



AGENDA DE INNOVACIÓN DE COAHUILA

DOCUMENTOS DE TRABAJO

4.4 AGENDA DE ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

ENERGÍAS CONVENCIONALES E HIDROCARBUROS

Índice

1.	Introducción a las áreas de Especialización seleccionadas por la Agenda.....	6
1.1.	Introducción a criterios de priorización utilizados	6
1.2.	Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización	7
1.3.	Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la Agenda	7
2.	Caracterización del área de especialización en el estado y en el contexto nacional....	9
2.1.	Breve descripción del área de especialización	9
2.1.1.	Políticas de los países en referencia a la explotación del shale gas	14
2.2.	Distribución del área de especialización en México.....	17
2.2.1.	Relevancia económica, social y política del área de especialización en Méx.	17
2.2.2.	Cadena de valor y suministro en la región	19
2.2.3.	Shale gas en USA y el caso Eagle Ford	22
2.3.	Posicionamiento del estado en el área de especialización	26
2.3.1	Actividad del área en el estado	28
2.3.2.	Consideraciones relevantes del estado para la explotación del shale gas.....	30
2.4.	Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial.....	38
2.4.1.	Yacimientos convencionales y no convencionales	38
2.4.2	Tecnología para la explotación del shale gas	40
3.	Breve descripción del ecosistema de innovación para el área de especialización	46
3.1.	Mapa de los agentes del ecosistema de innovación	46
3.2.	Principales IES y Centros de Investigación y sus principales líneas de investigación	47
3.2.1.	Instituciones de Educación Superior	48
3.3.	Detalle de empresas RENIECYT del área de especialización	50
3.4.	Apoyos otorgados al área de especialización.....	51
4.	Análisis FODA del Área de especialización	53
4.1.	Fortalezas.....	53
4.2.	Oportunidades.....	53

4.3. Debilidades	54
4.4. Amenazas.....	55
5. Marco estratégico y objetivos del Área de Especialización	57
6. Nichos de especialización	60
7. Caracterización de proyectos estratégicos y plan de proyectos	61
7.1. Descripción de Proyectos	61
7.1.1 Proyecto: Parque tecnológico de hidrocarburos y gas shale	61
7.1.2. Proyecto: Diseño y puesta en operación de un pozo escuela.....	64
7.2. Proyectos relevantes complementarios	67
7.2.1. Proyecto: Creación un observatorio regional de protección al medio ambiente y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.....	67
7.2.2. Proyecto: Programa tecnológico para mejorar los servicios alternos para la población dedicada a la producción de shale gas.	68
7.3. Matriz de proyectos.....	70
7.4. Propuestas para fortalecer el sistema estatal de innovación en el área Energías Convencionales e Hidrocarburos.....	71
8 Referencias	73
8.1 Páginas electrónicas	76
8.2 Abreviaturas	77
9 Apéndices	78
Apéndice A: IES y CI en el área de Energías Convencionales e Hidrocarburos	78
Apéndice B: Empresas que tienen mayor presencia en la producción de gas natural/shale gas en Coahuila	80
Apéndice C: Entidades federales y estatales de apoyo a la producción de gas natural/shale gas	85

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Áreas y Nichos de Especialización para la Agenda Estatal de Innovación Coahuila	8
Ilustración 2. Consumo vs Producción de gas natural (2012-2019)	11
Ilustración 3. Mapa de formaciones con reservas de gas y aceite de lutitas	13
Ilustración 4. Producción mundial de gas natural, 2012	14
Ilustración 5. Cadena de valor del sector de reservas de hidrocarburos de lutitas	20
Ilustración 6. Cadena de suministro del sector para la explotación de los hidrocarburos de lutitas	22
Ilustración 7. Producción anual de gas shale (mmmpc) por tipo de pozo en la formación Barnett,	23
Ilustración 8. Producción de gas shale (mmmpcd)	23
Ilustración 9. Precio del gas natural de 1997 a 2014	24
Ilustración 10. Yacimiento Eagle Ford en Estados Unidos	25
Ilustración 11. Declinación de la producción de gas del pozo Emergente en el estado de Coahuila	28
Ilustración 12. Declinación de la producción de gas y condensados del pozo Habano en el estado de Coahuila	28
Ilustración 13. Hidrocarburos convencionales y no convencionales	40
Ilustración 14. Retos en la explotación de reservas no convencionales	40
Ilustración 15. Exploración sísmica a) envío de ondas sísmicas y recepción de la información; b) imagen generada con los datos de la estructura del subsuelo	42
Ilustración 16. Pozo horizontal	43
Ilustración 17. Trazado e instalación de pozos a) vista aérea; b) esquema para visualizar pozos horizontales	43
Ilustración 18. Fracturación hidráulica	44
Ilustración 19. Ecosistema de Innovación de Energías Convencionales e Hidrocarburos ...	46
Ilustración 20. Investigadores SNI por área académica (% , enero - 2014).	48
Ilustración 21. Esquema de la metodología de trabajo para integrar la Agenda Sectorial .	58

Ilustración 22. Mapa de ruta del proyecto: Parque tecnológico de hidrocarburos y gas shale.....	63
Ilustración 23. Mapa de ruta del proyecto: Parque tecnológico de hidrocarburos y gas shale.....	66

Índice de Tablas

Tabla 1. Balance nacional de gas natural, 2012-2019 (Millones de pies cúbicos diarios) ..	10
Tabla 2. Reporte de volumen original, Producción acumulada y Reservas al 1° de enero de 2014	11
Tabla 3. Reservas recuperables de aceite y gas de lutitas. Principales países del mundo ..	12
Tabla 4. Países con mayores reservas recuperables de gas de lutitas	13
Tabla 5. Exploración de gas y aceite de lutitas por formación	26
Tabla 6. Pozos exploratorios de aceite y gas de lutitas terminados, junio 2014	27
Tabla 7. Principales especializaciones requeridas para la explotación del shale gas	31
Tabla 8. Comparativo de Consumo de Agua en Diversos Sectores Productivos de Coahuila	37
Tabla 9. Principales Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación en Energías Convencionales e Hidrocarburos en Coahuila	48
Tabla 10. Empresas con registro RENIECYT en el área Energías Convencionales e Hidrocarburos en Coahuila	50
Tabla 11. Identificación de los problemas y propuestas de innovación en Energías Convencionales e Hidrocarburos.....	58
Tabla 12. Justificación y objetivos tecnológicos de los Nichos de especialización en Energías Convencionales e Hidrocarburos de Coahuila.	60
Tabla 13. Matriz de proyectos del Área de Especialización en Energías Convencionales e Hidrocarburos de Coahuila	70
Tabla 14. Instituciones educativas y centros de investigación en Energías Convencionales e Hidrocarburos en el país.....	78
Tabla 15. Empresas que participan en la explotación del shale gas en Coahuila	80

1. INTRODUCCIÓN A LAS ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN SELECCIONADAS POR LA AGENDA

1.1. Introducción a criterios de priorización utilizados

La Agenda Estatal de Innovación de Coahuila de Energías Convencionales e Hidrocarburos tiene por objetivo identificar las principales áreas estratégicas en materia de innovación para ser desarrolladas en los próximos años. De acuerdo con el gobierno estatal, uno de los sectores importantes que requiere ser impulsado es el de energías e hidrocarburos, especialmente los no convencionales por la relevancia que han adquirido en el norte del país, y en virtud de su potencial para el desarrollo regional, así como por la utilidad que tiene en diversas ramas y por los recursos que se estima generará para el sector.

La Agenda de Innovación propone diversas líneas de innovación para impulsar los nichos identificados y fortalecer esta área de especialización, apoyada en los recursos de la entidad.

El sector de Energías Convencionales e Hidrocarburos se seleccionó como área de especialización utilizando criterios estratégicos de desarrollo, socioeconómicos, científico-tecnológicos, ambientales y de mercado, a través de un diagnóstico realizado del sector y por el consenso de los líderes de la triple hélice que conforman el Consejo Consultivo del Estado.

El desarrollo de capacidades que fomenten mejorar las condiciones económicas, políticas, educativas, sociales y ambientales de la población, principalmente en el norte del estado, fueron los criterios que se consideraron para impulsar esta área de especialización.

1.2. Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización

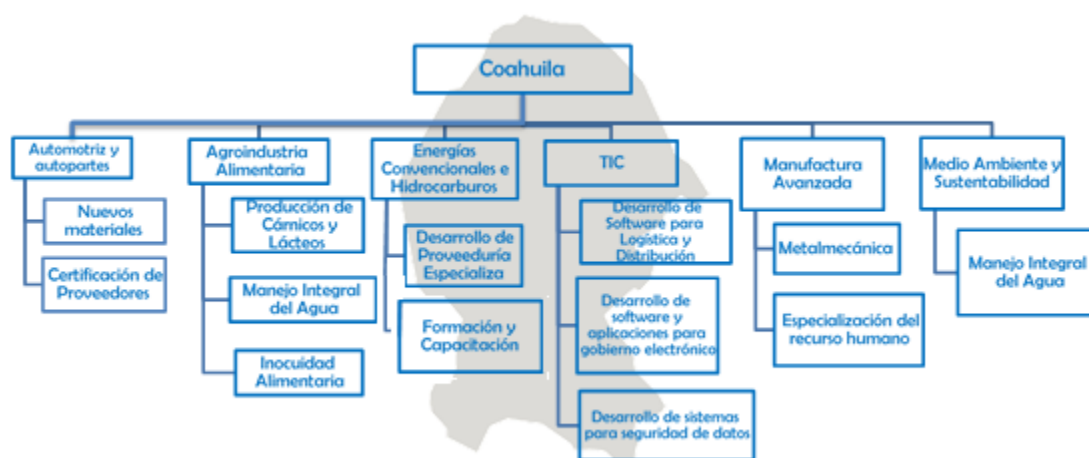
La selección de las áreas de especialización (sectores económicos priorizados), se realiza con base en la identificación de los problemas y oportunidades para generar competencias en el estado. Una vez hecho esto, se implementa un conjunto de conocimientos a través de plataformas tecnológicas en nichos definidos que permitan solucionar los problemas del área de especialización, y con ello aprovechar las oportunidades reconocidas por los actores de la triple hélice.

Para seleccionar las áreas prioritarias se utilizaron criterios basados en indicadores económicos, sociales, tecnológicos, ambientales, de competencia y de mercado. Un análisis específico del Comité de Gestión, en función de la pertinencia para el estado de avanzar en la exploración y explotación de los yacimientos de hidrocarburos y gas de lutitas en el norte del estado, constituyó el criterio decisivo, y dicha decisión fue validada por el Consejo Consultivo.

1.3. Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la Agenda

Las áreas de especialización seleccionadas por el Comité de Gestión y el Grupo Consultivo del estado de Coahuila, se muestran en la ilustración 1.

Ilustración 1. Áreas y Nichos de Especialización para la Agenda Estatal de Innovación Coahuila



Fuente: Cambiotec, A.C., 2014

Cada una de estas áreas de especialización incluye recomendaciones de política en materia de innovación y desarrollo tecnológico que permitan aprovechar las oportunidades de crecimiento, desarrollo y competencia para la entidad. Uno de los objetivos es impulsar el crecimiento inteligente con base en el conocimiento e innovación, aprovechando los recursos del estado para crear las condiciones que articulen el avance tecnológico con el bienestar económico, social, ambiental y territorial.

El área de energías convencionales e hidrocarburos tiene como objetivo establecer condiciones idóneas para su explotación sustentable, poniendo énfasis en su productividad y competitividad, así como en la mitigación de sus posibles impactos ambientales.

2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN EN EL ESTADO Y EN EL CONTEXTO NACIONAL

Entre las razones que abren la panorámica al recurso del gas natural está, primordialmente, su condición de ser el más limpio de todos los hidrocarburos fósiles, además de su abundancia. Su uso se ha ampliado y se ha optimizado su conversión en la generación de energía eléctrica en las plantas de ciclo combinado, como tecnología de alta eficiencia (aproximada al 60%). Otra de las razones de su auge se debe al incremento probado de reservas, pues en los últimos 20 años las reservas de gas natural convencional han crecido un 36% y su producción un 61%. De 2010 al 2013 estas cifras reportan un aumento de 3% en reservas y 15% en producción (WEC, 2013). La existencia de yacimientos en el norte de Coahuila está comprobada y ya se ha constituido una estructura para abordar esta área como sector económico emergente.

2.1. Breve descripción del área de especialización

En el contexto nacional se analiza la información disponible sobre el consumo nacional, su origen y el déficit, las reservas nacionales de gas convencional y no convencional, las estrategias emprendidas para satisfacer el consumo futuro y el apalancamiento que estas estrategias realizan sobre la explotación del gas no convencional, lo que genera una expectativa de actividad en este nuevo sector en el estado. Se aborda la reforma constitucional energética, en preparación a la ejecución de las estrategias energéticas. De igual manera se hace referencia al tema social respecto a las expectativas de este nuevo sector sobre el riesgo que existe sobre los posibles impactos al entorno ambiental y sus expectativas en cuanto a beneficios como empleo y desarrollo económico de la región.

De acuerdo con la información prospectiva de gas natural (SENER, 2013b) (Véase Tabla 1 e Ilustración 2), se observa que el consumo total de gas natural crecerá de 7485 mmpcd en

2013 a 9523 mmpcd en 2019; mientras que la producción se mantendrá aproximadamente estable por debajo de los 5000 mmpcd. La diferencia será satisfecha por importaciones de este producto, las cuales, en 2017, serán mayores a la producción nacional. Esta caída en la producción de gas natural se debe principalmente al enfoque de la inversión de PEMEX hacia la exploración y producción de crudo, producto de mayor valor en el mercado. Por otro lado, el incremento en el consumo de gas en México se debe a la política de generar energía eléctrica en base a gas.

Tabla 1. Balance nacional de gas natural, 2012-2019 (Millones de pies cúbicos diarios)

Concepto	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	tmca 2012-2019	tmca 2012-2027
Origen	6,732.9	7,485.5	8,010.8	8,769.0	9,057.3	9,159.8	9,269.3	9,523.1	5.1	3.6
Producción nacional	4,603.1	4,574.2	4,885.0	4,729.2	4,614.1	4,512.1	4,503.5	4,642.0	0.1	1.3
Producción de plantas	3,628.3	3,748.8	3,955.8	3,826.5	3,635.6	3,628.6	3,676.9	3,905.0	1.1	2.3
Directo de campos	911.1	754.5	843.0	828.3	919.6	828.2	778.5	699.6	-3.7	-4.6
Etano inyectado a ductos	63.7	71.0	86.2	74.4	58.8	55.3	48.1	37.4	-7.3	-1.5
Otras corrientes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importación	2,129.8	2,911.3	3,125.8	4,039.8	4,443.2	4,647.7	4,765.9	4,881.1	12.6	7.0
Importaciones por logística	933.4	869.8	1,067.2	1,141.7	1,296.8	1,456.7	1,413.5	1,558.1	7.6	5.1
PGPB	350.5	350.3	405.3	436.3	545.0	628.1	588.5	581.5	7.5	5.3
Particulares	582.9	519.5	661.9	705.4	751.8	828.6	825.0	976.6	7.7	5.0
Importaciones por balance PGPB	738.5	1,068.9	981.9	1,917.4	2,163.8	2,200.1	2,381.8	2,358.9	18.0	9.5
Importación de gas natural licuado	457.9	972.5	1,076.7	980.7	982.7	990.8	970.6	964.1	11.2	5.3
PGPB	-	124.0	200.0	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Particulares	457.9	848.5	876.7	980.7	982.7	990.8	970.6	964.1	11.2	5.3
Destino	6,686.2	7,485.5	8,010.8	8,769.0	9,057.3	9,159.8	9,269.3	9,523.1	5.2	3.6
Demanda nacional	6,678.4	7,485.5	8,010.8	8,769.0	9,057.3	9,159.8	9,269.3	9,523.1	5.2	3.6
Sector petrolero	2,273.1	2,382.1	2,382.6	2,849.9	2,876.5	2,847.8	2,823.1	2,815.4	3.1	0.7
Pemex Exploración y Producción	1,313.8	1,356.8	1,354.3	1,520.9	1,503.0	1,476.2	1,453.6	1,436.8	1.3	-2.4
Pemex Refinación	343.5	349.7	361.0	532.6	574.3	619.2	646.0	652.7	9.6	6.2
Pemex Gas y Petroquímica Básica	274.8	222.9	231.8	221.6	222.4	218.0	219.3	224.7	-2.8	0.1
Pemex Petroquímica	340.6	375.3	358.0	497.4	499.4	457.0	426.8	423.7	3.2	1.5
Pemex Corporativo	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5.7	2.6
Cogeneración Nuevo Pemex	0.0	76.9	76.9	76.9	76.9	76.9	76.9	76.9	n.a.	n.a.
Sector industrial	1,181.1	1,221.0	1,414.1	1,509.8	1,631.5	1,666.6	1,759.5	1,794.8	6.2	4.0
Sector eléctrico	3,111.5	3,764.3	4,088.4	4,276.5	4,409.6	4,499.4	4,534.8	4,755.8	6.2	5.1
Público	2,716.2	3,356.3	3,640.4	3,825.2	3,958.3	4,048.1	4,083.5	4,304.5	6.8	5.6
Comisión Federal de Electricidad	1,134.0	1,449.8	1,646.0	1,766.2	1,785.9	1,598.8	1,470.9	1,518.5	4.3	0.4
Productores Independientes de Energía	1,582.2	1,906.5	1,994.4	2,059.0	2,172.4	2,449.2	2,612.6	2,786.0	8.4	7.9
Privado	395.3	408.0	448.1	451.3	451.3	451.3	451.3	451.3	1.9	0.9
Autogeneración de electricidad	265.7	308.5	348.6	351.8	351.8	351.8	351.8	351.8	4.1	1.9
Autoabastecimiento*	181.1	208.2	248.3	251.5	251.5	251.5	251.5	251.5	4.8	2.2
Cogeneración	84.7	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3	2.5	1.1
Exportación de electricidad	129.6	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	-3.7	-1.7
Sector residencial	84.1	88.0	94.3	100.4	106.2	111.6	116.5	120.9	5.3	3.4
Sector servicios	27.0	28.2	29.6	30.7	31.7	32.7	33.6	34.5	3.6	2.4
Sector Autotransporte	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	-0.4	-0.4
Exportación	7.8	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Variación de inventarios y diferencias	46.7	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.

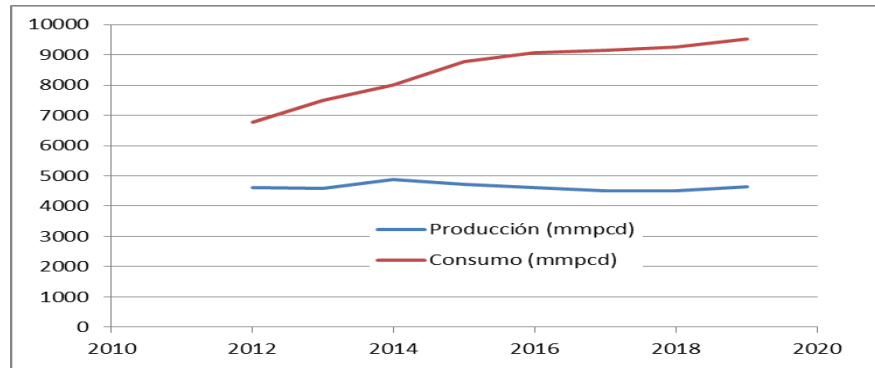
Nota: El balance hace referencia a volúmenes de gas natural seco.

* Incluye usos propios continuos

Fuente: IMP, con base en información de BANXICO, CFE, CNIAA, CONAGUA, CONAPO, CONUEE, CRE, EIA, EPA, IEA, INEGI, PEMEX, SENER y empresas privadas.

Fuente: SENER, 2013b

Ilustración 2. Consumo vs Producción de gas natural (2012-2019)



Fuente: CamBioTec, 2014, con información de SENER, 2013b

Reservas

Por su parte, las reservas de aceite se sitúan en 9812 mmb para 1P, 17 612 mmb para 2P y 29 327 para 3P (Tabla 2). En lo que respecta a gas las reservas 1P son de 16 548 mmmpc, 33 264 mmmpc 2P y 59 664 mmmpc 3P, dando un total de 41 259 mmbpce. Valor inferior a 60 200 mmbpce de reservas de shale gas y aceite. (CNH, 2014).

