



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

EL PAPEL DEL SNI EN EL DESARROLLO DEL GAS
DE LUTITAS (SHALE GAS) EN MÉXICO Y CHINA
CON REFERENCIA AL CASO DE ESTADOS
UNIDOS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN ECONOMÍA

PRESENTA:

MELISSA MARGARITA JUAREZ VILLALBA



DIRECTOR DE TESIS:

DR. ANGEL DE LA VEGA NAVARRO

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi madre que me ha enseñado a navegar a través de todos los días azules, los días serenos y llenos de felicidad y por las grandes tempestades.

A mi familia que con su inigualable apoyo me han ayudado a encontrar mi camino. A los que están y a los que no.

A mi asesor por sus consejos y paciencia.

Gracias por estar a mi lado y por ayudarme a encontrar mi fuerza.

“[...] Lo que yo debo decir es que nuestras instituciones de cultura se encuentran todavía en el período simiesco de sola imitación sin objeto, puesto que, sin consultar nuestras necesidades, los malos gobiernos las organizan como piezas de un muestrario para que el extranjero se engañe mirándolas y no para que sirvan. [...] En estos momentos yo no vengo a trabajar por la universidad, sino a pedir a la Universidad que trabaje por el pueblo, (...), el país ansía educarse, decidnos vosotros cuál es la mejor manera de educarlo. No permanezcáis apartados de nosotros, venid a fundiros en los anhelos populares, difundid vuestra ciencia en el alma de la nación. [...] Las revoluciones contemporáneas quieren a los sabios y quieren a los artistas, pero a condición de que el saber y el arte sirvan para mejorar la condición de los hombres, (...), trabajo útil, trabajo productivo, acción noble y pensamiento alto, he allí nuestro propósito, [...].

José Vasconcelos, 4 de junio de 1920, Discurso de toma de posesión de la rectoría universitaria.

Índice

Introducción.....	7
Capítulo I Desarrollo Institucional del Shale Gas en Estados Unidos.....	13
1.1 Características técnicas generales del Shale Gas	13
1.2 Condiciones generales del desarrollo de Shale Gas.....	17
1.3 Proceso institucional para el desarrollo de gas de esquisto en Estados Unidos.....	22
1.4 Exposición general de otros factores que influyeron en el desarrollo del shale gas.....	30
1.5 Conclusiones del capítulo	32
Capítulo II Posibilidades institucionales para el desarrollo de Shale Gas en México	36
2.1 Trasfondo general del sector energético mexicano	37
2.2 Condiciones del Sistema de Innovación referente al sector energético mexicano	44
2.3 Reservas de shale gas y sus limitaciones.....	55
2.4 Reformas implementadas para alcanzar las metas energéticas que impactan al desarrollo del shale gas.....	63
2.5 Conclusiones del capítulo	66
Capítulo III Posibilidades institucionales para el desarrollo de Shale gas en China	70
3.1 Trasfondo general del sector energético chino	72
3.2 Condiciones del Sistema de Innovación referente al sector energético chino	80
3.3 Reservas de shale gas y sus limitaciones.....	89
3.4 Reformas implementadas para alcanzar las metas energéticas que impactan al desarrollo del shale gas.....	97
3.5 Conclusiones del capítulo	103
Conclusiones	107
Bibliografía.....	112

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Reservas de Gas Natural en Estados Unidos	16
Gráfico 2 Proceso Institucional del SNI para el desarrollo de Shale Gas en Estados Unidos.....	33
Gráfico 3 Oferta y Demanda Interna de Gas Natural en México. De 1970-2013 en bcm.....	42
Gráfico 4 Gasoductos y distribución de las estaciones de compresión de gas natural a 2011	43
Gráfico 5 Gasto en Investigación y Desarrollo en México como porcentaje del PIB	46
Gráfico 6 Estructura organizacional de la toma de decisiones sobre Ciencia y Tecnología	48
Gráfico 7 Mapa de reservas de shale gas en México	57

Gráfico 8 Viejo Sistema Regulatorio del a Industria Energética en China	75
Gráfico 9 Nuevo Sistema Regulatorio de la Industria Energética en China	77
Gráfico 10 Oferta y Demanda Interna de Gas Natural en China. De 1990-2013 en bcm.....	78
Gráfico 11 Mapa de reservas y redes de ductos de China	91

Índice de Tablas

Tabla 1 Impacto ambiental de la explotación de shale gas, desde la prioridad para el gobierno, la industria, la academia y las NGO	21
Tabla 2 Químicos comúnmente utilizados en el fracking.....	26
Tabla 3 Resumen de Retos del SNI mexicano	68
Tabla 4 Resumen de las principales políticas de Ciencia y Tecnología	82
Tabla 5 Acuerdos concretados entre Compañías Nacionales Chinas y Compañías Extranjeras para el estudio y exploración de gas de esquisto	93
Tabla 6 Resumen de retos del SNI chino	104

Índice de Abreviaturas

Bancomext	Banco Nacional de Comercio Exterior
BP	British Petroleum
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CNOOC	China National Offshore Oil Corporation
CNPC	China National Petroleum Corporation/ Corporación Nacional de Petróleo de China
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
C y T	Ciencia y Tecnología
DOE	Department of Energy
EIA	Energy Information Administration
ERDA	Electrical Research and Development Association
ESIDET	Encuesta Sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico
FLACSO	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales
FONCICYT	Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología
GEI	Gases de Efecto Invernadero o Gases de Invernadero
GRI	Gas Research Institute
I+D	Innovación y Desarrollo de tecnología
Nafinsa	Nacional Financiera Cadenas Productivas
NEA	National Energy Administration/ Administración Nacional de Energía
NGPA	Natural Gas Policy Act
NSI	National Systems of Innovation
OMC	World Trade Organización/ Organización Mundial del Comercio
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
PwC	Pricewaterhouse Coopers

SE	Secretaría de Economía
SENER	Secretaría de Energía
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SNI	Sistema Nacional de Innovación
Sinopec	China Petroleum & Chemical Corporation
URSS	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
US	United States / Estados Unidos
VOC	Volatile Organic Compounds / Compuestos Orgánicos Volátiles

bcm	Billion Cubic Meters
m	Metro
m³	Metros Cúbicos
mp³	Millones de Pies Cúbicos
Mcf	Mil pies cuadrados
md o mD	millidarcy
mmd	millones de dólares
TJ	TeraJoule

CO₂	Dióxido de Carbono
CH₄	Metano

Introducción

La innovación ha sido un fenómeno que ha acompañado e impulsado a la humanidad en su evolución. A lo largo de la historia existen épocas en las que la innovación ha tenido un mayor impulso. Este ha provenido de diversas partes de la sociedad. Sin embargo, las grandes revoluciones tecnológicas se han presentado cuando todos estos actores en suma coordinan el impulso y uso de las innovaciones.

