.6% del territorio). Además de 614,340 ha con degradación química y 73,480 ha. (SAGARPA 2014) con degradación física como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Superficie afectada por degradación del suelo en Nuevo León

	Erosión eólica	Erosión hídrica	Degradación química	Degradación física
Superficie (ha)	1,187,780	667,210	614,340	73,480
Contribución (%)	18.9	10.6	9.8	1.2

Fuente: elaboración propia con datos de: SEMARNAT. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012.



Los escurrimientos del agua de lluvia pueden originar deformaciones en el terreno, canales y cárcavas. De los diferentes tipos de erosión hídrica; Nuevo León se ve afectado por la deformación del terreno en una superficie de 102,800 ha; así como la pérdida de suelo superficial en 564,420 ha; con una superficie afectada total de 667,210 ha (10.6% del territorio del estado).

Las precipitaciones, aún dentro del rango normal, en la mayoría de los eventos ocurren de manera torrencial, perdiéndose el agua por escurrimientos, a la vez que se erosiona gravemente el suelo.

Las épocas de estío y, sobre todo, en años de sequía, existe una baja disponibilidad de agua; mientras que, en los eventos de precipitación torrencial, ocurre arrastre de suelos con los consecuentes efectos de erosión.

- Degradación química.

Nuevo León es una de las entidades menos afectadas por la degradación química; alcanzando ésta, una superficie de 614,340 ha (9.8% del territorio). El efecto se observó en una disminución de la fertilidad del suelo en 464,100 ha; polución en 133,080 ha; salinización-alkalinización en 9,330 ha; y, eutrofización en 7,920 ha. (INEGI. Perspectiva Estadística de Nuevo León, 2011. México., SEMARNAT. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012.) Evaluación de Resultados del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales Componente COUSSA 2013 en Nuevo León.

- Degradación física.

Con menor impacto que los demás tipos de degradación del suelo, en cuanto a superficie; pero con mayores efectos, al ser irreversible, la degradación física del suelo ha afectado a superficie de 73,480 hectáreas en el estado de Nuevo León, equivalente a 1.2% de su territorio. De esa superficie, se ha perdido la función productiva del suelo en 62,230 ha; disminución de la disponibilidad de agua por su



extracción excesiva en 4,230 ha; y compactación del suelo en 7,020 ha. (Tabla 8).

3.1.2.6. Infiltración

Toda el agua de lluvia que se precipita presenta dos tipos de proceso: el primero corresponde a su deslizamiento por la superficie, conocido como escurrimiento pluvial, el cual contribuye a la formación de estanques, arroyos, ríos y otros depósitos de agua, constituyendo las aguas superficiales. El segundo proceso experimentado por el agua de lluvia es su infiltración, al penetrar en el suelo y quedar retenida en capas edáficas o en mantos freáticos. De esta forma, el agua se encuentra disponible para las plantas en el subsuelo.

Cuando el suelo ya no tiene capacidad de retención, el agua adicional continúa su filtración por su propio peso (agua de gravedad) por poros y grietas. El agua infiltrada que llena los espacios del sustrato recibe el nombre de agua freática y puede permanecer almacenada durante largos periodos en estanques subterráneos.

La capa porosa que se satura con agua es el acuífero, del que pueden diferenciarse básicamente dos tipos. Aquellos que por lo general se encuentran cerca de la superficie de la tierra, atravesada por el agua que ingresa en ellos, denominados acuíferos no confinados. En su estructura se diferencian dos capas: una superior que se satura con agua denominada nivel freático y otra inferior que impide que el agua la atraviese ya que está compuesta por arcilla o roca. Esta clase de acuíferos por lo general se rellenan con agua de lluvia que cae directamente en el piso por encima del acuífero y se infiltra por las capas superiores.

El otro tipo de acuífero es el llamado acuífero confinado, que está circunscrito por encima y por debajo mediante capas que son impermeables al agua. Su reabastecimiento se da por agua de lluvia y por agua superficial de una zona de recarga la cual es un área donde el agua se agrega al acuífero. La zona de recarga puede estar a muchos kilómetros del acuífero.



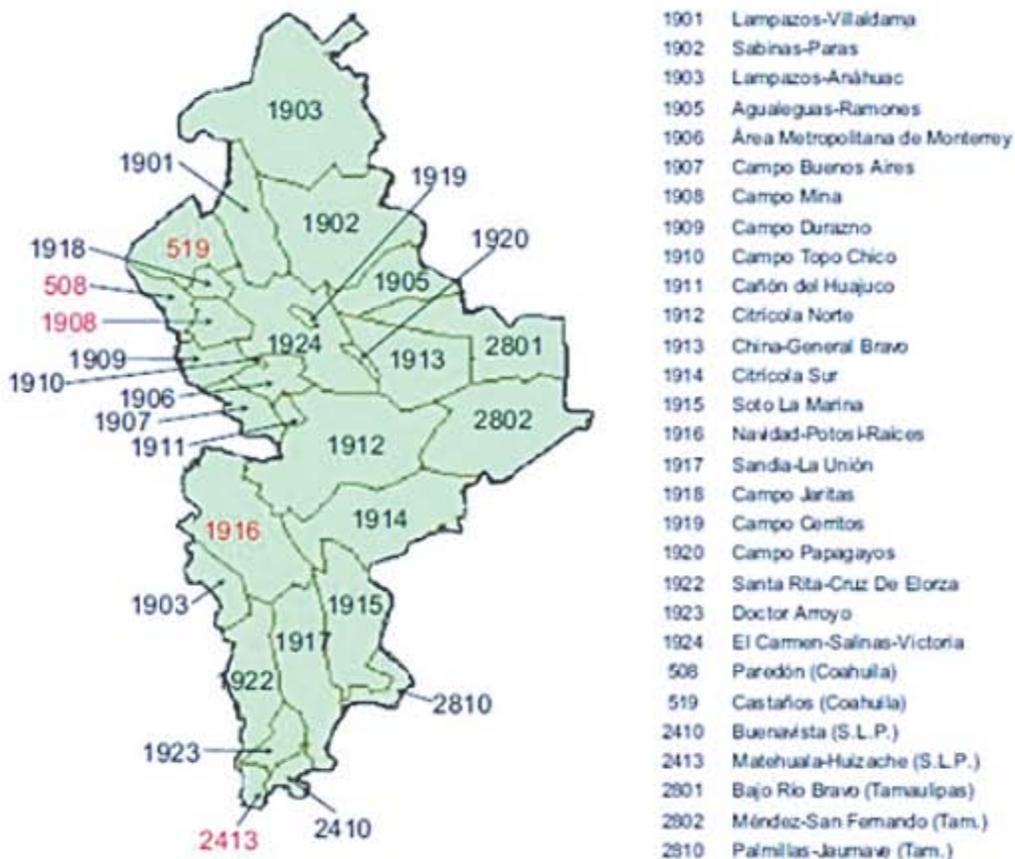
En nuestro país se han definido 653 acuíferos que cubren la totalidad del territorio nacional. Dada la extensión del territorio y a lo costoso de los estudios, en muchos acuíferos no es posible aplicar un balance de aguas subterráneas que considere la diferencia entre la suma total de las entradas (recarga) y la suma total de las salidas (descarga) debido a la ausencia de información de niveles piezométricos, censos de pozos, pruebas de bombeo, etc. Sin embargo, existe información cartográfica temática de topografía, edafología, geología, vegetación y de isoyetas que cubre la totalidad del territorio nacional a escala 1:250000 la cual puede ser utilizada, mediante combinaciones de álgebra de mapas, para estimar la componente vertical de la recarga en los acuíferos.

En este contexto, la asignación de valores a las distintas litologías se efectuó en función de criterios hidrogeológicos (porosidad y permeabilidad primaria); las distintas clases de suelos se agruparon según las características generales de espesor y textura que predominan en sus horizontes; la vegetación se clasificó de acuerdo al tipo de raíces (extensión lateral y profundidad) de cada planta; y los valores de la pendiente se agruparon en 4 clases irregulares con intervalos de 6%. Las capas de información correspondientes a cada variable según el sistema de rangos y puntuaciones, se combinaron mediante diferentes procedimientos de álgebra de mapas, asignando a cada variable un porcentaje ponderado que responde a la importancia que ejerce cada una de ellas sobre la recarga, de acuerdo con resultados del análisis previo de las variables que influyen en la misma. La tasa de recarga varía de un mínimo de 1 hasta 10 por ciento; es decir, siempre hay algo de recarga y nunca es mayor al 10% de la precipitación. Al combinar los mapas mediante el álgebra de mapas y multiplicarlos por la lámina de precipitación de cada pixel, se obtiene un valor en milímetros que representan la proporción que se infiltra al subsuelo. Estos valores se multiplican por el área de cada pixel (10,000 m²) y nos da como resultado el volumen infiltrado en toda el área del acuífero.

Acuíferos de Nuevo León

En el estado de Nuevo León se tienen identificados un total de 29 acuíferos, de los cuales 22 se encuentran circunscritos dentro de los límites del territorio estatal, y los 7 restantes son compartidos con otros estados colindantes: Coahuila, San Luis Potosí y Tamaulipas (Figura 8).

Figura 8. Acuíferos del Estado de Nuevo León, El número indica la clave del acuífero por la Conagua. Los números rojos corresponden a los acuíferos sobreexplotados.



Fuente: Conagua-Siga (2011). Consultado en: siga.cna.gob.mx/ServicioWMS.aspx enero 2017.



Dentro de las condiciones naturales desfavorables para el mantenimiento de los acuíferos se encuentran principalmente las sequías recurrentes, una característica predominante en la región, la carencia de fuentes adicionales de agua y la elevada concentración de población en las principales ciudades del estado de Nuevo León. Como se señaló en el apartado de hidrología, estos acuíferos forman parte de las cuatro regiones hídricas de Nuevo León.

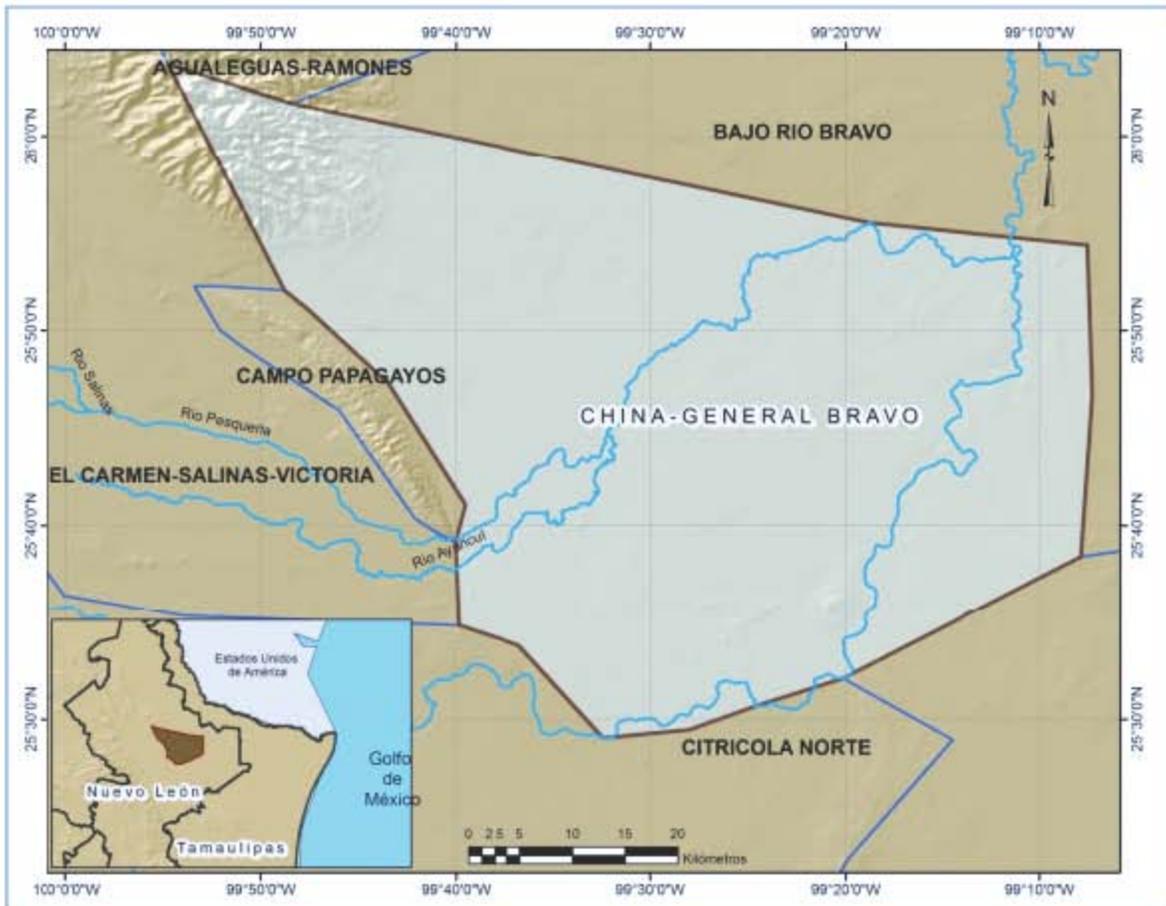
La zona en donde se ubica el Área Contractual Calibrador pertenece al acuífero China-General Bravo (1913) y a la Región Hídrica Río Bravo, principalmente. La región hidrológica Río Bravo en su totalidad está catalogada como deficitaria en aguas superficiales por lo que se ha declarado en veda. En cuanto a aguas subterráneas existe una sobre concesión; de los 102 acuíferos en la región, 34 no cuentan con disponibilidad, y de éstos, 18 tienen una condición de sobreexplotación, 14 de ellos ubicados en el estado de Chihuahua. No hay suficientes estudios geohidrológicos para la emisión de vedas y el mejor control de acuíferos.

- Acuífero China- General Bravo

El acuífero China-General Bravo se localiza en la porción noreste del estado de Nuevo León, y abarca un área de 2 820.0 km., como se muestra en la Figura 9.

En la región, el clima es predominantemente semiseco cálido con una precipitación media anual de 607 mm.

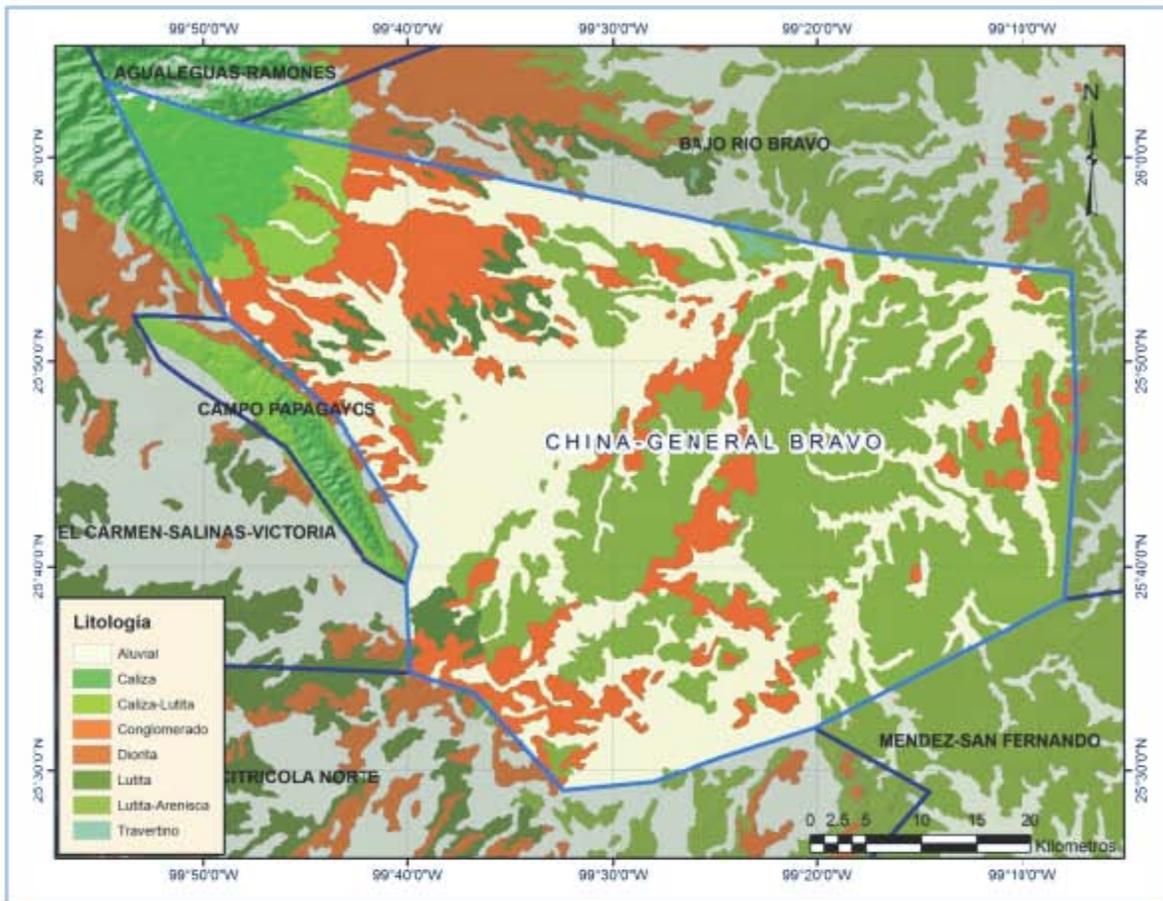
Figura 9. Localización del acuífero China-General Bravo.



Fuente: CONAGUA-SIGA, consultado en: sigc.cna.gob.mx, enero 2017.

Por otro lado, la litología de la zona está conformada principalmente por rocas sedimentarias como caliza-lutita, calizas, conglomerados y lutitas. En las partes bajas se observan depósitos aluviales como se muestra en el Figura 10.

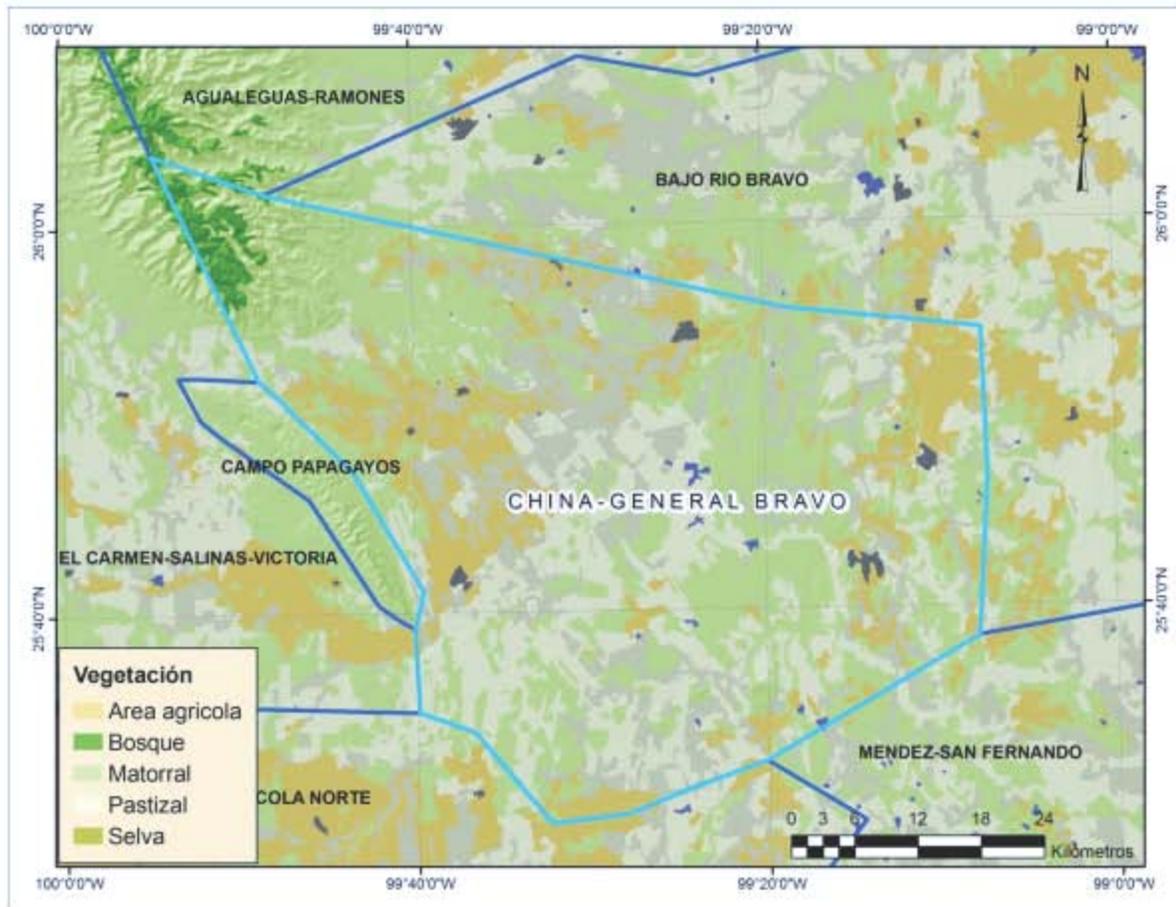
Figura 10. Geología del acuífero China-General Bravo.



Fuente: CONAGUA-SIGA, consultado en: siga.cna.gob.mx, enero 2017.

En cuanto a la vegetación, la superficie del sur del acuífero está cubierta por matorral que es una vegetación arbustiva con altura comúnmente inferior a 4m. Se desarrolla principalmente Lutita sobre terrenos aluviales más o menos bien drenados; la vegetación cubre una proporción relativamente pequeña del suelo, por lo que éste siempre está expuesto al sol, la insolación suele ser muy fuerte e intensa, la humedad atmosférica baja y en consecuencia la evaporación y la transpiración alcanzan valores altos. También observamos cobertura vegetal tipo área agrícola la cual se desarrolla en suelos bien drenados como se ilustra en el Figura 11.

Figura 11. Vegetación del acuífero China-General Bravo.

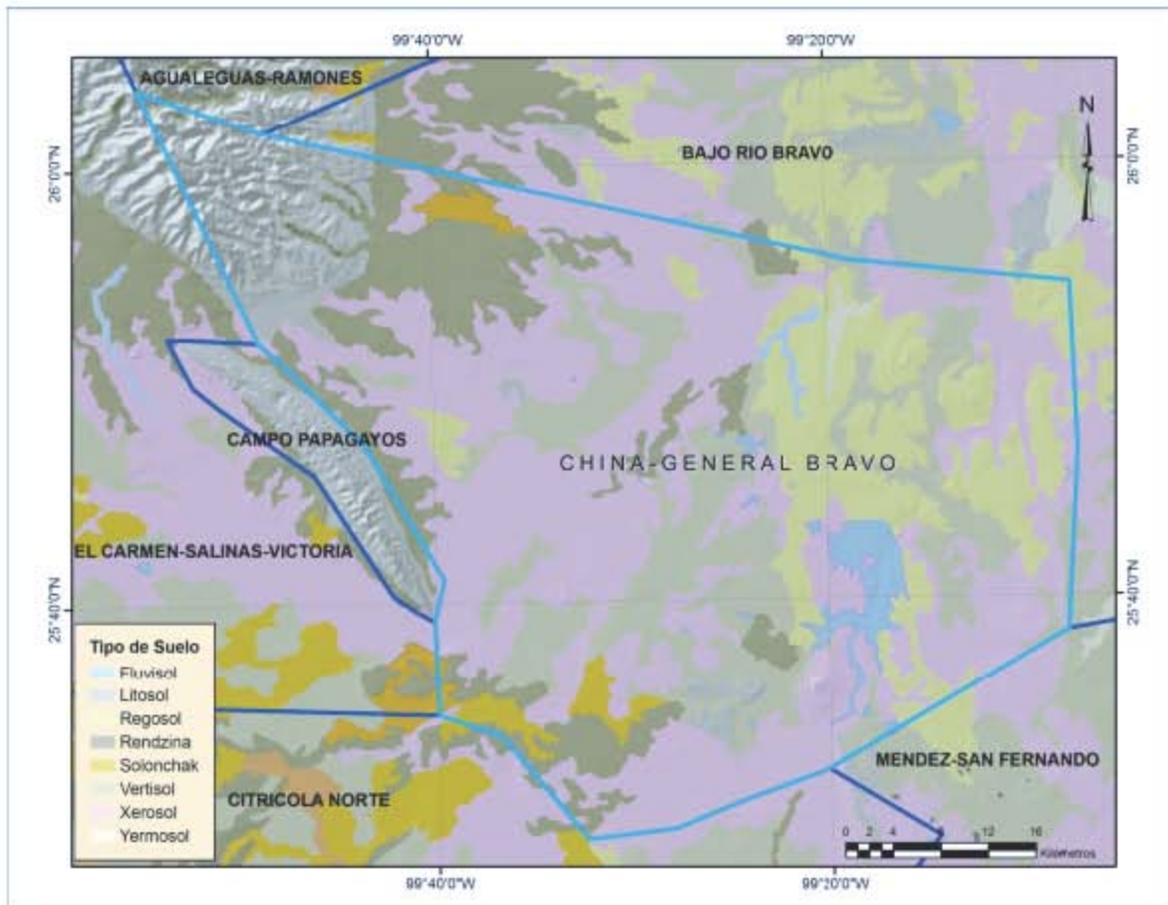


Fuente: CONAGUA-SIGA, consultado en: siga.cna.gob.mx, enero 2017.