Tabla 2. Reporte de volumen original, Producción acumulada y Reservas al 1° de enero de 2014

Región / Activo	Volumen original total (3P)		Producción acumulada			Reserva remanente aceite			Reserva remanente gas		
	Aceite (mmb)	Gas (mmmpc)	Aceite (mmb)	Gas (mmmpc)	PCE (mmb)	1P (mmb)	2P (mmb)	3P (mmb)	1P (mmmpc)	2P (mmmpc)	3P (mmmpc)
Marina Noreste	78,845.8	28,457.8	18,418.9	10,028.5	20,449.3	5,476.9	8,167.2	11,340.5	2,710.0	3,594.4	4,278.0
Cantarell	39,040.4	18,319.0	14,222.7	8,062.2	15,805.1	1,950.9	3,377.0	4,872.5	1,244.0	1,760.7	2,088.0
Ku-Maloob-Zaap	39,805.4	10,138.8	4,196.1	1,966.3	4,644.2	3,526.0	4,790.2	6,468.0	1,466.0	1,833.6	2,190.1
Marina Suroeste	29,732.5	47,484.5	6,675.9	8,919.4	8,343.3	1,324.0	2,436.4	3,812.9	4,298.1	8,112.9	14,598.1
Abkatún-Pol-Chuc	17,623.0	17,453.5	5,742.8	6,757.0	6,981.3	554.9	953.0	1,184.1	1,081.7	1,639.4	1,915.6
Litoral de Tabasco	12,109.5	30,030.9	933.1	2,162.4	1,361.9	769.1	1,483.4	2,628.7	3,216.4	6,473.6	12,682.5
Norte	116,579.9	134,960.2	5,866.0	24,744.8	9,760.1	871.8	4,311.6	10,845.9	3,510.8	14,320.2	32,036.8
Aceite Terciario del Golfo	81,492.4	44,800.0	254.1	485.3	351.8	606.7	3,910.9	9,667.4	948.8	10,549.1	25,005.1
Burgos	332.9	25,464.7	38.4	13,062.9	2,463.8	7.0	10.4	17.4	1,680.5	2,612.2	3,949.4
Poza Rica-Altamira	33,465.7	58,104.1	5,488.2	7,591.3	6,171.7	210.2	310.6	1,042.6	352.8	524.6	2,322.1
Veracruz	1,288.9	6,591.3	85.3	3,605.4	772.8	47.9	79.7	118.5	528.7	634.2	760.2
Sur	40,717.7	78,517.8	10,586.8	30,224.3	17,679.7	2,139.4	2,697.3	3,328.4	6,029.6	7,236.6	8,751.8
Bellota-Jujo	13,590.5	19,457.5	3,191.2	4,977.1	4,435.8	832.8	1,120.4	1,228.5	1,772.2	2,164.5	2,338.5
Cinco Presidentes	7,325.1	6,703.9	1,883.6	2,310.6	2,324.1	193.7	236.7	345.3	305.6	375.7	535.3
Macuspana-Muspac	6,224.1	30,399.5	1,857.4	15,941.7	5,497.0	125.2	191.7	270.4	1,263.8	1,599.5	2,160.4
Samaria-Luna	13,578.0	21,956.9	3,654.5	6,994.8	5,422.8	987.7	1,148.5	1,484.3	2,688.1	3,097.0	3,717.6
Nacional	265,875.9	289,420.3	41,547.6	73,917.1	56,232.3	9,812.1	17,612.4	29,327.8	16,548.5	33,264.1	59,664.7

FUENTE: Pemex Exploración y Producción. Información de Reservas enviada a la CNH.

Fuente: CNH, 2014a

Con base en la información del reporte de PEMEX al año 2013 (PEMEX, 2013b), considerando la tasa de explotación actual y al extrapolar los datos, se proyecta que las reservas probadas podrían llegar a 10.2 años, las posibles a los 19.2 y las probables hasta 32.9 años.

En lo que respecta a las reservas de hidrocarburos no convencionales, la Agencia Internacional de Energía (AIE), reporta que México cuenta con 13 mmmb de aceite de lutitas. En referencia al gas de lutitas el panorama es más prometedor, pues México ocupa el 6° lugar en el *ranking* mundial con una reserva recuperable calculada en 545 bpc. (Ver tabla 3).

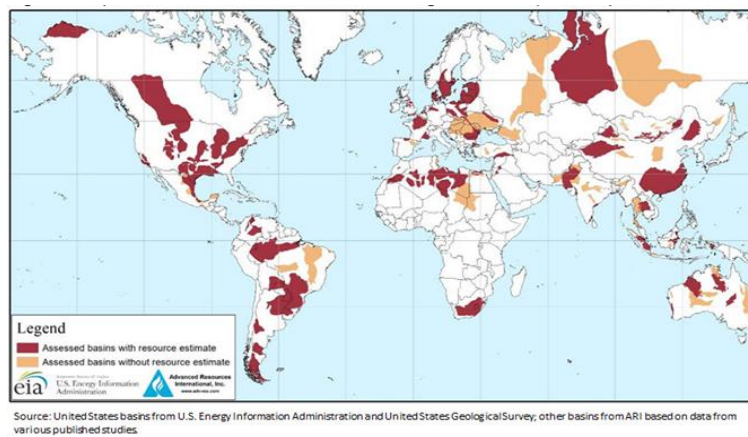
Tabla 3. Reservas recuperables de aceite y gas de lutitas. Principales países del mundo

Principales países con reservas recuperables (EIA)*			
Aceite en lutitas		Gas en lutitas	
País	mmmb	País	mmmpc
Rusia	75	China	1,115
Estados Unidos	58	Argentina	802
China	32	Algeria	707
Argentina	27	Estados Unidos	665
Libia	26	Canadá	573
Australia	18	México	545
Venezuela	13	Australia	437
México	13	Sudáfrica	390
Pakistán	9	Rusia	285
Canadá	9	Brasil	245
Resto	65	Resto	1,535
Total Mundial	345	Total Mundial	7,299

Fuente: CNH, 2014a

Por su parte, la AIE, realiza análisis y evaluaciones de las formaciones y reservas de gas y aceite de lutitas. En el reporte de 2013, reconfigura y actualiza el mapa y la información a este respecto. Como se muestra en la Ilustración 3, para 2013, se registra la existencia de 95 formaciones productoras de gas y/o aceite de lutitas, casi el doble del dato dado por la misma institución en el 2011, el cual era de 48. En este mismo sentido, el número de países en las que se encuentran estas reservas pasó de 32 en el 2011 a 41 en el 2013, cabe hacer notar sin embargo, que en el reporte de 2011 no se consideran los depósitos (shale oil). (Ver ilustración 3).

Ilustración 3. Mapa de formaciones con reservas de gas y aceite de lutitas



Fuente: AIE, 2013

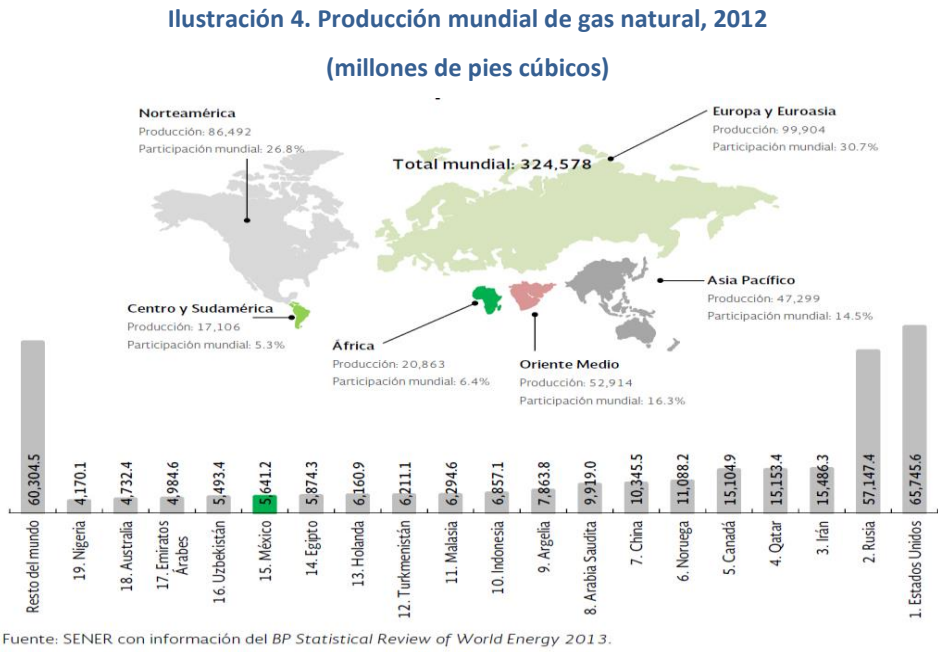
La AIE ofrece una estimación de reservas mundiales totales de gas shale del orden de los 7299 billones de pies cúbicos. Así mismo, en el tabla 4 se aprecia la lista de los diez países con mayores reservas recuperables de gas de lutitas en el mundo. En este contexto, China ocupa el primer lugar con 1115 bpc; Estados Unidos ocupa el 4° lugar, con un volumen de reservas de 665 bpc. Por su parte, México se encuentra en el lugar 6, con reservas calculadas en 545 bpc, cifra menor dada en el año 2011, la cual fue de 681bpc, en este periodo se ubicó a México como el 4° lugar (AIE, 2013).

Tabla 4. Países con mayores reservas recuperables de gas de lutitas

Lugar	País	Reservas de gas de lutitas (billones de pies cúbicos)
1	China	1,115
2	Argentina	802
3	Argelia	707
4	Estados Unidos	665
5	Canadá	573
6	México	545
7	Australia	437
8	Sudáfrica	390
9	Rusia	285
10	Brasil	245
Total Mundial		7,299

Fuente: AIE, 2013

En el análisis de la producción del gas natural en el mundo se tiene que en el año 2012 se produjeron un total de 324 578 mmpcd (millones de pies cúbicos diarios). En este contexto mundial, la región que registró la mayor producción fue Europa y Eurasia con el 30%, seguida de Norteamérica, que representó el 26.8%, equivalente a 86 492 mmpcd. Por su parte, Centro y Sudamérica fue la región con menor producción, sólo el 5.3% de la producción de gas natural en el mundo. En el mismo periodo, México ocupó el lugar 15 por su nivel de producción con 5 641.2 mmpcd (Ilustración 4).



Fuente: SENER, 2013b

2.1.1. Políticas de los países en referencia a la explotación del shale gas

Una de las principales preocupaciones relacionadas con la explotación del gas de lutitas está enfocada en el impacto ambiental derivado del uso de la tecnología del *fracking*, razón por la cual la implementación de leyes y regulaciones en materia de medio

ambiente son de primera importancia. Sin embargo, la legislación debe abarcar todos los ámbitos desde exploración hasta comercialización.

La normatividad en materia energética contribuye a la transparencia y favorece una mayor competencia que permite alcanzar la seguridad del suministro. A continuación se enlistan las principales actividades en las que se está poniendo énfasis en materia legislativa.

- *Exploración.* En este aspecto se deben enmarcar las bases legales no discriminatorias que permitan la inclusión de empresas interesadas en desarrollar este tipo de actividades de exploración y prospección de hidrocarburos.
- *Explotación.* En este renglón se consideran desde el uso del suelo, el plan de inversión y los planes de explotación. Asimismo, se está considerando el requerimiento de estudios de impacto ambiental.
- *Uso del agua.* En este marco se establece la normatividad para el uso y protección del agua.
- *Evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas.* Se establece la normatividad y reglamentación relacionado con el uso de sustancias químicas.
- *Conservación del ambiente.* Creación de normas para la protección del hábitat y las especies.

La diversidad de opiniones de los gobiernos de los países se ve influenciada por la postura de grupos organizados de la población, e incluso de algunas empresas que están en total desacuerdo con el uso de técnicas como el fracturamiento hidráulico, por lo que se les conoce como grupos “antifracking”. A continuación se revisan aspectos y posturas de algunos países. (Sosa, 2013).

En el caso de Europa, a pesar de que las reservas globales de hidrocarburos no convencionales son bajas en este continente, comparativamente con las de Asia y América, los esfuerzos de los gobiernos de algunos de los países europeos están luchando en contra del movimiento antifracking y pugnan por explotar este recurso. Países como

Polonia e Inglaterra se han preocupado por incentivar a los inversionistas de las grandes empresas transnacionales para que inviertan en la explotación de sus reservas de hidrocarburos de lutitas, sin embargo, muchas de estas compañías están declinando su participación en este sector a pesar de los ofrecimientos atractivos de los gobiernos. En otros países, como en Suiza, las empresas se están retirando debido a que las reservas no tienen ni el volumen ni la calidad esperada.

La presión popular en contra del *fracking* ha generado que algunos países estén trabajando o revisando la legislación correspondiente o bien que hayan fijado una moratoria al respecto, entre estos se pueden citar a Alemania, República Checa, Dinamarca y otras regiones.

Los dos países que definitivamente han decretado prohibiciones en contra del *fracking* son Francia y Bulgaria.

A pesar de la fuerte presión de los grupos que están en contra de esta técnica de extracción, los países con mayores reservas en el mundo como son China, Argentina y Argelia, están ajustando su legislación y los caminos para hacer uso extensivo de sus recursos no convencionales de gas de lutitas.

Por otra parte, en el caso de países como México, en los que la posibilidad de explotación estaba restringida a entes gubernamentales, el paso para permitir la inversión privada ha conllevado a una serie de cambios en materia de leyes y reformas relacionadas con la energía.

2.2. Distribución del área de especialización en México

2.2.1. Relevancia económica, social y política del área de especialización en México

La estrategia nacional de energía 2013-2027 establece las condiciones para que el sector productivo y la población cuenten con un suministro confiable de energía que permita impulsar el desarrollo. Los objetivos a alcanzar en los próximos años van encaminados a lograr mejoras en el sector energético, lo cual se verá reflejado en la suficiencia, la cobertura y la competitividad de la oferta; así como del consumo eficiente y responsable (SENER, 2013a).

En este sentido, se ha dado a conocer la información en los medios publicitarios a través de campañas en las que se comenta acerca de la estrategia y la reforma energética, así como de los beneficios para la población y para el desarrollo del país.

Entre los beneficios que se presume surgirán de este cambio se ha hecho énfasis en la generación de empleos y la disminución en las tarifas de energía. En este sentido se han creado grandes expectativas a nivel de la población, que está en espera de que tales cambios se evidencien de manera inmediata.

A la par, los grupos antagónicos a la reforma se han hecho escuchar, por lo que la población también ha recibido información negativa, en especial a los daños al ambiente provocados por la extracción de hidrocarburos de lutitas. Es importante, en este contexto, dar cuenta de que uno de los principales problemas es la falta de información clara y precisa que permita entender la problemática desde una perspectiva dimensionada y acorde al nivel de divulgación del público en general. En este sentido se deben identificar cuáles son los aspectos más importantes que la población debe conocer para tener una opinión madura acerca de estos tópicos.

La expectativa de que el nuevo sector del gas shale generará empleos parte del ejemplo de la experiencia de Estados Unidos, que como se mencionará en el siguiente apartado, la industria del gas shale en Eagle Ford generó en el año 2013, más de 150 000 empleos entre directos y de soporte. Sin embargo, bajo la situación actual de México no se puede pretender que se logren esos resultados en el corto plazo, debido a que está iniciando la construcción de infraestructura, así como la curva de aprendizaje y preparación del personal capacitado para laborar en esta área emergente.

Por otra parte, en agosto de 2013, el Presidente Enrique Peña Nieto dio a conocer la iniciativa de Reforma Energética para México, la cual tiene el propósito fundamental de abrir el paso al desarrollo del sector energía y contempla la entrada de la inversión privada al ámbito que anteriormente sólo competía al gobierno.

En un año se dio forma a las legislaciones secundarias y, en agosto de 2014, el presidente promulgó 21 leyes que permiten hacer operativa la reforma energética y comunicó acciones estratégicas para su implementación. Entre las acciones propuestas destacan las que se resumen a continuación.

- La Secretaría de Energía (SENER) dará a conocer los resultados de la ronda cero, es decir, informará las zonas que PEMEX tendrá a su cargo para la exploración y explotación de hidrocarburos, antes de la entrada de los particulares.
- La misma SENER informará las zonas del país que estarán disponibles para la ronda uno de licitaciones, es decir, para los inversionistas interesados en explorar y explotar hidrocarburos. Los contratos correspondientes serán coordinados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH).
- Se crearán entidades regulatorias como son el Centro Nacional de Control del Gas Natural (Cenagas) y el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace).
- Nombramientos a funcionarios para que ocupen comisiones estratégicas en la CNH y en la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y de los Consejos de Administración de PEMEX y de CFE.

- Se constituirá un fondo petrolero, el cual será un fideicomiso dentro del Banco de México (Banxico), que administrará todos los ingresos derivados de los hidrocarburos, tanto los de PEMEX como los de las empresas particulares que inviertan en el sector.
- El Gobierno Federal presentará un Programa Estratégico para la Formación de Recursos Humanos en Materia de Hidrocarburos, con el propósito de generar personal preparado para laborar en este sector. En dicho programa se contempla ofrecer becas u otros incentivos para que la población estudie carreras o posgrados en esta área.
- El presidente dio instrucciones para que las dependencias federales correspondiente emitan la reglamentación que permita operacionalizar la nueva legislación. Esta medida pretende generar certeza jurídica para los inversionistas.
- Reestructuración del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) con el propósito de que tenga una participación más activa en el renglón de investigación.
- Con el propósito de motivar e incentivar el desarrollo de energéticos no contaminantes se darán a conocer los lineamientos para los certificados en energías limpias.
- Creación de la nueva Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, que será la encargada de vigilar el cumplimiento de la reglamentación en materia protección ambiental y seguridad industrial.

2.2.2. Cadena de valor y suministro en la región

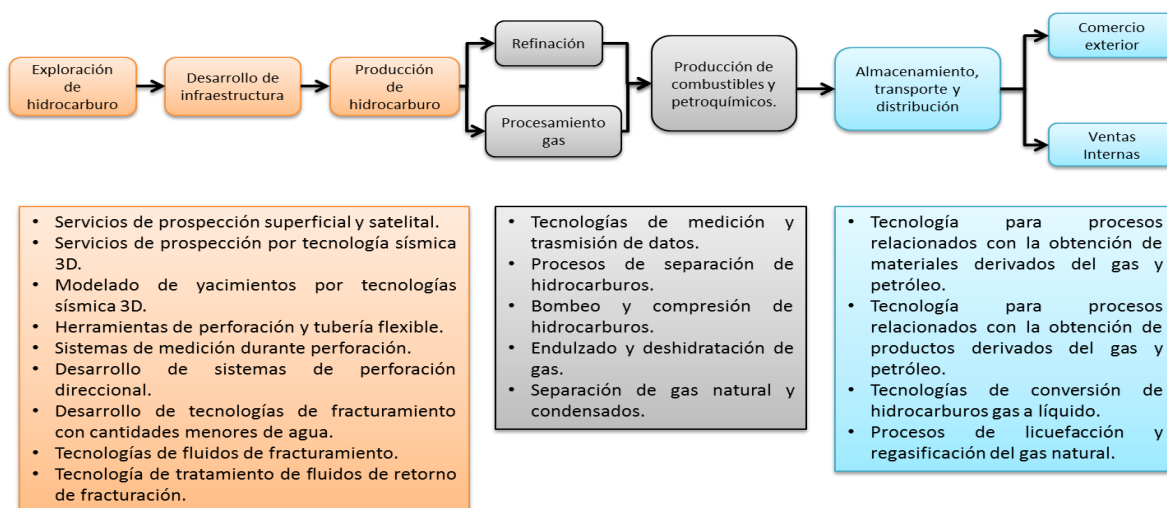
Cadena de valor del sector de hidrocarburos de lutitas

El análisis que conlleva a trazar la cadena de valor permite detectar las áreas de oportunidad y definir las estrategias correspondientes, con el propósito de maximizar el valor generado por una cadena productiva o alguno de sus eslabones, o bien para definir

estrategias de competitividad. En la cadena del sector del gas de lutitas se contempla como valor máximo la entrega de productos procesados como son: petroquímicos con aplicación como materiales desarrollados de alta tecnología y combustibles de alto valor (gasolinas y LPG). De este análisis se desprende que el valor mínimo sería la utilización directa del producto de los pozos para su aplicación únicamente como combustible.

La Ilustración 5 esquematiza la cadena de valor del sector de yacimientos de lutitas, cadena que parte de la exploración del hidrocarburo para llegar a la producción del mismo. Se añade valor importante en la sección central en la que se procesa el producto para la generación de productos con un mayor nivel de elaboración. La cadena culmina con los procesos de almacenamiento, transporte, distribución y comercialización.

Ilustración 5. Cadena de valor del sector de reservas de hidrocarburos de lutitas



Fuente: CamBioTec, A.C, 2014

En el caso de Coahuila, dado que se dispone de reservas importantes de gas, aceite y condensados, se debe establecer como estrategia a futuro, y con el fin de agregar valor, impulsar a mediano y largo plazo los procesos de obtención del máximo valor que se traduzca en importantes beneficios para la región. En este sentido, en el marco de los talleres sectoriales se ha sugerido generar la posibilidad de establecer centros de

procesamiento petroquímico a materiales derivados del gas y de combustibles de alto valor.