En este punto cabe definir qué es innovación, Según Schumpeter¹ la innovación es una serie de combinaciones que conducen a nuevos productos, procesos, mercados, organización e insumos. Visto así, la innovación puede existir en diversas etapas de un proceso, ya sea como una mejora a algo o como una transformación radical de algo. Adicionalmente, para Freeman, la innovación es un proceso acumulativo y colectivo, es decir, evolucionista.

La innovación pese a que existe en cualquier proceso propio del hombre está vinculada fuertemente a la tecnología. Ya que la innovación de cualquier producto, proceso, mercado organización o insumo, lleva indudablemente a la mejora continua de la tecnología existente, es por ello, que la innovación no deja de ser evolutiva, porque se va nutriendo de su propio pasado Nelson y Winter, Dosi y David². Según Freeman, para que la generación de nuevos descubrimientos o la mejora de otros, es decir, para que la innovación evolucione rápidamente, debe existir un estímulo capitalista de beneficios. Lo cual significa, el desarrollo de competencia entre diferentes fuentes de innovación haciendo que las fuentes de innovación (empresas) se fortalezcan mediante la creación y uso de conocimiento.

Sin embargo, durante el siglo pasado la tesis de que la importación de tecnología, y no el desarrollo de innovaciones al interior, impulsaría rápidamente la tecnología del país importador tuvo mucha relevancia, en especial en aquellos países en desarrollo. “Durante el periodo de industrialización, (...), la tecnología era una mercancía que se compraba a quienes la habían desarrollado, *“quienes ostentaban el poder económico*

¹ En (Calderón & Joaquín, págs. 4-6)

² En (Calderón & Joaquín, págs. 4-6)

para poder investigar, desarrollar e invertir en innovaciones (Pérez, 1996)". Sin embargo, cuando la tecnología es importada como una "caja negra" de la cual se desconoce su proceso entonces se convierten en bienes importados obsoletos. Y, *"cuando las personas poseen el conocimiento acerca de la construcción y el funcionamiento del producto o proceso, serán capaces inclusive de mejorar o adaptarlo a las necesidades locales e innovar"* (Arocena y Sutz, 2005) en (Calderon & Flores).

En general es aceptado que la innovación tiene un peso importante sobre el desarrollo de la tecnología y, por ende, en el crecimiento de un país. Pero sólo el institucionalismo teórico innovador estudia el estímulo detrás del proceso de búsqueda de innovaciones. Dado que, lo que la presente investigación pretende realizar es un estudio de los factores de innovación que incidieron en el proceso de desarrollo del shale gas, esta postura permite tener fundamento teórico, para estudiar tales estímulos.

La postura del institucionalismo teórico innovador, surgió en 1988 con Giovanni Dosi, primero en tratar de incluir a las innovaciones tecnológicas en la construcción de una relación entre los espacios de oportunidad tecnológicos y los estímulos que se dan para desarrollar el proceso de búsqueda de innovaciones tecnológicas. Más adelante Freeman desarrolló el concepto de National Systems of Innovation (NSI) o Sistemas Nacionales de Innovación (SNI³), los cuales hacen un análisis de las diferentes competencias de una nación respecto a otra en cuanto a su capacidad innovadora. Según (Freeman C. , 1987), una NSI o SNI es una red de instituciones públicas o privadas cuyas actividades e interacciones inicia, importa, modifica y difunde las nuevas tecnologías (*"the network of institutions in the public and private sector whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies"*) en (Werle, 2006, pág. 4). Y dado que, esta red de instituciones varía de país en país, así como sus reglas y mecanismos institucionales, es entonces la combinación que un país haga, de estas instituciones, lo que ofrecerá más o menos ventajas para que se lleven a cabo exitosos procesos de innovación. En conclusión, el institucionalismo teórico innovador, establece que para tener un desarrollo de procesos de innovación son necesarias instituciones

³ En este trabajo, las siglas SNI (como se especifica previamente) significan Sistema Nacional de Innovación. Y no tienen una relación con el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) que es un reconocimiento otorgado por la calidad y prestigio de la producción científica y tecnológica de los investigadores.

públicas y privadas que incentiven el desarrollo de la innovación, pero, estas deben poder cooperar entre sí transfiriendo información y conocimiento, como una red, obteniendo así un sistema dinámico y robusto.

Para la presente investigación el caso del shale gas, conocido también como gas de esquisto o de lutita en Estados Unidos, es un caso empírico de cómo el institucionalismo teórico innovador bien aplicado tiende a resultar en innovaciones revolucionarias. Ya que, pese a su conocimiento de este recurso desde 1970 fue hasta después de muchos años y un arduo trabajo institucional que, los empresarios pudieron extraer shale gas económicamente rentable. De tal forma que, para Estados Unidos la explotación de este recurso sirvió como un desahogo en la importación de recursos energéticos, razón por la cual, a este fenómeno se le conoce como “revolución del shale gas” (Shale Gas Revolución).

Adicionalmente, algunos autores han descrito al shale gas como un recurso puente. Esto por dos razones:

1. El shale gas comparte algunas características con el gas natural, por lo cual su consumo es más limpio que el consumo de cualquier otro recurso fósil.
2. Al incrementar las reservas de gas natural, incrementa la posibilidad de ir reemplazando con este recurso algunos sectores en la economía, dando paso paulatinamente a los recursos verdes o limpios.