En cuanto al tipo de suelo predominante en el acuífero es del tipo xerosol que es característico de regiones secas, cuya capa superficial es clara y delgada con cantidades de materia orgánica muy variables según el tipo de textura que tengan; bajo de esta capa puede haber acumulación de minerales arcillosos y/o carbonatos o sulfatos; muchas veces presentan a cierta profundidad manchas, aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza. Son de baja susceptibilidad a la erosión, salvo en laderas o si están directamente sobre caliche o

tepetate a escasa profundidad. También podemos observar al norte del acuífero suelo tipo litosol que es un suelo de piedra muy delgado, se distingue por tener una profundidad menor a los 10 cm, descansa sobre un estrato duro y continuo que lo limita, como roca, tepetate o caliche. Constituyen la etapa primaria de formación del suelo, predominando en ella la materia orgánica. Se presentan en pendientes altas como sierras, barrancas, lomeríos y algunos terrenos planos. La susceptibilidad a la erosión es muy variable. El área restante está constituida por suelos del tipo: vertisol, regosol y rendzina (Figura 12).

Figura 12. Edafología del acuífero China-General Bravo.



Fuente: CONAGUA-SIGA, consultado en: siga.cna.gob.mx, enero 2017.



Con información proveniente de la Sub Gerencia de Información Geográfica del Agua (SIGA) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se presentan las principales características del acuífero China-General Bravo.

- **Recarga total media anual (Rt) del acuífero China-General Bravo**

La recarga total media anual que recibe el acuífero (Rt), corresponde a la suma de los volúmenes que ingresan al acuífero en forma de recarga vertical. Para este caso, el valor estimado de la recarga total media anual que recibe el acuífero es de 23.9 hm³ /año.

- **Descarga natural comprometida (DNCOM)**

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales, y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero; más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes, sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero. Para el caso del acuífero China-General Bravo no se consideró descarga natural comprometida.

- **Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS):**

El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el REPDA de la Subdirección General de Administración del Agua, con fecha de corte al 31 de marzo de 2011, es de 8.217862 hm³ /año.

- **Disponibilidad de aguas subterráneas (DAS)**

La disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.



Conforme a la metodología indicada en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA. Por lo tanto, la disponibilidad de aguas subterráneas, es: $DAS = Rt - DNCOM - VCAS$ $DAS = 23.9 - 0 - 8.217862$ $DAS = 15.682138 \text{ hm}^3/\text{año}$.

A manera de conclusión, se retoman datos de la disponibilidad de aguas subterráneas en los acuíferos del estado de Nuevo León, lo que es relevante para definir la situación de los recursos hídricos que pudieran ubicarse dentro del Área Contractual Calibrador.

De manera puntual se mencionan en la tabla X la relación de los acuíferos del estado de Nuevo León y los datos utilizados en el balance de aguas subterráneas y en la determinación de la disponibilidad de las mismas.

Tabla 9. Disponibilidad de aguas subterráneas en los acuíferos del estado de Nuevo León.

Clave	Nombre	Superficie (km ²)	¿Disponibilidad publicada en el DOF?	RMA	DNC	VCAS	VEXT	DMAS	DÉFICIT	¿Acuífero sobreexplotado?
				Millores de m ³						
1901	Lampazos-Villaldama	2,083.0	NO							NO
1902	Sabinas-Paras	4,793.0	SÍ	46.0	17.7	58.0	38.0	0.0	-29.7	NO
1903	Lampazos-Anáhuac	7,461.1	NO							NO
1905	Aguleguas-Ramones	1,766.6	NO							NO
1906	Área Metropolitana de Monterrey	905.2	SÍ	68.2	24.5	106.3	37.7	0.0	-2.6	NO
1907	Campo Buenos Aires	916.5	SÍ	57.0	0.0	62.7	62.4	0.0	-5.7	NO
1906	Campo Mina	845.3	SÍ	24.0	0.0	30.6	35.2	0.0	-6.7	SÍ
1909	Campo Durazno	927.7	SÍ	4.8	0.0	8.2	4.0	0.0	-3.5	NO
1910	Campo Topo Chico	24.6	SÍ	3.5	0.0	2.8	1.0	0.6	0.0	NO
1911	Cañón del Huajuco	234.9	NO							NO
1912	Citricola Norte	5,720.9	SÍ	191.9	71.9	238.4	120.0	0.0	-118.4	NO
1913	China-General Bravo	2,821.6	NO							NO
1914	Citricola Sur	4,172.2	SÍ	75.1	47.1	63.4	28.0	0.0	-35.4	NO
1915	Soto La Marina	2,918.9	NO							NO
1916	Navidad-Potosí-Raíces	4,164.8	SÍ	98.0	0.0	157.7	144.3	0.0	-29.7	SÍ
1917	Sandia-La Unión	3,022.5	NO							NO
1918	Campo Jaritas	393.5	NO							NO
1919	Campo Cerritos	103.0	NO							NO
1920	Campo Papagayos	152.4	SÍ	2.5	0.0	2.3	0.7	0.2	0.0	NO
1922	Santa Rita-Cruz De Elorza	2,297.7	NO							NO
1923	Doctor Arroyo	802.0	NO							NO
1924	El Carmen-Salinas-Victoria	3,587.1	SÍ	53.8	6.2	44.5	31.7	3.1	0.0	NO
Acuíferos compartidos con otros estados:										
508	Paredón (Coahuila)		NO							SÍ
519	Castaños (Coahuila)		NO							SÍ
2410	Buenavista (S.L.P.)	6,073.8	NO							NO
2413	Matehuala-Huizache (S.L.P.)	4,184.4	NO							SÍ
2801	Bajo Rio Bravo (Tamaulipas)	17,824.3	SÍ	195.8	9.7	49.1	25.8	139.6	0.0	NO
2802	Méndez-San Fernando (Tam.)	19,063.7	SÍ	50.1	14.2	17.3	15.7	18.2	0.0	NO
2810	Palmillas-Juamave (Tam.)	4,471.0	NO							NO

RMA: Recarga Media Anual; DNC: Descarga Natural Comprometida; VCAS: Volumen Concesionado de Agua Subterránea; VEXT: Volumen de Extracción de Agua Subterránea Consignado en Estudios Técnicos; DMAS: Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea.

Fuente: Agenda Técnica Agrícola de Nuevo León 2015

A partir del análisis de estos datos se puede observar que la gran mayoría de los acuíferos cuya disponibilidad de agua ha sido publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF), presentan un déficit de disponibilidad de aguas subterráneas.



Las lecturas que reflejan los datos de la columna *Déficit* indican que no existe un volumen excedente, disponible para nuevas concesiones de agua, por el contrario, el valor del déficit anual indica el volumen que se está extrayendo del almacenamiento no renovable de los acuíferos. En este sentido, no se deberán autorizar concesiones para nuevos aprovechamientos para la explotación, uso o aprovechamiento del recurso, que impliquen un incremento en las extracciones.

Analizando puntualmente el acuífero China–General Bravo, zona de interés del presente estudio, no se ha registrado una disponibilidad publicada en el DOF, por lo que no se puede identificar algún tipo de sobreexplotación.

3.1.3. Medio Biótico

3.1.3.1. Biota terrestre

En el estado de Nuevo León, se pueden identificar 22 tipos de vegetación natural los cuales abarcan el 67.6% de su territorio, cifra que se encuentra por debajo del 73% existente a nivel nacional (INEGI 2007), por tal motivo se puede inferir que alrededor de un tercio del territorio del estado de Nuevo León está cubierto por zonas agropecuarias, vegetación inducida, zonas urbanas y asentamientos humanos, muy por encima de los valores porcentuales observados a nivel mundial y nacional de 24% y 27%, respectivamente (Cantú, González et al. 2011). A pesar de dichos niveles de afectación, en Nuevo León el 59.7% de su superficie cuenta con vegetación primaria, muy por encima del 49.3% registrado a nivel nacional (Cantú, Marmolejo et al. 2011).

En el estado de Nuevo León la vegetación dominante son los matorrales. De acuerdo con el INEGI, el matorral tiene una cobertura de 67.25 por ciento del territorio estatal, siguiéndole el mezquital con 9.46 por ciento, el bosque con 9.0 por ciento, la agricultura con 6.72 por ciento, otros con 2.93 por ciento, el chaparral con 2.75 por ciento, y al final queda el pastizal con 1.89 por ciento. A continuación, se



presenta una breve descripción de los tipos de vegetación, algunas especies representativas, así como ejemplos de su distribución por el estado (Flores, 1996). La provincia Llanura Costera del Golfo, representada por la subprovincia Llanuras y Lomeríos, caracterizada por los matorrales submontanos y los matorrales espinosos tamaulipecos. Presenta algunos bosques de encino y pino en las partes más altas de la subprovincia. En los lomeríos suaves y llanuras hay algunos mezquiales y manchones de selva baja caducifolia espinosa. La agricultura de temporal se practica en suelos someros, poco fértiles. Los principales cultivos son maíz, sorgo, trigo, naranja, frijol, manzana, pera y aguacate. En cambio, la agricultura de riego se practica en suelos profundos y fértiles de poca pendiente sin problemas de pedregosidad, donde se cultiva maíz, sorgo, trigo, naranja, frijol, cebada, tomate, chile, repollo, zanahoria, lechuga, pera, toronja y mandarina. Como municipios representativos tenemos a Monterrey y los conocidos como citrícolas.

La provincia Gran Llanura de Norteamérica (Altiplanicie Mexicana) la cual está representada por la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León, y se caracteriza también por el matorral espinoso tamaulipeco y el mezquital. También se presenta el matorral submontano, el matorral desértico micrófilo, vegetación halófila (de terrenos salinos) y pastizal natural. Se cultivan, bajo el régimen de temporal en lomeríos suaves, llanuras y valles, sorgo, frijol, maíz, sorgo forrajero y trigo. Bajo riego se cultiva aguacate, avena, calabaza, cebada, frijol, maíz, melón, entre otros, en suelos de 50 a 90 cm de profundidad. Entre los municipios de esta subprovincia se encuentra Anáhuac, donde se localiza uno de los más importantes distritos de riego del estado.

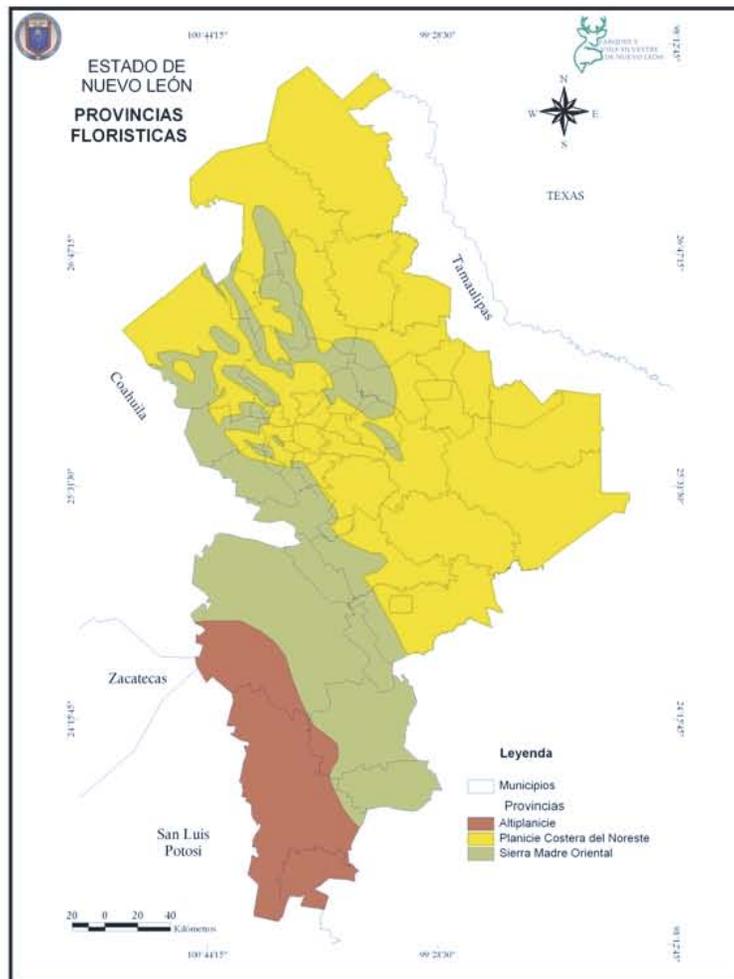
La provincia Sierra Madre Oriental, que domina el estado con cinco subprovincias, tiene también la mayor diversidad de flora. La subprovincia Sierras Transversales, con climas seco templado y templado subhúmedo, presenta dos tipos de vegetación: el matorral desértico micrófilo y el matorral desértico rosetófilo. Las especies más frecuentes son gobernadora, hojasén, mezquite y nopal. La agricultura es muy



pobre, pues se trata de suelos de escasa profundidad y humedad que además están expuestos a la erosión. Esta subprovincia toca una parte de Galeana.

En la subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales predomina el matorral desértico micrófilo y rosetófilo, así como pastizal natural, matorral submontano, bosque de pino y chaparral. Se practica principalmente el cultivo de maíz y trigo bajo régimen de temporal y con fines de autoconsumo. En esta subprovincia encontramos los municipios del extremo sur del estado. La vegetación de la subprovincia Gran Sierra Plegada es de las más diversas en el estado puesto que incluye bosques, matorrales y pastizales. Dado que las lluvias son más o menos regulares se logran cosechas, con rendimientos variables, de maíz, frijol, trigo, cebada, durazno y manzano. En la agricultura de riego, además de los anteriores, también se cultiva chícharo, papa, alfalfa, granada, membrillo, nogal y aguacate. Entre los municipios de esta subprovincia están Iturbide, Rayones, Zaragoza y Aramberri. En la subprovincia Pliegues de Saltillo-Parras domina la vegetación de matorral desértico rosetófilo y micrófilo sobre los pastizales, la vegetación halófila y el matorral submontano. La agricultura es muy pobre, de autoconsumo. La subprovincia apenas toca los municipios de García y Mina, mismos que anteriormente describimos como de los más secos. En la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses hay quince comunidades de vegetales, desde la selva baja perennifolia hasta pastizal inducido, aunque abunda el matorral submontano. También existe la retama, denominada vegetación de galería, pues crece a la vera de corrientes de agua y sólo está presente en esta subprovincia. La agricultura es de riego y de temporal, con suelos con más de 50 cm de profundidad, moderadamente fértiles y de textura media. Se produce maíz, frijol, sorgo, trigo, avena, cebada, nogal, aguacate y naranjo. Entre los municipios de esta subprovincia tenemos a Lampazos, Sabinas Hidalgo, Bustamante, Villaldama, Agualeguas, Cerralvo, Higuera, Doctor González y Salinas Victoria.

Figura 13. Provincias Florísticas del estado de Nuevo León



Fuente: Parques y vida silvestre de Nuevo León, consultado en: www.nl.gob.mx, enero 2017.

Bosques

Bosque de Pino

La distribución de estos bosques puede ocurrir en lugares templados y húmedos, con el factor térmico decreciente a medida que se asciende en altitud; se ubica a partir de 900 y 1,000 msnm. Se trata de una comunidad con árboles hasta 22 m de alto. Se localizan en los municipios de Santa Catarina, Monterrey, San Pedro Garza García, Santiago, Montemorelos, Allende, Linares, Rayones, Iturbide, Galeana,



Aramberri y Zaragoza; están asociados comúnmente con algunas especies de encinos (*Quercus* spp.) y madroño (*Arbutus xalapensis*). Las especies de pinos características son pino ocote (*Pinus teocote*), pino blanco (*P. pseudostrobus*), pino real (*P. arizonica*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), y pino negro (*P. hartwegii*). Prosperan en áreas de baja precipitación entre los 2,000 a 2,600 msnm, sobre suelos someros y rocosos. Este tipo de bosque presenta espacios abiertos de árboles bajos de 4 a 8 m de altura, con copas redondeadas y troncos con diámetros de 30 a 40 cm a la altura del pecho. Las principales especies arbóreas del bosque de pino piñonero de Galeana son (*P. cembroides*), pino garabatillo (*P. greggii*), enebros (*Juniperus flaccida* y *J. deppeana*) y madroño (*Arbutus xalapensis*). Se localiza también en áreas limítrofes del matorral desértico del altiplano y con frecuencia se asocian especies como la palma samandoca (*Yucca carnerosana*), palma china (*Yucca filifera*), magueyes (*Agave* spp.) y arbustos diversos.

Desde los 3000 metros de altitud hasta la cima del cerro El Potosí en Galeana, se localiza un tipo especial de vegetación en forma de matorral, ramificados desde la base del tallo, de menos de 2 m de altura, de pinos enanos (*Pinus culminicola*) que colindando con el prado alpino, forma una franja continua en el declive oriental y sur, presentándose además en dos manchones aislados al suroeste y oeste de la cima. Esta se presenta como una comunidad densa y baja en la que el pino enano es dominante.

Bosque de coníferas

Los bosques de hallarín-oyamel (*Pseudotsuga – Abies*) son una variante de los bosques templados que se caracteriza por especies de gran atractivo escénico con árboles de formas típicas piramidales. Este tipo de vegetación está constituido por árboles altos de 15 a 25 m, que se localizan en cañones protegidos con climas fríos y húmedos, generalmente entre 2,000 a 2,500 msnm en los municipios de Galeana, Iturbide, Aramberri y Zaragoza. Las especies que sobresalen dominando en el dosel arbóreo son pino blanco (*Pinus pseudostrobus*) y pino ocote (*Pinus teocote*) junto



con el hallarín (*Pseudotsuga menziesii* y *flahaultii*), oyamel (*Abies vejarii* y *A. mexicana*), cedro blanco (*Cupressus arizonica*) y diversas especies de enebros (*Juniperus* spp.). Hay otro tipo de bosque en áreas restringidas, formando manchones más o menos puros en algunas pequeñas áreas, de bosques de cedro (*Cupressus* spp.) en Iturbide, Galeana y General Zaragoza. Los árboles no son corpulentos y alcanzan entre 10 y 15 m de altura, las especies características son cedros blancos (*Cupressus arizonica*). Otra comunidad es la de bosque de enebros (*Juniperus* spp.), que se asocia a los bosques de pinos y encinos. Su forma de vida es arbórea o arbustiva según sean las condiciones ambientales, prosperan en lugares de suelos rocosos de calizas expuestas y baja humedad y su crecimiento es lento. Las especies más comunes son *Juniperus monosperma* y *Juniperus flaccida*. Se encuentran prácticamente a lo largo de toda la Sierra Madre Oriental.

Bosque de Pino – Encino

Esta unidad se integra por especies de hoja ancha y en agujas, sobre áreas templadas a subhúmedas en los municipios de Monterrey, Santiago, Allende, Montemorelos, Rayones, Iturbide, Linares, Aramberri, Zaragoza, García, San Pedro Garza García, Bustamante, Mina y Salinas Victoria, A pesar de la amplia gama de condiciones climáticas en la región, la presencia de este tipo de bosque obedece más al factor térmico que a la humedad. Este bosque se presenta entre una altitud de 550 a 900 m. Dominan principalmente los encinos entre los que destacan el encino de asta (*Quercus rysophylla*), encino blanco (*Quercus laeta*), el encino roble (*Quercus polymorpha*) y el encino duraznillo (*Quercus canbyi*) y conviviendo con los encinos se encuentran el pino colorado (*Pinus teocote*) y el pino blanco (*Pinus pseudostrobus*). Los árboles en general no presentan grandes tallas en diámetro o en altura, siendo estas de 10 a 30 cm, y 10 a 14 m respectivamente.



Bosque de encino

Este tipo de bosques forma parte de la comunidad forestal templada sobre el área de la Sierra Madre Oriental; se pueden localizar en los municipios de Lampazos, Sabinas, Villaldama, Hidalgo, Monterrey, San Pedro Garza García Santiago, Allende, Montemorelos, Rayones, Galeana, Iturbide, Linares, Aramberri y Zaragoza; desde áreas con suelos delgados y rocosos, hasta en sitios de suelos profundos y bien drenados; fisonómicamente se componen de árboles y arbustos que van de 12 a 15 metros de altura, dominando las especies del género *Quercus*; los encinares están muy ligados ecológica y florísticamente con los bosques mixtos y bosques de pinos. Las especies características son encino de asta (*Quercus rysophylla*), encino blanco (*Quercus laeta*), encino roble (*Quercus polymorpha*), encino memelito (*Quercus laceyi*), encino duraznillo (*Quercus canbyi*), encino chaparro (*Quercus pungens*), encino olivo (*Quercus vaseyana*) y encino enano (*Quercus intricata*).

Matorrales

El matorral es el tipo de vegetación con mayor extensión en Nuevo León, los matorrales se caracterizan porque generalmente están formados o dominados por especies leñosas sin un tronco bien definido a la altura del pecho o están ramificadas desde la base de la planta, o sea, por arbustos. Este tipo de vegetación se distribuye en planicies o lomeríos o cerros bajos y en la base de las montañas, comúnmente se encuentra casi desde el nivel del mar y por lo general no sobrepasan los 1,000 msnm.

Los matorrales ha sido clasificados de muchas maneras distintas, dependiendo de su altura (matorrales bajos, mediano y altos), con o sin espinas (Inermes, subinermes o espinosos), o por la forma de las hojas de las especies que los componen (micrófilo, rosetófilos), sin embargo, una de las clasificaciones más aceptadas es la que fue propuesta por Jerzy Rzedowski, en el libro "La Vegetación de México", en donde de manera general engloba los distintos tipos de matorrales



bajo la categoría de "matorral desértico", sin embargo, se hacen descripciones específicas de este matorral dependiendo de las especies que lo integren en las diversas regiones de México, por ejemplo para Nuevo León, existen los llamados "mezquiales" hacia la Planicie Costera del Golfo (en el noreste del estado), este matorral está dominado por mezquite (*Prosopis glandulosa*), chaparro prieto (*Acacia rigidula*), huizache (*Acacia farnesiana*), granjeno (*Celtis pallida*), entre muchas otras especies. Otro tipo de matorral importante en nuestra región es el "matorral submontano", el cual ocurren en la base de las montañas y lomeríos y actúa muchas veces como una transición entre el matorral desértico y los bosques de encino, algunas de las especies que lo componen son: barreta (*Helietta parvifolia*), hoja dorada (*Decatropis bicolor*), tenaza (*Pithecellobium pallens*), guajillo (*Acacia berlandieri*), entre otras.

Lo que comúnmente se conoce como "matorral desértico", en Nuevo León presenta un gran número de variantes en cuanto a su composición de especies, algunas de las más comunes son: lechuguilla (*Agave lechuguilla*), espadín (*Agave striata*), guapilla (*Hechtia glomerata*), sotol (*Dasyliirion texanum*), gobernadora (*Larrea tridentata*), cenizo (*Leucophyllum frutescens*), anachuita (*Cordia boisieri*), palma pita o palma china (*Yucca filifera*), entre cientos de especies más.

Pastizales

Los pastizales son uno de los tipos de vegetación más escasos en Nuevo León, por lo general solo se componen de especie herbáceas (no leñosas), principalmente de gramíneas o pastos (familia Poaceae o Graminae), de manera natural ocurren principalmente en los municipios de Galeana y Aramberri. Las especies que ahí ocurren son poco conocidas para la mayoría de las personas: Liendrilla salina (*Muhlenbergia villiflora*), hierba del burro (*Zinnia anomala*) y mostazilla (*Nerisyrenia camporum*). Dadas las características de los pastizales, estos han sido sometidos a grandes presiones por parte de actividades humanas como la ganadería y el cultivo,



por lo que se catalogan como uno de los ecosistemas más amenazados, no sólo de Nuevo León, sino de México.

Vegetación acuática

Estas comunidades se encuentran estrechamente ligadas a la formación orográfica de la Sierra Madre Oriental como una gran cuenca de captación con sus afluentes de ríos y arroyos, agrupa tanto a la vegetación arbórea como a la arbustiva que se encuentra en las riberas de las corrientes de agua en los municipios de Linares, Montemorelos, Allende, General Terán, Cadereyta Jiménez, Santiago, Monterrey, Guadalupe, Sabinas, Cerralvo, Lampazos y Bustamante.