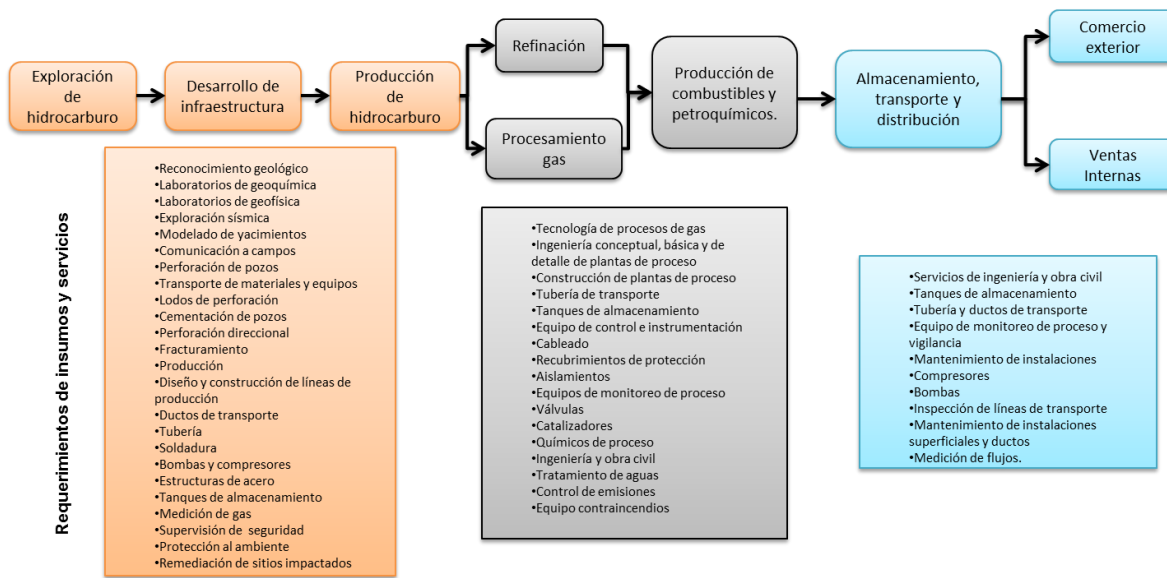
Cadena de suministro del sector de hidrocarburos de lutitas

El conocimiento profundo de los procesos complejos permite dar cuenta de cada uno de los nodos de la cadena y de los requerimientos y aportes que impactan en ésta. El análisis de la cadena de suministro identifica las necesidades en los diversos elementos del proceso, de tal forma que con base en esto se perfilan los lineamientos de proveeduría de servicios e insumos.

En casos de sectores nuevos en el estado, como el del gas shale, es necesario, en primera instancia, identificar con base en experiencias de otros países, los insumos y servicios requeridos, así como a los posibles proveedores.

Es posible que algunos proveedores regionales que participen en otras cadenas de suministro tengan la posibilidad de adaptarse e innovar para producir los insumos y ofrecer los servicios que se requieran, lo que representaría un beneficio para la región. Sin embargo, es indispensable promover la participación de la industria y de los prestadores de servicios afines al sector, para que consideren la posibilidad de formar parte de esta nueva cadena de proveeduría (Ilustración 6).

Ilustración 6. Cadena de suministro del sector para la explotación de los hidrocarburos de lutitas

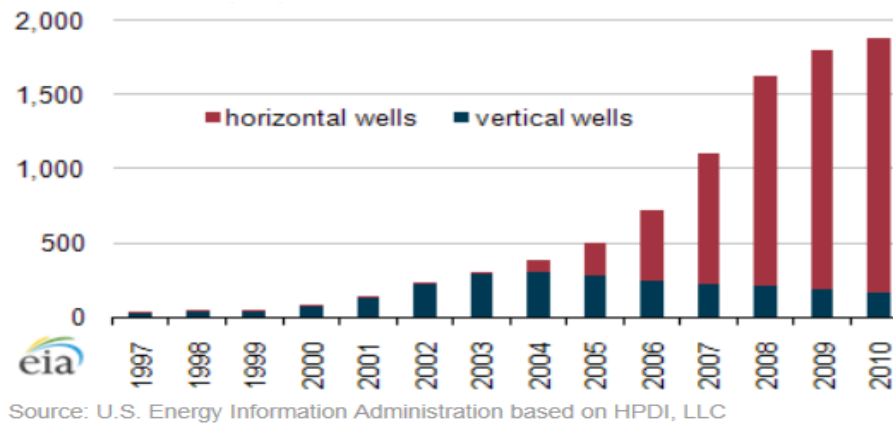


Fuente: CamBioTec, A.C., 2014

2.2.3. Shale gas en USA y el caso Eagle Ford

La historia de la explotación exitosa del gas shale en Estados Unidos cambió la visión del mundo respecto a la explotación de este recurso. La formación del Barnett shale, ubicado en la cuenca de Fort Worth en Texas, representa una gran reserva de gas no convencional en ese país. El primer pozo perforado en 1981 fue de baja producción, pero la historia cambió gracias al avance en las técnicas de perforación horizontal y fracturación hidráulica. Como se observa en la Ilustración 7, en la década del 2000 la producción creció de manera muy importante por la introducción de esta tecnología.

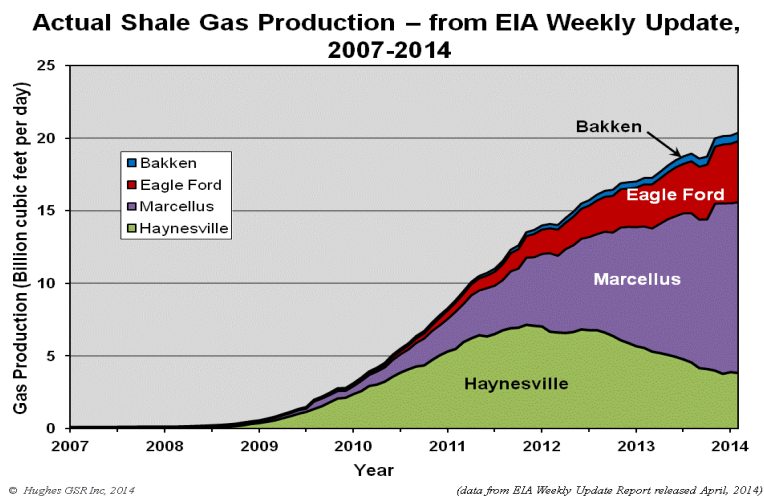
Ilustración 7. Producción anual de gas shale (mmmpc) por tipo de pozo en la formación Barnett, de 1997 a 2010



Fuente: AIE, 2011

La experiencia alcanzada en tecnología para la explotación del gas de lutitas permitió que en Estados Unidos la producción de este recurso se haya incrementado notablemente desde el año 2009, como se muestra en la Ilustración 8.

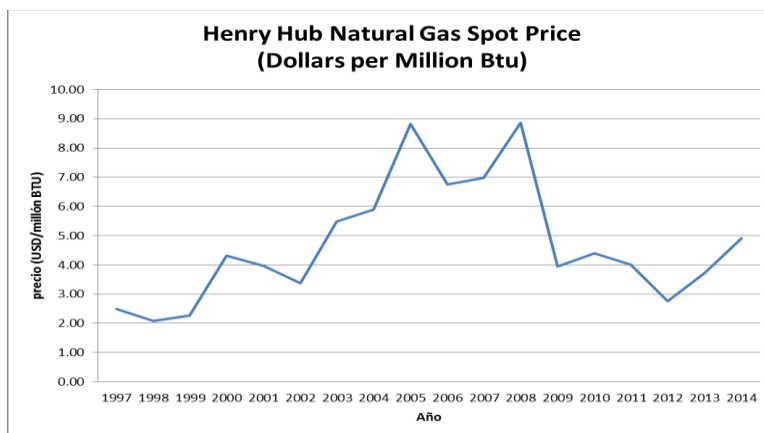
Ilustración 8. Producción de gas shale (mmmpcd)



Fuente: Hughes GSR, Inc., 2014

La participación de esta alta producción ha impactado en la oferta del gas, lo que ha influido significativamente en el mercado del gas natural. En la Ilustración 9, se observa que en la década del 2000 los precios del gas se situaban en promedio en 7 USD/millón de BTU, actualmente se sitúan entre 4 y 5 USD/millón de BTU.

Ilustración 9. Precio del gas natural de 1997 a 2014

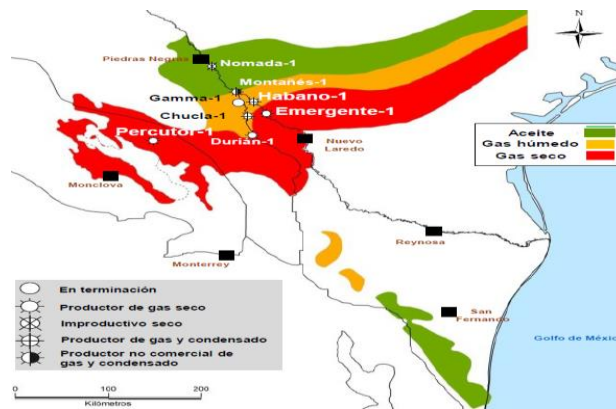


Fuente: CamBioTec, 2014, a partir de datos de la AIE, 2014

La estabilización de la oferta de gas y de sus bajos precios ha generado estrategias industriales que han contribuido en una mejora en su competitividad y está generando un nuevo impulso para el crecimiento económico de los Estados Unidos.

El caso del yacimiento Eagle Ford, se trata de un yacimiento no convencional de lutitas, cuyas formaciones se extienden al territorio mexicano como se aprecia en la Ilustración 10.

Ilustración 10. Yacimiento Eagle Ford en Estados Unidos



Fuente: AIE, 2013

En Texas, la explotación del shale gas/oil del yacimiento Eagle Ford, en 2013, reportó 46 000 empleos directos y 116 000 empleos de soporte. Un impacto económico de \$61 000 millones de dólares, y un total acumulado de más de 5400 permisos para la perforación de pozos. Actualmente reporta una producción de 878 000 bd de crudo y 3896 mmpcd de gas (Rail Road Comision of Texas, 2014).

Es de remarcar que en el yacimiento Eagle Ford, en Texas, se explota tanto gas como petróleo, siendo el petróleo el producto más atractivo por su valor (110 USD/barril). Existen pozos que producen petróleo y gas, otros que producen gas y condensados y otros más que producen gas seco. Los pozos de gas del Eagle Ford presentan la característica de declinar rápidamente.

Un estudio realizado por la empresa Schlumberger (Baihly, Altman, & Malpani, 2011) muestra que los pozos del yacimiento Eagle Ford tienen una declinación (disminución en su producción) del 75% al cabo del primer año de producción. Este mismo documento indica que, teniendo en cuenta el costo de inversión en la construcción de pozos (US\$5.8 millones), los costos de producción y proceso del gas (promedio de \$1.5 USD/mpc) y el valor de la producción de gas del mismo en su ciclo de vida (tomando el valor del gas a \$4 USD/millón BTU), conducen a un retorno de inversión de un 0.69 a una tasa de descuento del 10%, considerando un 25% de regalías en total. Esto indica que los productores de

hidrocarburos del Eagle Ford obtienen sus beneficios sobre el global de los pozos, considerando que hay pozos con producción de crudo, con producción de gas y condensados, y con producción de gas seco.

2.3. Posicionamiento del estado en el área de especialización

Reservas en el estado

De acuerdo con información publicada por la CNH, existe un total de recursos prospectivos documentados equivalentes a 60.2 mmmbpce; 14.0 se encuentran en las formaciones de Burro-Picachos y Sabinas, localizados en el estado, de estos 0.6 corresponden a aceite y el resto a gas seco (Tabla 5). (CNH, 2014b). Se indica en esta información que los recursos aún están en fase de evaluación. (SENER, 2013a).

Tabla 5. Exploración de gas y aceite de lutitas por formación

Recursos Prospectivos Documentados			
Provincia	Aceite mmmb	Gas mmmpc	PCE mmmbpce
Tampico-Misantla	30.7	20.7	34.8
Burgos MZ	0.0	53.8	10.8
Burro-Picachos	0.6	18.0	4.2
Sabinas	0.0	49.0	9.8
Veracruz	0.6	0.0	0.6
Total Shale	31.9	141.5	60.2

Fuente: CNH, 2014b

La CNH publicó un resumen de resultados de las actividades de perforación exploratoria desarrolladas por PEMEX, en éste figuran siete pozos perforados en el estado, de los cuales se confirma la presencia de gas y condensado en los municipios de Hidalgo y Guerrero; así como gas seco en los municipios de Hidalgo y Progreso (CNH, 2014b). (Tabla 6).

Tabla 6. Pozos exploratorios de aceite y gas de lutitas terminados, junio 2014

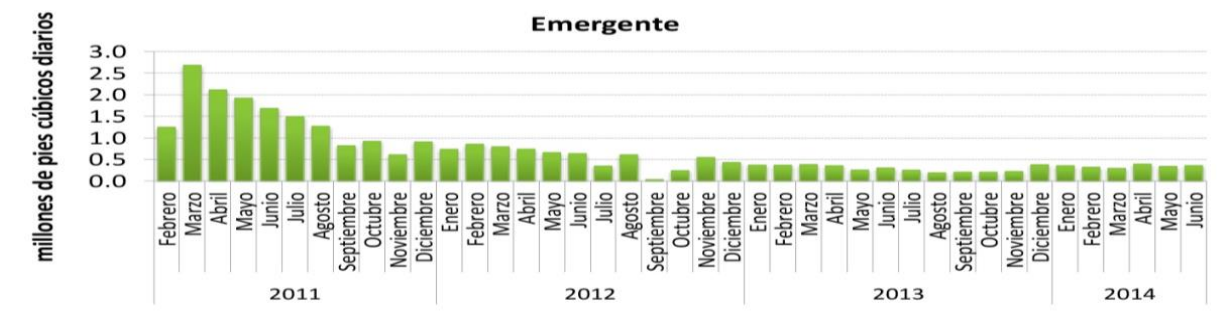
Pozo	Región	Prof. Total	Terminación	Intervalo	Municipio	Entidad	Resultado
EMERGENTE 1	Norte	4,071	17-feb-11	3,618-3,670	Hidalgo	Coahuila	Productor comercial de gas seco
PERCUTOR 1	Norte	3,436	30-mar-12	3,330-3,390	Progreso	Coahuila	Productor comercial de gas seco
HABANO 1	Norte	3,770	15-abr-12	3,703-3,643	Hidalgo	Coahuila	Productor comercial de gas y condensado
MONTAÑES 1	Norte	3,200	30-abr-12	3,155-3,080	Guerrero	Coahuila	Productor no comercial de gas y condensado
NOMADA 1	Norte	2,850	30-jun-12	2,806-2,737	Nava	Coahuila	Improductivo seco
ARBOLERO 1	Norte	4,007	07-jul-12	3,878-3,825	Anáhuac	Nuevo León	Productor comercial de gas seco
ANHELIDO 1	Norte	3,945	28-dic-12	2,847-2,922	Cruillas	Tamaulipas	Productor comercial de aceite y gas
CHUCLA 1	Norte	3,705	30-mar-13	3,560-3,645	Hidalgo	Coahuila	Productor comercial de gas y condensado
DURIAN 1	Norte	4,250	05-jul-13	4,155-4,215	Anáhuac	Nuevo León	Productor comercial de gas seco
NUNCIO 1	Norte	4,900	23-nov-13	4,821-4,865	Burgos	Tamaulipas	Productor comercial de gas seco
TANGRAM 1	Norte	4,426	31-dic-13	4,320-4,400	China	Nuevo León	Productor comercial de gas seco
GAMMA 1	Norte	3,793	22-dic-13	3,690-3,740	Guerrero	Coahuila	Productor no comercial de gas y condensado
KERNEL 1	Norte	4,404	31-dic-13	4,292-4,364	Melchor Ocampo	Nuevo León	Productor comercial de gas seco
BATIAL 1	Norte	4,199	21-may-14	4,110-4,160	Los Herreras	Nuevo León	Productor no comercial de gas seco
MOSQUETE 1	Norte	4,156	11-jun-14	4,030-4,094	Burgos	Tamaulipas	Improductivo seco

Fuente: CNH, 2014b

Como se puede apreciar en el Tabla 6, de los 15 pozos explorados, siete son de Coahuila, lo que significa una gran actividad exploratoria de este recurso en el estado. De estos pozos se tiene que uno es improductivo y dos son productores no comerciales, los restantes pozos son productores comerciales, dos son de gas seco y los otros dos de gas y condensado.

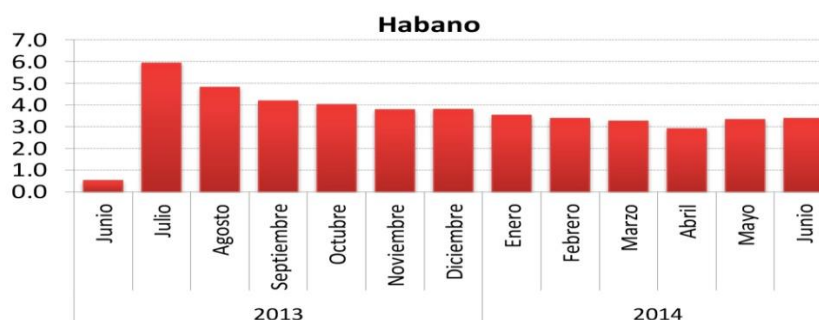
Similar a lo que se reporta en otros países, la producción de los pozos muestra una declinación muy pronunciada en el primer año, tal como se observa en la Ilustración 11 en la que se muestra que la producción de gas del pozo “Emergente”, declinó entre el 75 y el 70%. Por su parte, el pozo “Habano”, productor de gas y condensados, tiene una declinación menos abrupta de alrededor del 50% en el transcurso de un año. (Ilustración 12). (CNH, 2014b).

**Ilustración 11. Declinación de la producción de gas del pozo Emergente en el estado de Coahuila
(2011-2014)**



Fuente: CNH, 2014b

Ilustración 12. Declinación de la producción de gas y condensados del pozo Habano en el estado de Coahuila



Fuente: CNH, 2014b

2.3.1 Actividad del área en el estado

PEMEX ha desarrollado actividades de exploración de los recursos contenidos en lutitas; estas actividades han sido de exploración aplicando tecnologías de sísmica, así como de perforación de pozos. Actualmente está desarrollando un proyecto exploratorio por tecnologías de sísmica 3D 3C en el municipio de Guerrero, con la participación del Instituto Mexicano del Petróleo, teniendo como objetivo el diseñar, adquirir e interpretar 1500 km² correspondientes al *play* cretácico Eagle Ford, correspondiente a gas húmedo.

En relación a la explotación de hidrocarburos de lutita en el estado se conjugan dos aspectos importantes; por un lado la falta de experiencia en el sector, y por otro, el gran potencial de estos recursos en el territorio. Debido a esto, tanto los sectores de gobierno, las instituciones y las asociaciones no gubernamentales están concentrando esfuerzos para prepararse para el desarrollo de este sector.

A este respecto se han emprendido importantes acciones, entre las que destacan las que a continuación se mencionan:

- **Clúster Minero-Petrolero:** es una asociación civil que surge de la alianza de empresarios, universidades, centros de investigación y autoridades estatales y municipales, con el propósito de convocar y preparar a los actores de este nuevo sector en el estado de Coahuila.
- En los agremiados al clúster se cuenta con 17 municipios, nueve universidades nacionales y extranjeras, y aproximadamente 50 empresas, entre pequeñas, medianas y grandes, que tienen la capacidad o el potencial para dar servicio o participar en la cadena de suministro del sector.
- El Clúster Minero-Petrolero está conformado por seis comités, cada uno de los cuales abarca aspectos importantes para el desarrollo del sector: Infraestructura, Recursos Humanos, Proveeduría, Derechos Superficiales, Innovación Tecnológica y Medio Ambiente.

Entre los objetivos del clúster se puede citar:

- Promover el desarrollo, atracción y retención de profesionales altamente calificados.
- Aumentar el dinamismo de las empresas de la región y del sector, oportunidades de negocio, de servicios y de soporte a las exploraciones mineras y petroleras.
- Fomentar la vinculación existente entre el sector productivo, el gobierno y las instituciones de educación superior.
- Desarrollar alianzas estratégicas con empresas y sectores altamente competitivos.

A continuación se enlistan las iniciativas que ha emprendido el Clúster Minero-Petrolero en Coahuila:

- Desarrollo sustentable del estado en beneficio de la sociedad.
- Integración de cadenas productivas con la participación de proveedores locales.
- Formación de capital humano, la innovación y el desarrollo tecnológico.
- Negociaciones que den trato justo a los dueños y seguridad a los inversionistas.
- Creación de la infraestructura necesaria para el desarrollo de la industria de hidrocarburos.

En este mismo esfuerzo, el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Coahuila (COECyT) anuncia que apoyará con recursos para el desarrollo tecnológico, de innovación e investigación, a las empresas y universidades que desarrollen proyectos para la explotación del shale gas en Coahuila.

2.3.2. Consideraciones relevantes del estado para la explotación del shale gas

▪ Educación y recursos humanos

El naciente sector de hidrocarburos en Coahuila requiere de la formación de capital humano con competencias específicas para dar vida a dicho sector. A ese respecto se han realizado esfuerzos importantes para desarrollar los perfiles requeridos por la industria del sector.