En resumen, es un recurso puente porque otorga tiempo a los recursos renovables para ir cubriendo las necesidades energéticas de un país sin los grandes costos y riesgos que implicaría hacer el cambio drástico en los procesos de suministro energético.

Debido a esta ventaja, como recurso puente, y la supuesta facilidad para explotar este recurso; y adicionalmente a la publicación de la EIA sobre países con grandes cantidades potenciales de este recurso, muchos países comenzaron a explorar su posibilidad para explotar este recurso y capitalizar dichas ventajas.

Este ha sido el caso de México y China, países que después de la publicación han buscado implementar medidas para obtener los mismos beneficios que en Estados

Unidos. O al menos, han realizado publicaciones sumamente optimistas sobre su capacidad para explotar este recurso. (Citar ambas publicaciones)

La presente investigación tiene como hipótesis central que estos dos países, no podrán replicar el éxito en Estados Unidos con el shale gas, si no poseen una capacidad de innovación robusta y dinámica⁴. Para que México y China disfruten de tales beneficios ambos, deben de tener un sistema capaz de impulsar innovaciones. Es decir, contar con: un *“conjunto de instituciones con distintas características y objetivos centrales (universidades, empresas, gobiernos) que interactúen dentro de un marco dado por los entornos sociales, económicos y legales específicos, (...), y así, utilizar la infraestructura disponible que genera procesos de innovación en un momento dado”* (Carrera, 2011, pág. 21).

Adicionalmente, el supuesto de la investigación es que, el caso de la explotación exitosa del shale gas es un fenómeno local e irreproducible en su totalidad, debido a que su desarrollo dependió de un marco institucional altamente dinámico y robusto particular de Estados Unidos y, a su vez este marco institucional permitió el desarrollo de tecnologías aplicables a diversas industrias o sectores, analizando en este trabajo el caso del shale gas.

Al usar el caso del desarrollo de shale gas en Estados Unidos como ejemplo, se puede encontrar las deficiencias en países en vía de desarrollo con grandes cantidades de reservas de shale gas, como es el caso de México y China.

El objetivo de la presente investigación es, usar el caso de desarrollo de shale gas en Estados Unidos como una base empírica que verificar el potencial de desarrollo de tal recurso en México y China, no desde una perspectiva de sus recursos del mismo sino desde un paso más atrás. Esto quiere decir que, la investigación busca encontrar, a través del institucionalismo teórico innovador, las instituciones que hicieron posible el desarrollo de shale gas en Estados Unidos, y posteriormente analizar si las instituciones similares o no que existen en México y China cumplen con el objetivo de crear redes de

⁴ El término “replicar” es usado no para señalar que el caso de Estados Unidos tiene que ser un modelo a seguir completamente. Pero, sí se usa para dar a entender al lector que el caso de Estados Unidos puede ser una guía para otros países.

innovación, como en Estados Unidos. Esto, con la finalidad de encontrar los retos institucionales que México y China deben superar, con sus contextos particulares, para poder explotar tales recursos de una forma óptima y comprobada de éxito en otro país.

Para lograr tal objetivo la presente investigación se conforma de tres capítulos. Que en general pretenden examinar los elementos institucionales que explican la reciente producción de shale gas en Estados Unidos y buscar los elementos que limitan el desarrollo de shale gas en México y China.

Por otro lado, en particular, cada capítulo busca:

Capítulo I: En este capítulo se pretende exponer el proceso institucional que tuvo a cabo en Estados Unidos, para concluir en la explotación exitosa de shale gas. Para ello se inicia con una explicación general de las características técnicas del shale gas, para dar paso después a, una contextualización del shale gas en Estados Unidos y una breve explicación de otros factores que pudieron haber influido en su desarrollo. Y posteriormente comienza el estudio sobre el desarrollo institucional del shale gas.

Capítulo II Posibilidades institucionales para el desarrollo de Shale Gas en México y

Capítulo III Posibilidades institucionales para el desarrollo de Shale gas en China.

Ambos capítulos tienen la misma estructura en sus apartados, y esto no se debe a que se haga una comparación entre los mismos, sino que, la estructura responde a la base teórica de la investigación. La cual obliga a, explicar de manera general el contexto energético de los países, para después dar paso a la situación de su Sistema Nacional de Innovación. Ello con la finalidad de poder exponer el potencial institucional que cada país tiene y que, como ya se ha mencionado, es el fundamento para poder explotar el shale gas. Sin embargo, pese a que para esta tesis la situación óptima de explotación de shale gas es hasta después de tener un SNI robusto, ello no ha detenido a las respectivas instituciones de cada país para comenzar a explotar el shale gas, entonces, al final de cada capítulo se hace un análisis sobre las reformas que se han ido implementando para poder explotar el shale gas. Cada capítulo tiene como objetivo final el exponer cuáles son las condiciones institucionales que faltan en cada uno para poder explotar el shale gas.

Finalmente, es necesario afirmar lo siguiente:

- Se busca corroborar que para que se dé una transformación tecnológica, con las consecuencias como en el shale gas, es necesario tener antes un SNI robusto y dinámico. Sin embargo, no pretende con ello encontrar un modelo que deba replicar México o China. Pero sí, exponer los cambios que son necesarios tomar en cuenta en el SNI para alcanzar obtener beneficios del shale gas.
- Para la presente, el estudio del caso de shale gas en Estados Unidos es necesario para encontrar los retos del SNI en México y China. Pese a que, en el estudio publicado por la EIA existen más países dentro del Top de Reservas técnicamente probables⁵
- México, China y Estados Unidos son para esta investigación, dos casos que, pese a sus profundas diferencias pueden ejemplificar de una manera diversa los retos que los SNI tienen en el mundo. Adicionalmente, se pueden mencionar relaciones como, la que guarda tanto México como China con Estados Unidos, ya que son los dos países con los cuales Estados Unidos tiene una relación comercial estrecha, siendo China su principal proveedor y su tercer cliente más importante y, México es su tercer proveedor, pero su segundo cliente más importante. Por otro lado, la relación que México y China guardan entre sí, es que China es el segundo socio comercial de México y México es el socio comercial más grande en América Latina de China. Adicionalmente, y dado que esta investigación trata sobre averiguar los retos de los países, es importante señalar que al ser países en desarrollo nos da una mejor radiografía sobre los retos institucionales a los que se deben enfrentar los países no desarrollados.