Estos bosques se componen por álamo de río (*Platanus occidentalis*), álamo temblón (*Populus tremuloides*), sauce (*Salix nigra*), carrizo (*Arundo donax*), culantrillo de pozo (*Adiantum capillus-veneris*), lobelia acuática (*Lobelia cardinalis*), olmo (*Ulmus crassifolia*) y sabino (*Taxodium mucronatum*), encontrándose abundantes especies herbáceas acuáticas o semiacuáticas, enredaderas y especies epifitas como es el paixtle (*Tillandsia usneoides*).

Estos bosques crecen principalmente en las orillas de los ríos, así como en riberas planas y amplias con drenaje superficial. Dichos sitios, humedecidos por escurrimientos perennes o esporádicos, durante largo tiempo, permiten que las especies adquieran dimensiones en altura y diámetro mucho mayor que las que se ubican en zonas secas.

Otros tipos de vegetación.

Se presentan en todo el estado y el norte de México diversos afloramientos minerales entre los que destacan aquellos de sulfato de calcio (yeso), la importancia de estas áreas, así como un listado de especies de flora asociadas a este tipo de hábitat es presentado por Johnston (1941); este tipo de sitios se denominan comúnmente "suelos yesoso" o "hábitat gipsófilo" y se presentan por lo común en valles intermontanos del Altiplano Mexicano y en los taludes inferiores de la Sierra Madre



Oriental, en ellos se puede presentar casi cualquier tipo de asociación vegetal, sin embargo destacan entre estas, la vegetación desértica ya sea de tipo rosetófila o micrófila, las áreas de pastizal natural, es común observar también, que conforme aumenta la elevación se comienzan a presentar elementos de bosque como *Pinus* y *Quercus*, asociados a otros elementos arbustivos o semiarboresos como *Arbutus*, *Buddleja*, *Mortonia* y *Krameria*, entre otros.

Fauna

La fauna silvestre del estado de Nuevo León es una mezcla de elementos neárticos y neotropicales, siendo precisamente esta área donde se presenta el límite septentrional de distribución de algunas especies de afinidad tropical. Esto deriva fundamentalmente por las condiciones fisiográficas que presenta la Sierra madre Oriental, la cual, funciona como un corredor biológico en la porción oriental con orientación norte sur, pero al cambiar de dirección, se representa un límite a la distribución de especies con afinidades neotropicales o poco resistentes a las condiciones más xéricas que se distribuyen al norte de Monterrey (Flores and Glafiro 1996).

Por otro lado, Nuevo León ocupa el 12 lugar en extensión geográfica de México, con una superficie de 64,081.94 km², sin embargo, presenta una biodiversidad relativamente media en comparación con otras zonas del país. Gran parte de los estudios concernientes a temas relacionados con la fauna silvestre, se han enfocado principalmente en estudios descriptivos de los grupos de vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), los cuales enriquecen el conocimiento y comprensión de los mismos, pero a su vez dejan de lado estudios con insectos y fauna menor (Contreras et.al., 1995).

Con el apoyo de distintos listados de fauna silvestre se ha podido integrar una lista completa que comprenda lo más fielmente posible a los grupos de fauna silvestre y se tenga también un ejercicio comparativo con el total de especies por grupo de la

República Mexicana, expuesto en la siguiente tabla (Contreras, González et al. 1995).

Tabla 10. Listado de fauna silvestre representativo del estado de Nuevo León

GRUPOS	NUEVO LEÓN	REPUBLICA MEXICANA
Mamíferos	144	483
Aves	388	1,050
Reptiles	99	738
Anfibios	25	298
Peces (Costeros)	62	384
Peces (Marinos o costeros)	2	2,000
Moluscos (Continetales)	107	1,100
Moluscos (Marinos)		1,500
Insectos	585	Miles
Crustáceos	88	Cientos
Otros artrópodos	134	Cientos
Gusanos varios y similares		Cientos
Cnidarios (Hidras y medusas)	5	Cientos
Eponjas	1	Decenas
Protozoarios		Miles
SUMA DE ESPECIES	> 1,550	> 7,553

Nota: Las cantidades terminadas en 0 son aproximaciones.

Fuente: Consejo Consultivo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León, Contreras et al. (1995).



Fauna que presenta interés económico, social y cultural

Una de las principales actividades en que se ve involucrada la fauna silvestre del estado es el aprovechamiento cinegético, el cual, puede ejercerse en UMAs registradas ante la SEMARNAT, en 1999 para el estado se registraron 512 UMAs (INEGI-SEMARNAP. 1999), a la fecha en la Delegación de N.L. se han registrado 146 UMAs, teniendo un estimado para el Estado de 920. Para realizar, este tipo de aprovechamiento es necesario presentar estudios poblacionales que lo avalen, entre las especies involucradas en este tipo de aprovechamiento se encuentran las siguientes: *Odocoileus virginianus miquihuanensis* (Venado cola blanca), *Odocoileus virginianus texanus* (Venado cola blanca), en la temporada cinegética 2001-2002 de esta especie se expidieron un total de 3 120 cintillos, *Pecari tajacu* (Pecari o jabalí de collar) para la misma temporada se expidieron 1 117 cintillos, *Canis latrans* (Coyote) durante la misma temporada se expidieron 13 permisos, *Puma concolor* (Puma), *Lynx rufus* (Gato montés), *Zenaida asiática* (Paloma alas blancas), *Zenaida macroura*, *Callipepla squamata* (Codomiz), patos, gansos y cercetas.

Este tipo de aprovechamiento se encuentra más desarrollado en los municipios del norte del Estado, principalmente en Anahuac, Vallecillo, Lampazos, Sabinas Hidalgo, Cerralvo, Paras, seguidos de los municipios del centro como Gral. Terán, China, Montemorelos y Linares, siendo esta actividad desarrollada en menor escala en los municipios del sur, aunque existen algunas UMAs registradas en forma aislada como en los municipios de Galeana y Aramberri.

También es de interés el aprovechamiento de aves canoras y de ornato (SEMARNAT, 2001), siendo en este caso las especies más aprovechadas las siguientes: *Agelaius phoeniceus*, *Amphispiza bilineata*, *Aphelocoma coerulescens*, *Aphelocoma ultramarina*, *Basileuterus rufifrons*, *Carpodacus mexicanus*, *Carduelis pinus*, *Carduelis psaltria*, *Calamospiza melonocorys*, *Columbina passerina*, *Columba flavirostris*, *Corvus corax*, *Cyanocorax yncas*, *Euphagus cyanocephalus*, *Euphonia*



elegantísima, Icterus gularis, Icterus parisorum, Leptotila verreauxi, Molothrus aeneus, Molothrus ater, Mimos poliglottos, Myadestes obscurus, Ptilogonys cinereus, Piranga bidentata, Pheuticus ludovicianus, Passer domesticus, Quiscalus mexicanus, Sturnus vulgaris, Sialia sialis, Sialia mexicana, Sporophila torqueola, Tardus grayi, Tiaris olivacea, Toxostoma curvirostre, Toxostoma longirostre, Toxostoma dorsale, Xanthocephalus xanthocephalus, Zenaida asiática, Zenaida macroura, Zonotrichia leucophrys.

Cabe mencionar que toda actividad cinegética está regida por la NOM-059-SEMARNAT-2001, la cual estipula que queda estrictamente prohibido la captura, traslado y comercialización de especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la, no así de aquellas especies que procedan de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida silvestre (UMA) según los términos estipulados en el Artículo 40 de la Ley General de Vida Silvestre. A su vez también está restringida la captura de especies en las áreas o regiones siguientes: Parques nacionales: Cumbres de Monterrey y El Sabinal, Sierra Picachos y Cerro El Potosí (SEMARNAT.2001).

Cabe mencionar que existen especies introducidas o exóticas que se encuentran registradas en las UMAs y que son aprovechadas cinegéticamente y son: las siguientes: *Ammotragus lervia* (Borrego berberisco), *Antilope cervicapra* (Antilope black buck), *Axis axis* (Ciervo de la India), *Cervus elaphus* (Wapiti), *Connochaetes gnou* (Nu azul), *Dama dama* (Gama europeo), *Dromiceius novaehollandiae* (Emu), *Equus cebra* (Cebra), *Rhea americana* (Ñandú), *Struthio camelus* (Avestruz) y *Sus scrofa* (Marrano alzado).

Es sabido el conocimiento y uso ancestral que se le ha dado a la fauna silvestre, cómo, por ejemplo el pecarí de collar, el cual es utilizado principalmente para su consumo en las comunidades rurales, de la misma manera, también se encuentra el venado cola blanca, el armadillo, la víbora de cascabel y el tlacuache de este último los campesinos comentan que gracias a las características genitales de los machos,



estos pueden copular con la nariz, y que su carne tienen un sabor semejante a la de cerdo y es por eso que son digeridos con frecuencia (Contreras, González et al. 1995).

La caza del venado cola blanca y del pecarí durante los meses de diciembre y enero, es una tradición en las comunidades rurales del estado, ya que, estos son cazados para su consumo. La piel de estas especies es utilizada principalmente para la elaboración de correas y cuartas.

La piel del coyote (*Canis latrans*) es aprovechada para adornar casas y existe la tradición de que su piel se usa al igual que su cola se frota en los dientes para calmar el dolor, al igual, se usa la grasa de este animal, por algunos campesinos, para aliviar los empachos. Se dice que la grasa es buena para el reumatismo (Contreras, González et al. 1995).

El mapache (*Procyon lotor*), con frecuencia es utilizada su piel para la confección de botas, o su piel extendida como adorno, o salada para fines comerciales, ya que son bien cotizadas en el mercado (Contreras, González et al. 1995).

La víbora de cascabel (*Crotalus atrox*), es otra de las especies que es utilizada como remedio medicinal contra el cáncer y otras enfermedades.

El pato real mexicano o petulero (*Cairina moschata*), es cazado para el consumo de carne, ya que es muy apetecible por su sabor y color. Además, desde antes de la llegada de los españoles a México los aztecas ya domesticaban esta especie, así lo dicen los códices que datan de aquella época. En la actualidad se sigue usando como una especie doméstica.

El halcón mexicano (*Falco mexicanus*), esta especie es capturada y vendida en diferentes mercados ambulantes. Además, es muy codiciada por los deportistas que practican la cetrería, pues es uno de los halcones más dóciles para ser entrenados.

La tortuga del desierto (*Gopherus berlandieri*), es capturada y usada por la gente de la región como una mascota y es mantenida en cautiverio en las casas. Debido a



que son bastante lentas y dóciles, se les ha presionado siendo una de las especies con menor densidad.

El gato montés (*Lynx rufus*), es una especie muy perseguida y cazada por los campesinos ya que su piel es comprada a altos costos por las industrias peleteras de la región y aun por traficantes que llegan de los EE.UU.

El zorrillo listado (*Mephitis macroura*), es utilizado para combatir la artritis y las pústulas, se cree que la sangre del zorrillo tomada puede curar enfermedades venéreas.

El conejo (*Sylvilagus floridanus*), es uno de los animales más perseguidos en la zona para consumo humano, presentando muy buen sabor y de fácil cocimiento, siendo una de las fuentes principales de proteína animal en hogares campesinos.

La carne del armadillo es blanca y de buen comer (*Dasypus novemcinctus*). Su cola es utilizada para hacer ungüentos de valor medicinal, y de su armadura, se hacen bolsas en donde los campesinos ponen las semillas para su siembra. El caparazón molido y hervido en agua se bebe para provocar sudor y se dice que ayuda a curar las enfermedades venéreas.

El tlacuache (*Didelphys marsupialis*), su carne no es muy apetecible, pero la grasa de la cola tiene en México múltiples usos medicinales. En las zonas rurales se da a las parturientas el cocimiento de la cola en cuanto empiezan los dolores del parto para que se dé a luz prontamente. Es tanto el poder catártico que supuestamente tiene este medicamento, que propicia además la abundancia de leche en la madre, limpia tractos digestivos, pulmonares y urinarios.

El loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*), de los usos tradicionales que se le han dado a la especie son: arte plumario, ornato, materia prima, mascota y comercial.

Sin embargo, otras de las especies silvestres que son utilizadas como mascotas son el venado cola blanca, zorra gris, coyote, loros cabeza amarilla (*Amazona ochrocephala oratrix*) y aves rapaces.



Fauna con valor ecológico

Desde el punto vista ecológico, todas las especies silvestres presentan gran valor, debido fundamentalmente a que son parte integral del equilibrio sistémico. Sin embargo, las especies que se encuentran catalogadas con algún nivel de riesgo, son las de mayor atención en este sentido, pues son especies presionadas por causas climáticas o antropogénicas, registrando una disminución de sus poblaciones e incluso el riesgo de desaparecer.

Entre las especies de fauna catalogadas en un nivel de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2001 para el estado de Nuevo León, se encuentran los siguientes animales que representan a la fauna salvaje, de acuerdo al grupo que pertenece:

- **MAMÍFEROS**

Cynomys mexicanus (Perrito de la pradera), *Castor canadenses mexicanus* (Castor), *Erethizon dorsatum couesi* (Puerco espin), *Vulpes velox zinseri* (Zorra del desierto), *Ursus americanus eremicus* (Oso negro), *Felis pardalis albescens* (Ocelote), *Leopardus weidii cooperi* (Margay o tigrillo), *Herpailurus yagouaroundi cacomitli* (Jaguarundi), *Panthera onca veracrucis* (Jaguar), *Choeronycteris mexicana* (Murciélago), *Leptonycteris nivalis* (Murciélago), *Leptonycteris curasoae* (Murciélago) (Contreras et. al.1995).

- **AVES**

Agamia agami (Garza ventricastana), *Mycteria americana* (Cigüeña blanca), *Cygnus columbianus* (Cisne menor), *Cairina moschata* (Pato real), *Chondrohierax uncinatus* (Milano piguiganchudo), *Elanoides forficatus* (Milano tijereta), *Accipiter striatus* (Gavilan pechirrufo menor), *Accipiter cooperi* (Gavilan pechirrufo mayor), *Buteogallus anthracinus* (Aguililla negra), *Parabuteo unincinctus* (Aguililla rojinegra), *Buteo lineatus* (Aguililla pechirroja), *Buteo swainsoni* (Aguililla migratoria mayor), *Buteo albicaudatus* (Aguililla coliblanca), *Buteo jamaicensis* (Aguililla



colirrufa), *Buteo regalis* (Aguililla real), *Aquila chrysaetos* (Aguila real), *Caracara plancus* (Caracara común), *Falco peregrinus* (Halcón peregrino), *Falco mexicanus*, *Crax rubra* (Hocofaisán), *Meleagris gallopavo* (Guajolote norteño), *Grus canadensis* (Grulla gris), *Aratinga holochlora* (Perico verde), *Ara militaris* (Guacamaya verde), *Rhynchopsitta terrisi* (Cotorra serrana oriental), *Amazona viridigalis* (Loro tamaulipeco), *Amazona finschi* (Loro occidental), *Amazona oratrix* (Loro cononiamarillo), *Otus asio* (Tocolote nororiental), *Glaucidium gnoma* (Tocolotito serrano), *Micrathene whitneyi* (Tocolotito colicorto), *Strix occidentalis* (Buho serrano ventrillistado), *Nucifraga columbiana* (Cascanueces americano), *Vireo atricapillus* (Vireo gorrinegro), *Dendroica chrysoparia* (Chipe negriamarillo dorsinegro) (Contreras et. al.1995) (Banda 2002).

- REPTILES

Kinosternon integrum (Tortuga del fango), *Apalone spiniferus emoryi* (Tortuga blanca), *Pseudemys gorzugi* (Tortuga de oreja amarilla), *Trachemys scripta elegans* (Tortuga de oreja roja), *Coleonyx brevis* (Salamanquesa del desierto), *Crotaphytus collaris baileyi* (Iguana de collar), *Crotaphytus reticulatus* (Iguana de collar), *Cophosaurus texanus texanus* (Lagartija sin orejas), *Phrynosoma comutum* (Camaleón común), *Phrynosoma orbiculare orientale* (Camaleón de montaña), *Sceloporus grammicus microlepidotus* (Lagartija arborícola), *Sceloporus grammicus disparilis* (Lagartija arbórea), *Scincella silvicola caudaequinae* (Salamanquesa de cola café), *Barisia imbricata ciliaris* (Escorpión de montaña), *Elegaria parva* (Escorpión pigmeo), *Gerrhonotus liocephalus infemalis* (Escorpión), *Coluber constrictor oaxaca* (Chirriónera), *Lampropeltis alterna* (Falsa coralillo bandeada), *Lampropeltis getula splendida* (Serpiente rey), *Lampropeltis mexicana* (Falsa coralillo), *Lampropeltis triangulum annulata* (Falsa coralillo), *Leptophis mexicanus* (Ranera), *Masticophis flagellum lineatulus* (Chirriónera), *Masticophis flagellum testaceus* (Chirriónera), *Pituophis*



depei jani (Alicante de montaña), *Tantilla atriceps* (Culebrilla de cabeza negra), *Hypsiglena torquata jani* (Culebra nocturna), *Rhadinaea montana* (Culebrilla rayada de montaña), *Heterodon nasicus kennertyi* (Culebra de trompa de marrano), *Nerodia erythrogaster transversa* (Culebra de agua), *Thamnophis cyrtopsis cyrtopsis* (Culebra de bosque), *Thamnophis eques* (Culebra de agua), *Thamnophis exsul* (Culebra de bosque), *Thamnophis marcianus marcianus* (Culebra de agua), *Thamnophis proximus diabolicus* (Culebra de agua), *Thamnophis proximus* (Culebra de agua), *Micrurus fulvius tener* (Coralillo), *Agkistrodon bilineatus taylori* (Cantil), *Crotalus atrox* (Cascabel de diamantes), *Crotalus durissus* (Cascabel amarilla de cola negra), *Crotalus lepidus castaneus* (Cascabel de las rocas), *Crotalus lepidus lepidus* (Cascabel de las rocas), *Crotalus lepidus morulus* (Cascabel de las rocas), *Crotalus molossus molossus* (Cascabel de cola negra), *Crotalus pricei miquihuanus* (Cascabel pigmea), *Crotalus scutulatus scutulatus* (Cascabel de pradera), *Sistrurus catenatus* (Cascabel pigmea norteña), *Lepidophyma sylvaticum* (Lagartija nocturna) (Contreras, González et al. 1995) (Banda 2002).

- ANFIBIOS

Ambystoma velasci (Salamandra tigre), *Chiropterotriton priscus* (Salamandra pie plano primitivo), *Pseudoeurycea galeanae* (Salamandra), *Rhinophrynus dorsalis* (Sapo cavador), *Bufo debilis debilis* (Sapo verde), *Bufo debilis insidiosus* (Sapo verde), *Rana berlandieri* (Rana leopardo) (Contreras, González et al. 1995) (Banda 2002).

- PECES

Lepisosteus oculatus (Catan pinto), *Oncorhynchus mykiss* (Trucha arco iris), *Cycleptus elongatus* (Matalote azul), *Carpoides carpio elongatus* (Cuino común), *Cyprinus carpio* (Carpa común), *Macrhybopsis aestivalis* (Dardito), *Hybognathus amarus* (Extirpado), *Dionda melanops* (Sardinilla)



rayada), *Notropis aguirrepequenoi* (Sardinita aguirre pequeño), *Notropis amabilis* (Sardinita ojona), *Notropis braytoni* (Sardinita robusta), *Notropis jemezianus* (Sardinita pálida), *Notropis orca* (Sardinita fantasma), *Notropis saladonis* (Sardinita del salado), *Cyprinella rutila* (Sardinita regiomontana), *Cyprinella rutila* (Sardinita amarilla del Salado), *Ictalurus lupus* (Bagre lobo), *Megupsilon aporus* (Cachorrillo enano), *Xiphophorus couchianus* (Platy Monterrey), *Xiphophorus couchianus* (Platy Apodaca), *Gambusia speciosa* (Guayacon amarillo), *Etheostoma grahami* (Dardo del bravo) (Contreras, González et al. 1995)

Un aspecto poco estudiado es la importancia de la Sierra Madre Oriental, como corredor natural de fauna migratoria proveniente de zonas montañosas del Noreste de los Estados Unidos de Norte América y Canadá en época invernal. Este macizo montañoso proporciona las condiciones propicias para la migración, por ejemplo, de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) y algunas especies de aves (Flores and Glafiro 1996).

3.1.4. Infraestructura

Esta Área Contractual cuenta con 14 pozos perforados, de los cuales, dos están cerrados con posibilidades.

Tabla 11. Pozos Área Contractual Calibrador

Condición del Pozo	Número Pozos
Perforados	14
Productores	11
Cerrados con posibilidades	3
Taponados sin posibilidades	0



El Área Contractual Calibrador cuenta con una red de ductos de 13 líneas de descarga, totalizando 45.416 km. La instalación para el manejo de producción es el Módulo de recolección Calibrador 1.

Figura 14. Diagrama isométrico Módulo Calibrador-1



Fuente: CMM Plan Provisional Calibrador

4. Objetivos

4.1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio coincide con la superficie del polígono del Área Contractual Calibrador, cuyas coordenadas extremas se presentaron en el apartado 3.1.1.3 *El Área Contractual Calibrador*.



4.2. Alcance (Objetivo general y objetivos específicos)

El presente Estudio de Línea de Base Ambiental tiene el objetivo de elaborar un inventario que dé cuenta del estado de los elementos abióticos y bióticos presentes en el Área Contractual Calibrador.

En particular, se detallarán los siguientes aspectos bióticos: vegetación, fauna, suelo e hidrología; resaltando los eventuales impactos ambientales de las acciones e infraestructura desarrolladas por PEMEX e identificando eventuales pasivos ambientales derivados.

Al final del documento se presentarán recomendaciones en materia ambiental de acuerdo al diagnóstico del presente estudio.

5. Personal

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-



Eliminados nombres y puestos por ser datos personales. Fundamento en el art. 113 Fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

- [Redacted]

6. Métodos

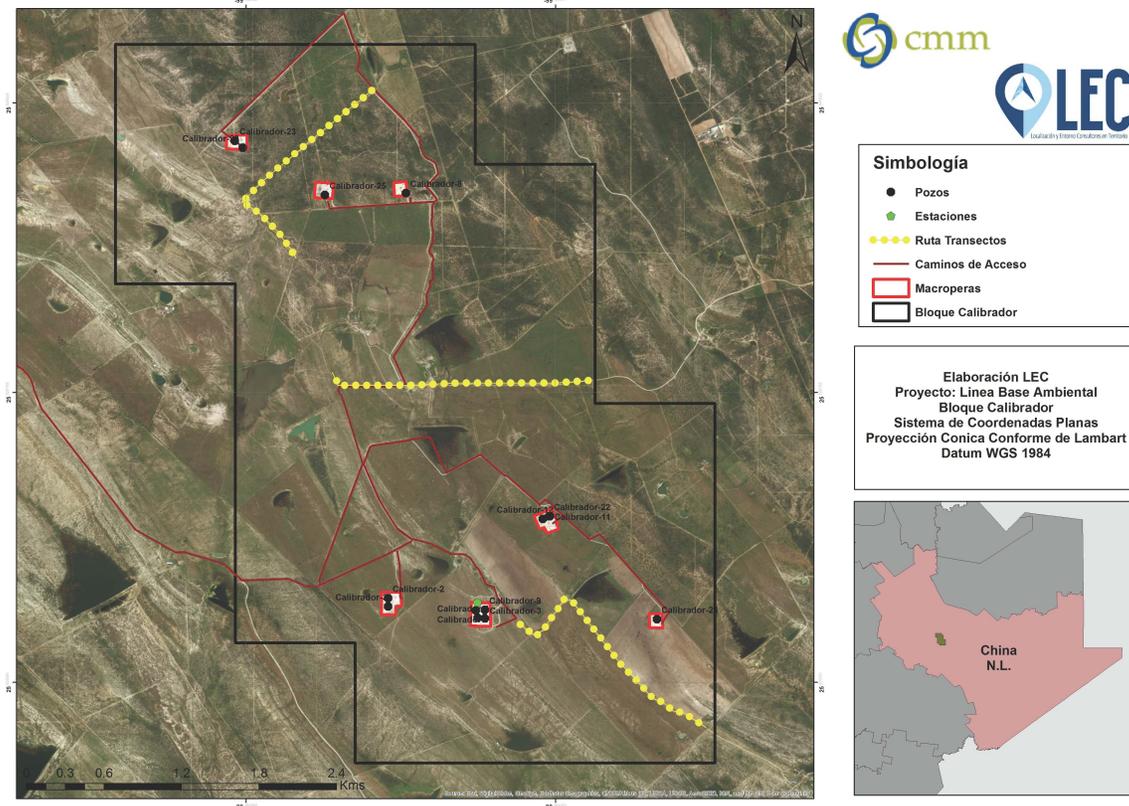
La presente sección desarrolla los métodos para la observación e identificación de flora y fauna presente en el Área Contractual Calibrador, el método fitosociológico para la observación y caracterización de la cobertura vegetal, el método indirecto, por medio del uso de bioindicadores, para categorizar la calidad del aire, así como los métodos indirectos utilizados para la identificación de emplazamientos potencialmente contaminados por hidrocarburos.