Con base en la revisión de los casos en Estados Unidos y Canadá se está generando la lista de personal, tanto de nivel técnico como de nivel superior, requerido en las diversas etapas que incluye desde la exploración hasta la producción de gas de lutita. En la tabla 7 se muestran algunas de las principales especializaciones requeridas:

Tabla 7. Principales especializaciones requeridas para la explotación del shale gas

Exploración y desarrollo de campos
Ingenieros petroleros
Geólogos, geofísicos y geoquímicos.
Laboratoristas químicos
Topógrafos
Etapas de diseño y construcción de instalaciones
Ingenieros Petroleros
Ingenieros en diseño (químicos en procesos, topógrafos, mecánicos, civiles, eléctricos, instrumentación y control, comunicaciones, seguridad)
Ingeniero topógrafo.
Ingenieros y técnicos para construcción eléctrica.
Ingenieros y técnicos para construcción de sistemas electrónicos de
Ingenieros y técnicos para construcción civil
Ingenieros y técnicos para construcción de instalaciones mecánicas y
Ingenieros y técnicos en soldadura, supervisión e inspección
Ingenieros en medición
Ingeniero en seguridad NFPA
Perforación y terminación
Ingenieros petroleros
Geólogos y geofísicos
Conductores de vehículos de desechos y de equipo móvil de perforación
Cuadrillas de perforación, cementación y fracturación, Operadores de bombas de alta presión, operarios en general
Operador de sistemas de lodos
Operadores perforistas
Laboratoristas químicos
Conductores de vehículos para tratamiento de aguas, desechos y arenas
Ingenieros mecánicos en operación y mantenimiento de motores estacionarios de combustión interna, sistemas de potencia hidráulica, malacates y bombas de lodos
Ingenieros eléctricos en mantenimiento de sistemas de generación, transformación y distribución
Ingenieros electrónicos en sistemas de instrumentación y control y comunicaciones
Personal de seguridad y protección al ambiente

Producción
Ingenieros petroleros/químicos, operadores de procesos de producción, bombeo y compresión
Mecánicos supervisores de línea, administradores de proyecto, equipos de seguridad
Examinadores de Salud, Seguridad y Ambientales
Laboratoristas químicos
Asesores de impacto ambiental
Ingenieros en medición de flujos
Ingenieros en comunicación
Ingenieros en inspección y supervisión de ductos de transporte
Ingenieros en inspección de instalaciones e integridad mecánica

Fuente: CamBioTec, A.C., 2014

Una de las estrategias del estado de Coahuila, para el desarrollo este sector, ha sido el aprovechar la experiencia del estado de Texas, en lo referente a la infraestructura, servicios y capital humano para el desarrollo del sector de explotación del gas shale. En este sentido la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC) firmó un convenio de vinculación académica con la Texas A&M University, con el propósito de colaborar en planes y programas educativos, el intercambio de estudiantes y docentes, proyectos de investigación, programas de doble titulación, bases de datos y fuentes de información.

A partir de esta alianza estratégica la UAdeC se ostenta como la institución que lidera la formación de profesionistas para este sector emergente de hidrocarburos no convencionales en Coahuila. Entre los primeros frutos de este proyecto, la Escuela Superior de Ingeniería Lic. Adolfo López Mateos, en Nueva Rosita Coahuila, ofrece las carreras de Ingeniería de Recursos Minerales Energéticos y la de Ingeniero Geólogo. Asimismo, la UAdeC se plantea como propósito la creación de un Centro de Investigación para la explotación del gas shale.

En este proyecto de formación de perfiles requeridos se cuenta con la participación de la Universidad Tecnológica de la Región Centro de Coahuila (UTRCC), que trabaja en la planeación de la carrera de mantenimiento industrial en el área petrolera. Esta iniciativa

surge a raíz de la vinculación de la UTRCC con PEMEX que, desde hace algunos años, colaboran en la supervisión de la perforación de pozos y en capacitación de su personal.

La UTRCC ofrece también capacitaciones con el propósito de preparar los perfiles requeridos para este sector del gas shale. A este respecto, en trabajo conjunto con los municipios como el de Guerrero Coahuila, se firman convenios para ofrecer cursos de capacitación a bajo costo a la población interesada en prepararse para participar en este sector.

Otro gran paso en el posicionamiento de la UTRCC como promotora de la formación de perfiles para el sector del gas shale, es el convenio firmado con Texas A&M University, que tiene como propósito la colaboración conjunta para la creación de diplomados y una carrera relacionados con este sector. En este convenio se contempla la doble certificación de los egresados.

La Corporación Mexicana de Investigación en Materiales S.A. de C.V. (COMIMSA) firmó un convenio con el COECyT, con el propósito de realizar un estudio de capacidades y tendencias socioeconómicas de las regiones del estado de Coahuila. Dicho estudio está enfocado a la obtención de la información que permita adecuar la oferta educativa a la demanda de personal capacitado que estará requiriendo la industria. En este caso particular, que se contemple al recurso humano que habrá de insertarse en el mercado laboral del sector de los hidrocarburos de lutitas.

▪ **Factor agua**

Uno de los aspectos más controversiales respecto al sector del gas shale es, sin duda, el del agua. Son varios los aspectos importantes que se relacionan con este insumo requerido en el proceso, los cuales se explican a continuación.

La cantidad de agua que se requiere para realizar el proceso de fracturación hidráulica es muy alta, algunos datos mencionan que se requiere entre 10,000 y 30,000 m³ de agua por pozo. Esto representa la necesidad de contar con abastecimiento suficiente para realizar dicho proceso.

El abasto de agua representa, además, dificultades relacionadas con el transporte del líquido desde los reservorios hasta el pozo. El transporte de tales cantidades requiere de una gran cantidad de vehículos pesados que circulan por vías que necesitan preparación especial y mantenimiento continuo para el número de viajes requeridos para el abastecimiento de este insumo.

Por otro lado, uno de los cuestionamientos más serios es respecto a la calidad del agua que se utiliza en el proceso, dado que la región está tipificada como semidesértica, por lo que los suministros de agua dulce son un insumo de muy alto valor. Atendiendo a esta preocupación se está considerando utilizar tecnología que permita el uso de aguas negras, salobres, o tratadas para el proceso de fracturación hidráulica. Además del reúso del agua que ya ha sido usada en el mismo proceso.

También se discute por parte de la sociedad el posible daño a los depósitos de agua subterránea durante el proceso de perforación y fracturación. A este respecto los especialistas aseguran que el método de perforación y terminación del pozo no daña en lo absoluto los mantos freáticos.

Entonces, entre los aspectos que se deben considerar para la planeación de la cadena de suministros del gas shale, es el proceso de reciclamiento y reuso del agua para la fracturación hidráulica.

▪ Medio ambiente

En referencia a la cuestión ambiental se presentan aspectos positivos y negativos. Por un lado, el uso del gas de lutitas representa un combustible más limpio comparado con el carbón y el petróleo, a este respecto el uso de este hidrocarburo reduce significativamente las emisiones de carbono a la atmósfera de entre 20% hasta 45% menos que con el uso de los combustibles convencionales.

Desde el punto de vista del impacto al ambiente existe una fuerte resistencia de los grupos ecologistas y de una parte de la población en consideración a los siguientes aspectos:

- Se hace referencia a movimientos telúricos o sismos. El sustento de esto se refiere a la creación de fracturas y desplazamientos provocados por el proceso de la fracturación hidráulica.
- Se plantea que se produce contaminación en los suelos y los mantos freáticos debido a las sustancias contenidas en los lodos o aguas o mezcla para el *fracking*. Sin embargo, existe oposición a esta afirmación, señalando que no se ha comprobado.
- La posibilidad de fuga descontrolada de metano puede producir más contaminación ambiental.

- **Sensibilidad social y sustentabilidad en el sector**

Como se mencionó, a pesar de la escasa información en torno al nascente sector de exploración y explotación de hidrocarburos en Coahuila, se hace sentir la posición antagónica de los grupos que no permiten ver las ventajas del desarrollo del sector. A ese respecto es importante considerar que para que la población entienda la dimensión del impacto de esta nueva actividad debe estar claramente informada. Por lo que es importante un programa que permita hacer llegar a los diversos sectores de la sociedad la información requerida para conocer todos los aspectos relacionados con esta industria y así tener una expectativa clara de los objetivos y de las posibilidades de participación.

Los habitantes de las comunidades en las que se llevarán a cabo los trabajos deberán estar enterados de todos los aspectos que les atañen, en lo relacionado con el ambiente, las afectaciones por el uso del suelo, la implementación de servicios y las fuentes de empleo que se generarán.

Con la apertura a este nuevo sector y con la experiencia de impacto en las comunidades de Estados Unidos, se debe realizar una adecuada planificación que involucre los aspectos sociales económicos y políticos que permita estar preparados para el crecimiento abrupto en localidades que en la actualidad no cuentan con la infraestructura mínima requerida.

En este contexto se debe planificar el crecimiento en vivienda, escuelas, centros comerciales, servicios, etc., requeridos para albergar a la población que se incorporará a la

comunidad. Así mismo se requiere la planeación y adecuación de infraestructura para caminos que permitan el tránsito de vehículos pesados en la magnitud que se necesita para la implementación de la tecnología del sector.

La normatividad relacionada con el aspecto ambiental es uno de los factores de más impacto en lo que respecta a la sustentabilidad. En ese sentido se debe procurar hacer compatible la explotación del recurso de los hidrocarburos de lutitas con el ambiente natural, por lo que habrá que considerar el cuidado y la implementación de estrategias que contemplen (Guzmán, 2013):

- **Disponibilidad y calidad del agua.** Que incluye inventarios, caracterización y estudios ambientales de los cuerpos de agua superficial y subterránea; uso y aprovechamiento del agua; generación de agua residuales; disponibilidad de fuentes de abastecimiento para generar un modelo hidrogeológico conceptual.
- **Condiciones de suelo y subsuelo.** En el que se contempla la evaluación de las características ecológicas y la calidad del suelo y del subsuelo.
- **Calidad del aire.** Considerando la evaluación y concentraciones de gases, de partículas, compuestos orgánicos volátiles y la evaluación de los niveles de ruido.
- **Cambio de uso del suelo.** Análisis para determinar las tendencias de cambio de uso del suelo y de cobertura vegetal.
- **Riesgo ambiental y salud.** En este aspecto se considera la identificación de sustancias y compuestos nocivos, los riesgos potenciales y las rutas de migración.
- **Vida silvestre.** Realizar inventarios de flora y fauna, establecer indicadores de afectación por las actividades prospectadas.

A la vez se requiere el *empleo de tecnologías* que permitan monitorear y dar recomendaciones para el manejo adecuado del ambiente correspondiente a todos los procesos relacionados con la exploración, producción y distribución de los hidrocarburos de lutitas.

El agua es un aspecto que requiere mención especial, debido a la preocupación que representa la gran demanda que este sector hace del preciado recurso. A este respecto el Clúster Minero Petrolero realizó un análisis comparativo del volumen del uso del agua en diferentes actividades de la economía en el estado de Coahuila (Clúster Minero Petrolero, 2014). Este comparativo indica una relación beneficio- costo favorable, pues ésta no sería la actividad con mayor consumo de agua, pero sí la que generaría mayores ingresos por unidad consumida. (Tabla 8).

Tabla 8. Comparativo de Consumo de Agua en Diversos Sectores Productivos de Coahuila

Comparativo de Consumo de Agua en Diversos Sectores Productivos en Coahuila						
Actividad	m ³ de Agua consumida	Unidad	Producción Anual	Precio por unidad	Ingreso Estimado Anual (IEA) ¹⁵	IEA por m ³ consumido
Gas Shale	15,000 - 23,000 ¹	Pozo	589,110 GJ ⁷	176.70 MXP / GJ ¹¹	\$ 104,095,737	\$ 5,478.72
Cultivo de Algodón	50,000 - 110,000 ²	10 Hectáreas	12.4 Tons. ⁸	25,847.7 MXP/ Ton ¹²	\$ 276,470	\$ 3.46
Cultivo de Melón	73,000 aprox. ³	10 Hectáreas	549.4 Tons	6,360 MXP/Ton	\$ 3,494,184	\$ 47.87
Cultivo de Sandía	57,000 aprox. ⁴	10 Hectáreas	445.5 Tons	5,000 MXP/Ton	\$ 2,227,500	\$ 39.08
Cervecería Nava	3,396,000 ⁵	Año	10,000,000 Hl ⁹	24 MXP/Litro ¹³	\$ 24,000,000,000	\$ 7,067.14
Termoeléctrica I Nava	3,066,667 ⁶	Año	9,200,000 MWH ¹⁰	1,539 MXP/MWH ¹⁴	\$ 14,158,800,000	\$ 4,617.00
Termoeléctrica II Nava	3,433,333	Año	10,300,000 MWH	1,539 MXP/MWH	\$ 15,851,700,000	\$ 4,617.00

Fuentes:

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² WWF México, *The Water footprint of Mexico in the context of North America 2012 Report*

³ Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 2006. 5: 19-2, *Producción de Melón (Cucumis melo, L) y zanahoria (Daucus carota, L) bajo riego por cintilla en la comarca lagunera*

⁴ Revista Chapingo Serie Horticultura 9(2): 209-223, 2003. *Productividad y rendimiento de sandía por efecto del agua en diferentes condiciones de manejo*

^{5 y 9} Calculado con datos provenientes del Informe Anual 2011 de Grupo Modelo SAB de CV

^{6 y 10} Calculado con datos de CFE y del Consejo Consultivo del Agua

⁷ Estimación calculada con Datos de la Railroad Commission of Texas para el Yacimiento Eagle Ford

⁸ Estimación calculada con Datos de SAGARPA, Escenario Base del Sector Agropecuario en México, Proyecciones 2009 - 2018

¹¹ CRE, considerando el Precio promedio de 2013 ofertado por Gas Natural de México en Saltillo para uso residencial

¹² ASERCA, precio de 30 de abril 2014 para Algodón tipo México GM 1- 3/32" GS, precio 443.95 USD por paca, considerando precio promedio de 225 kg por paca y 13.10 en Tipo de Cambio

¹³ Profeco, Comparativo de precios de Cerveza a Abril 2013

¹⁴ Promedio de Tarifas de CFE para servicio doméstico para el 2014

¹⁵ Para el caso de Gas Shale y Cultivo de algodón se utilizaron cifras promedio de consumo de m³ de agua

Fuente: Clúster Minero Petrolero, A.C., 2014

2.4. Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial

2.4.1. Yacimientos convencionales y no convencionales

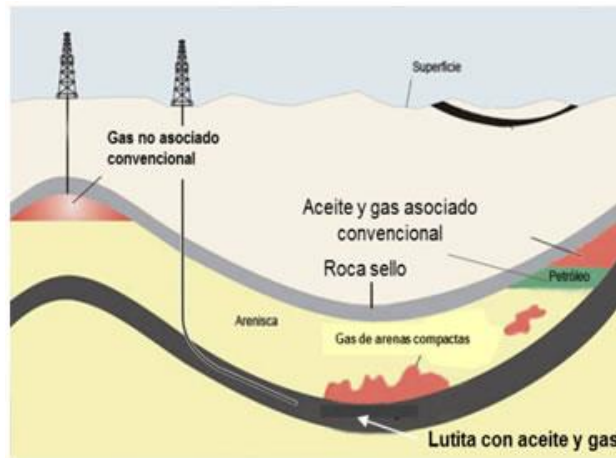
Históricamente el petróleo fue utilizado recogiendo de sitios donde brotaba naturalmente, conocido como betún o asfalto. A medida que la explotación se intensificó fue necesario perforar para obtenerlo. A mediados del siglo XIX se reporta en Estados Unidos la perforación de los primeros pozos someros de donde se extraía el petróleo. A finales de ese siglo y con la aparición del automóvil, se desarrolla una industria con aplicación de tecnología de perforación, pero siempre en sitios donde el petróleo fluía por la presión propia del yacimiento o con ayuda de bombas. Estos yacimientos son conocidos como yacimientos convencionales. Con el desarrollo industrial del siglo XX, fueron desarrolladas nuevas tecnologías para explotar dichos hidrocarburos y se fueron a su vez encontrando yacimientos donde existía petróleo, sin embargo, fluía en cantidades no económicamente explotables o no fluía, por lo que fueron abandonados. Estos depósitos de hidrocarburos se conocen como no convencionales y se caracterizan por la baja permeabilidad y alta capilaridad de la roca almacén. A medida que la demanda creció y los precios se incrementaron, inició la búsqueda de medios para hacer que dicho hidrocarburo fuera extraído. Con esto se desarrollan las tecnologías para explotar los yacimientos no convencionales.

La dinámica de extracción, producción y consumo de las fuentes convencionales de recursos energéticos en el mundo, ha llevado a voltear la mirada a los recursos no convencionales. Tal es el caso de las reservas de gas natural y otros hidrocarburos, por lo que actualmente existe una visión distinta del entorno, lo que ha generado una gran expectativa en el desarrollo del sector. Pues se considera que estas fuentes no convencionales contienen grandes volúmenes de recursos en sitios donde se consideraba que no era posible su extracción.

La génesis de los hidrocarburos ocurre a partir de fenómenos geológicos que involucran el aporte de gran cantidad de materia orgánica proveniente de los restos de seres vivos de eras geológicas pasadas, depositados en cuencas y sepultados por sedimentos acumulados durante millones de años y sometidos a condiciones de altas presiones y temperaturas. Una proporción importante de estos hidrocarburos migran desde la roca generadora hacia estratos de arenisca o calizas, en los que se acumulan en la roca almacén, quedando almacenados en sitios trampa. Otros yacimientos de hidrocarburos se formaron tras el depósito de la materia orgánica mezclada con arcillas y roca finamente dispersa, que al ser sometido a la presión y temperatura de formación, la roca madre adquiere características de baja permeabilidad y baja porosidad lo que impide la migración de los hidrocarburos. Tal es el caso del gas y petróleo de lutita, donde la roca madre es a la vez roca almacén.

En este contexto se identifican los dos tipos de hidrocarburos denominados convencionales y no convencionales. La condición que determina la diferencia entre estos recursos está relacionada con la fluidez del recurso y, por ende, la complejidad de extracción. Puede tratarse de hidrocarburos de muy alta viscosidad o de gases atrapados en rocas de muy baja permeabilidad, por lo que se requiere de un método específico que permita su extracción. En México, típicamente los hidrocarburos convencionales se localizan en roca de arenisca o caliza naturalmente fracturada de donde se extraen utilizando los métodos tradicionales de perforación vertical. Existen, sin embargo, otras reservas de hidrocarburos como el aceite y gas que se encuentran atrapados en las formaciones de rocas de lutita, lo que dificulta su extracción por medios convencionales, por lo que se han venido desarrollando métodos y tecnologías específicas para recuperar los hidrocarburos del interior de la roca en la que se encuentran embebidos (PEMEX, 2012) (Ilustración 13).

Ilustración 13. Hidrocarburos convencionales y no convencionales

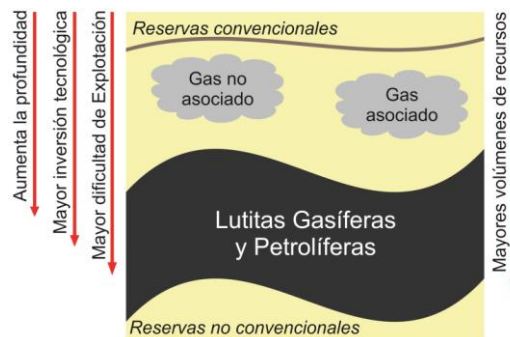


Fuente: SENER, 2012

2.4.2 Tecnología para la explotación del shale gas

Como se observa en la Ilustración 14, el gas natural convencional, tanto el asociado como el no asociado, se encuentra en sustratos de arenisca y a menor profundidad. A diferencia del gas de lutitas que se encuentra a mayor profundidad y embebido en roca de baja permeabilidad, ambas condiciones representan retos importantes que han generado desarrollos tecnológicos asociados a la fracturación de la roca para la movilización y extracción del gas. (Ilustración 14).

Ilustración 14. Retos en la explotación de reservas no convencionales



Fuente: Fuente: SENER, 2012

En las últimas décadas los yacimientos no convencionales se han vuelto económicamente viables gracias a los avances tecnológicos en perforación horizontal y fracturación hidráulica (*fracking*), lo que ha revolucionado las perspectivas energéticas del mundo. Un ejemplo de la aplicación de esta tecnología son Estados Unidos y Canadá, que han incrementado la producción de gas natural no convencional a partir de la explotación exitosa de yacimientos de shale gas.

A continuación se hace un análisis de las tecnologías requeridas para la producción del gas de lutitas, iniciando con exploración, la perforación horizontal y la fracturación hidráulica.

Exploración

La estimación de la cantidad y disposición de los yacimientos de lutitas gasíferas se realiza a través de métodos de recopilación de datos que permiten determinar las cuencas con reservas y estimar el volumen de las mismas. En el análisis de la información se utilizan datos de columnas estratigráficas, la extensión y las profundidades del yacimiento y contenidos de materia orgánica, entre otros.