Posteriormente al primer reporte emitido por la EIA, se publicó uno en el que señalaban a China y México dentro del *top five*, de los países con altas posibilidades de explotar sus recursos. Lo cual, da mayor sustento a esta investigación sobre, porque se deben de analizar México y China.

⁵ (Administration, 2013)

...Sabemos, por ejemplo, que la oferta de agua potable es muy limitada, pero supongamos que se desarrolla una nueva tecnología que permita que el agua de mar se convierta en potable, de la misma calidad que el agua dulce y a un costo similar, o mejor aún, más barato, (...), esto es esencialmente lo que sucedió con el gas de esquisto (Soeder, 2012).

Capítulo I Desarrollo Institucional del Shale Gas en Estados Unidos.

El presente capítulo tiene como objetivo demostrar que fue un SNI dinámico y competitivo entre sí, lo que permitió que Estados Unidos pudiese explotar sus recursos de shale gas. Para ello se hace uso de cuatro subcapítulos. En el subcapítulo 1.1 Condiciones Generales se expone el contexto del shale gas y se hace un breve recuento de porqué se ha convertido en un recurso energético controvertido. En el subcapítulo 1.2 Características técnicas, como su nombre lo indica, se expone dónde y cuáles son las condiciones geológicas que presento el shale gas en Estados Unidos. En el subcapítulo 1.3 Proceso Institucional, se expone el desarrollo del shale gas a través de las instituciones creadas en Estados Unidos, y que fueron las que sentaron las bases para el desarrollo de la tecnología que posibilitó la explotación rentable del shale gas. Y finalmente en el subcapítulo 1.4 Otros posibles factores, se exponen distintas causas que aunados al SNI estadounidense, coadyuvaron en la explotación del shale gas.

1.1 Características técnicas generales del Shale Gas

El gas natural se ha convertido en una fuente de energía de respaldo, debido a que, *“el gas natural es una combinación de gases hidrocarburos que consisten principalmente en metano (CH₄) y menores porcentajes de butano, etano y otros gases, (...), De todos los combustibles fósiles el gas natural es por mucho el de combustión más limpia, esto es porque los subproductos de la combustión de gas natural son en su mayoría CO₂ y vapor de agua, que son los mismos compuestos que las personas exhalan al respirar, (...), el gas natural se encuentra en formaciones de roca (depósitos) bajo la superficie de la tierra”* (Ground Water Protection Council, 2009, págs. 7,9,10).

En Estados Unidos el gas natural es un recurso clave para completar su propia demanda energética. Además de que Estados Unidos cuenta con abundantes recursos de gas, estos son ampliamente usados en la industria, en el comercio, en la generación de electricidad y en los hogares. Los dos sectores en que el gas natural es pieza fundamental son, primero en la generación de electricidad ya que, por la naturaleza de su combustión limpia y alta disponibilidad económica se convierte en una fuente energética abundante no contaminante como otros recursos fósiles y, el segundo la industria, que usa el gas natural y/o sus componentes como materia prima en la producción de plásticos, productos químicos y fertilizantes, entre otros. Así pues, el gas natural se ha convertido en un recurso clave no sólo para la economía estadounidense sino también a nivel mundial, tal versatilidad ha puesto un mayor interés en los tipos de gas natural no convencionales ya que se espera estos sigan acrecentando los recursos disponibles de gas natural.

Desde 1997 con la aprobación del Protocolo de Kioto, un acuerdo internacional que tiene por objetivo la reducción de los gases de efecto invernadero a nivel mundial, se ha puesto mayor atención al cambio climático y es por ello que los recursos fósiles han comenzado dejar de usarse o impulsarse. Sin embargo, la transición hacia fuentes de energía renovables sigue requiriendo más tiempo, esfuerzo e inversión para que lleguen a ser económicamente viables y pasen a un uso masivo. Por esta razón el gas natural se ha convertido en una fuente de energía de respaldo, dado que sus *“subproductos de la combustión son en su mayoría CO₂ y vapor de agua, que son los mismos compuestos que las personas exhalan al respirar”* (Ground Water Protection Council, 2009, págs. 7,9,10).