6.1. Métodos para la caracterización de flora y fauna

6.1.1. Vegetación

Para el polígono que delimita el Área Contractual Calibrador se trazaron 3 transectos de 1.5 km. de largo por 40 m. de ancho, los cuales fueron ubicados aleatoriamente en zonas representativas de los diferentes ambientes presentes en la zona, considerando además su accesibilidad ya que gran parte del terreno se encuentra lotificado y presenta problemas de distintas índoles que pudieran incomodar la ejecución de este tipo de método.

Transectos. Bloque Calibrador, China, Nuevo León.



Mapa 9. Ubicación de transectos para observación de elementos bióticos en el Área Contractual Calibrador

Dentro de cada transecto se realizó un levantamiento florístico, identificando in situ de manera visual las distintas especies encontradas dentro del estrato arbustivo y arbóreo principalmente. Con ayuda de una cámara fotográfica profesional marca Canon modelo T5i se obtuvo evidencia fotográfica de cada una de las especies identificadas. Asimismo, se realizó la colecta de especímenes con estructuras florales para su posterior identificación en laboratorio (considerando que ninguno de estos ejemplares resultó estar presente en los listados que contemplan alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT). La colecta se llevó a cabo con ayuda de claves dicotómicas, plataformas electrónicas (CONABIO y el Herbario Nacional ubicado dentro del Instituto de Biología de la U.N.A.M.) y con apoyo de expertos en



botánica del Colegio de Postgraduados de la Universidad de Chapingo y la U.A.M. que identificaron los ejemplares colectados.

Estos ejemplares se colectaron con la ayuda de tijeras de corte, esto para el caso de los arbustos y para ejemplares más pequeños se colectó al ejemplar completo, siempre tratando de abarcar la mayor parte de las estructuras y haciendo énfasis en que tuvieran estructuras florales para poder realizar una identificación más precisa. Las plantas colectadas fueron acomodadas en una prensa de madera, colocando al ejemplar dentro de una hoja de papel de estraza y añadiéndole su etiqueta correspondiente la cual contenía la información referente a la ubicación de la colecta, fecha, nombre del colector, y transecto en donde fue recolectado. Posteriormente se procedió al acomodo de los especímenes dentro de la prensa de madera, para su posterior secado e identificación.

Para cada uno de los transectos se trazó la ruta por medio de un aparato geoposicionador marca Garmin empleando el sistema de coordenadas WGS 1984.

6.1.2. Fauna

Para la realización del registro de fauna silvestre, se llevaron a cabo muestreos ubicados principalmente en sitios con presencia de actividades de exploración y extracción de gas y en zonas sin presencia de este tipo de actividad, los cuales presentaban diversas condiciones naturales. Los muestreos de campo fueron de manera dirigida a lo largo de la línea de los 3 transectos establecidos con anterioridad para el análisis de la vegetación y con una longitud de 1,500 metros; en el cual se abarcaron desde las condiciones óptimas para el establecimiento de fauna silvestre hasta las fuertemente perturbadas, abarcando los diferentes hábitats presentes en ella, a una distancia de 40 metros a lo largo del transecto, tomando datos de manera visual con ayuda de binoculares la presencia – ausencia de especies, buscando rastros de huellas o heces, auditivos identificando sonidos



característicos de aves o algún otro animal presente. Complementario a lo anterior, se procedió a la ubicación y colocación de 4 cámaras trampa, en zonas aledañas a transectos previamente determinados. Las ubicaciones elegidas para la colocación de cámaras-trampa contemplaron la facilidad de acceso y a su vez cierto aislamiento, principalmente del ganado, que pudiera afectar los resultados. Las cámaras-trampa fueron cebadas para acrecentar la probabilidad de registro de fauna carnívora u omnívora, se colocó una lata de sardinas a una distancia promedio de 1.5m., lo cual no afecta al enfoque y es más probable registrar al animal de manera completa. Las imágenes capturadas por los mecanismos posteriormente fueron analizadas con un procesador de imagen.

Por otra parte, en cada zona se eligieron sitios para instalar redes de niebla para capturar distintas especies de aves en la zona.

De la misma manera se colocaron 2 trampas Shermann en zonas aledañas o dentro de los transectos, estas fueron cebadas y fijadas para evitar su remoción con la finalidad de capturar roedores, se cebaban por la tarde y se revisaban diariamente por la mañana para evitar el exceso de estrés en los individuos capturados.

Con la finalidad de capturar para su identificación animales de mediano tamaño se dispuso de dos trampas Tomahawk las cuales al igual que las demás fueron colocadas en zonas aledañas a los transectos fijadas y cebadas, estas acciones se realizaron por la tarde para su posterior revisión al día siguiente con la finalidad de evitar el exceso de estrés en los individuos capturados.

Todo esto con la finalidad de obtener mayor representatividad de la fauna de la zona, así como entrevistas a pobladores y trabajadores del lugar.

De tal forma que los registros de fauna se realizaron por métodos directos (Visuales: Vi; Auditivos: Au) e indirectos (Rastros: huellas-In-Hu, excretas-In-Ex y entrevistas-En).

Cabe señalar que estos registros no representan la abundancia de las especies en cada sitio, ya que el método utilizado en este estudio no permite obtener esta información; con estos datos se pretende inferir en las condiciones de conservación o perturbación del hábitat, a partir de las especies de fauna registradas y las condiciones presentes en zonas aledañas a instalaciones de pozos de gas, considerando que los sitios perturbados son poco ocupados por especies que mantienen una alta especificidad con su hábitat, lo que puede provocar una disminución en sus poblaciones e incluso su extinción local (Temple y Cary 1988, Whitcomb et al. 1981). Por otro lado, hábitats con cierto grado de perturbación pueden favorecer la presencia de especies generalistas (Ambuel y Temple 1983, Martin y Roper 1988), las cuales utilizan diferentes estrategias para poder tener éxito, facilitando su adaptación a los cambios en su hábitat.



Fotografía 1. Instalación de redes de niebla. Septiembre, 2016.



Fotografía 2. Colocación de cámara-trampa. Septiembre, 2016.

6.1.3. Método fitosociológico

El método fitosociológico con el apoyo de binoculares para la identificación de dominancias de especies o estratos vegetales; además de la identificación de: infraestructura de extracción de gas, en particular derechos de vía de ductos, delimitación de ranchos, caminos vecinales, presencia de maquinaria, usos de suelo, prácticas silvícolas, niveles de erosión, así como la identificación de afectaciones y/o pasivos en suelo. Asimismo, se realizó un registro fotográfico de las generalidades ambientales, infraestructura, afectaciones y/o pasivos localizados en la zona observada.

A continuación, se presentan aspectos generales del método fitosociológico, propuesto por Braun-Blanquet, cuyo objetivo es identificar la abundancia y dominancia de especies o estratos vegetales.

Tres son las bases del método fitosociológico:



- Las comunidades de plantas se conciben como tipos de vegetación reconocidos a través de su composición florística. La composición completa de especies de la comunidad expresa mejor las relaciones interespecíficas y con el ambiente.
- Entre las especies que componen una comunidad, algunas son mejores indicadores de las interrelaciones que otras, para clasificaciones prácticas se da mayor importancia a las especies dominantes, para servir como indicadores y especies de diagnóstico: especies de carácter, especies diferenciales y compañeras constantes.
- Las especies de diagnóstico se utilizan para organizar las comunidades en una clasificación jerárquica en la cual la asociación es la unidad básica. La información obtenida por el método fitosociológico debe, necesariamente, ser organizada. La jerarquía no sólo es necesaria, sino que supone un instrumento insustituible para entender y comunicar las relaciones de la comunidad (Braun-Blanquet 1979).

Si bien, el método fitosociológico prioriza la identificación de las especies de manera subjetiva, al sacrificar la precisión de las mediciones, se gana rapidez en la toma de datos.

Las ventajas del método fitosociológico se pueden resumir en los siguientes puntos (Rivas 1995):

- ✓ La dominancia de las especies se expresa por su porcentaje de cobertura
- ✓ Es posible jerarquizar las observaciones, tomando en cuenta la cobertura total de cada estrato: arbóreo, arbustivo y herbáceo.
- ✓ Las coberturas vegetales se estiman subjetivamente, pero se facilita la clasificación de la vegetación, inclusive la elaboración de cartografía.
- ✓ La observación es sencilla y rápida, permitiendo describir amplias zonas de vegetación, sin que la precisión en las estimaciones de cobertura sea determinante para la elaboración de un diagnóstico.

Los hábitats al interior del Área Contractual Calibrador presentan una homogeneidad ecológica, identificada como Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET). El MET está conformado por leguminosas, gramíneas, euphoribiáceas, ramnáceas y cactáceas; constituyendo una representatividad real de las comunidades vegetales presentes en las áreas de interés analizadas.

En el presente estudio se definieron cuatro categorías de comunidades vegetales o estratos de vegetación. Las principales características de los estratos de vegetación son los siguientes:

- Arbóreo, compuesto de plantas con un tallo mayor a 5cm de diámetro, de consistencia leñosa y una altura mayor a 4 m. Especies representativas: mezquite (*Prosopis glandulosa*), chaparro prieto (*Acacia regidula*), guayacán (*Porlieria angustifolia*), huizache (*Acacia famesiana*) y anacahuta (*Cordia boissieri*).



Fotografía 3. Mezquite (*Prosopis glandulosa*)



Fotografía 4. Vista general del estrato arbóreo

- Arbustivo, representado por vegetación con altura en el rango de 0.50m a 4m, con tallos menores a los 5 cm, pueden o no presentar un aspecto leñoso. Tal es el caso de: chaparro amargoso (*Castela tortuosa*), granjeno (*Celtis pallida*), cenizo (*Encelia farinosa*) y gobernadora (*Larrea tridentata*), entre otros.



Fotografía 5. Cenizo (*Encelia farinosa*)



Fotografía 6. Vista general del estrato arbustivo

- Herbáceo, comprende plantas de talla menor a los 50 cm, con tallos muy delgados (menores a 2cm), compuesto por pastos nativos y cactáceas, por ejemplo: el crucetillo (*Eupatorium odoratum*).



Fotografía 7. Crucetillo (*Eupatorium odoratum*)



Fotografía 8. Aspecto general del estrato herbáceo

- Pasto inducido, especies que se asilvestran con facilidad y se convierten en plantas invasivas. Son muy utilizadas como forraje en las zonas ganaderas del norte de México. Ejemplo representativo: zacate buffel (*Pennisetum ciliare*).



Fotografía 9. Zacate buffel (*Pennisetum ciliare*)



Fotografía 10. Aspecto general del estrato "pasto inducido"

6.2. Método indirecto (bioindicadores) para la categorización de la calidad del aire

El método indirecto utilizado para categorizar la calidad del aire en el Área Contractual Calibrador, está basado en indicadores biológicos, en este caso la presencia-ausencia de estructuras liquénicas, los cuales tienen ventajas de índole económica y práctica que complementan fehacientemente los estudios realizados por medio de estaciones especializadas en detección de contaminantes.

Los cambios en la diversidad de líquenes que crecen naturalmente en un sitio o región particular, permiten su utilización como indicadores o monitores de la



contaminación atmosférica (Llop 2012). Una ventaja de los bioindicadores sobre los análisis químicos para medir el nivel de gases contaminantes, es que permanecen expuestos a las emanaciones de forma continua y son acumuladores de sustancias, lo que permite la evaluación integral y el monitoreo temporal de la contaminación.

Es importante mencionar la carencia de estudios anteriores específicos para el Área Contractual Calibrador por lo que no se cuenta con valores medios de calidad del aire para la zona de estudio, y así poder realizar un análisis comparativo con respecto a las normas oficiales.

El análisis de los líquenes observados y colectados en el área de estudio es descriptivo, constituyendo un primer acercamiento, a complementarse con posteriores estudios. Por ello, se recomienda desarrollar metodologías que desarrollen a profundidad un análisis más a detalle de la composición líquénica, como la descripción de los contaminantes acumulados en sus tejidos.

Los líquenes son organismos simbiotes o compuestos, de crecimiento lento, formados por asociación de hongos (micobiontes) y algas verdes o cianobacterias (fotobiontes). Esta asociación es de tipo simbiótica y depende principalmente en la entrada atmosférica de nutrientes minerales (Garty 2001).

Algunas de las razones por las cuales los líquenes se emplean como biomonitores o bioindicadores confiables son: ubicuidad, incluso en zonas urbanas debido a la disminución en la concentración de dióxido de azufre en la atmósfera de las ciudades; ausencia de cutícula protectora, por lo que absorben tanto nutrientes como contaminantes; naturaleza simbiótica, si alguno de los simbiotes (alga u hongo) se ve afectado se altera el organismo en su conjunto; longevidad, lo cual permite conocer estados ambientales crónicos; y perennidad, que permite realizar muestreos y observaciones a lo largo del año (Hawksworth, Iturriaga et al. 2005).

En síntesis: los líquenes son sensibles a los cambios en la calidad del aire,



especialmente al dióxido de azufre, fluoruros y compuestos fuertemente oxidantes como el ozono (Nash y Volkmar, 1988), citado en (Cabrera and Giacobone 2013). Por otra parte, la presencia de óxidos de nitrógeno (NOX) y de azufre (SOX), que, combinados con el agua, daña a alguno de los simbioses; por ejemplo: la clorofila presente en el alga es destruida por estos compuestos, provocando en consecuencia la muerte del hongo (Raven, 1991), citado en (Cabrera and Giacobone 2013).

Por ello, al ser los líquenes bioindicadores de lectura inmediata de la contaminación medioambiental, de los cambios climáticos o su estabilización, así como el hecho de que la zona de estudio cuenta con estos organismos, se determinó pertinente la utilización de éstos como bioindicadores para evaluar la calidad de aire.

En el caso particular de conocer la calidad del aire en el Área Contractual Calibrador, se empleó la observación de la diversidad y características de especies líquénicas. El enfoque se centró en las afectaciones por el incremento de moléculas contaminantes en el ambiente que se encuentren en los sustratos en donde se ubican los líquenes, ya que estos organismos responden a cambios en los niveles de concentración de ciertas sustancias a través de la sustitución o dominio de unas especies por otras. En el apartado de metodología se detallará con mayor profundidad sobre el uso de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire.

Con la finalidad de discriminar qué tipos de variaciones espaciales en los patrones presencia-ausencia de estructuras líquénicas, responden a cambios en el ambiente natural (sustrato, pendiente, orientación, altitud) y cuáles a la presencia de contaminantes, se plantean los siguientes objetivos:

1) Caracterizar la biota líquénica en áreas aledañas a la infraestructura de extracción de gas, registrando su distribución espacial aunada a las variaciones ambientales naturales.

2) Identificar especies líquénicas de tipo racimoso, las cuales son más susceptibles



a la presencia de contaminantes.

Para cumplir con los objetivos antes planteados se realizaron recorridos en los transectos establecidos de 1.5 km. usados para el análisis de flora, en los que se localizó visualmente a los especímenes, se les fotografió y se colectaron muestras representativas para su posterior análisis.

La colecta de especímenes de líquenes en campo se realizó mediante la metodología propuesta por (Chaparro and Aguirre 2002): se usaron cuchillas quirúrgicas, cuchillos y pinzas; una vez colectados los especímenes fueron introducidos en bolsas de papel para evitar la putrefacción. Para la identificación de los líquenes colectados, se determinó el tipo de talo liquénico usando un estéreo microscopio.

Ya que el presente trabajo pretende identificar la relación existente entre posibles fuentes de contaminación, asociadas con las actividades de extracción de gas en la zona de estudio, y los diferentes tipos liquénicos presentes en la misma, para estimar de una manera sencilla la calidad del aire; se identificaron los siguientes tipos de líquenes a estudiar, identificándose tres grupos:

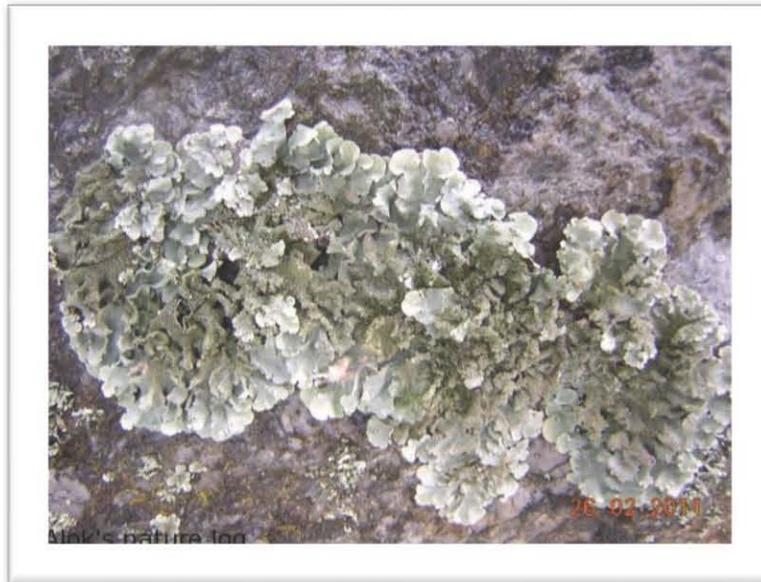
- Líquenes crustáceos o costrosos, que son aquellos que poseen la menor superficie expuesta al aire estando casi totalmente adheridos al sustrato. En el presente estudio se incluyeron los siguientes líquenes de tipo costroso: *C. scabrida* (fam. *Teloschistaceae*), los denominados escamosos como *Endocarpon sp.* (fam. *Verrucariaceae*) y los denominados foliosos, pero con muy poca superficie inferior expuesta, como los de la familia *Physciaceae*, con el género *Physcia sp.*



Fotografía 11. Líquen crustáceo, *Physcia sp*

Fuente: <http://www.fnaturesearch.org/images/stories/ns/marked/M/4747.jpg>

- Líquenes foliáceos o foliosos que son aquellos con una superficie menor adherida al sustrato de forma aplanada y lobulada, con sus bordes elevados como una hoja de papel húmedo y por consiguiente con una superficie expuesta mayor que los costrosos. Ejemplos de líquenes foliáceos son: *Parmellia sp.* y *Punctelia sp.*, ambos pertenecientes a la familia *Parmeliaceae*.



Fotografía 12. Líquen foliáceo, *Punctellia sp*

Fuente: <https://forwildlife.files.wordpress.com/2011/02/dscn5191.jpg>

- Líquenes reticulosos o fruticulosos, los cuales tienen forma de arbusto y se fijan al sustrato por una base muy estrecha, tan solo de unos pocos milímetros, y con una gran expansión de tipo foliariforme como *Ramalina sp.* o tubuliforme. Por ejemplo: *Usnea sp.* Esta categoría de líquenes es la que expone mayormente su superficie al aire, en comparación con los dos anteriores (Cabrera and Giacobone 2013).



Fotografía 13. Líquen reticuloso, Usnea sp.

Fuente: <http://nwnature.net/lichens/images/lichen14.jpg>

En resumen, todos los tipos liquénicos poseen cierto grado de sensibilidad a los contaminantes dependiendo de su morfología, por lo que se puede inferir que un líquen reticuloso o fruticuloso, cuya mayor superficie de tejido expuesta al aire circundante tendrá mayor capacidad de absorción de agua y de aquellos contaminantes que ésta y el mismo aire contengan. Esta característica hace que sean el tipo morfológico más sensible y que se vean afectados mayormente por la contaminación (Cabrera and Giacobone 2013).

Posteriormente, se procedió a la estimación de la calidad de aire de los sitios estudiados con las siguientes consideraciones:

Zona A: Superficie de terreno en la cual se observa la presencia regular de líquenes crustáceos, foliáceos y reticulosos. Dado que los líquenes reticulosos son más sensibles a los cambios en la calidad del aire la coexistencia de los tres tipos de



líquenes es indicativo de una buena calidad de aire.

Zona B: Superficie de terreno en la cual sólo se observan líquenes crustáceos y foliáceos. La ausencia de líquenes reticulados, los cuales se encuentran más expuestos al aire, es indicativo de la presencia de elementos contaminantes que afectan a alguno de los simbotes.

Zona C: Superficie de terreno en la cual sólo se observan líquenes crustáceos con algún grado de deterioro. Ante la ausencia de líquenes foliáceos y reticulados, cuya superficie se encuentra más expuesta al aire, y una presencia mayoritaria de líquenes crustáceos, los cuales presentan una unión más estrecha con el sustrato y en consecuencia son menos vulnerables a las alteraciones de la calidad del aire. Por ello, se estima un grado de contaminación en el aire.

Zona D: Superficie de terreno en la cual sólo se observan líquenes crustáceos con alto grado de deterioro. La unión más estrecha con el sustrato de los líquenes crustáceos, no significa que no absorban elementos contaminantes, los cuales afecten su estructura física; por ello la observación de líquenes crustáceos con alto grado de deterioro es indicativo de aire bastante contaminado.

Lo anterior se resume en la siguiente Tabla.

Tabla 12: Relación Estado de los líquenes y Calidad del aire

TIPO DE ZONA	ESTADO DE LOS LIQUENES	CALIDAD RELATIVA DEL AIRE
A	Superficie cubierta con los tres tipos de líquenes en buen estado	Aire puro
B	Superficie cubierta con líquenes foliáceos y crustáceos en buen estado	Aire levemente contaminado
C	Superficie cubierta con líquenes crustáceos con algún grado de deterioro	Aire contaminado
D	Superficie cubierta con líquenes crustáceos con alto grado de deterioro	Aire bastante contaminado

Fuente: Elaboración propia

6.3. Métodos indirectos para la identificación de emplazamientos potencialmente contaminados por hidrocarburos.

6.3.1. Fotografías satelitales (visión cronológica)

La clasificación de imágenes satelitales permite identificar áreas y coberturas para su interpretación, basándose en la combinación de bandas espectrales de las imágenes.

El objetivo del análisis cronológico de imágenes satelitales con la metodología de clasificación supervisada del Área Contractual Calibrador es identificar afectaciones o perturbaciones en la cobertura vegetal, relacionándolas con actividades antrópicas como la extracción de gas, el pastoreo, la agricultura, la tala de flora nativa, la



contención de animales, la presencia de cuerpos de agua artificiales (jagüeyes) o el apisonamiento del terreno. Lo anterior para concentrar los esfuerzos de observación y muestreo *in situ* para determinar emplazamientos potencialmente contaminados por hidrocarburos y áreas de interés, caracterizadas por una exposición del suelo no asociada a la actividad de extracción de gas.

Los métodos tradicionales de clasificación se dividen en dos, supervisados y no supervisados. En el primer método, se seleccionan grupos de píxeles a interés de la investigación, con la finalidad de generar clases temáticas y facilitar el análisis de las zonas de estudio. El método no supervisado, prescinde de una preclasificación a interés del investigador, los agrupamientos espectrales o clústeres, se generan de manera automática por el *software* empleado para su tratamiento.

Por medio de la interpretación visual de imágenes provenientes de los satélites Landsat 7 y Landsat 8, se busca identificar afectaciones en la cobertura vegetal del Campo Calibrador en el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016, digitalizando en pantalla, con el programa *QGIS 2.14*, sobre una composición en falso color RGB 543, que resalta las zonas de vegetación o cuerpos de agua (Fernández-Coppel and Herrero).

Método de clasificación supervisada

El procesamiento de imágenes busca corregir distorsiones geométricas y realizar correcciones radiométricas eliminando formas de ruido presentes en los datos, así como aplicar manipulaciones de realce para mejorar la interpretación visual de la imagen. Con la clasificación es posible la extracción de información, reemplazando el análisis visual de la imagen mediante la aplicación de técnicas cuantitativas para automatizar la identificación de los objetos de interés contenidos en una escena.

En términos generales, como señalan (Yébenes and Giner): "La clasificación de una imagen digital consiste en categorizar una imagen multibanda. Se pasa de tener



unos ND [pixeles clasificados] continuos medidos por los sensores a una escala nominal o categórica de manera que cada pixel pertenece a una categoría definida previamente.”

Para realizar el procesamiento de las imágenes satelitales, y su posterior interpretación, es necesaria la elección de una la combinación de bandas de color, disponibles según la fuente de la imagen (satélite); esto para hacer los resultados comparables entre distintas imágenes (Carrasco, Rudorff et al. 2005).