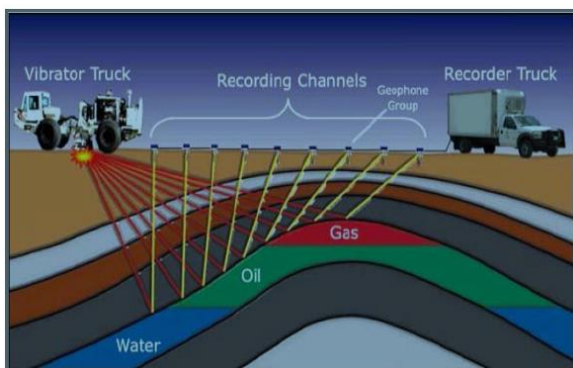
Técnicas más finas de caracterización de los yacimientos, como la sísmica 3D, permite identificar los sitios específicos por densidad y espesores de la roca, caracterizando los llamados *sweet spot* o zonas con alta densidad de fracturas y condiciones favorables para la acumulación de hidrocarburos en el que se presentan las mejores condiciones para el proceso de hidrofracturación.

El proceso de exploración sísmica se realiza a través de un sistema complejo formado por una fuente emisora de ondas sísmicas que se propagan en el subsuelo (Figura 14a) y, por otra parte, un sistema receptor con sensores que captan los diferentes reflejos (ecos) del rebote de las ondas en las capas del subsuelo. Los datos registrados se procesan para mostrar la imagen de la estructura del subsuelo (Figura 14b) (Ávila, 2013). Esta información permite también realizar un adecuado diseño de la ubicación de los pozos, de

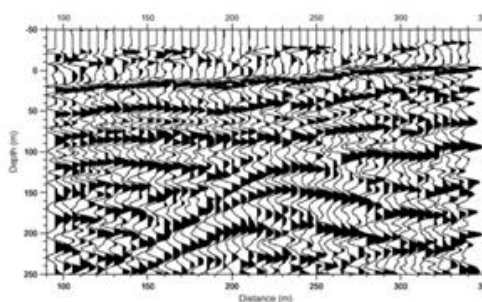
la profundidad de perforación e incluso de la planeación para el proceso de hidrofracturación.

Ilustración 15. Exploración sísmica a) envío de ondas sísmicas y recepción de la información; b) imagen generada con los datos de la estructura del subsuelo

a. Exploración sísmica



b. Imagen de suelo



Fuente: Ávila, 2013

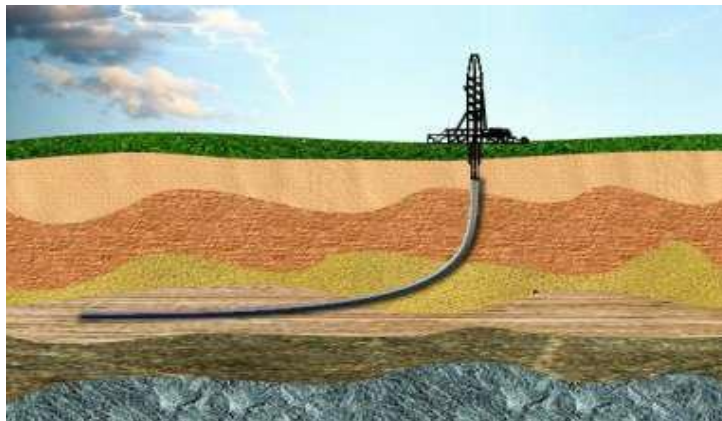
Perforación

La perforación, para la extracción de reservas convencionales, es un proceso ampliamente conocido. El desarrollo tecnológico de los procesos de perforación derivó en métodos de perforación horizontal que se empezaron a utilizar por 1980, con el propósito de abarcar un área mayor de los yacimientos. La tecnología de perforación horizontal es muy adecuada para la forma de los yacimientos de lutitas gasíferas.

En la perforación de los pozos para explotación de gas en lutitas, se realiza, en primera instancia, una perforación vertical similar a la de los pozos convencionales (incluyendo diversos revestimientos con tubería y cementaciones para cuidar los mantos freáticos), hasta generalmente profundidades mayores a los 1000 m. El diseño del pozo contempla la inclinación gradual para el paso del pozo vertical hasta la horizontal, la longitud de la perforación horizontal puede llegar hasta los 4000 m (Ilustración 16). Cuando se ha completado la perforación horizontal se introduce la tubería de revestimiento y se lleva a cabo la cementación (CNH, 2011). Para la explotación extensiva del gas de lutitas se ha

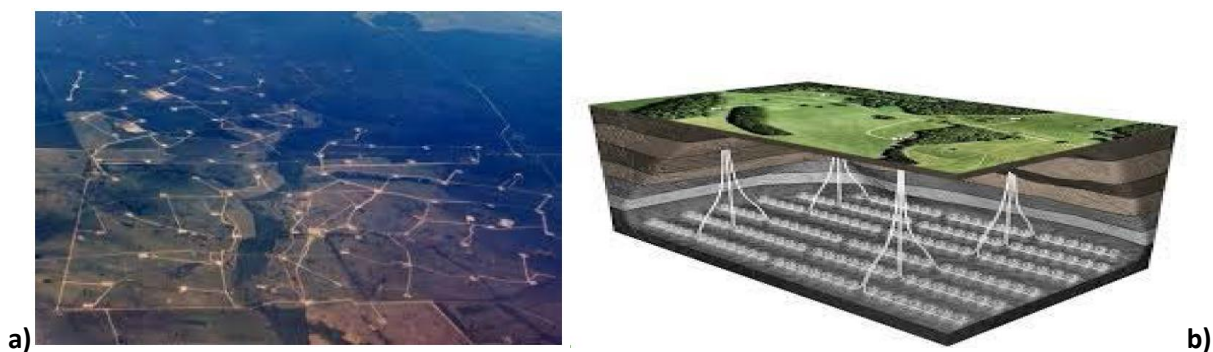
utilizado como estrategia el diseño y terminación de pozos horizontales, tal como se observa en la Ilustración 16. (Méndez Castro, 2013).

Ilustración 16. Pozo horizontal



Fuente: CNH, 2011

Ilustración 17. Trazado e instalación de pozos a) vista aérea; b) esquema para visualizar pozos horizontales



Fuente: Méndez, 2013

Fracturación hidráulica

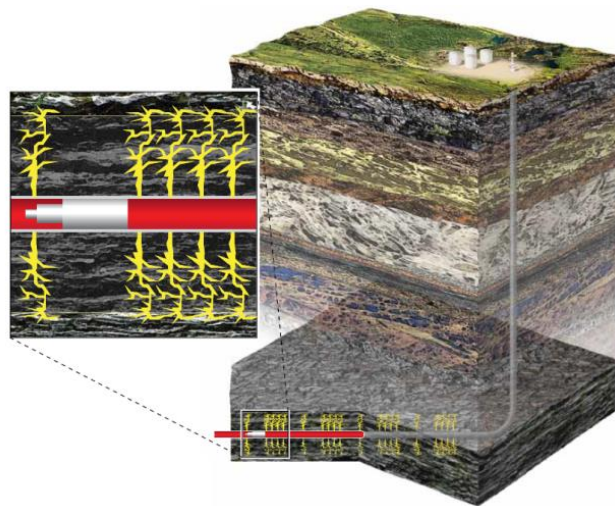
Para la explotación de las reservas no convencionales, aunado a la perforación, se requiere un método de estimulación que permita aumentar la permeabilidad de la roca para movilizar el gas embebido, de tal forma que el gas pueda fluir hacia el tubo de

producción. Esta es la base de la tecnología de fracturación hidráulica (Alexander et al., 2011).

Aunque la técnica del fracturamiento hidráulico tiene sus orígenes en el siglo XIX, fue hasta mediados del siglo XX, con George Michell quien dio auge al uso de este método. Los desarrollos tecnológicos de las últimas dos décadas del siglo permitieron el avance de la técnica (*fracking*). Actualmente su uso está ampliamente extendido, pues hace viable la explotación de los hidrocarburos no convencionales.

La técnica de fracturación hidráulica consiste en inyectar, a través del pozo, una mezcla de agua, arena y aditivos, a una muy alta presión, de tal manera que se fracture la roca. La arena o agente sustentante o apuntalante permite mantener abierta la fractura y conformar un canal de conducción. En algunos métodos se utiliza ácido para disolver las paredes de la grieta, provocando con esto que las paredes irregulares no permitan que la grieta se cierre (Ilustración 18). El proceso de fracturación se lleva a cabo de manera múltiple a diferentes etapas en la longitud de la sección horizontal del pozo.

Ilustración 18. Fracturación hidráulica



Fuente: Alexander, et al., 2011

El líquido utilizado en el *fracking* es un elemento fundamental para el proceso de fracturamiento, pues de las propiedades mecánicas y químicas del líquido depende el nivel de resultados. Los fluidos pueden tener como base agua, aceite, ácido o CO₂.

El líquido bombeado se compone predominantemente de agua y arena (entre el 98 y 99.5%) al cual se agregan aditivos químicos que le confieren diversas propiedades a la mezcla para optimizar el proceso de fractura, como son: el pH, la gelificación, la reducción de la fricción y la prevención de la corrosión así como para la prevención de proliferación de bacterias. La composición química de los aditivos del líquido fracturante varía dependiendo del tipo de roca y de la tecnología. Entre las funciones del fluido de fracturación se pueden citar (CNH, 2011):

- Transmite la presión que permite generar la fracturación de la roca
- Transporta y distribuye al agente sustentante y los aditivos químicos que facilitan el proceso

El líquido de fracturación es por mucho una de las tecnologías más controversiales del proceso de extracción del gas de lutitas. Los elementos fundamentales en esta discusión son el gasto de agua y el riesgo de impacto ambiental. En este sentido las empresas y los desarrollos tecnológicos están encaminados al uso de agua no potable y a la reutilización al 100% de la misma, una vez que parte del mismo fluido de fracturación es regresado por el pozo al ponerlo a producir y es recuperado por separación en la superficie. Asimismo, la investigación está dirigida a la utilización de aditivos que no representen un daño al ambiente.

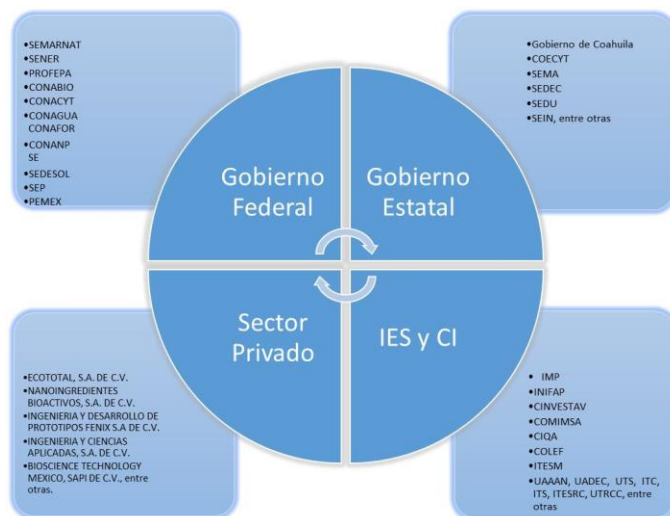
3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN PARA EL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

El ecosistema de innovación del área Energías Convencionales e Hidrocarburos se integra por el gobierno, mediante sus distintas dependencias y programas e instrumentos de política (convenios con organismos internacionales); las empresas de los diversos subsectores; las Instituciones de Educación Superior (IES), y Centros de Investigación.

3.1. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación

El ecosistema de innovación del sector energía convencional e hidrocarburos en México se integra por el gobierno, mediante sus distintas dependencias, programas e instrumentos de política (convenios con organismos internacionales); las empresas; las Instituciones de Educación Superior (IES), y Centros de Investigación.

Ilustración 19. Ecosistema de Innovación de Energías Convencionales e Hidrocarburos



Fuente: CamBioTec, A.C., 2014

Además de los CI, IES, dependencias gubernamentales y empresas, existen otros agentes participantes del ecosistema de innovación como: el Clúster Minero-Petrolero, ProMéxico, cámaras empresariales, asociaciones, organizaciones, despachos. Asimismo, existen convenios internacionales entre IES y CI y organismos internacionales.

3.2. Principales IES y Centros de Investigación y sus principales líneas de investigación

Para enero de 2014, a nivel nacional se registraron 92,273 egresados del área Ingeniería, manufactura y construcción, de los cuales 3,858 egresaron de Coahuila.

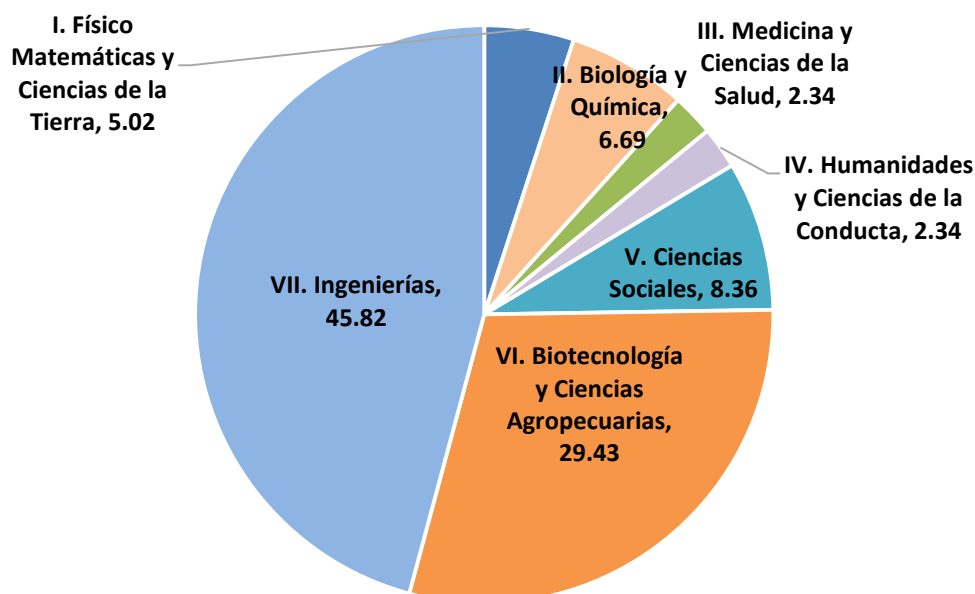
De acuerdo con el Anuario Estadístico de la ANUIES, la población a nivel técnico superior en Coahuila durante el ciclo escolar 2012-2013, registró 7,096 matriculados, 2,132 egresados y 1,559 titulados. De éstos, las áreas de Agronomía y Veterinaria, y Artes y Humanidades no tuvieron ningún registro; en tanto, Ingeniería y Tecnología, y Ciencias Sociales concentraron la mayor parte de la matrícula.

A nivel licenciatura, durante el mismo ciclo escolar se registraron 73, 249 matriculados, 10, 063 egresados y 6,156 titulados. Las áreas de Ciencias Sociales e Ingeniería y Tecnología concentraron el mayor registro, seguidos de Salud, y Agronomía y Veterinaria. (ANUIES, 2013).

Mientras, durante el periodo 2011-2012, Coahuila registró a nivel posgrado 4,754 matriculados. (FCCyT, 2014).

Por otro lado, para enero de 2014, en México se registraron 21,359 investigadores, de los cuales sólo el 1.4% corresponde a Coahuila. Las áreas donde se concentra el mayor número de investigadores son Ingeniería, Biotecnología y Agropecuaria. Véase ilustración 19. (ProMéxico, 2014).

Ilustración 20. Investigadores SNI por área académica (% , enero - 2014).



Fuente: ProMéxico, FCCYT, 2014

3.2.1. Instituciones de Educación Superior

Entre las principales Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación relacionados con el área de Energías Convencionales e Hidrocarburos en Coahuila se encuentran:

Tabla 9. Principales Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación en Energías Convencionales e Hidrocarburos en Coahuila

Instituciones en Coahuila		Líneas de investigación / Oferta Académica
Universidad Autónoma de Coahuila ¹		La oferta académica de la UAdeC relacionada con el tema de hidrocarburos en especial de lutitas se centra en: ➤ Ingeniería en Geología ➤ Ingeniería en Metalúrgica ➤ Ingeniería en Recursos Minerales y Energéticos, entre otras ➤ Forma parte del Clúster Minero Petrolero ➤ Las líneas de investigación se centran en las capacidades de

¹ <http://www.uadec.mx/>

	explotación de shale gas en el estado, concentrando esfuerzos en la creación de nuevos programas enfocados en el naciente sector
Universidad Tecnológica de la Región Centro de Coahuila²	La oferta académica de la universidad, a raíz de la importancia adquirida de los hidrocarburos no convencionales, se concentra en las carreras de: ➤ Ingeniería en Mantenimiento Industrial del Área Petrolera. ➤ Ingeniería en Sistemas Productivos. ➤ Se encuentra desarrollando programas específicamente para el estudio del shale gas. ➤ Brinda cursos para formar técnicos para la explotación del shale gas.
Instituto Mexicano del Petróleo³ (IMP)	El IMP y Pemex colaboran conjuntamente en: ➤ Actividades de investigación y exploración en el estado para calcular el potencial de la producción de gas shale ➤ Participa en la formación y capacitación de técnicos e ingenieros en la explotación de shale gas
Corporación Mexicana de Investigación en Materiales SA de CV. COMIMSA⁴	El centro de investigación orienta sus esfuerzos en diversas líneas de investigación como son: ➤ Ingeniería de proyectos ➤ Ingeniería de manufactura ➤ Ingeniería ambiental ➤ TIC orientadas a la investigación de hidrocarburos no convencionales ➤ Metalmecánica ➤ Redes de vinculación ➤ Estudios de posgrado y educación continua en hidrocarburos ➤ Investigación en materia de shale gas

Fuente: CamBioTec, A.C., 2014

“Las IES y los CI contribuyen a la creación de una masa crítica con la capacidad de utilizar el conocimiento en diferentes campos, y con la capacidad de crear nuevo conocimiento susceptible de coadyuvar al desarrollo socioeconómico del estado”. (Villavicencio et al., 2012: 242).

Información referente a las IES y CI a nivel federal se ubica en el apéndice A.

² <http://www.utrc.edu.mx/carreras-de-ingenieria>

³ <http://www.imp.mx/comunicacion/gaceta/?imp=nota¬a=130321esp>

⁴ <http://www.comimsa.com.mx/>

3.3. Detalle de empresas RENIECYT del área de especialización

En Coahuila, las empresas que cuentan con RENIECYT y que pertenecen al área Energías Convencionales e Hidrocarburos, se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 10. Empresas con registro RENIECYT en el área Energías Convencionales e Hidrocarburos en Coahuila

Empresas	Actividad	Tamaño
ECOTOTAL, S.A. DE C.V.	Fabricación de aceites y grasas lubricantes.	Micro
INDUSTRIAL DE PLASTICOS ARMA S.A. DE C.V.	Fabricación de otros productos de plástico.	Mediana
NANOINGREDIENTES BIOACTIVOS, S.A. DE C.V.	Fabricación de otros productos químicos básicos orgánicos.	Micro
INGENIERIA Y DESARROLLO DE PROTOTIPOS FENIX S.A DE C.V.	Fabricación de otros productos de plástico.	Micro
CAFE SOLUCIONES INTEGRALES DE LIMPIEZA S.A. DE C.V.	Fabricación de otros productos químicos.	Micro
POLIPLASTIK DE MEXICO S.A. DE C.V.	Fabricación de envases y contenedores de plástico.	Pequeña
SUPER HIGH INGENIEROS S.A. DE C.V.	Fabricación de otros productos de hule.	Micro
INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS, S.A. DE C.V.	Fabricación de otros productos químicos.	Pequeña
BIOSCIENCE TECHNOLOGY MEXICO, SAPI DE C.V.	Fabricación de otros productos químicos básicos inorgánicos.	Micro
LOREAN ENERGY GROUP, S.A.P.I. DE C.V.	Generación y transmisión de energía eléctrica.	Micro
COYOTEFODDS BIOPOLYMER AND BIOTECHNOLOGY S DE RL MI	Fabricación de materias primas para la industria farmacéutica.	Micro
PLASTICOS E INYECTORES DE SALTILLO S.A. DE C.V.	Fabricación de otros productos de plástico.	Pequeña

Fuente: RENIECYT, 2014

Para la SENER (2012b), el trabajo para explotar shale gas en México supera en gran medida la operación en yacimientos convencionales. Las compañías transnacionales especializadas en la explotación de gas de lutitas han disminuido los costos de producción, mediante estructuras operativas y administrativas flexibles, lo que les permite perforar una gran cantidad de pozos en periodos cortos. Las principales empresas petroleras a nivel mundial, comenzaron hace algunos años un proceso de compra de operadores especializados, manteniendo la administración y práctica de éstos.

De acuerdo con el Dr. Fabio Barbosa, investigador de la UNAM, las empresas que tienen mayor presencia en el estado, y que fueron contratadas por Pemex para el proceso de exploración y explotación de los pozos en Burgos, Coahuila, son principalmente: Schlumberger, Halliburton, Teneris Tamsa, y Qmax, entre otras (Ramírez, 2013). (Ver apéndice B).