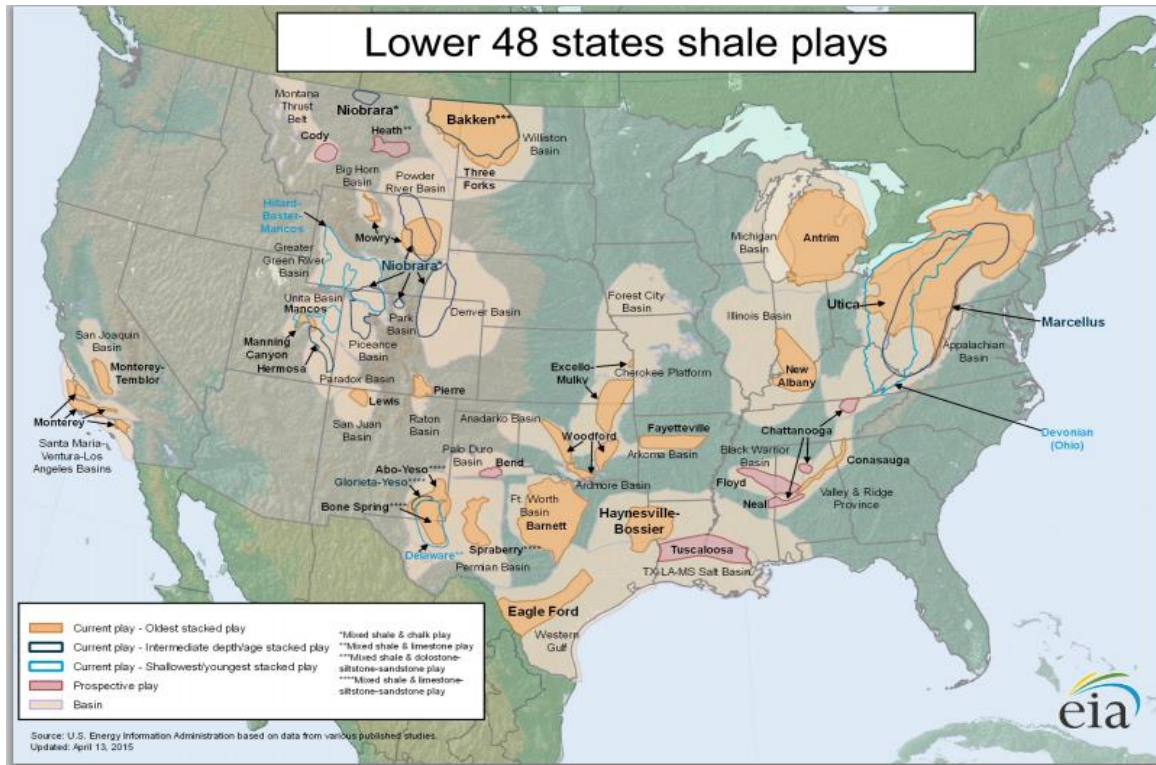
Con esta ventaja ambiental, sobre otros recursos fósiles, el gas natural se ha convertido en un recurso fundamental para los planes energéticos que se centran en la reducción de Emisiones de Gases Contaminantes (GEI). En el caso de Estados Unidos, el gobierno tiene la encomienda de seguir manteniendo su seguridad energética a bajos costos para el medio ambiente y, por lo tanto, las reservas de shale es un componente importante en la cartera energética de Estados Unidos, ya que ha ayudado a reducir la brecha entre su demanda y su producción de gas natural.

El shale gas o gas de lutitas o gas de esquisto, es el nombre para una clase de rocas sedimentarias. *“El termino esquisto, lutita o shale se refiera a una roca que se compone principalmente de pequeños granos de minerales de arcilla y cuarzo, los componentes minerales del barro, (...), estos materiales fueron depositados como sedimentos en el agua, y que luego fueron enterrados y compactados por la presión y a través del proceso de litificación –solidificación- estos sedimentos fueron transformándose en roca”* (Soeder, 2012, pág. 3). Una de las características técnicas más importante del shale gas, es la permeabilidad. Las lutitas tienen una permeabilidad en el orden de 0.001 a .00001 mD⁶, ello significa que el gas atrapado en la lutita no puede moverse fácilmente, además esta baja permeabilidad hace que el shale gas sea clasificado como un recurso no convencional de gas natural. Entonces si bien los recursos son abundantes es más difícil de extraerse con éxito si no se cuenta con la tecnología adecuada. Para que un depósito de shale gas sea económicamente viable de producir se tiene que evaluar las condiciones geológicas específicas de la roca, conocer su carbón orgánico total, su madurez térmica, su profundidad y el kerogeno que contenga es fundamental para predecir si tal yacimiento vale la costosa exploración.

En Estados Unidos, los yacimientos más activos son la cuenca del Barnett Shale, la Haynessville, la Bossier Shale, Antrim Shale, Fayetteville Shale, la cuenca de Marcellus y New Albany, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Cada una de estas cuencas tiene condiciones geológicas diferentes lo cual significa que presenta desafíos potencialmente diferentes. Sin embargo, con el avance de la tecnología y un mayor conocimiento de cómo extraer este tipo de recurso, se ha ido estandarizando la producción de shale gas y con ello se ha ido haciendo una producción viable económicamente.

⁶ En (Ground Water Protection Council, 2009, pág. 14)

Gráfico 1 Reservas de Gas Natural en Estados Unidos⁷



FUENTE: (Administration, 2013)

El proceso de extracción de shale gas requiere un conocimiento previo de las condiciones geológicas, ya que, por el alto costo de la perforación, a diferencia de los recursos convencionales es necesario saber en qué punto la exploración es más rentable. Para ello fue necesario el desarrollo de tecnología que permitiera conocer mejor este tipo de recurso y fue así que surge la imagen micro-sísmica 3D. Ya identificados los recursos se hace una perforación vertical para identificar la localización exacta y posteriormente se realiza una perforación horizontal, este tipo de perforación fue una innovación ya que no se había realizado hasta ese momento una masiva perforación dirigida. Y aún ya habiendo llegado al recurso, nuevamente por su baja permeabilidad, es necesario estimular la salida de este recurso por lo cual, se desarrolló la fractura hidráulica que consiste en bombear en el subsuelo a una alta presión grandes cantidades de agua con arena y agentes químicos. “Después del proceso de fractura

⁷ Fuente: U.S. Energy Information Administration based on data from several published studies Updater: April 13,2015

hidráulica, la presión del agua se reduce para permitir que el fluido de la fracturación fluya hacia la salida, seguido por el gas. A medida que el fluido sale a la superficie, -reflujo- la arena y los agentes químicos se quedan atrás para seguir manteniendo abiertas las nuevas grietas, y así de ser posible, seguir perforando” (Reig, Luo, & Proctor, 2014, pág. 18). Actualmente y gracias al conocimiento acumulado se han desarrollado brocas que en suma a simuladores numéricos que predicen el rendimiento en la roca, se puede acrecentar las cantidades de extracción del shale gas. Nuevamente, *“los recursos provenientes del gas de lutitas representan un combustible de transición importante hacia un futuro energético descarbonizado”* (Stevens, 2010, pág. 4). El desarrollo de tecnologías capaces de hacer rentable la extracción del shale gas, son un factor clave a entender, ya que, al conocer el proceso histórico que llevo al desarrollo de tales tecnologías permite esclarecer las incertidumbres acerca de, si será posible para otros países extraer con éxito este recurso.