El manejo de bandas se dará de la siguiente forma:

Tabla 13. Selección de bandas según satélite de origen

Procesamiento	Landsat 7	Landsat 8
Color Natural	3,2,1	4,3,2
Análisis de Vegetación	5,4,3	6,5,4
Color Infrarrojo	4,3,2	5,4,3

Fuente: Elaboración propia con información de: (Fernández-Coppel and Herrero) e (INEGI).

- **Color Natural:** Esta combinación que utiliza solo las bandas de la porción visible del espectro electromagnético, es la que se más se aproxima a los colores reales. Realza información de agua: turbidez, Corrientes y sedimentos en suspensión. Las tonalidades de color azul claro representan aguas costeras y con sedimentos en suspensión, mientras que los tonos azul oscuro representan aguas más profundas y con pocos sedimentos en suspensión. Las áreas urbanas aparecen en tonalidades marrón claro y la vegetación en tonos verdes.
- **Análisis de Vegetación:** Esta combinación con dos bandas en la región del infrarrojo muestra una mayor diferenciación entre el suelo y el agua. La vegetación se muestra en diversas tonalidades de verde y rosa, que varían en función del tipo y de las condiciones de ubicación. Las áreas urbanas y el



suelo expuesto se presentan en tonos rosados. El agua, Independiente de la cantidad de sedimentos en suspendidos aparece en negro.

- **Color Infrarrojo:** Es útil para identificar los límites entre el suelo y agua. Los cuerpos de aguas con sedimentación en suspensión aparecen en tono azul claro y los que poseen pocos sedimentos en suspensión en azul oscuro. Las áreas Urbanas y el suelo expuesto aparecen en tono azul. También permite que se observen variaciones de la vegetación que aparece en tonos rojos.

Posteriormente, se definen los datos de entrenamiento y se selecciona el algoritmo de clasificación para concluir el ejercicio.

Selección de datos de entrenamiento

En la etapa de entrenamiento el analista selecciona áreas de identidad conocida de la cubierta terrestre de interés (cultivos, forestaciones, suelos, etc.) delineándolas sobre la imagen digital bajo formas de rectángulos o polígonos cuyos datos numéricos quedan identificados como "datos de entrenamiento". Una vez que se dispone de un conjunto de estos datos de entrenamiento se le adjudica cada uno de los píxeles de la escena una clase.

Para esta investigación, la selección y clasificación de los datos de entrenamiento, para llevar a cabo la clasificación supervisada, se basó en las diferentes condiciones del suelo del Campo Calibrador, observadas en la visita de reconocimiento, durante los días 02 al 06 de septiembre del 2016.

Los datos de entrenamiento se agruparon en cinco clasificaciones o temas, los cuales se describen a continuación:

1. **COMPACTACIÓN PERMANENTE DE SUELOS.** Comprende las áreas contenidas dentro de los límites establecidos para la operación de los pozos, peras y macroperas y la estación de compresión Calibrador 1. Son zonas bien definidas, en donde se ha realizado una preparación y compactación permanente del suelo, sin embargo, en la visita a las instalaciones fue posible observar revegetación natural. En la cartografía temática resultante se encuentran representados por el color rojo.



**Fotografía 14. Cuadro de maniobras con suelo compactado.
Septiembre, 2016.**

2. **EMBALSES ARTIFICIALES Y ESCORRENTÍAS.** Áreas con presencia de embalses artificiales construidos para el almacenamiento de agua de lluvia que funcionan de reservorio del líquido en época de estiaje para el ganado, cabe señalar que la zona no cuenta con corrientes de agua superficiales, sólo escorrentías intermitentes en época de lluvia. En la cartografía temática resultante se encuentran representados por el color azul.



Fotografía 15. Embalse artificial rodeado de vegetación y suelo expuesto resultado de la variación en el volumen de almacenamiento.

Septiembre, 2016.

- 3. VEGETACIÓN MENOS PERTURBADA.** Sitios que, a pesar de presentar cierto grado de perturbación, conservan elementos naturales propios de los ecosistemas propios del lugar. Estas zonas se encuentran fragmentadas en pequeños manchones y o corredores de vegetación localizados aleatoriamente dentro del Área Contractual. En la cartografía temática resultante se encuentran representados por el color verde.



Fotografía 16. Cobertura vegetal: pastizal. Septiembre, 2016.

4. **SUELO DE USO GANADERO.** Zonas bien delimitadas, en las que el suelo ha sido afectado en gran parte por la presencia de ganado en sitios específicos, encierros y zonas de transferencia de animales, así como veredas concurridas y agostaderos de ocupación bovina. En la cartografía temática resultante se encuentran representados por el color ocre.



Fotografía 17. Presencia de ganado. Septiembre, 2016.

5. **SUELO EXPUESTO.** Áreas caracterizadas por el gran deterioro ocasionado principalmente por actividades humanas de diversa índole, como la tala-roza-quema y el pastoreo. Son áreas con suelo al descubierto, el cual es más vulnerable a la meteorización, provocando su deslave, lixiviación y pérdida total o parcial. En la cartografía temática resultante se encuentran representados por el color café.



Fotografía 18. Suelo sin cobertura vegetal. Septiembre, 2016.

Algoritmo de clasificación.

Entre los algoritmos de clasificación para generar cartografía temática con base en los datos de entrenamiento, existen los siguientes:

- Clasificador por mínima distancia
- Clasificador por paralelepípedos
- Clasificador por máxima probabilidad

Para el presente ejercicio, se utilizará un algoritmo paramétrico que, asume una distribución estadística particular para las clases consideradas, basado en un modelo probabilístico, comúnmente la distribución gaussiana, para formular sus reglas de decisión en la categorización de los píxeles. Los parámetros necesarios para el modelo, como la media y la matriz de covariancia, se obtienen a partir de los datos de las áreas de entrenamiento.



Para el análisis cronológico del Campo Calibrador se emplearán imágenes satelitales provenientes del servicio *United States Geological Survey* (USGS), captadas por los satélites Landsat 7 (2007 – 2012) y Landsat 8 (2013 – 2016).

Se procesarán imágenes captadas entre los años 2007 y 2016, en dos periodos: secas (enero-abril) y lluvias (junio-agosto). La Tabla 6 presenta algunas características técnicas y de identificación (metadatos) de cada imagen.

Tabla 14. Metadatos para identificación de imágenes satelitales

Año	Temporada	Fecha	Satélite	Número de Identificación (ID)
2007	Secas	25-abr-07	Landsat 7	L51EDC1007115160100
2007	Lluvia	08-sep-07	Landsat 7	L72EDC1107219160100
2008	Secas	19-abr-08	Landsat 7	LE70270422008110EDC00
2008	Lluvia	09-ago-08	Landsat 7	LE70270422008222EDC00
2009	Secas	05-mar-09	Landsat 7	LE70270422009064EDC00
2009	Lluvia	27-jul-09	Landsat 7	LE70270422009208EDC00
2010	Secas	25-abr-10	Landsat 7	LE70270422010015EDC00
2010	Lluvia	14-jul-10	Landsat 7	LE70270422010195EDC00
2011	Secas	07-feb-11	Landsat 7	LE70270422011038EDC00
2011	Lluvia	18-ago-11	Landsat 7	LE70270422011230EDC00
2012	Secas	25-ene-12	Landsat 7	LE70270422012025EDC00
2012	Lluvia	05-sep-12	Landsat 7	L71EDC1112185160100
2013	Secas	17-abr-13	Landsat 7	L72EDC1113107160100
2013	Lluvia	30-jul-13	Landsat 8	LC80270422013211LGN01
2014	Secas	22-ene-14	Landsat 8	LC80270432014022LGN00
2014	Lluvia	18-ago-14	Landsat 8	LC80270422014230LGN00
2015	Secas	10-feb-15	Landsat 8	LO80270422015041LGN00
2015	Lluvia	20-jul-15	Landsat 8	LC80270432015201LGN00
2016	Secas	28-ene-16	Landsat 8	LC80270422016028LGN00
2016	Lluvia	23-ago-16	Landsat 8	LC80270422016236LGN00

Fuente: Elaboración propia con datos del USGS

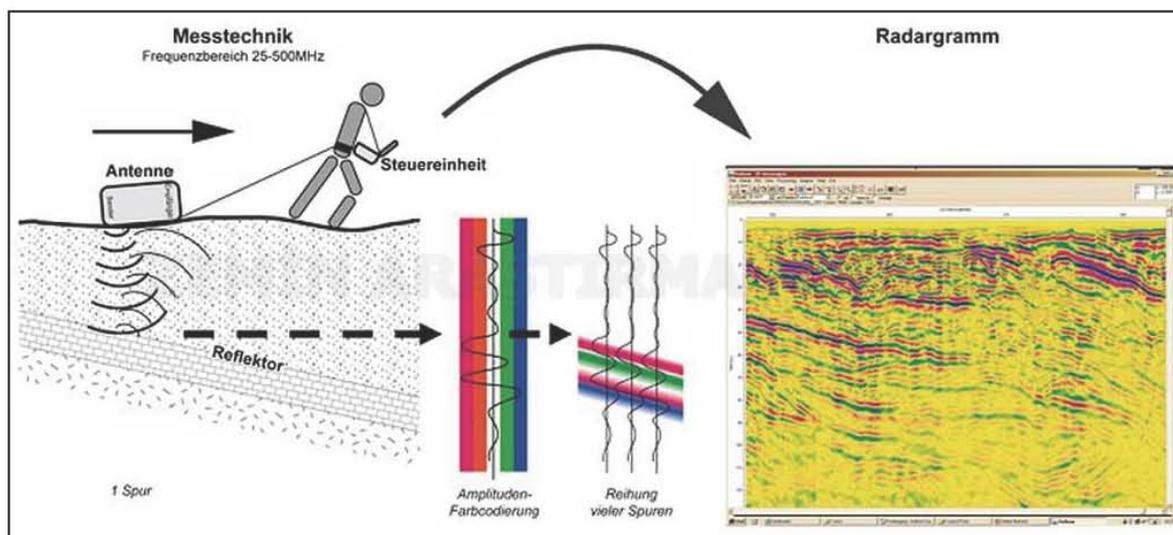
6.3.2. Radar de Penetración Terrestre (Georadar)

El geo-radar o radar de penetración se utiliza para la prospección geofísica, basada en la emisión de impulsos electromagnéticos de corta duración en la banda de frecuencias de UHF-VHF (entre 20MHz y 2.5GHz).

El elemento principal este equipo es un transmisor o antena, que generan lapsos de impulsos u ondas EM que, al atravesar diferentes capas del subsuelo, registra la reflexión de las mismas, generando una imagen bidimensional que muestra la profundidad-distancia del subsuelo, a lo largo de una línea de desplazamiento.

La generación de estas imágenes bidimensionales permite ubicar tanto infraestructura como elementos contaminantes por medio de contrastes y distorsiones en las imágenes generadas.

Figura 15. Esquema general del escaneo de suelo con geo-radar



Fuente: Turkish Star Companies.

En el caso específico de contaminantes con capacidad de infiltración como los hidrocarburos, la reflexión de las ondas emitidas por la antena genera discordancias en la continuidad del pulso debido al cambio de densidades entre materiales, suelo-hidrocarburo, siendo éstos últimos de fácil identificación al ser más densos que el

agua o humedades relativas del suelo generadas por lluvias o escorrentías. Asimismo, permite identificar fuentes de emisión cuando existe infraestructura dañada (ductos, por ejemplo) así como su profundidad y radio de dispersión.

Por ello, la utilización de esta herramienta es de gran utilidad para caracterizar zonas con sospecha de contaminación sin tener que recurrir a métodos invasivos.

6.3.2.1. Modelos de geo-radar empleados

Para realizar el sondeo en los sitios identificados como potencialmente contaminados se emplearon los siguientes equipos:

- Geo-radar marca Geophysical Survey Systems, Inc. GSSI, modelo SIR 3000.



Fotografía 19. Escaneo con geo-radar GSSI-SIR 3000

- Geo-radar marca USRadar, Inc. modelo P-0500



Fotografía 20. Escaneo con geo-radar USRadar-P-0500

6.3.3. Sistema de análisis de hidrocarburos Petroflag

Se implementó el método de análisis conocido como PetroFlag para identificar si existe o no presencia de hidrocarburos. El PetroFlag es un laboratorio portátil cuyos reactivos constituyen un sistema de análisis EPA SW-846 9074, es decir una prueba de amplio espectro para la detección de hidrocarburos totales de petróleo. Este método, si bien, no distingue entre los hidrocarburos aromáticos y alifáticos, cuantifica todos los combustibles, aceites, grasas y sus derivados como hidrocarburos totales.

Previo al uso del equipo PetroFlag EPA SW-846 9074, se realizó su calibración conforme a los lineamientos del fabricante.

De cada uno de los sitios se tomó una muestra de suelo de aproximadamente 0.5 kilo, se procedió a su identificación y etiquetado, ver Tabla 4. Posteriormente, se realizó en gabinete el análisis con 10 gramos de suelo de cada muestra, realizando: extracción, filtración y toma de lectura con equipo EPA SW-846 9074.

El análisis se realizó considerando los factores externos debidamente controlados, como la temperatura ambiente y las medidas de seguridad correspondientes desde la toma de la muestra, hasta su análisis.



Fotografía 21. Laboratorio portátil PetroFlag

Fuente: Grainger.

Cabe señalar, que el PetroFlag puede detectar un nivel mínimo de 10 ppm para la mayoría de los hidrocarburos, excepto para gasolina vieja que es de 200 ppm. Utilizando la muestra estándar de 10 gramos el analizador tiene la habilidad de cuantificar con los reactivos de rango normal todos los hidrocarburos hasta 2,000 ppm. Diluyendo la muestra el sistema puede leer hasta 20,000 ppm.

6.4. Plan de Muestreo

Como se señaló en el *Primer Reporte del Desarrollo de la Línea Base Ambiental del Área Contractual Calibrador* se identificaron las zonas con suelos compactados como los emplazamientos expuestos a contaminantes derivados de un mal manejo de residuos peligrosos (recortes de perforación impregnados de aceites), de residuos de manejo especial (recortes de perforación superficial, no mayor a 600 m.), así como derrames accidentales de combustibles o fluidos de perforación base aceite.

Y considerando que la base de datos del proceso de perforación de los pozos contiene información que indica que los recortes de perforación fueron trasladados y confinados, observando la normatividad vigente y buenas prácticas de la industria,



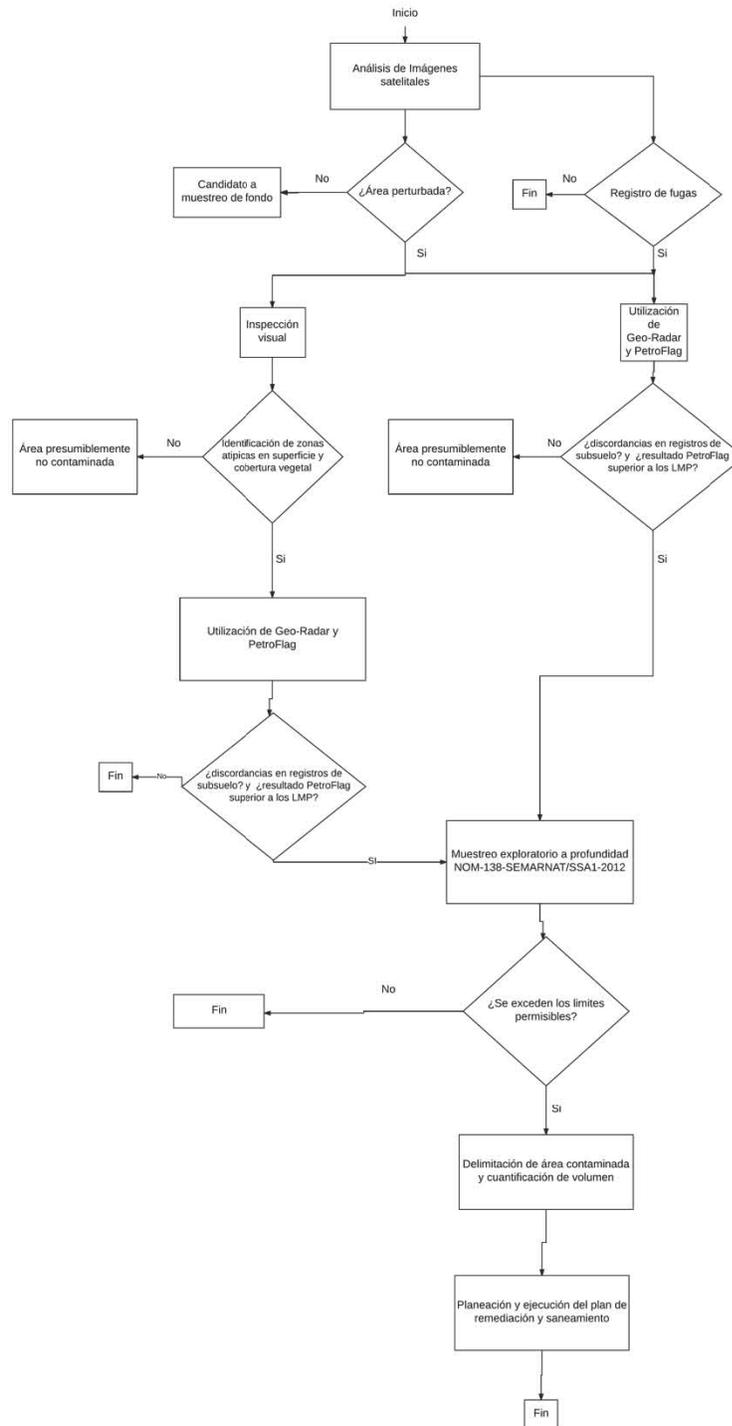
con la finalidad de corroborar la ausencia de residuos cuyo origen sean los recortes de perforación en la superficie o en el subsuelo de las zonas de compactación permanente el Plan de muestreo se basa en:

- Inspección visual de las peras y macro peras para la identificación de diferencias obvias o atípicas en suelos, considerando: cambios en el color del suelo o áreas de vegetación muerta.
- Uso de geo-radar con la finalidad de identificar lixiviaciones de aceites procedentes de los recortes de perforación.
- Uso de laboratorio portátil, marca PetroFlag, con la finalidad de identificar partículas de hidrocarburos en suelo.

Lo anterior siguiendo el siguiente diagrama de flujo:



Diagrama 1. Plan de Muestreo



Fuente: Elaboración propia



7. Resultados

7.1. Descripción detallada por cada uno de los temas aplicables al proyecto

7.1.1. Medio Abiótico

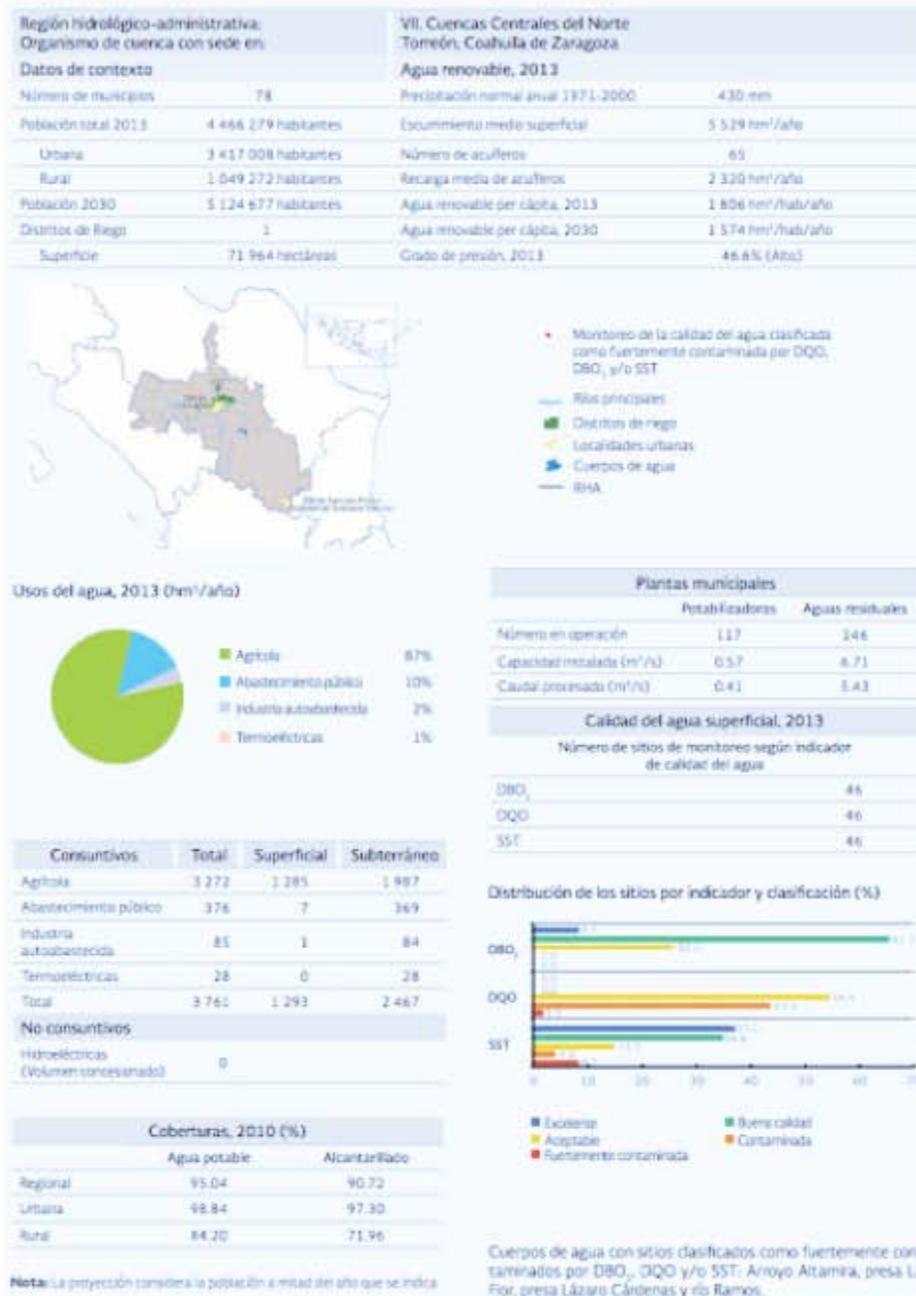
7.1.1.1. Hidrología

Un elemento importante a resaltar en la Región Hidrológica Río Bravo, en la cual está inmersa el Área Contractual Calibrador, es que la región carece de fuentes de agua adicionales que puedan resolver la demanda cada vez más intensa en la zona, lo que derivará en la disposición del líquido en cuencas vecinas.

A continuación, se presenta a manera de resumen la Figura 16, en la cual se resaltan datos generales de la Región hidrológica – administrativa VI. Río Bravo, que contiene, entre otros, datos los usos del agua, calidad del agua superficial, número de acuíferos, porcentaje de coberturas, sitios de monitoreo entre otros. También se presenta un ejercicio de comparación de la disponibilidad del recurso hídrico y la población existente, proyectado para el año 2030, lo que refleja de manera significativa la tendencia negativa de la disponibilidad de agua renovable per cápita, al disminuir de 1063 hm³/hab/año en el 2013 a 888 hm³/hab/año proyectado para el 2030.