3.4. Apoyos otorgados al área de especialización

Por ser prácticamente una actividad naciente, los apoyos a los hidrocarburos no convencionales se han centrado en el Fondo Sectorial CONACYT-Sener-Hidrocarburos para shale gas/oil,⁵ el cual otorgó un financiamiento por 244, 285,000 dólares para el desarrollo de la investigación, misma que consiste en explorar áreas específicas de los estados de Coahuila, Tamaulipas y Veracruz. Este proyecto inició en el segundo semestre de 2013. (SENER, 2013c).

Por su parte, la empresa Comesa fue designada para realizar los trabajos sísmicos. Asimismo, el IMP también canalizó una parte del monto otorgado para la formación de

⁵ De acuerdo con la SENER, las instituciones que lideran proyectos en mayor medida en el Fondo de Hidrocarburos son: el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C., Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la empresa Polioles. Existen otras instituciones y empresas que lideran proyectos del fondo en menor medida que las anteriores. Hasta el momento éste es considerado el apoyo más importante a la explotación del shale gas. (SENER, 2013c).

recursos humanos especializados en todas las etapas técnicas del proyecto; la vinculación con universidades mexicanas, extranjeras y consorcios de investigación orientados a la exploración y desarrollo de este tipo de yacimientos. El proyecto está planeado concluirse para abril de 2016. (SINERGIA, 2013).

Es de suma importancia mencionar el apoyo a nivel del gobierno estatal, que se ha otorgado para la formación y operación del Clúster Minero Petrolero, en el que la participación del COECYT es fundamental, como coordinador del Comité de Innovación.

Las instituciones que brindan apoyo al sector se muestran en el apéndice C.

4. ANÁLISIS FODA DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

Con base en la revisión documental integrada en el diagnóstico sectorial para esta área de especialización en Coahuila y con la información obtenida en el trabajo de campo a partir de las entrevistas, visitas a actores sectoriales y realización de talleres, el análisis FODA sobre Energías Convencionales e Hidrocarburos se ilustra a continuación.

4.1. Fortalezas

- México es uno de los principales países con mayores reservas de shale gas a nivel mundial
- La constitución del Clúster Minero Petrolero en el estado de Coahuila
- Presencia de Instituciones de Educación Superior que han comenzado a implementar programas de formación de capital humano en diferentes grados, que poseen líneas de investigación orientadas al sector
- Existen convenios entre algunas instituciones académicas, empresas y gobierno
- Colaboración binacional con instituciones de Estados Unidos
- Interés por vinculación entre de la triple hélice
- Existen políticas y programas de apoyo al sector
- Interés manifiesto de gobiernos municipales por impulsar esta industria y actividades de innovación

4.2. Oportunidades

- La explotación de shale gas representa una derrama económica muy importante para el estado y el país
- Existe una fuerte demanda nacional e internacional de hidrocarburos

- Creación de infraestructura e instalaciones adecuadas para la explotación de hidrocarburos no convencionales
- Generación de empleos directos e indirectos por la explotación de shale gas en el estado
- Atracción de Inversión Extranjera Directa para la explotación de shale gas
- Participación de empresas privadas en la explotación del shale gas
- Desarrollar tecnologías más eficientes y capital humano calificado
- Apoyo estatal al seleccionar al shale gas/oil como sector estratégico
- Existe gran interés de la triple hélice por colaborar de manera conjunta a través del Clúster Minero Petrolero
- Generación de conocimiento, capacidades técnicas y transferencia de tecnología
- Una industria nueva en la región con grandes demandas de provisiones, partes, refacciones, servicios generales y especializados
- Desarrollar capacidades genéricas en industrias de minería y metalmecánica
- Posibilidad de inversión en infraestructura educativa y de I+D
- Alianzas estratégicas y redes
- Crear centros de investigación que desarrollen proyectos de investigación para sustituir sustancias y materiales que puedan generar agentes contaminantes
- Apoyos financieros de los tres órdenes de gobierno para el desarrollo del sector
- Creación de instrumentos políticos de apoyo al sector
- Modificación a la ley permite mayor participación de la iniciativa privada en la cadena de valor
- Carácter prioritario de esta industria emergente para los diferentes niveles de gobierno (federal, estatal y municipal)

4.3. Debilidades

- Falta de recursos humanos calificados para atender las diferentes fases de la cadena de valor de la industria
- Falta de empresas locales que puedan generar la oferta de bienes y servicios para garantizar la proveeduría confiable que requiere esta industria
- Infraestructura insuficiente para sustentar la naciente industria
- Disponibilidad de agua en Coahuila
- El uso intensivo de agua para extraer el shale gas, puede poner en riesgo otras actividades de gran importancia en el estado como la agricultura
- Escasos programas de formación de personal, tanto técnicos como profesionales, en IES y centros de investigación
- Falta de tecnología, capital humano e infraestructura requeridas para la explotación de hidrocarburos no convencionales
- La explotación de hidrocarburos no convencionales es más costosa que la convencional
- Falta de gestión empresarial
- Escasa transferencia de tecnología por la desvinculación entre los centros de investigación, empresas y gobierno
- El apoyo mediante programas e instrumentos orientados al sector resulta ser insuficiente

4.4. Amenazas

- Estados Unidos es uno de los principales productores de shale gas en el mundo y representa una competencia
- Dependencia tecnológica de países desarrollados
- Importación de hidrocarburos a precios menores
- Desconocimiento local del sector en comparación con otros países

- Las técnicas empleadas en la exploración y explotación son desarrolladas en países desarrollados
- Competencia de otros estados para atraer las inversiones
- El riesgo ambiental por el uso de químicos y aditivos en la explotación de hidrocarburos no convencionales (shale gas/oil)
- Contaminación de mantos acuíferos
- Percepción pública negativa asociada a los riesgos ambientales

5. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

La elaboración de la Agenda Estatal de Innovación del Sector Energías Convencionales e Hidrocarburos en Coahuila, se sustenta en la metodología de Estrategias de Investigación e Innovación para la Especialización Inteligente RIS3 (por sus siglas en inglés). Esta metodología plantea utilizar los recursos locales de forma eficiente con la colaboración y consenso de las autoridades nacionales y regionales, para crear estrategias de desarrollo en innovación e investigación que permitan el crecimiento y desarrollo económico de un territorio.

La RIS3 permite: i) Identificar las características, fortalezas y activos exclusivos de cada entidad o región; ii) Destacar ventajas competitivas; iii) Involucrar actores y recursos regionales en torno a una visión de excelencia de su futuro; iv) Fortalecer los sistemas regionales de innovación; v) Maximizar los flujos de conocimiento; y vi) Responder a retos económicos y sociales. (Fumec, 2014).

El uso de esta metodología permitió desarrollar un plan de trabajo que consistió en realizar investigación documental, a través de revisión bibliográfica, hemerográfica, bases de datos y estadísticas; así como el análisis de la información primaria obtenida mediante la realización de reuniones de trabajo, entrevistas, visita a empresas y talleres con los actores representantes de los sectores: gobierno, empresa y academia del estado.

La información que se obtuvo permitió identificar las necesidades y deficiencias del sector, mediante el análisis de la prospectiva tecnológica para energías convencionales e hidrocarburos a nivel mundial. Con base en lo anterior, se plantearon líneas de innovación sobre áreas de especialización identificadas para la exploración y explotación del shale gas en Coahuila. Posteriormente, el trabajo de campo proporcionó información muy valiosa, se priorizaron las líneas de innovación y se establecieron proyectos específicos incluidos en la agenda para su desarrollo en áreas seleccionadas.



Fuente: CamBioTec, A.C., 2014

De forma complementaria a la revisión documental, los resultados directos de los talleres sectoriales reflejaron una serie de problemáticas y oportunidades en materia de innovación para el sector, que pueden solucionarse mediante su implementación en los procesos, productos, comercialización u organización. A continuación se presenta la relación de estos resultados y las propuestas de innovación para el desarrollo económico de las Energías Convencionales e Hidrocarburos en Coahuila.

Tabla 11. Identificación de los problemas y propuestas de innovación en Energías Convencionales e Hidrocarburos

Hidrocarburos no convencionales			
Problema del sector	Causa del problema	Impacto del problema	Propuestas de innovaciones para solucionar los problemas
La industria regional requiere apoyos para integrarse a la cadena de proveeduría de este nuevo sector en la región, sobre todo en lo referente a manufactura de equipos requeridos por este nuevo sector.	Las empresas proveedoras carecen de recursos propios o créditos para actualizar o modernizar sus equipos de proveeduría.	Limitada participación en la proveeduría de las actividades de exploración y explotación de los hidrocarburos no convencionales.	Apoyo financiero para incorporar nuevas tecnologías en las empresas proveedoras. Crear cursos de capacitación a técnicos en el sector.
Escasa disponibilidad de recursos humanos calificados y certificados	Es un sector relativamente nuevo, por lo tanto, el estado no	No se puede proveer a la nascente industria del personal adecuado para	Creación o incorporación de nuevos programas en

para su rápida asimilación a esta industria	cuenta con la formación y personal altamente especializado en el tema de hidrocarburos no convencionales.	la explotación del shale gas, por lo tanto, el estado dependerá e empresas extranjeras para cubrir estos espacios.	distintos niveles de formación de capital humano orientados a las necesidades de la naciente industria. Crear un pozo escuela que capacite a ingenieros y técnicos en la materia.
Contaminación por la extracción del shale gas/oil. Falta de conocimientos de gestión ambiental y seguridad en instalaciones de hidrocarburos	La exorbitante cantidad de agua, aditivos y químicos que se emplean en la extracción del shale gas/oil.	Afecta a la población cercana a los centros de extracción, así como al ganado y cultivos. Contaminación de mantos acuíferos.	Contar con instrumentos públicos que certifiquen la seguridad en los métodos de extracción del shale gas/oil.

Fuente: CamBioTec, A.C., 2014, con base en los talleres sectoriales realizados en Coahuila, 2014

De acuerdo con el trabajo de campo y de gabinete, se definió el siguiente objetivo sectorial para el área Energías Convencionales e Hidrocarburos:

- *Generar el conocimiento, condiciones y capacidades necesarias para impulsar la innovación y tecnología en la naciente área del shale gas/oil, a fin de sustentar las estrategias adecuadas para fortalecer una cadena de proveeduría de alto valor agregado, que se traduzca en oportunidades para empresas locales y en creación de empleos de calidad asociados al crecimiento de esta industria en la región.*

Con el apoyo de la triple hélice en el marco de los talleres sectoriales, se identificaron dos problemas en esta área de especialización:

- *La necesidad de proveer servicios e insumos especializados para la naciente industria del gas shale.*
- *Capacitar a técnicos especializados e ingenieros en la explotación del gas shale, dado que se carece de personal con esta formación.*

6. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN

De acuerdo con las condiciones económicas, capacidades técnicas, profesionales y el aprovechamiento de recursos locales; así como de los resultados obtenidos en los talleres del sector y el trabajo de gabinete, se identificaron dos nichos de especialización para la Agenda de Innovación de Energías Convencionales e Hidrocarburos en Coahuila.

Tabla 12. Justificación y objetivos tecnológicos de los Nichos de especialización en Energías Convencionales e Hidrocarburos de Coahuila.

Nicho de especialización	Justificación (oportunidad que aborda o problema que soluciona)	Objetivos tecnológicos
Desarrollo de proveeduría especializada para la industria de petróleo y gas shale (shale gas/oil)	La Agenda Sectorial de Coahuila aborda como Nicho de Especialización la proveeduría especializada, para suministrar insumos y servicios, entre otros, a la nascente industria de gas shale en la entidad, misma que se abastece en la actualidad de empresas extranjeras, debido a que México no tiene las posibilidades de proveer adecuadamente la explotación de los hidrocarburos no convencionales.	• Generar la infraestructura, capacidades técnicas y productivas para el desarrollo de proveeduría especializada. • Desarrollar programas de I+D+i para la industria del shale gas, mediante el trabajo conjunto del clúster minero – petrolero. • Implementar un programa de investigación sobre buenas prácticas de producción.
Formación y capacitación de personal calificado para las actividades de la cadena de valor.	La carencia de personal altamente calificado para la explotación del shale gas en Coahuila, obliga a los actores que integran esta industria, a formar capital humano orientado a las necesidades del sector, estableciendo vínculos entre las IES/CI, empresas y gobierno.	• Generar conocimiento, tecnologías, capacitación y personal dirigido al desarrollo del sector. • Establecer prácticas amigables con el medio ambiente. • Desarrollar planes y programas de estudio alineados con los requerimientos de la industria.

Fuente: CamBioTec, A.C., 2014, con información del análisis sectorial y de trabajo de campo

Los objetivos de los nichos de especialización son:

- Impulsar el desarrollo de pequeñas y medianas empresas para proveer de insumos y servicios la explotación de hidrocarburos no convencionales en Coahuila.
- Formar personal altamente especializado en el estado de Coahuila, para la exploración del shale gas.

7. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS Y PLAN DE PROYECTOS

Los proyectos estratégicos se caracterizan por contribuir al desarrollo de un nicho de especialización o de estructuración, atendiendo una demanda estatal o regional. Su ejecución debe vincular a varias instituciones, así como puede implicar un alto volumen de recursos financieros.

A continuación se presenta la descripción de los proyectos y la ilustración de su mapa de ruta respectivo, para el área de especialización en Energías Convencionales e Hidrocarburos de Coahuila.

7.1. Descripción de Proyectos

7.1.1 Proyecto: Parque tecnológico de hidrocarburos y gas shale

Objetivo del proyecto: Consiste en generar capacidades para fortalecer la proveeduría de servicios e insumos especializados para la industria, mediante el desarrollo y asimilación de tecnologías aplicadas a la exploración, explotación y aprovechamiento de hidrocarburos y gas shale.

Justificación del proyecto: Para los asistentes a los talleres es necesario realizar este proyecto para generar conocimiento, desarrollar las tecnologías, formar personal altamente especializado, además de crear las condiciones para su aplicación en la entidad. En virtud de esto, se podrá fortalecer un conjunto de proveedores locales que generen una oferta diversificada de bienes, servicios e insumos para las empresas tractoras encargadas de impulsar esta industria. El parque facilitaría la formación de un ecosistema, no sólo para desarrollar tecnologías, sino competencias, al implementar programas de

educación en distintos niveles en las IES o centros de investigación en el estado y a nivel nacional, capacitar a personal técnico para las actividades de exploración y explotación del shale gas; crear la infraestructura e instalaciones adecuadas a las necesidades de la naciente industria; generar redes de vinculación entre los actores que participan en el sector, contar con la participación y experiencia de las empresas, así como fortalecer la conformación del Clúster Minero Petrolero.

Descripción de proyecto: Este proyecto podrá realizarse bajo la coordinación del Clúster Minero Petrolero, contando con la participación del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), en vinculación con la Universidad Autónoma de Coahuila, Centros Tecnológicos y otros centros de investigación e IES.

El gobierno de Piedras Negras ha manifestado su interés en impulsar el proyecto, ofreciendo condiciones atractivas como el terreno y la infraestructura básica.

También es importante que participen entidades como Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de Energía (SENER), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), entre otras.

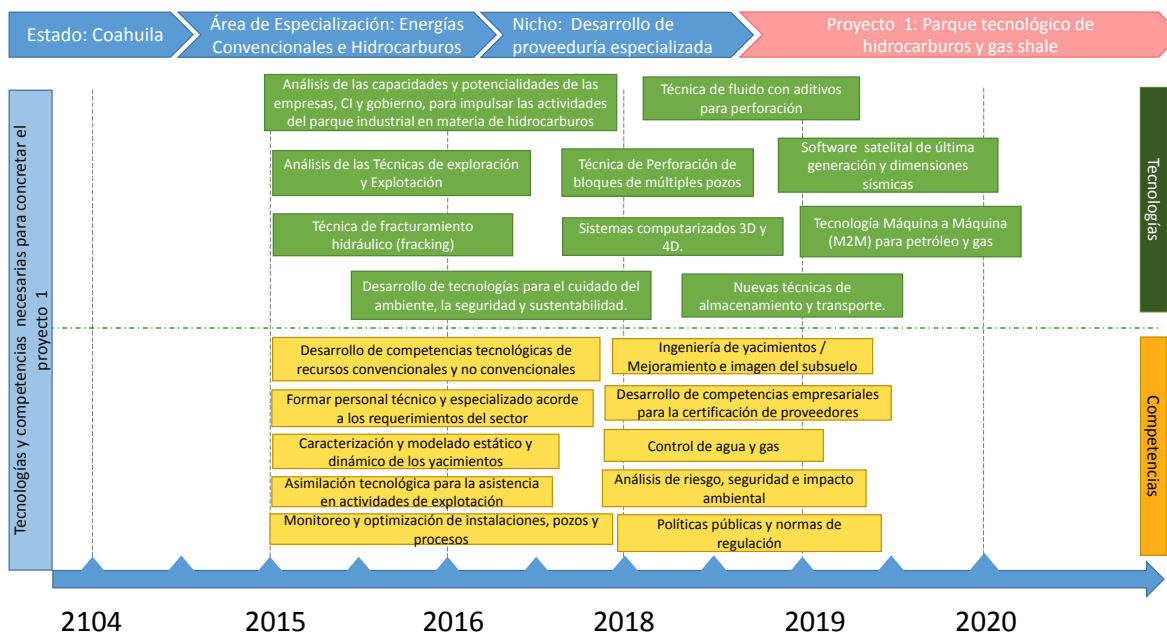
Para el buen funcionamiento del programa se deben considerar los siguientes factores críticos de éxito:

- Compromiso de vinculación de los integrantes del parque tecnológico
- Diseño e implementación de programas de formación en Universidades y Centros de Investigación en distintos grados y acorde a la naciente industria
- Establecer vínculos de colaboración entre el gobierno, empresas y centros de investigación e IES
- Asignación de recursos para la formación y capacitación de personal especializado en hidrocarburos y para actividades de investigación y desarrollo tecnológico sobre el sector
- Contar con centros de desarrollo tecnológico públicos y privados en los diferentes temas relevantes (geología, geoquímica y geofísica; evaluación de

impacto ambiental; ingeniería de procesos; instrumentación y control; simulación; diseño y construcción de equipo de proceso)

- Contar con laboratorios relacionados con la sustentabilidad
- Contar con centros de diseño e ingeniería de equipos propios de la industria de este sector; así como con centros de diseño de instalaciones para la producción, transporte y procesamiento de gas
- Desarrollo de competencias técnicas para el manejo de yacimientos no convencionales (shale gas)
- Aplicación de mejores prácticas para el desarrollo de proyectos de servicios y proveeduría al sector
- La participación de PEMEX, así como de los tres órdenes de gobierno como facilitadores de las actividades del proyecto
- La participación del Clúster Minero-Petrolero, empresas tractoras y empresas interesadas en la proveeduría especializada
- Desarrollo de gestión empresarial
- Selección de una entidad específica para la gestión del parque
- Planteamiento de indicadores de desempeño del parque para su evaluación
- Fomento a la inversión nacional y extranjera
- Contar con políticas de protección ambiental
- Contar con políticas, programas e instrumentos de apoyo al sector
- Financiamiento de fuentes como: INADEM, Fondo Sectorial de Energía, gobierno estatal y gobierno municipal
- Cobertura de gastos operativos por las empresas huésped

Ilustración 22. Mapa de ruta del proyecto: Parque tecnológico de hidrocarburos y gas shale



Fuente: CamBioTec, A.C., 2014

7.1.2. Proyecto: Diseño y puesta en operación de un pozo escuela.

Objetivo del proyecto: Contar con un pozo escuela, simuladores e instalaciones para la capacitación de ingenieros y técnicos especializados en la explotación del gas de lutitas en el estado.

Justificación del proyecto: De acuerdo con los participantes a los talleres, empresarios y expertos, este proyecto es de gran relevancia para el sector, ya que se considera indispensable contar con un centro de adiestramiento que ayude a formar el capital humano que requerirá una industria completamente nueva en la región.

Descripción del proyecto: Se trata de instalar un pozo demostrativo que proporcionará a los alumnos los conocimientos, capacidades y habilidades para desarrollar eficientemente las actividades relacionadas con los procesos de exploración, perforación, producción, yacimientos, servicios y mantenimiento a pozos de shale gas. Asimismo, se

puede contemplar la capacitación en el manejo de herramientas, equipo técnico, tecnología de *fracking*, sistemas 3D y 4D. También se abordan temas relacionados con normas y sistemas de seguridad en el trabajo.

Una de las características del pozo escuela es que se capacita a profesionales de distintas universidades y escuelas técnicas para desempeñarse en el sector petrolero cumpliendo los altos estándares de esta industria.

Los participantes a los talleres también propusieron a la par del pozo escuela, la apertura de un portal electrónico de bolsa de trabajo para el sector, en el que las empresas operadoras en la región generen las oportunidades de empleo y los demandantes puedan acceder a proponer su candidatura a las vacantes.

Para llevar a cabo este proyecto se necesita de un grupo de trabajo multidisciplinario entre matemáticos, geólogos, físicos, químicos, ingenieros, etc., tanto de Pemex como de empresas petroleras e IES orientadas al sector petrolero.