1.2 Condiciones generales del desarrollo de Shale Gas

El shale gas o gas de esquisto es un tipo de gas natural no convencional, que comparte algunas características con el gas natural. Estas características abarcan desde temas técnicos, geológicos o ambientales. El gas natural es, un combustible fósil que se gesta dentro de formaciones rocosas orgánicas. Además, *“debido a la presión sedimentaria tiende a expulsar el mayor volumen de gas hasta la parte más porosa y permeable de la roca”* (Estrada, 2013, pág. 13),⁸ *“dependiendo de las condiciones del depósito y según su densidad se determina también la cantidad de gas recuperable”* (Hernández, 2012, pág. 7). Además⁹, el gas natural es más amigable con el medio ambiente que otros recursos fósiles, ya que, *“el gas natural emite 56.1 tCO₂ por TJ mientras que las emisiones del petróleo y el carbón son respectivamente, 73.3 tCO₂ y 94.6 tCO₂ lo que significa que, el gas natural emite 30% menos de CO₂ comparado con el petróleo y 70%*

⁸ Por ello es posible que se acumulen hidrocarburos como el petróleo o gases

⁹ Existe la ventaja de que todos los tipos de gas natural al ser un hidrocarburo con condiciones geológicas menos estrictas que cualquier otro hidrocarburo fósil lo hace una opción viable para el tránsito de energías fósiles a energía limpia

menos comparado con el carbón” (Bhattacharyya, 2011, pág. 354). Sin embargo, a diferencia del gas natural convencional el shale gas presenta más dificultades técnicas, las cuales no sólo dificultan su extracción sino su estimación exacta, lo cual representa una mayor incertidumbre en los operadores e inversionistas.

Las condiciones de incertidumbre más las dificultades técnicas para extraer este recurso hicieron del shale gas un recurso poco viable económicamente durante muchos años. Fue años más tarde que bajo el impulso gubernamental se descubrió que con estímulos artificiales y el desarrollo de una tecnología innovadora se podría hacer del shale gas un recurso viable. Después de cuarenta años de investigación con pocos, pero importantes, éxitos focalizados la nueva tecnología y la innovación en la perforación lograron que la industria energética dejara de considerar al shale gas un estorbo¹⁰ que tenía que tolerarse durante las perforaciones. El auge del shale gas, es pues, imposible de concebir sin las innovaciones tecnológicas que resultaron de la asociación entre el gobierno federal y la industria privada del gas. Diversos investigadores, como Zhongmin y Krupnick (2013), Estrada (2013), Forbes (2013) o Lozano Maya (2013), han encontrado que la innovación y progreso en el desarrollo de la perforación horizontal, de la técnica de fracturación hidráulica y la tecnología micro sísmica 3D surgieron de la investigación público-privada y por los esfuerzos gubernamentales de incentivar la comercialización de los mismos y de los productos que de ellos viniesen.

En la actualidad la producción del Shale gas o gas de esquisto ha permitido, *“la expansión de la producción de energía doméstica -lo cual- ha empujado hacia abajo los precios al mayoreo de la electricidad a mínimos históricos y ha acelerado el retiro de plantas viejas de carbón en Estados Unidos, lo cual se espera mejore significativamente la salud pública”* (Trembath, Jenkins, Nordhaus, & Shellenberger, 2012, págs. 2-3).

Poco más de cuarenta años fue lo que necesitó el shale gas para dejar de ser un recurso inaccesible y costoso. En la actualidad es un recurso viable económicamente y ha ampliado la cartera energética de Estados Unidos. Pero esto se logró gracias a que al

¹⁰ El Shale Gas era considerado un estorbo debido a que los pocos avances en la tecnología no permitían aprovechar este recurso en cada extracción donde se encontraba, entonces, este era desperdiciado por los productores. Por lo cual, cada que encontraban este recurso en sus extracciones, era un recurso a desaprovechar que desperdiciaba recursos que podrían ser usados para el recurso objetivo (petróleo o gas natural)

menos durante treinta años se incentivó, a través de programas fiscales y con asociaciones público-privadas, a la ciencia básica y los actores encargados de la I+D para que, buscaran las tecnologías necesarias para la extracción de este recurso. En general, a lo largo de tres décadas la inversión y participación en el desarrollo de tecnologías para la extracción del shale gas, se puede resumir en cinco momentos institucionales clave, que más adelante serán ampliados:

1. Implementación del Proyecto del Gas del Este, que fue una serie de proyectos enfocados a encontrar y demostrar la posible perforación de gases no convencionales.
2. Inicio de actividades del Instituto de Investigación del Gas (GRI), el cual creó varias colaboraciones con la industria privada para recibir apoyo financiero para el desarrollo de tecnología.
3. El gobierno federal crea una serie de subvenciones fiscales, englobadas en la Sección 29 de crédito fiscal que tendría una vigencia desde 1980 hasta 2002.
4. Los laboratorios Sandia National desarrolla las primeras imágenes micro-sísmicas en 3D, las cuales gracias al mapeo geológico que realizan hacen que las estimaciones de reservas sean más certeras.
5. La Administración de Energía Investigación y Desarrollo (ERDA) desarrolla brocas de diamante tachonado las cuales permiten realizar una perforación direccional que hace posible realizar la primera fractura en la roca de esquisto. Y que años más tarde, esta técnica sería mejorada por la compañía privada Mitchell Energy, siendo esta la primera en usar la fractura hidráulica para perforar la roca de lutita.

Pese a que el desarrollo del shale gas lleva poco más de 40 años no debe olvidarse que es un recurso recién explorado y que por lo tanto aún hay mucho que se debe aprender sobre su exploración e impacto. Muestra de esta inexperiencia es que la EIA apenas comenzó a recopilar información sobre las reservas probadas del shale gas en el año 2005 y, sin embargo, para el año 2011 según esta agencia el shale gas, *“representaba un tercio de la producción total de gas natural en Estados Unidos y se espera esta llegue a ser el 50% para el 2035”* (Konschnik & Boling, 2012, pág. A). Tal

incremento responde al desarrollo de tecnología que permitió se pudiese explotar a gran escala y en forma intensiva el shale gas.