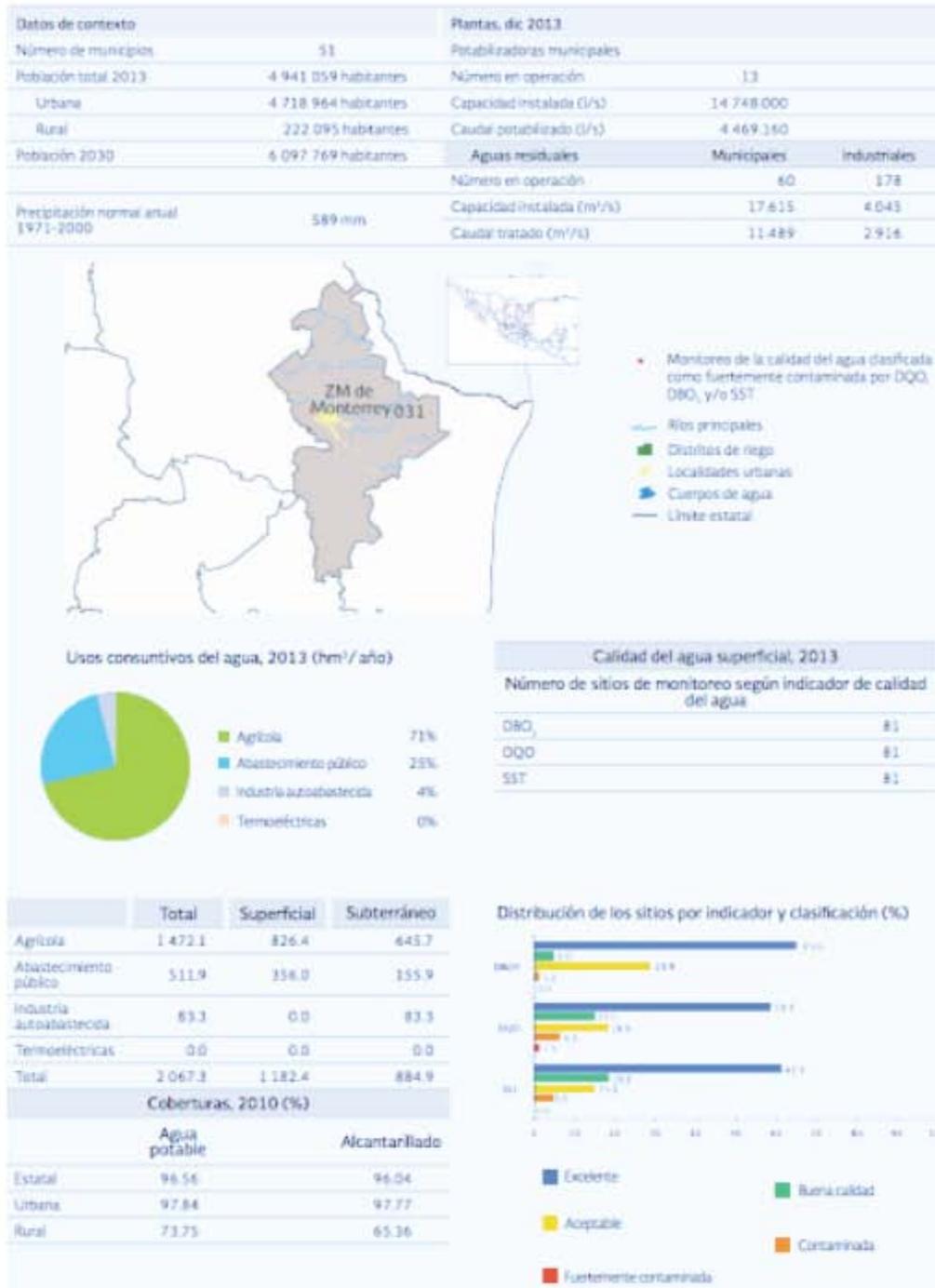


Figura 16. Condiciones generales de la región hidrológica Río Bravo y su proyección demográfica y de disponibilidad de agua renovable proyectada para el año 2030.



Fuente: Programa Hídrico Regional Visión 2030, Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo Edición 2012.

Figura 17. Condiciones generales de la hidrología de Nuevo León, su proyección demográfica para el año 2030, plantas potabilizadoras, usos consuntivos calidad del agua, y coberturas entre otros.



Fuente: Estadísticas del agua en México Edición 2014. Comisión Nacional del Agua



Esto concuerda con el hecho de que la región hidrológica Río Bravo está catalogada en su totalidad como deficitaria en sus aguas superficiales y por tal motivo estas se han declarado en veda (CNA, 2014).

De manera similar, pero sin contener datos de proyecciones a futuro (sólo datos poblacionales), la Figura 17 muestra la situación del agua en el estado de Nuevo León resaltando las plantas potabilizadoras, los usos consuntivos y la calidad del agua observadas para el año 2013, así como el porcentaje de coberturas del agua potable y alcantarillado alcanzadas para el año 2010, ilustrando también la distribución de los sitios por indicador y los porcentajes de su clasificación.

7.1.1.1.1. Superficial

El contexto anterior concuerda con las observaciones realizadas en campo, en donde se pudo constatar la ausencia de afluentes superficiales permanentes, lo que ha obligado a los lugareños a optar por la acumulación de agua de lluvia en embalses artificiales (jagüeyes), como alternativa para satisfacer la demanda de agua para las labores agrícolas y de pastoreo.

Con la finalidad de conocer la calidad del agua de estos embalses los días 3 y 4 de febrero del 2017 se realizan tomas de muestra para su análisis en los embalses cercanos a la infraestructura de extracción de gas.

7.1.1.1.2. Subterránea

Como se señaló en el apartado 3.1.2.6 Infiltración, el acuífero 1913 China-Gral. Bravo presenta condiciones naturales desfavorables para su mantenimiento, ya que presenta sequías recurrentes, carencia de fuentes adicionales de agua (afluentes superficiales y subterráneos), por lo que esta Línea Base Ambiental no registra las características de la hidrología subterránea en el Área Contractual Calibrador.



7.1.1.1.3. Análisis de laboratorio

Los resultados de los análisis de laboratorio para determinar la calidad del agua de los embalses cercanos a la infraestructura de extracción de gas de incorporarán a esta Línea Base Ambiental una vez sean entregados por el laboratorio EMA.

7.1.1.2. Calidad del aire

7.1.1.2.1. Bio-indicadores (líquenes)

Los muestreos y observaciones de líquenes se realizaron en rocas, sustrato y arbustos encontrados en los seis transectos realizados en el Área Contractual Calibrador, permitieron identificar un total de ocho especies de líquenes (Tabla 15). De éstas, tres se refieren a especies reticuladas (caracterizadas por tener forma de cabellera, en hebras que se ramifican o pendulares, por lo general con un solo punto de unión al sustrato), cuatro corresponden a especies foliosas (con talos desprendidos parcialmente del sustrato caracterizados por tener aspecto de hoja y estar formados por lóbulos aplanados con simetría dorsiventral) y una corresponde a especies crustáceas (caracterizadas por tener un talo que se adhiere fuertemente al sustrato con márgenes que pueden ser definidos o difusos).

Tabla 15. Especies de líquenes identificados en los transectos de muestreo

Espece	<i>Cetrelia braunsiana</i>	<i>Physcia shcreber</i>	<i>Physcia tenella</i>	<i>Lasallia populosa</i>	<i>Candelaria concolor</i>	<i>Teloschistes exilis</i>	<i>Usnea spp.</i>	<i>Ramalina celastri</i>
Tipo de talo	Crustáceo	Foliáceo	Foliáceo	Foliáceo	Foliáceo	Fruticulosos	Fruticulosos	Fruticulosos
Condición	Buen estado	Buen estado	Buen estado	Buen estado	Buen estado	Excelente estado	Excelente estado	Excelente estado

Fuente: Elaboración propia con base en las observaciones realizadas en los transectos



De acuerdo a lo observado en campo y a las muestras analizadas, se interpreta los siguiente:

- ✓ La presencia de tres especies reticulosas (37.5% de las observadas), se asocia con una excelente calidad atmosférica. Como indican (Ederra 1996) y (Lucking 1997), este tipo de líquenes suelen ser muy sensibles a los factores atmosféricos y en ellos la unión al sustrato no es muy pronunciada, lo cual los hace más dependientes del aire con bajos niveles de contaminación.
- ✓ Los líquenes foliosos estuvieron representados por cuatro especies (50% del total de spp observadas) su presencia indica buena calidad atmosférica, ya que sus talos laminares adheridos total o parcialmente al sustrato mediante rizinas u ombligos les permiten soportar niveles medios de contaminantes.
- ✓ La única especie de líquenes crustáceos encontrada en los transectos representó el 12.5% de las especies identificadas. Este resultado muestran el potencial de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire y apoyan los resultados previamente reportados por (Ederra 1996) y (Hawksworth and Rose 1970) quienes afirman que los talos crustáceos son menos vulnerables a las alteraciones de la calidad del aire ya que éstos presentan una unión más estrecha con el sustrato, tienen crecimiento marginal y no poseen corteza inferior. Por lo que una baja presencia relativa de líquenes de tipo crustáceo, es indicativo de una baja presencia de contaminantes.

7.1.1.2.2. Análisis de laboratorio

Con la finalidad de obtener evidencia objetiva de la calidad del aire en el Área Contractual Calibrador, durante los días 3-5 de febrero de 2017, se instalan unidades de monitoreo en las cercanías de la Estación de Compresión Calibrador-1.

7.1.1.3. Suelo

A continuación, se muestra el resultado del ejercicio de clasificación supervisada para el Área Contractual Calibrador en las fechas extremas del periodo estudiado:

abril 2007, temporada de secas, y agosto 2016, temporada de lluvias, con la finalidad de tener un acercamiento a las condiciones del suelo y poder dirigir las observaciones en campo para su corroboración.

1. En la superficie ocupada por el Campo Calibrador se desarrollan dos actividades primordiales: actividad ganadera (encierro y pastoreo) y extracción de gas seco. No se documentó actividad agrícola.
2. Ambas actividades tienen impacto sobre el suelo, indicador de ello es el estado de la cobertura vegetal, el cual se empleó como base del ejercicio de clasificación supervisada: vegetación menos perturbada, suelo de uso ganadero, suelo expuesto y compactación permanente.

Tabla 16. Proporción relativa de las clasificaciones de la cobertura vegetal en el Campo Calibrador, Semestre 1 (secas), periodo 2007-2016

Clasificación	Semestre 1 (Secas)										Desviación estándar
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Compactación Permanente del Suelo	3.71%	8.93%	4.02%	2.54%	12.31%	1.41%	0.85%	0.86%	0.63%	2.23%	0.039
Embalses Artificiales y Escorrentías	1.73%	1.49%	1.45%	2.00%	2.19%	0.43%	2.24%	2.51%	1.46%	3.37%	0.008
Vegetación Menos Perturbada	7.31%	17.31%	11.65%	39.74%	7.59%	6.90%	7.16%	43.00%	20.31%	28.26%	0.138
Suelo de Uso Ganadero	24.10%	19.36%	27.65%	7.56%	28.28%	13.63%	32.73%	2.39%	2.14%	10.43%	0.112
Suelo Expuesto	63.15%	52.12%	52.76%	47.67%	45.70%	73.48%	54.32%	51.23%	75.47%	55.71%	0.103

Fuente: Elaboración propia con los resultados del ejercicio de clasificación supervisada

Tabla 17. Proporción relativa de las clasificaciones de la cobertura vegetal en el Campo Calibrador, Semestre 2 (lluvia), periodo 2007-2016

Clasificación	Semestre 2 (lluvias)										Desviación estándar
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Compactación Permanente del Suelo	0.45%	8.59%	7.05%	0.96%	0.81%	1.95%	2.76%	2.54%	1.53%	1.79%	0.027
Embalses Artificiales y Escorrentías	1.98%	1.05%	1.92%	1.74%	4.70%	1.16%	1.91%	1.66%	0.87%	2.79%	0.011
Vegetación Menos Perturbada	32.91%	30.94%	11.43%	51.91%	11.84%	15.77%	31.15%	17.29%	48.22%	25.61%	0.143
Suelo de Uso Ganadero	14.62%	20.17%	22.15%	6.20%	8.55%	41.97%	14.69%	9.89%	5.47%	13.00%	0.108
Suelo Expuesto	48.25%	37.91%	56.38%	31.67%	70.51%	34.00%	49.49%	68.62%	43.92%	56.80%	0.135

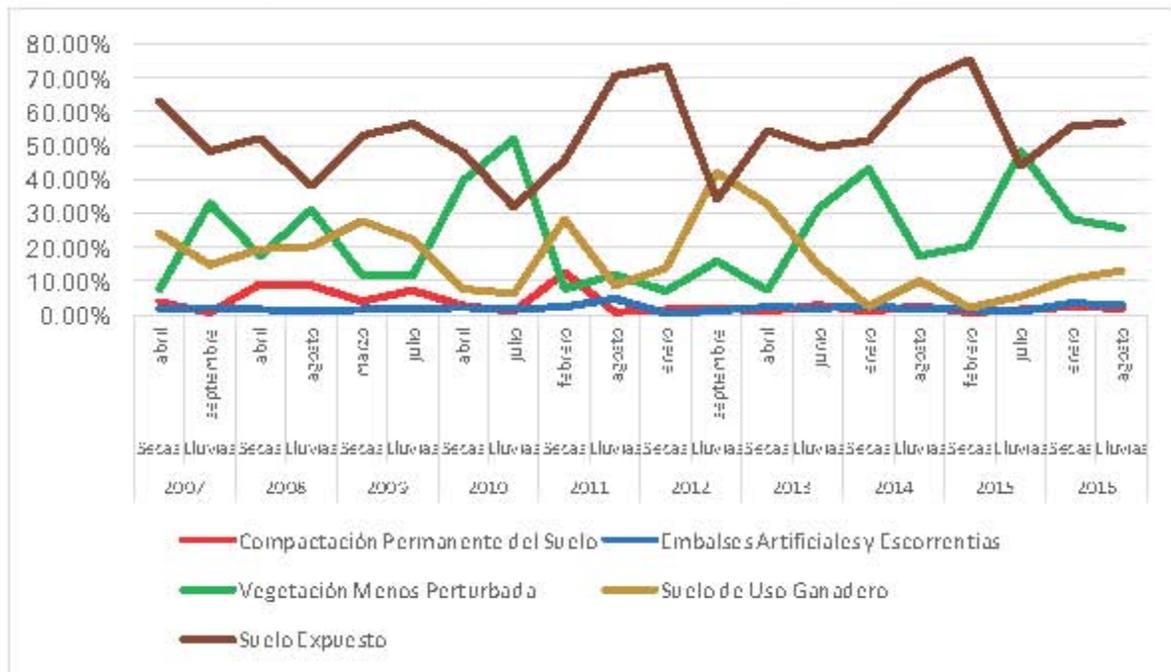
Fuente: Elaboración propia con los resultados del ejercicio de clasificación supervisada

- El análisis cronológico del periodo 2007-2016 muestra un alto dinamismo en la composición de la cobertura vegetal del Campo, como se ilustra en la Gráfica 2. Con la finalidad de identificar el tipo de clasificación que experimentó más cambios en el periodo estudiado, se calculó la desviación estándar de las proporciones relativas de cada clasificación, Tablas 9 y 10. La clasificación con una mayor desviación estándar es la de *vegetación menos perturbada*, en ambos semestres.
- Predominan los suelos expuestos (en promedio durante el periodo estudiado: 57.16% en secas y 49.76% en lluvias), seguidos de los suelos con vegetación menos perturbada (en promedio durante el periodo estudiado: 18.92% en secas y 27.71% en lluvias) y suelo de uso ganadero (en promedio durante el periodo estudiado: 16.83% en secas y 15.67% en lluvias).
- Los embalses artificiales y escorrentías, así como el suelo permanentemente compactado muestran porcentajes bajos. En promedio, la categoría

Compactación permanente del suelo ocupó el 3.75% de la superficie del Campo en época de secas y el 2.84% en época de lluvias. Por otra parte, la categoría *Embalses artificiales y escorrentías*, ocupó, en promedio, el 1.89% de la superficie del Campo en temporada de secas y el 1.98% en temporada de lluvias.

- Partiendo del análisis de los procesos de perforación para la extracción de gas, es posible acotar la investigación de suelos contaminados en los suelos caracterizados como de compactación permanente, ya que, en estos emplazamientos, existió una intervención de tipo industrial.

Gráfico 4. Peso relativo de las distintas clasificaciones de cobertura vegetal en el Campo Calibrador, periodo 2007-2016.



Fuente: Elaboración propia con los resultados del ejercicio de clasificación supervisada

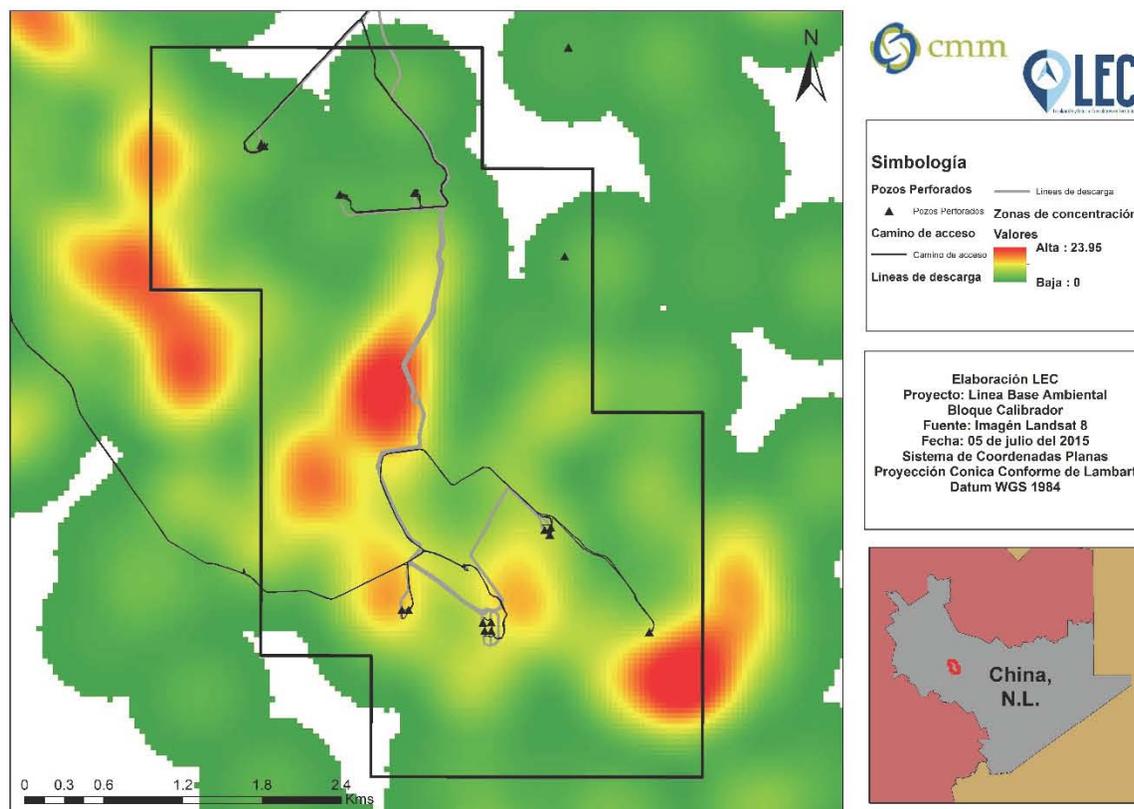
- En el análisis cronológico de las imágenes satelitales la categoría *Compactación permanente del suelo* registró valores entre el 0.63% y el 8.93% de la superficie del campo, en época de secas, y valores entre 0.45% y el 8.59%, en época de lluvias.



8. Lo anterior es indicativo de que, en este periodo de análisis, existieron emplazamientos con suelos de características similares a los cuadros de maniobras. Es decir, que el ejercicio de clasificación supervisada asimiló como suelos con compactación permanente, suelos con un grado de exposición similar a esta categoría.
9. Por ello, los suelos identificados como de compactación permanente y no asociados a la infraestructura de extracción de gas seco, constituyen áreas de interés para su investigación *in situ*; con la finalidad de conocer si el grado de perturbación del suelo se encuentra relacionado con actividades de extracción de gas, y en consecuencia pudieran haber estado expuestas a algún contaminante.

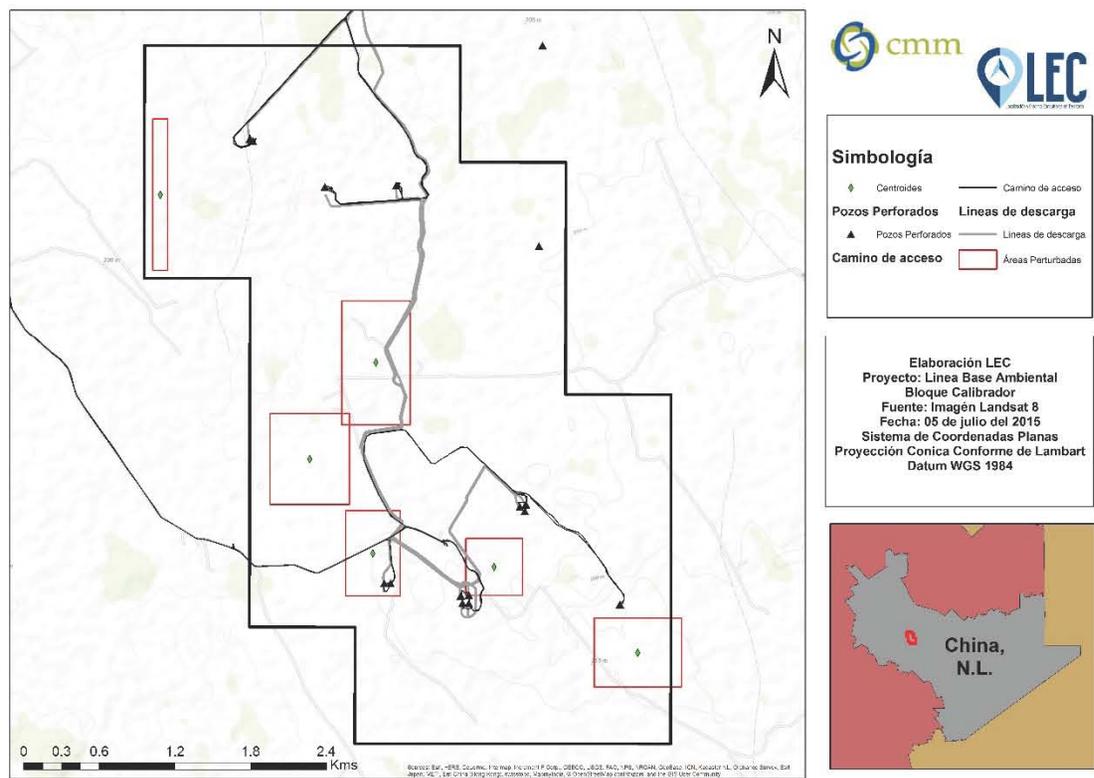
Las zonas de interés fueron determinadas a partir de un mapa de calor, considerando únicamente los valores de la clasificación *compactación permanente de suelos* para identificar zonas de concentración. Posteriormente, se generaron polígonos que agrupan los valores de la clasificación *compactación permanente de suelos* en las áreas de mayor concentración. Estos resultados se presentan en los Mapas 10 y 11.

Áreas de Interés. Bloque Calibrador, China, Nuevo León.



Mapa 10. Bloque Calibrador: Concentración de puntos de la clasificación *compactación permanente del suelo*.

Áreas de Interes. Bloque Calibrador, China, Nuevo León.



Mapa 11. Bloque Calibrador: Polígonos de las *Áreas de Interés* para su investigación *in situ*.

En la Tabla 18 se presentan las coordenadas geográficas, en proyección WGS1984, de los polígonos identificados como área de interés.

Tabla 18. Coordenadas extremas de las Áreas de Interés en el Campo Calibrador

ID	Zona	Coordenadas UTM WGS 1984 Z 14N						Área km ²	Perímetro km
		Mínimos X	Mínimos Y	Máximos X	Máximos Y	Centro X	Centro Y		
01	Zona 1	480810	2824080	480930	2825280	480870	2824680	0.14	2.64
02	Zona 2	482310	2822850	482850	2823840	482580	2823345	0.53	3.06
03	Zona 3	481740	2822220	482370	2822940	482055	2822580	0.45	2.70
04	Zona 4	482340	2821494	482772	2822170	482556	2821832	0.29	2.22
05	Zona 5	484320	2820773	485010	2821320	484665	2821046	0.38	2.48
06	Zona 6	483300	2821500	483750	2821950	483525	2821725	0.20	1.80

Fuente: Elaboración propia con los resultados del ejercicio de clasificación supervisada

Entre los días 10 y 13 de enero del presente año, se realizaron visitas a los centriodes de cada polígono, puntos calculados con ayuda del Sistema de Información Geográfica, efectuando recorridos dirigidos y aleatorios, realizando observaciones en un radio de 250 metros a partir del centriode, empleando el método fitosociológico, descrito en el apartado 6.1.3.

Los resultados de las observaciones realizadas en el Área Contractual Calibrador, se presentan en una tabla que concentra los porcentajes de las dominancias por polígono y un agregado general.

Los hallazgos y observaciones puntuales se presentan en el *Apéndice 9.1 Fichas Técnicas Polígonos con Suelo compactado Área Contractual Calibrador*.

En el ejercicio de clasificación supervisada, presentado en la primera parte de este apartado, se acordó la siguiente clasificación: compactación permanente de suelos,

embalses artificiales y escorrentías, vegetación menos perturbada, suelo de uso ganadero y suelo expuesto. Lo anterior para concentrar los esfuerzos de observación y muestreo, con el objetivo de identificar sitios con una alta exposición del suelo, en donde eventualmente se pudieran encontrar emplazamientos potencialmente contaminados.

Una vez realizadas las observaciones *in situ*, se contó con información del suelo que obliga a una recategorización de la clasificación propuesta para el tratamiento de imágenes satelitales. Ya que las zonas visitadas, si bien se encuentran con altas afectaciones de la cobertura vegetal y por ende el suelo, no presentaron una evidente **compactación permanente** del mismo. Las zonas observadas deberán recategorizarse como áreas de pastizales inducidos, intervenidas con maquinaria y en estado de abandono al momento de realizar las visitas de observación, por lo que esta categoría se renombra como: **suelo removido para uso silvícola**.