La coordinación del proyecto deberá estar a cargo de la Universidad Autónoma de Coahuila, contando con la participación del Instituto Politécnico Nacional, Centros Tecnológicos y otras IES del estado.

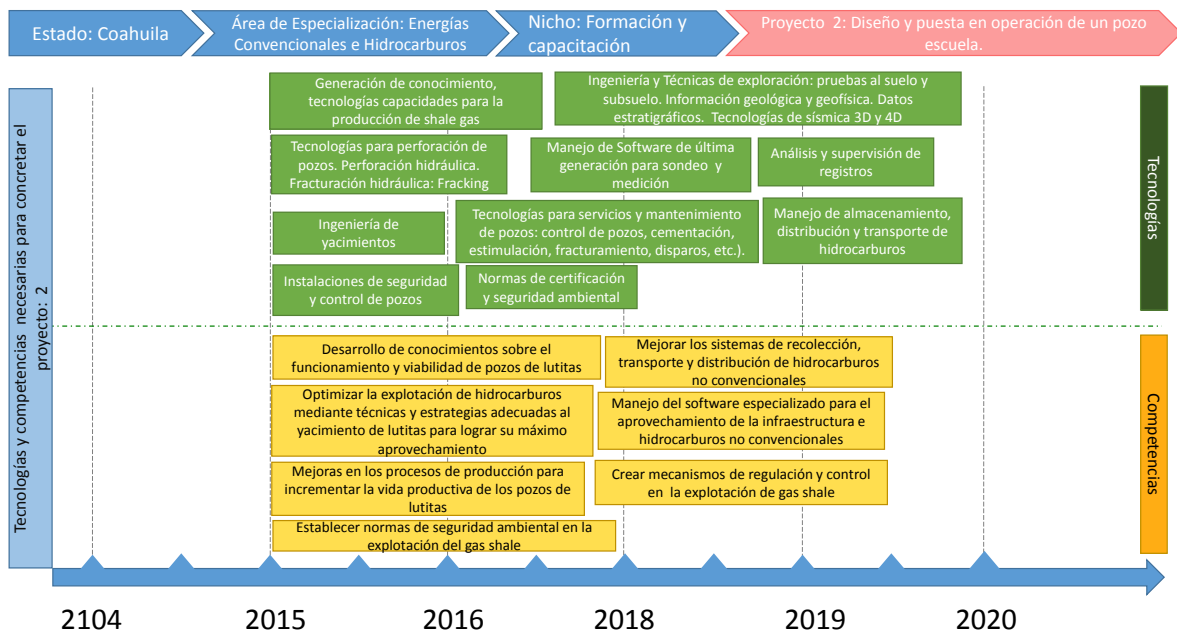
Es fundamental la participación de dependencias estatales y federales para establecer convenios de colaboración entre las que destacan PEMEX, CONACYT, COECYT, SENER y SE, entre otras.

Entre los factores de éxito que requiere este proyecto para su buen funcionamiento se encuentran:

- Inversión en I+D en el sector
- Participación activa del Clúster Minero Petrolero a través de su comité de recursos humanos
- Será fundamental adoptar una política a largo plazo que permita el desarrollo de personal capacitado y calificado, además de las iniciativas institucionales

- Contar con la infraestructura e instalaciones adecuadas para realizar eficazmente las actividades de capacitación
- Participación de los centros de investigación e IES, junto con las empresas, para la formación de capital humano
- Diseñar un programa de becas que incentiven la formación de ingenieros y técnicos en el área
- Contribución de empresas productivas al proyecto
- Contar con un esquema certificación de buenas prácticas para el personal capacitado
- Contar con políticas de protección ambiental
- Contar con apoyos de los gobiernos estatales, municipales y federales
- Diseñar políticas, programas e instrumentos de apoyo al sector

Ilustración 23. Mapa de ruta del proyecto: Diseño y puesta en operación de un pozo escuela.



Fuente: CamBioTec, A.C., 2014

7.2. Proyectos relevantes complementarios

7.2.1. Proyecto: Creación un observatorio regional de protección al medio ambiente y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Objetivo del proyecto: Es evitar un impacto ambiental negativo por la explotación de shale gas en la entidad, mediante la introducción de un paquete tecnológico que permita monitorear el estado de la flora, fauna, acuíferos, suelo y calidad del aire; así como el estado físico de la población cercana a la zona de producción.

Justificación del proyecto: Para los participantes a los talleres este proyecto es fundamental, pues la preocupación por el uso racional de los recursos naturales, como es el caso del agua y la contaminación ambiental fueron temas recurrentes, dado que existe un fuerte rechazo a la explotación del shale gas entre algunos sectores, por los enormes volúmenes de agua requeridos para su extracción, junto con los químicos que se utilizan.

Descripción del proyecto: El observatorio contará con un grupo de trabajo multidisciplinario especializado en la materia. Asimismo, participará en la formación de capital humano vinculándose con Instituciones de Educación Superior, Centros Tecnológicos y Centros de Investigación. También participarán instancias de gobierno correspondientes, ONG, y especialistas, con el fin de observar, regular y comunicar información relacionada con el desarrollo sustentable y el cuidado de los recursos naturales.

El observatorio podrá ubicarse físicamente en la Universidad Autónoma de Coahuila, bajo la coordinación de esta institución. Asimismo, participarán otras IES y centros de investigación como COMIMSA, el IMP y el Clúster Minero Petrolero.

La participación de entidades gubernamentales como la SEMARNAT, CONAGUA, PROFEPA, la Secretaría del Medio Ambiente del estado, el COECYT, entre otras, será relevante para el establecimiento de acuerdos, regulaciones y normas.

Los factores críticos de éxito que deben considerarse para la realización de este proyecto son:

- Recursos para el manejo de información
- Participación del Clúster Minero Petrolero a través de su Comité de Medio Ambiente
- Estrategia de comunicación de los resultados de estudios
- Programas de formación de capital humano relacionadas a la protección ambiental y sustentabilidad
- Vinculación entre Centros de Investigación, Instituciones de Educación Superior, Empresas y Gobierno
- Contar con certificación de buenas prácticas
- Apoyar el diseño de políticas de protección ambiental
- Contar con apoyos de los gobiernos estatales, municipales y federales.
- Diseñar políticas, programas e instrumentos de apoyo al sector

7.2.2. Proyecto: Programa tecnológico para mejorar los servicios alternos para la población dedicada a la producción de shale gas.

Objetivo del proyecto: Consiste en introducir un paquete tecnológico que permita mejorar los servicios que serán requeridos por la población atraída para trabajar en el nuevo sector. **Justificación del proyecto:** Los participantes a los talleres expresaron su preocupación por la falta de infraestructura, instalaciones y servicios suficientes para

satisfacer las necesidades de la población, que se estima trabajará en el sector de hidrocarburos no convencionales.

Descripción del proyecto: Se pretende que el gobierno estatal y los sectores económicos a través de este programa, estén preparados para dar atención a los trabajadores del sector en alimentación, hospedaje, vestimenta, servicios de salud, seguridad pública, escuela, transporte, esparcimiento, etc.

Para satisfacer la demanda de bienes y servicios que surgirá por el naciente sector del shale gas en el estado, deberá existir una red de vinculación entre los distintos actores y sectores económicos involucrados en el desarrollo de la entidad. Este proyecto tendrá que ser encabezado por el gobierno del estado junto con las distintas dependencias como son Secretaría de Desarrollo Económico y Competitividad (SEDEC), la Secretaría de Infraestructura, la SE, la SEDESOL, la SEP, entre otras. Además de la colaboración de las empresas, centros de investigación e IES.

Entre los factores críticos de éxito identificados para la realización de este proyecto se encuentran:

- Redes de colaboración en la creación y mejoramiento de servicios
- Generación y adopción de tecnologías para optimizar los servicios
- Contar con Infraestructura de comunicaciones y transportes
- Servicios de hospedaje y alimentos
- Servicios de salud
- Servicios de atención a emergencias y paramédicos
- Seguridad pública
- Capacidades del comercio actual en alimentos, combustibles, etc.
- Contar con certificación de buenas prácticas
- Contar con apoyo de los tres niveles de gobierno como facilitadores
- Diseñar políticas, programas e instrumentos de apoyo al sector

7.3. Matriz de proyectos

Tabla 13. Matriz de proyectos del Área de Especialización en Energías Convencionales e Hidrocarburos de Coahuila

Nicho de Especialización	Proyecto y tipo (Prioritario/ Complementario)		Descripción	Potenciales fuentes de financiamiento
Desarrollo de proveeduría especializada para la industria de petróleo y gas shale (shale gas/oil)	Parque tecnológico de hidrocarburos y gas shale	P	Generar capacidades para fortalecer la proveeduría de servicios e insumos especializados para la industria mediante el estudio y desarrollo de tecnologías aplicadas a las explotación y aprovechamiento de hidrocarburos y gas shale, Los componentes del proyecto son: centros de desarrollo tecnológico públicos y privados en los diferentes temas relevantes (geología, geoquímica y geofísica; evaluación de impacto ambiental; ingeniería de procesos; instrumentación y control; simulación; diseño y construcción de equipo de proceso).	FOMIX, CONACYT, SENER
Formación y capacitación de personal calificado para las actividades de la cadena de valor.	Diseño y puesta en operación de un pozo escuela.	P	Contar con un pozo escuela, simuladores e instalaciones para la capacitación de ingenieros y técnicos especializados en la explotación del gas de lutitas. Los componentes del proyecto son: la capacitación en el manejo de herramientas, equipo técnico, tecnología de fracking, sistemas 3D y 4D. También se abordan temas relacionados con normas y sistemas de seguridad en el trabajo.	FOMIX, CONACYT, SENER
Protección ambiental y Formación y capacitación	Creación un observatorio regional de protección al medio ambiente y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.	C	Tener un observatorio brindará la posibilidad de evitar un impacto ambiental negativo por la explotación de shale gas en la entidad, mediante la introducción de un paquete tecnológico que permita monitorear el estado de la flora, fauna, acuíferos, suelo y calidad del aire; así como el estado físico de la población cercana a la zona de producción.	FOMIX, CONACYT, SENER
Desarrollo de productos y servicios	Programa tecnológico para mejorar los servicios alternos para la población dedicada a la producción de shale gas.	C	Introducir un paquete tecnológico permitirá mejorar los servicios que serán requeridos por la población atraída para trabajar en el nuevo sector.	FOMIX, INADEM

Fuente: CamBioTec, A.C., 2014

7.4. Propuestas para fortalecer el sistema estatal de innovación en el área Energías Convencionales e Hidrocarburos

Un tema esencial para que exista una ejecución adecuada de la Agenda de Innovación es fortalecer la formación de recursos humanos y su especialización en diversas disciplinas y su aplicación al sector energías renovables e hidrocarburos. La formación será óptima en el momento en que los recursos humanos puedan incorporarse en proyectos de investigación relevantes, por lo que es de gran trascendencia que la agenda vaya acompañada de apoyos públicos para becas e investigación.

Se considera relevante cambiar el marco de referencia del sistema y establecer incentivos claros para la vinculación para los investigadores de las instituciones públicas que incluyan estímulos económicos a la innovación para los académicos y un sistema de evaluación académica que tome en cuenta los proyectos de vinculación y los desarrollos tecnológicos.

Es necesario dar mayor difusión a los programas de apoyo a la innovación federales y estatales, para que aumente la formulación de proyectos tecnológicos en empresas e instituciones, aprovechando los diferentes fondos de apoyo que ofrece actualmente el gobierno federal.

Contar con una instancia mediadora que favorezca el flujo de información entre los diferentes actores del sistema, que permita consolidar las redes de colaboración, detectar socios de negocios interesados en establecer desarrollos tecnológicos particulares y que, además, proporcione asistencia técnica y legal para la realización de proyectos.

Organizar un mecanismo efectivo para que las instituciones de educación superior y los centros de investigación presenten su oferta tecnológica que al mismo tiempo sirva como espacio para concertar proyectos de colaboración.

Para articular a los diferentes actores del sistema de innovación, facilitar la comunicación, propiciar las interacciones y facilitar el flujo de información se sugiere:

- El establecimiento de una red social, en algún formato electrónico o en una página de internet, con la participación de la agencia de intermediación
- La elaboración de un catálogo de oportunidades
- El establecimiento de una oficina estatal de vinculación y transferencia de tecnología

Las empresas requieren del sistema estatal de innovación lo siguiente:

- Incentivos para establecer colaboraciones con las instituciones del estado.
- Asistencia técnica para el diseño de proyectos,
- Acompañamiento en el establecimiento de contactos y redes de investigación con otras empresas y con las universidades y centros e institutos de investigación
- Asistencia jurídica para la redacción de convenios y contratos
- Colaboración en el marco de las actividades del Clúster Minero Petrolero

8 REFERENCIAS

AIE (2013). Agencia Internacional de Energía. Departamento de Energía, Shale oil técnicamente recuperable. Recuperado el 7 de agosto de 2014, de <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/fullreport.pdf>

_____ (2012). Panorama mundial de energía. Washington.

_____ (2011). *Tecnología impulsa crecimiento de la producción de gas natural de formaciones de shale gas*. EU. Agencia Internacional de Energía. Recuperado el 11 de agosto de 2014, de <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=2170>

Alexander, T., Baihly, J., Boyer, C., Clark, B., Jochen, V., Le Calvez, J., et. ál. (2011). Shale Gas Revolution. *Oilfield Review* 23(3), 40-55

Ávila, R. (2013, octubre). *Aspectos Geofísicos*. En Taller de Hidrocarburos de Lutitas. Gas Shale. México: Instituto Mexicano del Petróleo

Baihly, J., Altman, R., & Malpani, R. &. (2011). *Shale Gas Production Decline Trend Comparison over time and Basins*. The American Oil & Gas Reporter. Schlumberger. Recuperado el 2 de agosto de 2014 de https://www.slb.com/~media/Files/dcs/industry_articles/201105_aogr_shale_baihly.ashx

Barbosa, Fabio (2013). El petróleo en México. La privatización que no dice su nombre. Observatorio Latinoamericano de Geopolítica, IIEc-UNAM. México. Entrevistado por el Dr. Raúl Ornelas el 4 de marzo. Recuperada de <http://www.geopolitica.ws/article/el-petroleo-en-mexico-la-privatizacion-que-no-dice/>

CEPAL (2013). *Desarrollo del Gas Lutita y su Impacto en el Mercado Energético de México*, Reflexiones para Centroamérica. México, Naciones Unidas

Clúster Minero Petrolero, A.C. (2014). Comparativo de Consumo de Agua en Diversos Sectores Productivos en Coahuila. México: Clúster Minero Petrolero, A.C.

- CNH (2014a). Producción Acumulada y Reservas al 1° de enero de 2014. Reporte de Volumen Original. Comisión Nacional de Hidrocarburos.
- CNH (2014b). Seguimiento a la exploración y extracción de aceite de lutitas. Comisión Nacional de Hidrocarburos. Recuperado el 13 de agosto de 2014, de http://www.cnh.gob.mx/_docs/Aceite_gas_lutitas/Ficha_Shale_Gas_Junio_2014.pdf
- CNH (2011). La tecnología de exploración y producción en México y en el mundo: situación actual y retos. Documento técnico 2 (DT-2). México: Comisión Nacional de Hidrocarburos-SENER. Recuperado de http://www.cnh.gob.mx/_docs/Reservas/Reporte_reservas_agregada_activo_2014.pdf
- Colmex (2014). Fuentes para la historia del petróleo en México. México: Colegio de México, Petróleos Mexicanos. Recuperada de <http://petroleo.colmex.mx/index.php/inicio>
- Estrada, J. H. (2012). Desarrollo del gas lutita (shale gas) y su impacto en el mercado energético de México, Reflexiones para Centro América. México, GIZ, Alemania
- Fumec (2014). Agendas Estatales y Regionales de Innovación. México. Recuperada de http://www.fumec.org/agendasinnovacion/?page_id=2
- Guzmán, L.F, F. (2013). Protección al Medio Ambiente. En Taller de Hidrocarburos en Lutitas, Gas Shale. México: Instituto Mexicano del Petróleo
- Hughes, G. (2014). Actual Gas Shale production
- Juárez, A. (2014). Políticas de Contenido Nacional en el Nuevo Entorno de Apertura de la Industria Petrolera Mexicana. En Reunión del Clúster Minero-Petrolero. Saltillo, Coahuila, AMESPAC.
- Méndez, A. (2013). Aspectos de producción. En Taller de Hidrocarburos de Lutitas, Gas Shale. (T. d. Shale, Ed.). México: Instituto Mexicano del Petróleo

OLADE (2013). Rol del gas Natural en el desarrollo económico y social de América Latina y el Caribe. Organización Latinoamericana de Energía. Recuperado el 2 de agosto de 2014, de <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Rol%20gas%20natural%20desarrollo%20ec-soc.pdf>

PEMEX (2013a). Principales elementos del plan de Negocios de Pemex y sus Organismos Subsidiarios. México

PEMEX (2013b). Reservas de hidrocarburos al 1 de enero de 2013. Recuperado el 30 de mayo de 2014, de http://www.ri.pemex.com/files/content/Reservas%20al%201%20de%20enero%202013_webcast_130502.pdf

PEMEX (2012). Aceite y Gas en Lutitas. Avances en la evaluación de su potencial en México: Sociedad Geológica Mexicana

Rail Road Comision of Texas (2014). Eagle Ford Shale Information. Recuperado el 11 de Agosto de 2014, de <http://www.rrc.state.tx.us/oil-gas/major-oil-gas-formations/eagle-ford-shale/#general>

SENER (2013a). Estrategia Nacional de Energía 2013-2027. México: Secretaría de Energía. Recuperado el 28 de Julio de 2014, de http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf

SENER (2013b). Prospectiva del gas natural y el gas L.P., 2013-2027. México: Secretaría de Energía. Recuperado el 3 de agosto de 2014, de http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/Prospectiva_Gas_Natural_y_Gas_LP_2013-2027.pdf

SENER (2013c). Fondo Sectorial CONACYT-SENER-Hidrocarburos (FH). Recuperado el 23 de abril de 2014, de <http://fondohidrocarburos.energia.gob.mx/portal/DefaultH.aspx?id=2488>

SENER (2012) ¿Qué es el Shale/Gas Oil y cuál es su importancia? México: Secretaría de Energía. Recuperado el 30 de Julio de 2014, de http://www.energia.gob.mx/webSener/shale/shale_sp.html

Sinergia (2013, mayo). Shale gas, nuevo elemento de Comesa, Compañía Mexicana de Exploraciones. México. Recuperado el 15 de abril de 2014, de <http://74.81.84.244:8080/comesa/archivos/sinergia%2040.pdf>

Sosa Rodríguez, S. (2013). Fracking: estado de situación de otros países. *El Ecologista*. Recuperado el 12 de agosto de 2014, de <http://www.ecologistasenaccion.org/article24516.html>

SRWE (2013). BP Statistical Review of World Energy. Recuperado el 2 de agosto de 2014, de http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statisticalreview/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf

Villavicencio, D., Carrillo, J., Plascencia, I., y De los Santos, S. (2012). Sonora: ecosistema de Innovación, Plan estratégico y transversal de ciencia y tecnología para el desarrollo de la Frontera Norte. México: El Colegio de la Frontera Norte, CONACYT, FRONCYTEC

WEC (2013). Recursos Energéticos Globales. Encuesta 2013: resumen. World Energy Council. Recuperado de <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/Traduccion-Estudio-Recursos-Energeticos1.pdf>

8.1 Páginas electrónicas

<http://www.comesa.mx>

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

http://www.economia.gob.mx/files/delegaciones/fichas_edos/121130_Ficha_Coahuila.pdf

<http://www.geokinetics.com/>

<http://www.halliburton.com/en-US/default.page>

<http://www.imp.mx/comunicacion/gaceta/?imp=nota¬a=130321esp>

<http://www.imp.mx/investigacion/?imp=proginnova>

<http://www.inin.gob.mx/plantillas/investigacion.cfm?clave=1>

<http://www.pemex.com/Paginas/default.aspx>

<http://www.qmaxsolutions.com/>

<http://www.slb.com/>

<http://www.tenaristamsa.com/>

<http://www.trinitymexico.com/AboutTrinity.aspx>

<http://www.uadec.mx/>

<http://www.utrcc.edu.mx/carreras-de-ingenieria>

8.2 Abreviaturas

1p. Volumen de reservas probadas. Es la estimación del volumen de hidrocarburos presentes en un área, obtenida mediante datos de geología e ingeniería. La certidumbre de que el volumen estimado sea igual o mayor al recuperado es del 90%.

2p. Volumen de reservas probables. Son aquellas reservas no probadas en donde el análisis de la información geológica y de ingeniería de yacimiento sugiere que son más factibles de ser comercialmente recuperables, que de lo contrario. Si se emplean métodos probabilistas para su evaluación, existirá una probabilidad de al menos 50% de que las cantidades a recuperar serán iguales o mayores que la suma de las reservas probadas más probables.