Actualmente el shale gas se ha vuelto en un recurso controversial, debido a las crecientes preocupaciones ambientales. *“Algunos riesgos ambientales que plantea la producción de gas de esquisto son comunes en toda la producción de gas natural -pero existe el consenso de que, en el caso del shale gas existen mayores riesgos en la posible - contaminación de las aguas subterráneas por derrames de fluidos o por los desechos del agua residual que son resultado de un mal diseño o poco mantenimiento de los pozos, o la contaminación en el hábitat de construcción , (...), que compuestos orgánicos volátiles (VOC) contaminen el aire, la presión en el agotamiento de agua dulce.”* (Konschnik & Boling, 2012, pág. A). Estos autores separan el impacto ambiental según las etapas de perforación, tal distribución se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Estas crecientes preocupaciones originaron un gran número de evaluaciones de impacto ambiental por parte de la EIA lo cual llevo a nuevas regulaciones y sanciones incluso fuera de Estados Unidos, por ello diversos países han decidido detener la exploración en este recurso por las preocupaciones ambientales. Aún con todo ello, como ya se ha mencionado, la exploración del shale gas está todavía en una etapa de aprendizaje continuo, donde es muy difícil estimar la magnitud de los riesgos, su probabilidad de ocurrencia o las estrategias óptimas de mitigación. El reto de las agencias reguladoras es grande y poco explorado, por ello, pese a que este trabajo reconoce que la exploración del shale gas conlleva varios riesgos ambientales y es un tema bastante controvertido, sólo aborda el desarrollo y los retos institucionales que llevaron al shale gas a un desarrollo rentable.

En la siguiente Tabla 1 se describe la relación entre la actividad, consecuencia y el impacto que existe en la producción del shale gas.

Tabla 1 Impacto ambiental de la explotación de shale gas, desde la prioridad para el gobierno, la industria, la academia y las NGO

Etapa de	Actividad	Carga	Impacto
Exploración	Actividades asociadas con el desarrollo del shale gas	Carga que pueden ser originadas por una actividad de desarrollo del shale gas	Aspectos del medioambiente que pueden ser afectados por el proceso de exploración del shale gas
	Prep. Del	Limpieza de la tierra y construcción de la infraestructura necesaria	Tormentas de agua Fragmentación del hábitat
Perforación	Fuga de Metano	Metano	Calidad del aire
	Recubrimiento de cemento	Metano	Calidad del agua subterránea
	Accidentes en el recubrimiento	Metano	Calidad del agua subterránea
	Accidentes con el recubrimiento de cemento	Fluidos de la fracturación hidráulica	Calidad del agua subterránea
Fracturación	Uso del agua superficial y subterránea	Escasez de agua dulce	Disponibilidad de agua Calidad del agua subterránea
	Almacenaje de los fluidos de la fractura hidráulica	Fluidos de la fractura hidráulica	Calidad superficial del agua
	Fuga de metano	Metano	Calidad del aire
Almacenaje del fluido o de las aguas residuales	Almacenaje en el sitio	Reflujo y agua procesada	Calidad superficial del agua Calidad del agua subterránea
		Fluidos de la fracturación hidráulica	Calidad superficial del agua
	Tratamiento municipal de las aguas residuales	Reflujo y agua procesada	Calidad superficial del agua
	Tratamiento industrial d las aguas residuales	Reflujo y agua procesada	Calidad superficial del agua

Fuente: Alan J Krupnick, Managing the Risks of Shale Gas: Key findings and further research. (Resources for the future, 2013). Consultado en, (Reig, Luo, & Proctor, 2014, pág. 13)

Por otro lado, el shale gas también ha tenido un impacto positivo en la industria estadounidense debido a que, el gas natural convencional y no convencional, tiene un uso muy versátil en los sectores industriales, residenciales o comerciales. Pero primordialmente la industria química es la que tiene el mayor impacto positivo, ya que,

“los subproductos de este proceso de extracción tales como el etanol, butano y propano, valorados por ser materias primas para el mercado de los petroquímicos, están siendo más abundantes y con ello más baratos -y con ello se espera que- el boom del shale gas y/o gas de esquisto cambie el panorama competitivo para los participantes de esta cadena de valor” (Trembath, Jenkins, Nordhaus, & Shellenberger, 2012, pág. 7).

1.3 Proceso institucional para el desarrollo de gas de esquisto en Estados Unidos.

Los principios del shale gas se remontan a la época en la que el petróleo pasó por una crisis. A finales de 1970 el mundo atravesaba una crisis energética debido a que el precio del petróleo se elevó, en ese momento, países que venían atravesando un auge industrial se dieron cuenta de la importancia de tener una cartera energética diversificada. *“Esta crisis fue en realidad una serie de shocks petroleros precipitados por una guerra de Oriente Medio en 1973, y la revolución Iraní en 1979, el precio del petróleo se cuadruplicó, y para el público estadounidense que no había tenido que preocuparse por los suministros de gasolina desde los años de la Segunda Guerra Mundial tal ascenso precipitado los aturdió y conmocionó, (...), -Adicionalmente- el auge de la vivienda de la posguerra de Estados Unidos había vuelto a poner a mucha gente en los suburbios a largas distancias de los centros urbanos. La vida suburbana significaba que se necesitaban automóviles para casi todas las necesidades de transporte. -Fue entonces que, con la escasez y los precios elevados- el público demandó a su gobierno se hiciera algo para evitar volver a ser un "rehén" de los recursos importados”* (Soeder, 2012, págs. 8-9). A la escasez de petróleo también se sumaba la escasez de gas natural, históricamente durante la década de los 60 y primera mitad de los 70 la industria del gas natural se caracterizó por, *“la regulación precio-máximo que dio lugar a la escasez en la producción y en reservas -debido a que- los precios máximos de gas natural interestatal se habían fijado en niveles por debajo de los precios en equilibrio, para la segunda mitad de los 70 la escasez en la producción era ya evidente”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 6), fue entonces que, el gobierno estadounidense se vio obligado a promover el desarrollo de nuevas fuentes energía particularmente las provenientes del gas natural fuese convencional o no, esto basado en diversos estudios realizados por la Comisión Federal de Energía, la Administración de Investigación y