Al corroborar *in situ* que estas zonas de interés no presentaron las condiciones extremas de un suelo con compactación permanente, el grado de afectación del total del Área Contractual Calibrador, es menor, pues al presentarse un mínimo de suelo permanentemente compactado (caminos, cabeceras de rancho, peras, macroperas y estación de compresión), las propiedades del suelo dentro del Área Contractual no se ven comprometidas.

Sin embargo, será necesario mantener un monitoreo constante sobre la extensión de los seis polígonos identificados, así como evolución en términos de pérdida o ganancia de cobertura vegetal.

Tabla 19. Dominancias de los estratos vegetales las Áreas de Interés en el Campo Calibrador

Polígono	% Arbolado	% Matorral	% Herbáceas	% Pasto inducido
1	1	1	1	97
2	1	1	1	97
3	1	1	1	97
4	0	14	1	85
5	1	3	1	95
6	5	10	5	80

Fuente: Elaboración propia con los resultados del ejercicio de observación con el método fitosociológico

Condiciones del suelo en los derechos de vía de las Líneas de Descarga (LDD)

En el Área Contractual Calibrador, los caminos de acceso a la infraestructura de extracción de gas coinciden en su mayoría con los derechos de vía, lo anterior facilitó su observación; asimismo se realizaron recorridos aleatorios por los derechos de vía de las líneas de descarga de los pozos del Área Contractual Calibrador. Finalmente, el diseño de los transectos de observación de flora y fauna incluyó puntos de intersección con derechos de vía.

En términos generales, se identificó el uso alternativo de los derechos de vía como caminos de terracería que se utilizan para acceder a zonas de trabajo de diversa índole como: cabeceras de rancho, terrenos de siembra, ranchos cinegéticos y zonas de tránsito de ganado. También se identificaron brechas que parten desde los derechos de vía hacia el interior de zonas con medio y alto grado de conservación.



Fotografías 22 y 23. Caminos sobre el derecho de vía y brechas

Por otra parte, se identificaron sitios con acumulación de materia vegetal removida, resultado de la apertura de brechas o de la preparación del suelo (*rocoteo*), consistente en su remoción con maquinaria pesada, para fomentar el crecimiento de pastos inducidos.



Fotografía 24. Acumulación de material vegetal



Fotografía 25. Preparación de suelo para siembra (*rocoteo*)

También se identificaron sitios con vestigios de quema de basura, en especial llantas, tiraderos de basura y acumulación de residuos, generalmente rocas y material vegetal.



Fotografías 26 y 27. Tiraderos de llantas y acumulación de rocas ubicados en zonas aledañas a caminos PEMEX

En términos generales, los derechos de vía de las LDD han sido utilizados como caminos alternos por lugareños e incluso como punto de partida de nuevas brechas. Estas prácticas promueven la fragmentación del paisaje, afectando áreas del MET que se habían mantenido conservadas.

El registro de estas afectaciones es relevante, ya que se originan a partir de los derechos de vía, pero no están relacionadas con las actividades de la extracción de

gas, por lo que sus afectaciones deben de considerarse no imputables a las actividades de extracción de gas.

7.1.1.3.1. Erosión

La erosión observada en los recorridos por los transectos y las áreas de interés, renombradas como *suelo removido para uso silvícola*, deriva de dos procesos erosivos, uno de origen hídrico y el segundo de origen mecánico (eólico o antrópicos).

En el caso de los procesos de erosión de origen hídrico, se organizaron las observaciones en tres grados: superficial o laminar, surco, y cárcava.

Las principales características de estas categorías son:

- Grado superficial o laminar. Esta erosión afecta la capa más superficial del suelo, al despojarla de sus componentes, debido al arrastre del agua de lluvia ante la pérdida de cobertura vegetal.



Fotografía 28. Degradación superficial por pérdida de cobertura vegetal

- Grado surco. Esta erosión es provocada por escorrentías de lluvias temporales, en sitios medianamente perturbados, en una magnitud de arrastre de hasta un 25% de suelo.



Fotografía 29. Degradación en surco por pérdida de cobertura vegetal y arrastre de material edáfico hasta por un 25%.

- Grado cárcava. Este grado de erosión se caracteriza por la remoción de hasta un 75% o más de suelo, debido al arrastre por escorrentías en sitios altamente perturbados.



Fotografía 30. Degradación en cárcava por pérdida de cobertura vegetal y arrastre de material edáfico hasta por un 75%.

Por otra parte, la erosión provocada por medios mecánicos (eólico o antrópico) se categorizaron en tres grados de erosión, valorando la capa superficial de suelo y su remoción, integración a la siguiente capa edáfica.

- Grado cero de erosión. Suelos que presentan cobertura vegetal la cual impide su remoción por acción eólica o antropogénica.



Fotografía 31. Suelo con cobertura vegetal y sin erosión mecánica.

- Grado de erosión moderado: Suelos con capa superficial removida entre un 25 -75%.



Fotografía 32. Suelo sin cobertura vegetal y con remoción de capa superficial de hasta un 75%.

- Grado de erosión severa: Suelos con remoción de capa superficial de más del 75 %.



Fotografía 33. Suelo sin cobertura vegetal y con remoción de capa superficial de más del 75%.

Tanto en los recorridos realizados en el Área Contractual Calibrador, así como las zonas de interés renombradas como *suelo removido para uso silvícola*, se identifica una degradación media de los suelos presentes, al observarse áreas que en su mayoría presentan erosión hídrica superficial y con grado de erosión moderado como se puede observar en la Tabla 16 , la Gráfica 4 y el conjunto de Fotografías 20-27, en donde se señalan los distintos tipos de afectaciones al suelo realizadas por medios antropogénicos principalmente.

Se puede apreciar una constante en la presencia de erosión moderada en los transectos ya que sólo en uno se detecta la presencia de cárcavas. Para las observaciones en las zonas con suelo removido para uso silvícola, la erosión es moderada, aunque la presencia de cárcavas es más frecuente, atenuada por erosión nula o en niveles bajos.

Finalmente, se presente evidencia fotográfica que ilustra los distintos tipos de erosión y sus causas



Fotografías 34 y 35. Zonas perturbadas por pérdida de cobertura vegetal y en estado de abandono.



Fotografías 36 y 37. Suelos de sembradío con remoción de suelo y un porcentaje de subsuelo, mezclados de manera mecánica (*rocoteo*).



Fotografías 38 y 39. Erosión hídrica severa, cárcavas, presente en zonas con suelo removido para uso silvícola



Fotografía 40 y 41. Erosión hídrica severa ocasionada por escorrentías de afluente intermitente observadas en las zonas con suelo removido para uso silvícola, observando proceso de transminación y cristalización superficial de sales.

7.1.1.3.2. Infiltración

Como se señaló en el apartado 3.1.2.6 Infiltración, el acuífero 1913 China-Gral. Bravo presenta condiciones naturales desfavorables para su mantenimiento, ya que presenta sequías recurrentes, carencia de fuentes adicionales de agua (afluentes superficiales y subterráneos), por lo que esta Línea Base Ambiental no registra las características de la hidrología subterránea en el Área Contractual Calibrador.

7.1.1.3.3. Análisis de laboratorio

7.1.2. Medio Biótico

7.1.2.1. Flora

En el apartado 3.1.3.1 *Biota terrestre*, se rescatan las principales características de la vegetación del estado de Nuevo León. A continuación, se describe la composición florística característica del municipio de China, Nuevo León, así como la descripción de la estructura vegetal identificada en campo.

Los principales elementos de la composición florística de este municipio son: el mezquital, el matorral espinoso tamaulipeco (MET), la selva mediana subcaducifolia (en su zona centro-norte) y áreas mínimas de pastizales cultivados (INEGI, 2010). Los tres primeros componentes representan la naturalidad del sistema, y se detallan a continuación:

- Mezquitales

Cubren una superficie de 273 890.24 en el estado de Nuevo León hectáreas y su distribución se ubica mayormente a lo largo de la Planicie Costera en el noreste del estado. Las comunidades de este tipo de vegetación estructuralmente incluyen a los mezquites *Prosopis glandulosa* var. *glandulosa*, *Prosopis laevigata* e híbridos de estas dos especies como elementos arbóreos dominantes y representativos del mezquital. La estructura de la comunidad cuando no se encuentra intervenida presenta un estrato superior arbustivo denso o abierto, con especies leñosas o

suculentas de un metro o más de altura. El estrato inferior agrupa diversas hierbas, cactus bajos y gramíneas. Las especies trepadoras pueden presentarse en cualesquiera de los estratos tres estratos, preferentemente sobre mezquite y raramente se observan especies parásitas o epífitas (Guzmán 2009).

Este tipo de vegetación se caracteriza por presentar gran cantidad de elementos espinosos lo que reduce la accesibilidad y preferencia por los animales. En el estrato inferior las gramíneas tienen una buena aceptación por el ganado, carecen de sustancias tóxicas y tienen buen nivel de digestibilidad comparado con los demás grupos mencionados, lo que debe considerarse en el manejo para elevar el potencial productivo. En los ranchos ganaderos y cinegéticos las gramíneas forman parte importante de la alimentación de bovinos, ovinos caprinos, venado cola blanca y algunas especies exóticas (Villareal 1999).



Fotografía 42. Composición florística del mezquital.

- Matorral espinoso tamaulipeco (MET)

Su vegetación consiste en árboles de porte medio alto y arbustos, localmente se denomina matorral espinoso o matorral subinerme (Ludwig et al., 1975; Rzedowski, 1978; Garrett, 2002). El MET está compuesto por alrededor de 60 especies leñosas, muchas de ellas importantes para la producción forestal y silvopastoril (madera, postes, leña, forraje, etcétera). Además, son una fuente de forraje elemental para la ganadería extensiva (Von Maydel, 1996). Las grandes variaciones en condiciones climáticas y edáficas que existen en las zonas áridas y semiáridas propician diferentes tipos de comunidades vegetales o matorrales extremadamente diversos en términos de composición, altura, cobertura, densidad y asociaciones de plantas (Battey, 2000; Eviner, 2003).



Fotografía 43. Composición florística del matorral espinoso tamaulipeco (MET).

- Selva mediana subcaducifolia

Comunidades vegetales dominadas por árboles pequeños que pierden sus hojas durante la época seca del año. Son propias de climas cálidos con lluvias escasas. Tienen una diversidad única con gran cantidad de especies endémicas. Se ubican en zonas muy frágiles y en condiciones climáticas que favorecen la desertificación.



Fotografía 44. Composición florística de la selva mediana subcaducifolia.

Después de resaltar las principales características de las tres composiciones florísticas presentes en el área de estudio, es posible evaluar las condiciones del territorio y del estado actual del ecosistema.

Resultado de los recorridos efectuados en los transectos se elaboró un listado de flora localizada dentro del Área Contractual Calibrador (Tabla 21).

Tabla 21. Listado de especies vegetales localizadas en los transectos recorridos en el Área Contractual Calibrador, denotando su estatus según la NOM-059-SEMARNAT 2010.

Familia	Genero	Especie	NOM-059-2010
Agavaceae/Asparagaceae	<i>Agave</i>	<i>lechegilla</i>	
	<i>Agave</i>	<i>striata</i>	
	<i>Agave</i>	<i>sp.</i>	
	<i>Yucca</i>	<i>sp.</i>	
Asteraceae /Compositae	<i>Melampodium</i>	<i>leucanthum</i>	
	<i>Ageratum</i>	<i>houstonianum</i>	
<i>Cactceae</i>	<i>Coryphantha</i>	<i>loui</i>	
	<i>Coryphantha</i>	<i>pseudoechinus</i>	
	<i>Echinocereus</i>	<i>sp.</i>	
	<i>Cephalocereus</i>	<i>senilis</i>	A
	<i>Ferocactus</i>	<i>sp.</i>	
	<i>Mammillaria</i>	<i>heyderi</i>	
	<i>Opuntia</i>	<i>engelmannii</i>	
	<i>Opuntia</i>	<i>leptocaulis</i>	
	<i>Cylindropuntia</i>	<i>kleiniae</i>	
	<i>Sclerocactus</i>	<i>sp.</i>	
		<i>sp.</i>	
	<i>Wilcoxia</i>	<i>poselgeri</i>	
<i>*Graminaceae/</i>	<i>Cyperus</i>	<i>sp.</i>	
		<i>sp.</i>	
<i>Legminsae/Fabaceae</i>	<i>Acacia</i>	<i>af. angustisima</i>	
	<i>Prosopis</i>	<i>af. laevigata</i>	
	<i>**Senna</i>	<i>sp.</i>	
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum</i>	<i>sp.</i>	
<i>Verbenacae</i>	<i>Guaiacum</i>	<i>angustifolium</i>	
<i>Zygophyllariaceae</i>	<i>Larre</i>	<i>tridentata</i>	

Fuente: Elaboración propia.

Con base en lo observado en campo, durante la época de estiaje, se presentaron

dos patrones de diversidad y abundancia en la vegetación, los cuales se resumen a continuación:

- La diversidad es baja por la estacionalidad: esto es debido al estrés hídrico que delimita el crecimiento de especies anuales y/o perennes, tal es el caso de encontrar una baja diversidad de especies en particular, de herbáceas, que preferentemente son anuales presentes en época de lluvias.
- La abundancia relativa de pocas especies como: *Larrea tridentata* (DC.) Coville y *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) arbustivas resistentes a largos periodos secos, cuya cobertura vegetal es más extensa y denotando una dominancia paisajística debido a lo llamativo de su follaje que hace contraste con el resto de las especies de menor talla y follaje.
- En cuanto a composición de especies para esta época del año la Familia Cactaceae es la que presenta mayor diversidad, atribuida a su adaptación natural resistente a esta estacionalidad. En contraste a la condición anterior, tenemos arbustos como *Acacia angustissima*, entre otras que son perennes y que en esta época se encuentran en una alta abundancia relativa, así como comunidades arbustivas con pobre abundancia específica.
- Con base en el inventario de especies de flora silvestre colectadas e identificadas en los polígonos establecidos dentro del área comprendida por el Bloque Monclova y considerando la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 se identificó únicamente a la especie *Cephalocereus senilis*, cuyo estatus es A (amenazada) y como de bajo riesgo (LC) por el IUCN *Red List of Threatened Species*, además de ser reportada como endémica de México.

7.1.2.2. Fauna

Como resultado de las observaciones en los transectos, colocación de cámaras trampa, y demás actividades especificadas en la metodología, se registraron un total de 94 especies de fauna de tres grupos de vertebrados terrestres valorados para el Área Contractual Calibrador. De estas especies, 21 se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT- 2010 y siete son endémicas del país.

- La Herpetofauna

Estuvo representada por once especies, un anfibio y diez reptiles. Hay que hacer hincapié que las once especies se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en alguno de sus estatus de conservación (9 Amenazadas y 3 bajo Protección Especial), mientras que cuatro de las once especies son endémicas del país, como se puede apreciar en la Tabla 22.

Tabla 22: Especies de anfibios y reptiles registrados en campo*

Especie	Nombre común	Nom-059-2010	Endemismo	Id. Directa	Id. Indirecta
<i>Lithobates berlandieri</i>	Rana Leopardo	A	Endémica	Obs.	NO
<i>Coluber constrictor</i>	Chirriónera	A	NO	NO	Entr.
<i>Cophosaurus texanus</i>	Perrita de Arena	A	NO	Obs.	NO
<i>Crotaphytus collaris</i>	Iguana de Collar	A	NO	Obs.	NO
<i>Crotalus scutulatus</i>	Cascabel	Pr	NO	Cap.	NO
<i>Gopherus berlandieri</i>	Tortuga de la Tierra	Pr	NO	Cap.	NO
<i>Lampropeltis triangulum</i>	Falsa Coralillo	A	NO	Cap.	NO
<i>Coluber flagellum</i>	Chirriónera	A	NO	NO	Entr.
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Camaleón de Montaña	A	Endémica	Cap.	NO

<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija de Árbol	Pr	NO	Obs.	NO
<i>Terrapene coahuila</i>	Tortuga de Bisagra	A	Endémica	NO	Entr.
<i>Uta stansburiana</i>	lagartija Costado Manchado	A	Endémica	Obs.	NO

*Las siglas utilizadas fueron tomadas de la NOM-059-2010: A= Amenazada y Pr= Protección especial, también se puede apreciar la manera en la que se identificó a los individuos, esto es: ID DIRECTA (Obs.= observación, Cap.=captura), ID INDIRECTA (Entr.= entrevista), mostrando de igual manera los endemismos presentes en las especies localizadas.

- Aves

El grupo de las aves fue el que tuvo mayor representación con 73 especies ubicadas en 31 familias y 61 géneros. La familia mejor representada fue la Tyrannidae con nueve especies, seguida de Accipitridae con ocho, Anatidae con siete, Columbidae con cinco y Trogloditidae con cuatro. En este grupo faunístico destaca la presencia del Aguillilla rojinegra (*Parabuteo unicinctus*) que se encuentra catalogada como Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010, presentando a su vez dos especies con estatus de Amenazada y siete como sujetas a protección especial según la NOM-059-SEMARNAT- 2010 (Tabla 23).

Tabla 23. Listado de aves registradas para el Área Contractual Calibrador

Familia	Genero	Especie	Distribución	Categoría
<i>Anatidae</i>	<i>Anas</i>	<i>platyrhynchos</i>	endémica	A
	<i>Anas</i>	<i>acuta</i>	no endémica	s/c
	<i>Anas</i>	<i>americana</i>	no endémica	s/c
	<i>Anas</i>	<i>crecca</i>	no endémica	s/c
	<i>Anas</i>	<i>discors</i>	no endémica	s/c
	<i>Anas</i>	<i>clypeata</i>	no endémica	s/c

	<i>Aythya</i>	<i>affinis</i>	no endémica	s/c
<i>Ardeidae</i>	<i>Ardea</i>	<i>alba</i>	no endémica	s/c
<i>Rallidae</i>	<i>Fulica</i>	<i>americana</i>	no endémica	s/c
<i>Podicoedidae</i>	<i>Podiceps</i>	<i>nigricolis</i>	no endémica	s/c
<i>Accipitridae</i>	<i>Buteo</i>	<i>jamaicensis</i>	endémica	Pr
	<i>Buteo</i>	<i>regalis</i>	no endémica	s/c
	<i>Buteo</i>	<i>lineatus</i>	no endémica	Pr
	<i>Parabuteo</i>	<i>unicinctus</i>	no endémica	Pr
	<i>Elanus</i>	<i>leucurus</i>	no endémica	s/c
	<i>Buteogallus</i>	<i>anthracinus</i>	no endémica	Pr
	<i>Accipiter</i>	<i>striatus</i>	no endémica	Pr
	<i>Accipiter</i>	<i>cooperii</i>	no endémica	Pr
<i>Falconidae</i>	<i>Caracara</i>	<i>cheriway</i>	no endémica	s/c
	<i>Falco</i>	<i>sparverius</i>	no endémica	Pr
	<i>Falco</i>	<i>peregrinus</i>	no endémica	s/c
<i>Cathartidae</i>	<i>Circus</i>	<i>cyaneus</i>	no endémica	s/c
	<i>Cathartes</i>	<i>aura</i>	no endémica	s/c
	<i>Coragyps</i>	<i>atratus</i>	no endémica	s/c
<i>Strigidae</i>	<i>Bubo</i>	<i>virginianus</i>	endémica	A
	<i>Tyto</i>	<i>alba</i>	no endémica	s/c
<i>Odontophoridae</i>	<i>Callipepla</i>	<i>squamata</i>	no endémica	s/c
<i>Cuculidae</i>	<i>Geococcyx</i>	<i>californianus</i>	no endémica	s/c
<i>Charadriidae</i>	<i>Charadrius</i>	<i>vociferus</i>	no endémica	s/c
<i>Recurvirostridae</i>	<i>Himantopus</i>	<i>mexicanus</i>	no endémica	s/c
<i>Scolopacidae</i>	<i>Calidris</i>	<i>minutilla</i>	no endémica	s/c

<i>Columbidae</i>	<i>Columba</i>	<i>livia</i>	no endémica	s/c
	<i>Zenaida</i>	<i>macroura</i>	no endémica	s/c
	<i>Zenaida</i>	<i>asiatica</i>	no endémica	s/c
	<i>Streptopelia</i>	<i>decaocto</i>	no endémica	s/c
	<i>Columbina</i>	<i>inca</i>	no endémica	s/c
<i>Caprimulgidae</i>	<i>Chordeiles</i>	<i>acutipennis</i>	no endémica	s/c
<i>Alcedinidae</i>	<i>Megacerife</i>	<i>alcyon</i>	no endémica	s/c
	<i>Chlorocerife</i>	<i>americana</i>	no endémica	s/c
<i>Picidae</i>	<i>Melanerpes</i>	<i>aurifrons</i>	no endémica	s/c
	<i>Picoides</i>	<i>scalaris</i>	no endémica	s/c
<i>Apodidae</i>	<i>Hirundo</i>	<i>rustica</i>	no endémica	s/c
<i>Tyrannidae</i>	<i>Tyrannus</i>	<i>couchii</i>	no endémica	s/c
	<i>Contopus</i>	<i>cooperi</i>	no endémica	s/c
	<i>Pitangus</i>	<i>sulphuratus</i>	no endémica	s/c
	<i>Compostoma</i>	<i>imberbe</i>	no endémica	s/c
	<i>Sayornis</i>	<i>nigricans</i>	no endémica	s/c
	<i>Sayornis</i>	<i>saya</i>	no endémica	s/c
	<i>Pyrocephalus</i>	<i>rubinus</i>	no endémica	s/c
	<i>Tyrannus</i>	<i>forficatus</i>	no endémica	s/c
	<i>Pitangus</i>	<i>sulphuratus</i>	no endémica	s/c
<i>Turdidae</i>	<i>Turdus</i>	<i>migratorius</i>	no endémica	s/c
<i>Mimidae</i>	<i>Mimus</i>	<i>polyglottos</i>	no endémica	s/c
	<i>Toxostoma</i>	<i>curvirostre</i>	no endémica	s/c
	<i>Lanius</i>	<i>ludovicianus</i>	no endémica	s/c
<i>Alaudidae</i>	<i>Eremophila</i>	<i>alpestris</i>	no endémica	s/c

<i>Corvidae</i>	<i>Cyanocorax</i>	<i>yncas</i>	no endémica	s/c
<i>Troglodytidae</i>	<i>Troglodytes</i>	<i>aedon</i>	no endémica	s/c
	<i>Thryomanes</i>	<i>bewickii</i>	no endémica	s/c
	<i>Catherpes</i>	<i>mexicanus</i>	no endémica	s/c
	<i>Campylorhynchus</i>	<i>brunneicapillus</i>	no endémica	s/c
<i>Poliophtidae</i>	<i>Poliophtila</i>	<i>caerulea</i>	no endémica	s/c
	<i>Poliophtila</i>	<i>melanura</i>	no endémica	s/c
<i>Regulidae</i>	<i>Regulus</i>	<i>calendula</i>	no endémica	s/c
<i>Remizidae</i>	<i>Auriparus</i>	<i>flaviceps</i>	no endémica	s/c
<i>Parulidae</i>	<i>Vermivora</i>	<i>celata</i>	no endémica	s/c
	<i>Mniotilta</i>	<i>varia</i>	no endémica	s/c
	<i>Dendroica</i>	<i>petechia</i>	no endémica	s/c
<i>Thraupidae</i>	<i>Piranga</i>	<i>rubra</i>	no endémica	s/c
<i>Cardinalidae</i>	<i>Pheucticus</i>	<i>melanocephalus</i>	no endémica	s/c
	<i>Cardinalis</i>	<i>cardinalis</i>	no endémica	s/c
<i>Emberizidae</i>	<i>Calcarius</i>	<i>ornatus</i>	no endémica	s/c
	<i>Zonotrichia</i>	<i>leucophrys</i>	no endémica	s/c

- Mamíferos

Los mamíferos estuvieron representados con 9 especies pertenecientes a siete familias y 9 géneros. Las familias, Leporidae, Canidae y Felidae fueron las más representadas con 2 especies, seguida de las familias Tayassuidae, Procionidae y Heteromyidae con una especie cada una, ninguna de las especies de mamíferos se encuentra incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 24. Listado de mamíferos registradas para el Área Contractual Calibrador

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059-2010	ENDEMISMO	ESTATUS RESIDENCIA	ID. DIRECTA	ID. INDIRECTA
Coridae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Veneado de cerros	-	NO	Residente	NO	Huellas
Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	-	NO	Residente	Obs.	Rastro
	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del desierto	-	NO	Residente	Obs.	Rastro
Tayassuidae	<i>Pocari tajacu</i>	Pocari de collar	-	NO	Residente	NO	Cam. Tram.
Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	-	NO	Residente	Obs.	Huellas
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	-	NO	Residente	Obs.	Huellas
Felidae	<i>Lynx rufus</i>	Lince, gato montes	-	NO	Residente	NO	Entr.
Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomiltlo norteño	-	NO	Residente	NO	Rastro
Heteromyidae	<i>Dipodomys sp.</i>	Rata canguro	-	NO	Residente	NO	Entr.