3p. Volumen de reservas posibles. Volumen de hidrocarburos estimados mediante la información geológica y de ingeniería que sugiere que es segura su recuperación comercial. Cuando son utilizados métodos probabilísticos la suma de reservas probadas, probables más posibles, tendrá una probabilidad de 10% de que las cantidades realmente recuperadas serán iguales o mayores.

pc. pies cúbicos.

pcd. pies cúbicos diarios

pce. Petróleo crudo equivalente.

Múltiplos

m. Mil

mm. Millón.

mmm. Mil millones.

mmmm. Billones. También se expresa con b.

9 APÉNDICES

Apéndice A: IES y CI en el área de Energías Convencionales e Hidrocarburos

A continuación se resumen algunas de las instituciones más importantes vinculadas al área Energías Convencionales e Hidrocarburos.

Tabla 14. Instituciones educativas y centros de investigación en Energías Convencionales e Hidrocarburos en el país

Instituciones en México	Líneas de investigación
Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)	El IMP conformó la Coordinación de Innovación para que mediante un proceso de etapas y compuertas, administre y gestione las actividades relacionadas con la ejecución de los proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico (IDT), desde la detección de una necesidad de investigación, hasta la validación y lanzamiento al mercado de productos/servicios nuevos o mejorados Los proyectos de innovación del IMP son: ➤ Programa de Investigación en Exploración Petrolera, genera tecnología geoelectrónica para evaluar sitios contaminados por hidrocarburos. ➤ Investigadores del IMP generan metodologías de muestreo para definir el origen de partículas suspendidas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). ➤ Desarrollan pruebas de trazadores. ➤ Programa de Investigación en Aguas Profundas. ➤ El IMP cuenta con un programa de posgrado para desarrollar talento y capital humano especializado en hidrocarburos.⁶
Centro de Investigación Petrolera	➤ Entre las actividades que realiza el centro destacan: ➤ Genera, difunde y aplica conocimiento relacionado con los procesos de exploración y explotación de petróleo y gas, incluyendo recuperación mejorada. ➤ Formación de recursos humanos de alto nivel está encaminada a la solución de problemas globales asociadas a petróleo y gas, siendo éste, uno de los tres ejes que rigen su quehacer diario; los otros dos son la investigación científica y la vinculación con los diferentes sectores de la sociedad. ➤ El centro de investigación está relacionado con la industria petrolera y petroquímica, para que a través de bioenergéticos mejore la calidad del petróleo.
Instituto de Energías Renovables (IER), UNAM	➤ La investigación que se realiza en el IER tiene como fin generar conocimiento de frontera en el tema de energía, desde las áreas físico matemáticas, químico biológicas, económicas y de las ingenierías; así como

⁶ Véase <http://www.imp.mx/investigacion/?imp=proginnova>

	investigar nuevas tecnologías para la generación, transformación y uso de energía, contribuyendo al desarrollo sustentable del país.
Instituto Politécnico Nacional (IPN), Carrera en Ingeniería Petrolera	• El IPN tiene la responsabilidad, a través de la carrera de Ingeniería Petrolera, de proporcionar a los alumnos conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para desarrollar con eficiencia, calidad y economía, las actividades inherentes a los diferentes procesos involucrados en la explotación de hidrocarburos, agua y energía geotérmica (perforación, producción, yacimientos y servicios a pozos), recursos indispensables para el desarrollo del país. • La carrera ofrece brindar conocimientos en: • Las propiedades físicas, químicas y las normas que rigen las metodologías de análisis de la caracterización y valoración del petróleo crudo, del gas natural y sus derivados. • El tratamiento estadístico de datos analíticos y de producción. • Las medidas de seguridad e higiene, riesgos de operación, de proceso, transporte y almacenamiento de insumos y productos del petróleo y gas. • La normatividad ambiental de desechos en aire, tierra y agua. • Las tecnologías de refinación del petróleo crudo, gas natural y derivados petroquímicos. • Las bases para la administración de empresas y sus sistemas de calidad, entre otros.
UAM-Iztapalapa Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica	➤ El Área de Ingeniería en Recursos Energéticos, imparte la Licenciatura en Ingeniería en Energía, proporciona conocimientos que permiten a los alumnos dedicarse a la búsqueda y estudios de fuentes energéticas convencionales y no convencionales.
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares⁷ (ININ)	➤ Las principales líneas del ININ relacionadas con el tema de energéticos son: ▪ Fuentes energéticas: investigación y desarrollo en el aprovechamiento óptimo de las fuentes de energía convencional. Además, el ININ realiza investigación para el aprovechamiento sustentable de fuentes alternas de energía, como el hidrógeno. ▪ Gestión de desechos radiactivos: el ININ posee instalaciones para disponer en forma segura de los materiales nucleares y radiactivos sobrantes de los procesos de investigaciones, industriales y de las aplicaciones en medicina, asegurando su disposición final y la debida protección al medio ambiente. ▪ Ecología y protección del medio ambiente: contar con el personal capacitado, instalaciones y equipo altamente especializado para la realización de estudios relacionados con la calidad del aire y el rastreo y determinación de contaminantes en la atmósfera, en aguas y en suelos aplicando técnicas nucleares, como el análisis por activación neutrónica (AAN) o técnicas PIXE (Proton Induced X-ray Emission), RBS (Rutherford Backscattering Spectroscopy) y NRA (Nuclear Reaction Analysis). Aplicaciones de las radiaciones a los sectores industria, salud y agropecuario: Junto con los sectores industrial, de salud y agropecuario, el ININ desarrolla nuevas técnicas de procesamiento, producción o análisis que repercutan directamente en el beneficio de la población. Este es el caso del desarrollo de radiofármacos para la medicina nuclear, en la generación de nuevas variedades agrícolas por medio de la mutagénesis, el empleo de radiotrazadores para detección de fugas y en aplicaciones de preservación y tratamiento de variedades agrícolas entre otras.

⁷ <http://www.inin.gob.mx/plantillas/investigacion.cfm?clave=1>

Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C. (CIDAC)	➤ Tiene como una de sus líneas de investigación el análisis de la exploración y explotación de petróleo y gas, energéticos, hidrocarburos convencionales y no convencionales.
---	---

Fuente: CamBioTec, A.C., 2014, con datos de Colmex, 2014

Apéndice B: Empresas que tienen mayor presencia en la producción de gas natural/shale gas en Coahuila

Tabla 15. Empresas que participan en la explotación del shale gas en Coahuila⁸

Petróleos Mexicanos (PEMEX)⁹	
Actividades	Es de las pocas empresas petroleras del mundo que desarrolla toda la cadena productiva de la industria, desde la exploración, hasta la distribución y comercialización de productos finales, incluyendo la petroquímica. Los principales productos que comercializa Pemex Gas son el gas natural y el gas licuado; el primero se destina al sector eléctrico, industrial, clientes de consumo residencial, así como a otros organismos subsidiarios; mientras que el gas licuado se destina primordialmente al sector doméstico. Pemex opera por conducto de un corporativo, organismos subsidiarios y filiales, los cuales son: Pemex Exploración y Producción, Pemex Refinación, Pemex Gas y Petroquímica Básica, Pemex Petroquímica, PMI Comercio Internacional, Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y Filiales.
Razón de liderazgo	Petróleos Mexicanos es la mayor empresa de México, el mayor contribuyente fiscal del país, así como una de las empresas más grandes de América Latina. La empresa se caracteriza por tener el mayor número de ventas e ingresos del país. En 2012, Pemex registró ventas totales por 126 587 millones de dólares, convirtiéndose en una de las empresas más importantes del sector a nivel mundial. (Pemex, 2013).
Schlumberger de México¹⁰	
Actividades	Schlumberger es el proveedor líder mundial de soluciones de tecnología, gestión de proyectos integrados y de información a los clientes que trabajan en la industria del petróleo y el gas en todo el mundo. Empleando aproximadamente a 123 000 personas en representación de más de 140 nacionalidades y trabajan en más de 85 países incluyendo: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y México. Es una empresa proveedora, cuyas actividades son: perforación, optimización de la producción y cementación; ofrece los servicios de:

⁸ http://www.economia.gob.mx/files/delegaciones/fichas_edos/121130_Ficha_Coahuila.pdf

⁹ <http://www.pemex.com/Paginas/default.aspx>

¹⁰ <http://www.slb.com/>

	Estudios sísmicos: servicios sísmicos y geofísicos para mejorar la caracterización de yacimientos y monitorización a lo largo de la vida productiva del yacimiento, desde la exploración hasta la recuperación mejorada. Servicios de perforación de pozos: ingeniería y análisis en tiempo real, servicios y sistemas de perforación; mediciones para geonavegación, evaluación de formaciones, y la perforación de optimización disponibles en tiempo real a través de la telemetría de alta velocidad durante la perforación; Brocas, herramientas y productos; Fluidos en Sistemas de Perforación y productos; Gestión de control de los sólidos y Residuos; Aplicaciones de perforación; y Servicios de Cementación.
Razón de liderazgo	Es una empresa líder a nivel mundial, está ubicada en primer lugar en el segmento proveedor de tecnología, gestión integral de proyectos y soluciones para la industria del petróleo y el gas. La empresa sigue ocupando una posición de privilegio por delante de sus competidores habituales que son Halliburton, Baker Hughes, Weatherford y Oilwell. Cuenta con 25 centros de I+D en todo el mundo, Schlumberger hace especial hincapié en el desarrollo de tecnología innovadora que aporta un valor añadido para sus clientes. Tiene varios satélites de investigación en lugares estratégicos a nivel internacional. Están ubicados en Dhahran, Moscú, y Stavanger. Su investigación se lleva a cabo a menudo en colaboración con las universidades y clientes de todo el mundo. En 2009 las ventas de Schlumberger en México fueron de US\$ 320 millones, seguido por Halliburton con US\$ 248 millones; Baker Hughes US\$ 145 millones y Weatherford con US\$ 128 millones. En ese mismo año la empresa invirtió US\$ 802 millones en I+D. También registró, durante el primer trimestre de 2010, ingresos de US\$ 5.60 mil millones. En México tiene bases y centros de servicio en Villa Hermosa, Tabasco; Cd. del Carmen, Campeche; Altamira, Tamaulipas; Reynosa, Tamaulipas; Matamoros, Tamaulipas; Poza Rica, Veracruz. Schlumberger también participa en la extracción de crudo de PEMEX en el Golfo de México en los pozos Cuenca de Burgos; Coapechaca, Veracruz; Tajín, Veracruz; Agua Fría, Veracruz, Chicontepec, Veracruz; Paraíso, Tabasco; y Puerto Dos Bocas, Campeche.
Halliburton¹¹	
Actividades	La compañía presta servicios a la industria del petróleo y gas en todo el ciclo de vida del depósito, a partir de la localización de los hidrocarburos y la gestión de los datos geológicos, de perforación y evaluación de la formación, la construcción de pozos y la realización y optimización de la producción a través de la vida del campo. Halliburton se compone de dos divisiones: Perforación y Evaluación, así como Terminación y Producción. Perforación y Evaluación, proporciona modelos de campo; perforación y evaluación; y precisa el agujero del pozo que brinda soluciones de ubicación que permiten a los clientes modelar, medir y optimizar sus actividades de construcción de pozos. Este segmento se compone de

¹¹ <http://www.halliburton.com/en-US/default.page>

	Servicios de Fluidos Baroid; Servicios de Sperry Drilling; brocas; servicios de telefonía fija y de perforación; pruebas y servicios submarinos; lugar de referencia; y de Consultoría y Proyectos. En cuanto a Terminación y Producción, este segmento se compone de los Servicios de Mejoramiento de la Producción; Herramientas de Terminación y Servicios; Servicios de cementación; y Botas y gallaretas.
Razón de liderazgo	Halliburton trabaja con compañías a nivel internacional, tanto estatales como independientes. Posee un capital humano de 103 000 empleados en aproximadamente 120 países, incluyendo naciones como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Panamá y Venezuela. Posee cerca de 300 empresas subsidiarias, afiliadas, sucursales, marcas y divisiones en todo el mundo. Halliburton se ha caracterizado por abrir Centros de Investigación Tecnológica en muchos países, cuya actividad está relacionada con universidades del país, con el objetivo de desarrollar innovación tecnológica y formar capital humano entre los universitarios en los países donde la empresa se encuentra presente. El capital humano generalmente es captado por la empresa para trabajar en sus áreas de especialización en todo el mundo. Pemex contrató a la empresa Halliburton para realizar diversas actividades y servicios en la explotación de la cuenca de Burgos, Coahuila.
Qmax¹²	
Actividades	En México inició operaciones en abril del año 2000 en Villahermosa, Tabasco. El primer proyecto exitoso fue la implementación de un fluido polimérico altamente ecológico como un método alternativo para la sustitución de emulsión inversa. Se especializa en fluidos de perforación integrales, los cuales abarcan las siguientes líneas de servicios: Perforación con Ingeniería de Fluidos, Gestión de Residuos, Manejo de Sólidos, Servicios complementarios, los fluidos de perforación aditivos, Sellador Control de pérdidas, Finalización de Fluidos (salmuera Fluidos), Tecnología Mudstripper.
Razón de liderazgo	Un tercio del mercado del uso de fluidos de perforación es cubierto por Qmax desde 2007. Tiene un laboratorio central de I+D con equipamiento de última generación para el análisis especializado de la interacción roca-fluido y pruebas de fluidos de perforación. El laboratorio es operado por personal especializado en innovación, centra sus investigaciones en sistemas de fluidos de perforación y otras aplicaciones. La empresa cuenta con más de 800 empleados en México. La formación y capacitación de personal es una de las fortalezas de la empresa, ha capacitado y graduado a más de 200 ingenieros de fluidos de perforación en nueve generaciones. Son universitarios capacitados por la empresa, para posteriormente trabajar en distintas áreas de la misma. Los clientes más importantes de Qmax son: Pemex, Schlumberger, Halliburton, Baker (BJ Services), Petrofac México, Tecpetrol, Monclova Pirineo, entre muchos otros. La empresa se encuentra operando en muchos países del mundo, destacando Norteamérica y

¹² <http://www.qmaxsolutions.com/>

	América Latina (Canadá, México, Estados Unidos, Colombia, Ecuador, Perú, India). Pemex contrató a la empresa Qmax para realizar diversas actividades y servicios en la explotación de la cuenca de Burgos, Coahuila.
Tenaris - Tamsa ¹³	
Actividades	Tenaris es una empresa metalúrgica multinacional subsidiaria del Grupo Argentino Techint, líder mundial en la producción de tubos de acero sin costura para la industria del petróleo. Produce además tubos de acero con costura (soldados), servicios para la industria de la energía y otras aplicaciones energéticas. Está constituida en el Ducado de Luxemburgo, aunque dirigida desde Buenos Aires, Argentina. En México es uno de los centros industriales más grandes del mundo dedicado a la fabricación de tubos de acero para la industria energética. Desde hace 60 años colabora en la exploración y producción de petróleo y gas con compañías líderes en el mundo. Los productos que ofrece a nivel nacional e internacional son: Una gama completa de tubería de revestimiento sin costura (casing) y de producción (tubing), barras de sondeo, conexiones premium, accesorios para tubos, varillas de bombeo y coiled tubing de alta calidad para uso en actividades de perforación y terminación de pozos de gas y petróleo; Tubos de conducción offshore para aguas profundas y ultra-profundas; Conexiones Premium, que abarca una extensa red de servicios de campo y talleres de roscado licenciados; Procesamiento de hidrocarburos, la empresa ofrece una amplia gama de tubos de acero sin costura para refinerías, plantas petroquímicas y de procesamiento de gas. Tenaris es la única empresa en el mundo que produce varillas de bombeo y coples como parte de un proceso de fabricación totalmente integrado.
Razón de liderazgo	Actualmente exporta el 70% de su producción a más de 50 países y el 30% restante abastece el mercado nacional. La empresa genera 4700 empleos directos y 23 000 indirectos; cuenta con una capacidad de producción de 1 230 000 toneladas de tubos de acero. Durante los 60 años de vida de la empresa, ha participado directamente con Petróleos Mexicanos a través del suministro de productos, tecnologías y servicios. Asimismo, han invertido 1400 millones de dólares en los últimos seis años en: ampliar las operaciones y la oferta de productos, mejorar procesos y en el cuidado del medio ambiente para satisfacer mejor la demanda de los clientes. Estas inversiones también se han orientado al desarrollo de conocimiento a través de espacios como el Centro de Investigación y Desarrollo (I+D) y la Universidad Corporativa, Tenaris-University. En los cuales se combina el personal especializado, los equipos de última generación y un Programa de Innovación y Desarrollo de Nuevos Productos para cumplir con los requerimientos del mercado. El Centro de Investigación y Desarrollo (I+D) realiza investigaciones y ensayos en cinco diferentes áreas: Metalurgia y Materiales, Tecnología de Soldadura, Desarrollo de Procesos, Mecánica de Fractura, Laboratorio de Ensayos a Plena Escala. Pemex contrató a la empresa Tenaris Tamsa para realizar diversas actividades y servicios en la explotación de la cuenca de Burgos, Coahuila.

¹³ <http://www.tenaristamsa.com/>

Geokinetics¹⁴	
Actividades	Compañía estadounidense¹⁵ de servicios geofísicos que ofrece soluciones geofísicas especializadas para las industrias petrolera y minera en todo el mundo. La compañía fue fundada en 1980, tiene sus oficinas centrales en Houston, Texas y posee oficinas regionales en México, Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia y Trinidad. La empresa se especializa en brindar servicios de levantamiento de datos sísmicos en tierra, en zonas de transición y en cable de fondo oceánico y servicios avanzados de procesamiento e interpretación.
Razón de liderazgo	Se especializa en el calibrado bien a-sísmica. Integridad, amplitud y parametrización bien conducido. Soluciones de procesamiento innovadoras son una especialidad de Geokinetics desde hace más de 30 años. La exploración submarina y subsalina en busca de hidrocarburos representa un gran reto tecnológico. Cuenta con la capacidad de cálculo para un alto control de calidad en geometría y estática, la reducción del ruido y las técnicas de conservación de amplitud, desde el primero hasta el último paso de cada secuencia de procesamiento de datos sísmicos. Asimismo, cuenta con las implementaciones pre o post-stack para el realce de la señal y ensanchamiento espectral a la limpieza, enfocar y aumentar la resolución de datos.
Compañía Mexicana de Exploraciones (COMESA)¹⁶	
Actividades	Compañía mexicana de clase mundial de participación estatal mayoritaria, se especializa en la exploración y producción de hidrocarburos. La empresa provee soluciones integrales y tecnológicas que generen valor en la exploración y explotación de hidrocarburos, así como su inclusión en el ámbito de nuevos negocios y su expansión y diversificación en el mercado internacional. Los accionistas son: Pemex Exploración y Producción PEP 60% y Schlumberger 40%.
Razón de liderazgo	Los servicios que ofrece en el área de exploración son, Asesoría en Diseño de Proyectos 2D y 3D; Control de Calidad de Datos en Proyectos Sísmicos; Adquisición de Datos Sísmicos; Procesamiento de Datos Sísmicos; Métodos Potenciales; Estudios Geofísicos y Geotécnicos del Fondo Marino; Registros Geofísicos VSP3D; Integración e Interpretación de Datos; y Servicios de Asistencia Técnica.
Trinity Industries¹⁷	
Actividades	Trinity Industries de México es subsidiaria de Trinity Industries Inc., compañía líder en el desarrollo, diseño y fabricación de una gran variedad de productos industriales. Trinity Industries Inc., se compone de cinco segmentos de negocios: • Carros de ferrocarril • Arrendamiento y servicios de carros de ferrocarril

¹⁴ <http://www.geokinetics.com/>

¹⁵ Pemex contrató los servicios de Geokinetics para proveerle estudios geológicos y sísmicos; los servicios de la empresa iniciaron el último cuatrimestre de 2010 y concluyeron en 2012.

¹⁶ <http://www.comesa.mx/>

¹⁷ <http://www.trinitymexico.com/AboutTrinity.aspx>

	• Barcazas para navegación fluvial • Productos para la construcción • Productos Industriales Actualmente cuenta con 78 plantas en Estados Unidos, México, Sudamérica y Europa. Los organismos que continuamente certifican la calidad en los productos y procesos de Trinity son: • ASME (American Society Mechanical Enginner) • DOT (Department of transportation) • AAR (American Railroad Association) • ISO 9001:2000 (Organización Internacional de Normalización)
--	---

Fuente: CamBioTec, A.C. 2014, a partir de la información de la SE delegación Coahuila y páginas electrónicas

Apéndice C: Entidades federales y estatales de apoyo a la producción de gas natural/shale gas

- **Entidades federales**
 - PEMEX y Subsidiarias (CME, 2013)
 - Comisión Federal de Electricidad (CFE)
 - Secretaría de Energía (SENER)
 - Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH)
 - Comisión Reguladora de Energía (CRE)
 - Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS)
 - Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONAE)
 - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
 - Secretaría de Economía (SE)
 - Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
 - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
 - Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), entre otras. (Colmex, 2014).

- **Entidades estatales**

- Gobierno del estado de Coahuila
- Secretaría de Desarrollo Económico y Competitividad (SEDEC)
- Subsecretaría de Energía
- Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT)
- Secretaría de Educación
- Secretaría del Medio Ambiente
- Secretaría de Infraestructura