*Ninguna especie se encuentra bajo estatus de riesgo determinado en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Fuente: Elaboración propia

La variedad de fauna establecida en la zona es medianamente alta y su establecimiento en las zonas aledañas al área Contractual Calibrador es de carácter cosmopolita, por lo que los resultados que devienen de la presencia de las especies de fauna encontradas en la zona las asocia con sistemas biológicos con grado de conservación de medio a alto, cuya afectación no ha sido de gran magnitud a pesar de estar muy afectada por los daños provocados por actividades antrópicas. No obstante, se prevén algunos efectos negativos a los diferentes grupos faunísticos, causados principalmente por la fragmentación del paisaje, por lo que es de vital

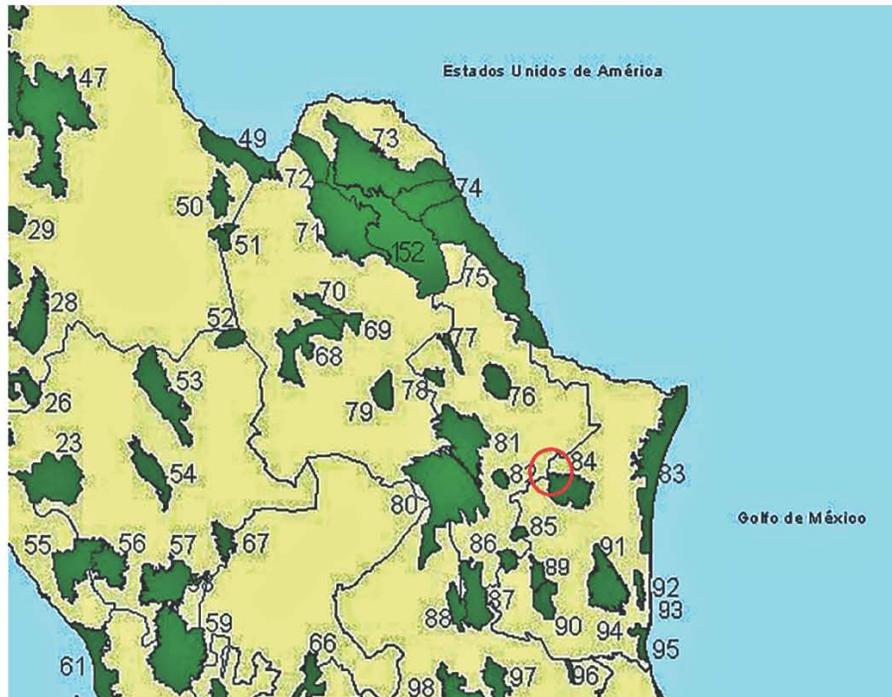
importancia implementar acciones de mitigación para evitar mayores daños a corto, mediano y largo plazo.

7.1.3. Áreas sensibles

La superficie del Área Contractual Calibrador no se encuentra en terrenos de algún Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's), Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's) o Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP's).

Sin embargo, el municipio de China, donde se localiza el Área Contractual, se encuentra colindando en su frontera septentrional con la Región Terrestre Prioritaria Sierra de San Carlos (RTP-84), la cual es una sierra aislada en la Llanura Costera del Golfo en Tamaulipas. La RTP-84 posee un basamento de caliza, sobre el que se presenta material ígneo más reciente. Los tipos de vegetación de esta RTP se encuentran en buen estado de conservación y comprenden principalmente ecosistemas templados (bosques de pino y encino) en la parte serrana y matorral submontano en el piedemonte, quedando rodeada por matorrales submontano y espinoso tamaulipeco. La característica principal de la región es constituir el límite boreal del bosque mesófilo en México, con la presencia de especies endémicas (Arriaga Et al. 2000).

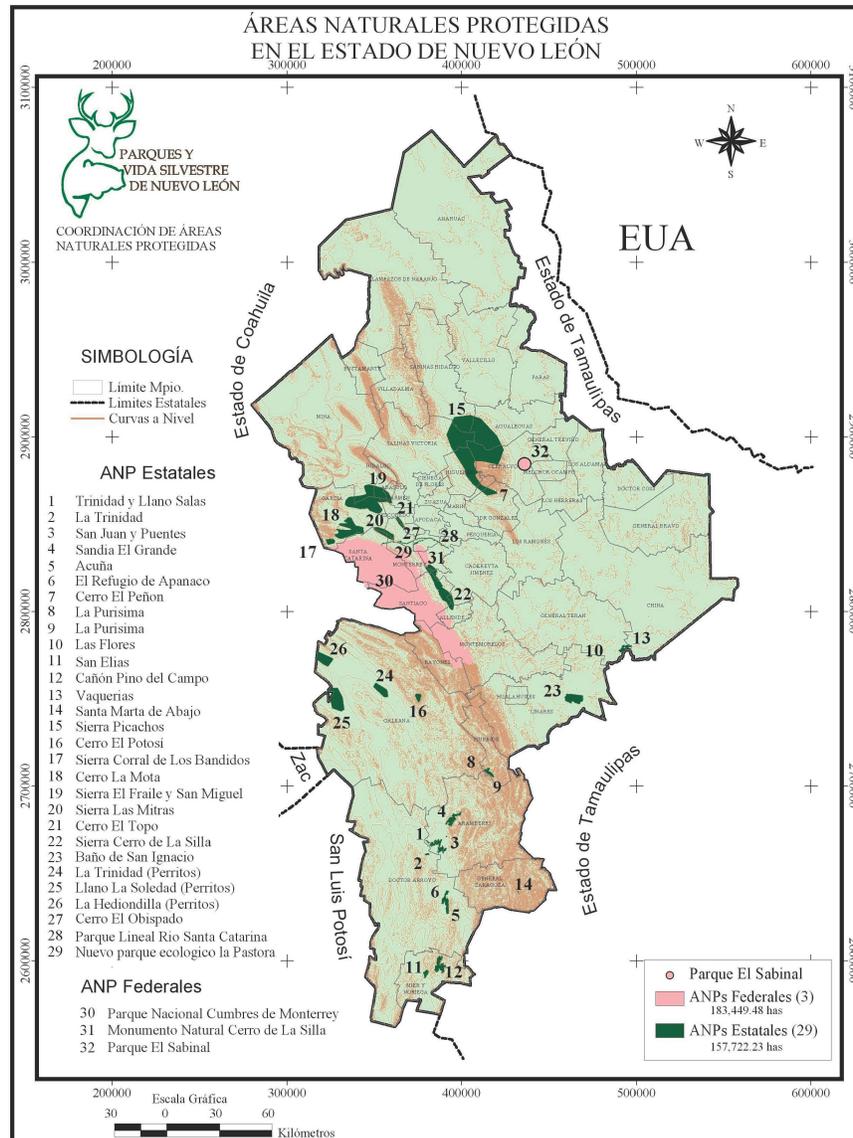
Figura 18. Colindancia del municipio de China, N.L., con la RTP-84



Fuente: Arriaga *et al.* (2000).

Por otra parte, se presenta una colindancia con el Área Natural Protegida número 13 Vaquerías, al extremo suroeste del municipio.

Figura 19. Áreas Naturales Protegidas del estado de Nuevo León



Fuente: Arriaga *et al.* (2000).

Como se observa en las Figuras 18 y 19, el Área Contractual Calibrador tiene una localización que no compromete la integridad ecológica de las Áreas Ecológicamente Sensibles de la región, aunado a que las características fisiográficas del Área Contractual Calibrador no presentan discontinuidades de consideración (diferencias drásticas en relieve) que representen un riesgo de afectación.

7.1.4. Paisaje

El componente paisajístico tiene importancia dentro del análisis ambiental, al presentar dos aspectos fundamentales; el primero abarca la descripción de las propiedades del medio físico de la zona y el segundo analiza los efectos que de la infraestructura y actividades propias de la extracción de gas en el Área Contractual Calibrador pudieran tener en el mismo.

La calidad paisajística presente en el Área Contractual Calibrador se explica utilizando tres componentes importantes:

- **La visibilidad:** tomando en cuenta la calidad visual del entorno inmediato al Área Contractual Calibrador, se le puede considerar como buena, ya que a pesar de estar rodeada por predios que presentan afectaciones producidas por prácticas ganaderas, silvícolas y cinegéticas principalmente, es posible identificar fácilmente algunos lomeríos y zonas con llanos bajos.
No se aprecian elementos visuales de importancia y no existen zonas de interés arqueológico, áreas de conservación ecológica, parques nacionales o zonas de humedales.
- **La calidad paisajística:** en cuanto a la estructura de la vegetación está compuesta por un mosaico en el que predomina el Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET), grandes zonas de agostaderos, áreas de matorral subinerme, así como grandes extensiones de pastizal inducido y presencia de embalses artificiales (jagueyes).

En lo concerniente a la diversidad biológica, se identifican elementos de flora y fauna registrados en los transectos, en un conjunto de especies manifestándose de manera cosmopolita.

La calidad paisajística en el entorno del Área Contractual Calibrador, a pesar de las notables afectaciones realizadas por la actividad ganadera y silvícola principalmente,

es de buena calidad, principalmente en los predios con actividades cinegéticas, pues promueven la conservación del matorral para albergar a las especies de interés.

- La fragilidad visual: representada principalmente por la cercanía entre las peras, las áreas de agostadero y las cabeceras de rancho, así como las áreas con presencia de bovinos, afectaciones en los caminos de acceso a la infraestructura de extracción de gas y derechos de vía de las LDD, utilizadas como caminos alternos por los lugareños, la práctica de *rocoteo* y remoción del suelo, entre otras.

Las cabeceras de rancho y cabañas de ranchos cinegéticos, son los elementos más representativos de la presencia humana en la zona, la cual es muy baja al interior y los alrededores del Área Contractual Calibrador, de aquí que se considere como una zona de baja afluencia humana.

En conclusión, el Área Contractual Calibrador no presenta elementos paisajísticos que contengan recursos de importancia científica, cultural o histórica.

7.1.5. Patrimonio arqueológico

Al interior del Área Contractual Calibrador no se identificaron recursos culturales con valor patrimonial, monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico o histórico.

7.2. Análisis e interpretación de los resultados de los estudios realizados

Con base en el Plan de Muestreo presentado en el apartado 6.4 y después de realizar la inspección visual de las peras y macroperas que se encuentran al interior del Área Contractual Calibrador, para la identificación de diferencias obvias o atípicas en suelos, considerando cambios en el color del suelo o áreas de vegetación muerta, se identificaron los siguiente sitios.

Además, se retomó la información de las Bitácoras de Mantenimiento y las Bitácoras de Fugas en el Área Contractual Calibrador.

Tabla 21. Sitios en donde se identificaron diferencias obvias o atípicas en suelos, así como las fugas registradas en las Bitácoras correspondientes

Punto de Muestreo	Sitio	Justificación
PMS-1	Montículo en cuadro de Pozo Calibrador-25	La pera del Pozo Calibrador-25 presenta falta de mantenimiento, el cerco se encuentra levantado de forma provisional, incluso con tramos sin malla. Al identificarse un montículo de suelo y palizada se sospechó de malas prácticas en la perforación y establecimiento de la pera por lo que se procedió a su análisis.
PMS-2	Montículo en forma de presa en cuadro de Pozo Calibrador-25	La pera del Pozo Calibrador-25 presenta falta de mantenimiento, el cerco se encuentra levantado de forma provisional, incluso con tramos sin malla. Al identificarse un montículo de suelo y palizada en forma de presa se sospechó de malas prácticas en la perforación y establecimiento de la pera por lo que se procedió a su análisis.
PMS-3	Cuadro de Pozo Calibrador-8	Se identificó una huella de óxido, posiblemente causada por un inadecuado desfogue del árbol de válvulas.
PMS-4	Cuadro de Pozo Calibrador-20	Se identificó una huella de óxido, posiblemente causada por un inadecuado desfogue del árbol de válvulas.
PMS-5	Área de Tanques de Agua Congénita, macropera Pozo Calibrador-1	Los Tanques de agua congénita, se encuentran directamente sobre el suelo compactado, no existe una base o geomembrana que contenga eventuales fugas. Debajo de la válvula principal de los tanques se identificó una huella de óxido.
PMS-6	Manifold de la macropera Pozo Calibrador-1	Se identificó huella de óxido en la válvula principal del manifold.
PMS-7	Presa metálica de 30m ³ , macropera Pozo Calibrador-1	La presa metálica de agua congénita, se encuentran directamente sobre el suelo compactado, no existe una base o geomembrana que contenga eventuales fugas.
PMS-8	Recuadro de contrapozo del Pozo Calibrador-4	El contrapozo se encuentra completamente anegado. Se procedió al análisis del perímetro con geo-radar para conocer si existían filtraciones.

Fuente: Elaboración propia con los resultados del ejercicio de observación de peras y macroperas

De las ocho muestras analizadas con el equipo PetroFlag EPA SW-846 9074, se obtuvieron valores en un rango de 84 ppm a 508 ppm de hidrocarburos, estos resultados se presentan a continuación:

Tabla 22. Lecturas reportadas por el equipo PetroFlag EPA SW-846 9074

Punto de Muestreo	Sitio	Resultados PetroFlag (ppm HTP)
PMS-1	Montículo en cuadro de Pozo Calibrador-25	382
PMS-2	Montículo en forma de presa en cuadro de Pozo Calibrador-25	94
PMS-3	Cuadro de Pozo Calibrador-8	93
PMS-4	Cuadro de Pozo Calibrador-20	508
PMS-5	Área de Tanques de Agua Congénita, macropera Pozo Calibrador-1	224
PMS-6	Manifold de la macropera Pozo Calibrador-1	140
PMS-7	Presa metálica de 30m ³ , macropera Pozo Calibrador-1	262
PMS-8	Recuadro de contrapozo del Pozo Calibrador-4	84

Fuente: Elaboración propia con los resultados del análisis de muestras de suelo con reactivos PetroFlag.

El valor más alto corresponde a la muestra PMS-4, *Área de Tanques de Agua Congénita, macropera Pozo Calibrador-1*, con un resultado de 508 ppm de presencia de hidrocarburos.

La norma de referencia para comparar los resultados es la: NORMA Oficial Mexicana **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012**, que establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) de hidrocarburos en suelos, lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.

De la NOM-138-SEMARNAT/SSA-2012 se toma en consideración la *Tabla 6.2 Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos*, información que se reproduce en la Tabla 23.

TABLA 23. Límites Máximos Permisibles (LMP) para fracciones de hidrocarburos en suelo

FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS	USO DE SUELO PREDOMINANTE ² (mg/kg BASE SECA)			MÉTODO ANALÍTICO
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial	
Ligera	200	200	500	NMX-AA-105-SCFI-2008
Media	1 200	1 200	5 000	NMX-AA-145-SCFI-2008
Pesada	3 000	3 000	6 000	NMX-AA-134-SCFI-2006

Fuente: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

Para el caso particular de los sitios analizados, se consideró que el suelo predominante en peras y macroperas del Área Contractual Calibrador es de uso industrial y comercial.

La lectura máxima obtenida en campo es superior a 500 ppm, límite máximo de la fracción ligera, sin embargo, los resultados del equipo PetroFlag EPA SW-846 9074 son valores de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), es decir, mezcla de todos los hidrocarburos presentes en un suelo, sin determinar el tipo de hidrocarburo.

Por ello, es importante tener presente que en las peras y macroperas del Área Contractual Calibrador se extrae gas seco, por lo que se esperarían lecturas del equipo PetroFlag solamente de fracciones ligeras (en el rango de 200 y 500 ppm), sin embargo, éstas se evaporan en cuestión de horas.

Al no contarse registros de fugas de gas recientes en los sitios que reportaron lecturas mayores a 500 ppm, se sospecha que los rastros identificados en la sección anterior pertenecen a fracciones medias de hidrocarburos. Lo anterior sugiere que

² Para usos de suelo mixto, deberá aplicarse el límite máximo permisible más estricto, para los usos de suelo involucrados.

las marcas encontradas en el sitio no provienen del producto extraído en los pozos y transportado por las líneas de descarga (LDD), sino posiblemente derivado del mantenimiento a las instalaciones.

En ese sentido y conforme a la norma **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012** los valores resultantes deben compararse con la fracción media, la cual es una mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre diez y veintiocho átomos de carbono (C10 a C28).

Dado lo anterior, se precisa que ninguno de los valores determinados por el equipo PetroFlag tienen concentraciones mayores a los establecidos en la Tabla 5 para los hidrocarburos de fracciones medianas.

La norma especifica valores permisibles de hidrocarburos por abajo de 5,000 ppm para dichas fracciones, por lo tanto, sólo es posible determinar que existe presencia de hidrocarburos, pero sin rebasar los valores de dicha norma para que puedan ser sujeta de caracterización y remediación.

Por otra parte, el artículo 129 del *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*, señala:

Cuando existan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos accidentales de materiales peligrosos o residuos peligrosos que no excedan de un metro cúbico, los generadores o responsables de la etapa de manejo respectiva, deberán aplicar de manera inmediata acciones para minimizar o limitar su dispersión o recogerlos y realizar la limpieza del sitio y anotarlo en sus bitácoras. Estas acciones deberán estar contempladas en sus respectivos programas de prevención y atención de contingencias o emergencias ambientales o accidentes.

Por otra parte, los escaneos de suelo con equipo geo-Radar, se encontró, entérminos generales, que las mezclas de arcilla con roca sedimentaria se mantienen constantes en las lecturas obtenidas con los equipos de geo-radar. Se identificó suelo seco, compuesto de arcilla y sedimentos, duro y fracturado.

Por otra parte, el barrido con radar de penetración no observó discordancias que apunten a discontinuidad por contaminación.

En ningún sitio se encontró discontinuidad por hidrocarburos. Los detalles del sondeo con geo-radar se presentan en el *Apéndice 9.3 Fichas del sondeo con geo-radar*.

7.3. Registro y descripción de pasivos ambientales (daños preexistentes)

No se registran pasivos ambientales en el Área Contractual Calibrador.

8. Conclusiones

En conclusión, se identificó que el estado del MET, principal ecosistema en el municipio de China, N.L., no ha sido afectado de manera significativa por las actividades relacionadas con la exploración, perforación, extracción y transporte de gas. La extracción de gas, se ha concentrado en espacios bien delimitados (peras, macroperas, caminos de acceso a las mismas y derechos de vía de las LDD y otros gasoductos). Estos espacios no han sufrido cambios operacionales, ni de dimensiones, por lo que sus afectaciones al ambiente no han sido significativas a lo largo del tiempo, con lo cual se ha dado cumplimiento al Resolutivo para el Proyecto Integral Cuenca de Burgos 2004-2022, con número S.G.P.A./DGIRA.DG.2440.04 de fecha 28 de septiembre del 2004, registrándose tasas de afectación ambiental marginales y sin representar un alto riesgo al ambiente.

Sin embargo, para mantener dicha situación se considera necesario reforzar los cercos que delimitan peras y macroperas, mantenimiento de la infraestructura, en particular a los árboles de válvulas y *manifolds*, así como realizar un esfuerzo de comunicación con lugareños para no incrementar y atenuar los efectos de las prácticas de *rocoteo*, mitigar la expansión de áreas que en la actualidad presentan pastos exóticos y evitar la acumulación de material vegetal flamable producto del *rocoteo*, proponiendo zonas de confinamiento plenamente identificadas y alejadas de la infraestructura de extracción de gas.



9. Apéndices

9.1. Fichas técnicas Infraestructura



9.2. Fichas técnicas de polígonos de interés



9.3. Fichas del sondeo con geo-radar

10. Referencias

Andrade, J. (1987). Hechos y testimonios de Nuevo León. México, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Banda, L. (2002). Herpetofauna del Parque Ecológico Chipinque. Ciencias Biológicas. Monterrey, UANL.

Braun-Blanquet, J. (1979). Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid, Blume.

Cabrera, S. and G. Giacobone (2013). Monitoreo de líquenes como bioindicadores de contaminación. Buenos Aires, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Cantú, A., et al. (2011). "El papel de las UMA en la Conservación de los tipos de vegetación de Coahuila." Revista Mexicana de Ciencias Forestales 2(6): 113-124.

Cantú, A., et al. (2011). Diseño de Corredores en el Estado de Guerrero. México, CONABIO-CBM.

Carone, M. (1986). Micología. Habana, Editorial Pueblo y Educación.

Carrasco, P., et al. (2005). Aplicaciones agrícola y forestales de las bandas 3 y 4 del sensor CCD en combinación con la banda 2 del sensor IR-MSS del satélite CBERS. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Brasil, INPE: 857-864.

Chaparro, M. and J. Aguirre (2002). Hongos liquenizados. Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.

CONAZA (2004). Escenarios climatológicos de la República Mexicana ante el cambio climático, Comisión Nacional de las Zonas Áridas-Universidad Autónoma Chapingo.

Contreras, B., et al. (1995). Listado preliminar de la fauna silvestre del Estado de Nuevo León. Monterrey, Consejo Consultivo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre.

Contreras, D. (2007). Geografía de Nuevo León. México, Fondo Editorial de Nuevo León.

Del Hoyo, E. (1972). Historia del Nuevo Reino de León 1577-1723, México, Instituto Tecnológico de Monterrey.

Ederra, A. (1996). Botánica ambiental aplicada: Las plantas y el equilibrio ecológico de nuestra tierra. Pamplona, España, Universidad de Navarra.

Fernández-Coppel, I. and E. Herrero El satélite LANDSAT. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite LANDSAT. España, Universidad de Valladolid.

Flores, A. and J. Glafiro (1996). Vegetación y flora de Nuevo León. Una guía botánico-ecológica. Monterrey, CEMEX.

Folgueras, M. (2008). Microbiología General. Santo Domingo.

Garty, J. (2001). "Biomonitoring Atmospheric Heavy Metals with Lichens: Theory and Application." Critical Reviews in Plant Sciences **20**(4): 309-371.

González, H., et al. (2010). "Composición y estructura de la composición en tres sitios de Nuevo León, México." Polibotánica(29): 91-106.

Guzmán, M. (2009). Distribución sistemática y algunos aspectos ecológicos del mezquite *Prosopis spp* en el estado de Nuevo León, México. Facultad de Ciencias Biológicas. Monterrey, N.L., Universidad Autónoma de Nuevo León. **Doctor**.

Hawksworth, D., et al. (2005). "Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos." Revista Iberoamericana de Micología **22**: 71-82.

Hawksworth, D. L. and F. Rose (1970). "Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens." Nature **227**(5254): 145-148.

INEGI Aspectos Técnicos de las Imágenes LANDSAT. D. G. d. G. y. M. Ambiente. México, INEGI.

INEGI Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Climas Escala 1:1 000 000.

INEGI (2003). Anuario Estadístico Nuevo León. México, INEGI.

INEGI (2007). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, Serie 4 (continuo nacional), escala 1:250,000. México, INEGI.

INIFAP (2015). Agenda Técnica Agrícola de Nuevo León, SAGARPA.

Llop, E. (2012). "The use of lichen functional groups as indicators of air quality in a Mediterranean urban environment." Ecological Indicators: 15-221.

Lucking, R. (1997). "Additions and corrections to the knowledge of the foliicolous lichen flora of Costa Rica. The genus *Fellhanera*, with notes on *Bacidia pauciseptata*." Tropical Bryology **13**: 141-173.

Oldeman, L. R. (1998). Guidelines for general assessment of the status of human induced soil degradation. Wagenininen, International Soil Reference and Information Centre (ISRIC).

Rivas, S. (1995). La fitosociología en España. Simposio sobre avances en Fitosociología. J. Loidi. Bilbao.

SAGARPA (2014). Evaluación de Resultados del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales Componente COUSSA 2013. México.

SEMARNAT (2012). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. México.

SEMARNAT, et al. (2010). Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Nuevo León. Monterrey, Centro de Calidad Ambiental Tecnológico de Monterrey-Campus Monterrey.

Toledo, A. (2002). "El agua en el Tercer Milenio." La Gaceta Ecológica(64).

Villareal, J. (1999). Venado Cola Blanca, Manejo y aprovechamiento cinegético. Monterrey, Nuevo León, Unión Ganadera Regional de Nuevo León.

Yébenes, A. and A. Giner. "Clasificación digital de imágenes por satélite." Sistemas de Telemetida. Retrieved Septiembre 2016, from <http://mural.uv.es/gislo/telemetida.pdf>.