Desarrollo de Energía (ERDA) y el Departamento de Energía (DOE) en los cuales se sugería que los recursos de gas natural no convencionales podrían ser muy vastos.¹¹ Así fue que en 1978 el gobierno federal aprobó la Ley Sección 107 de Política de Gas Natural (NGPA) que, *“exigía la eliminación gradual de los controles de precios y proporcionaba incentivos para el desarrollo de nuevas tecnologías para la exploración de gas natural -incluyendo las fuentes no convencionales”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 7). Fueron, *“estas políticas las que crearon el marco para el aumento en la producción de tight gas¹² y más tarde el auge de gas de esquisto”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 6). Sin embargo, en los primeros años de la producción de gas natural no convencional no era posible para los productores estadounidenses competir con el petróleo o gas natural convencional, además muchos de los productores eran pequeñas empresas por lo tanto no había ni incentivos ni financiamiento para desarrollar la I+D.

Pese a la desregulación de la industria del gas, el impacto real en el precio no era lo suficientemente rápido para contrarrestar la presión que en 1979 se tenía por la crisis petrolera. Esto, *“condujo a la aprobación -en 1980- de la Ley de Impuestos a las Ganancias de Petróleo Crudo, (...), la cual proporcionaría créditos fiscales para la producción de combustibles no convencionales, (...), este crédito se implementó en la Sección 29 del Código de Rentas Internas y aplicaría no sólo para gas no convencional, sino que también para combustibles sintéticos a partir de la biomasa, petróleo de esquistos entre otros”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, págs. 9,25). La forma en que este crédito funcionaría sería a través de una fórmula que no sólo contemplara la inflación y el impacto que los precios del petróleo pudiesen tener, sino que además la fórmula

¹¹ En 1974, se creó una ley federal en la que se fusionaban varios programas de investigación independientes y se transformaba en la ERDA y para 1976, se creó el DOE en el que caería la responsabilidad de todos los programas de I+D relacionados con la industria energética de Estados Unidos y para 1977 se crea el GRI, que sería un instituto enfocado a estudiar el gas natural y que estaría financiado en su totalidad por los impuestos cobrados a las transacciones de gas natural interestatales hasta 1998 y a partir de allí su financiamiento estaría basado en las ganancias por su tecnología desarrollada y por financiamiento privado. (Zhongmin & Krupnick, 2013, págs. 7,13)

¹² *“Se denomina tight gas a formaciones de arnas masivas productoras de hidrocarburos de muy baja permeabilidad, (...), este tipo de reservas suele considerarse “no convencional” ya que su desarrollo requiere mayor esfuerzo intelectual y técnico”* (Blanco Ybáñez & Vivas Hohl, 2014, pág. 15). *“Los depósitos de tight gas son a menudo como una piedra arsénica gasífera (que puede contener o no fracturas naturales) y que tiene una permeabilidad menor a 0.001 mD”* (Kaik, pág. 5)

estaba estructurada de forma tal que se fuese eliminando gradualmente el crédito otorgado, para así ir incentivando la productividad y competitividad de los operadores. Inicialmente la fórmula otorgaba de crédito \$0.52 por cada Mpc producido y en 1992 se aumentó a \$0.94 por cada Mpc producido, así fue como, *“la sección 29 elevó los rendimientos financieros y por lo tanto reducía los riesgos de invertir en la exploración de recursos no convencionales”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 9). De esta forma se fue incentivando a los productores a invertir en la I+D de tecnología para recursos no convencionales.

Paralelamente a los incentivos fiscales que el gobierno realizó a finales de los 70, se debe aunar el programa de investigación iniciado por la ERDA y que sería continuado por el DOE. *Este programa tenía tres componentes: “El Proyecto del Gas del Este, el Project Sands Occidental Gas y el Proyecto de Recuperación de metano de capas de Carbón”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 9). En un inicio este programa evaluaba el volumen, distribución y características del shale gas, sin embargo, la tecnología existente para obtener esta información a pesar de ser de bajo costo era ineficaz, haciendo que las estimaciones sobre estos recursos fueran inciertas. Con estos resultados, el GRI comenzó a partir de la década de los 80 a desarrollar tecnología para diferentes cuencas en las que incursionó. Fue así como el alto grado de colaboración entre el DOE, centro donde se desarrollaba tecnología, y el GRI como instituto centrado en la aplicación y transferencia de tecnología, permitió que todos los proyectos en los que fueron incursionando sirvieran para acumular conocimiento que resultaría para el desarrollo de la tecnología necesaria para explorar el gas de esquisto. En total, el programa desarrollado por la ERDA y continuado por la DOE que duró desde 1978 hasta 1992 generó los siguientes gastos: *“El DOE gasto 137 millones de dólares -de 1999- más los gastos que ya había tenido la ERDA de 20 millones, el GRI gasto cerca de 30 millones, (...), -y además de la colaboración entre el GRI y el DOE-, estos a su vez entablaron relaciones con los diversos centros del Departamento de Energía, con laboratorios nacionales, universidades y con empresas privadas - estas últimas gastaron durante el mismo periodo un total de 35 millones de dólares”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, págs. 10-11). Los beneficios atribuibles parcialmente a este programa vinieron de la producción de gas a partir de gas de lutitas, la cual desde 1978 comenzó

a elevarse¹³ la producción total anual de gas de esquisto fue de 70 millones de pies cúbicos (mp3) en 1978, 200 mp3 en 1992 y de 380 mp3 en 1998. (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 11)

Tres tecnologías desarrolladas por el Programa conjunto del DOE y GRI son consideradas fundamentales para el desarrollo del shale gas, estas son, la perforación horizontal, las imágenes sísmicas 3D y la fracturación hidráulica masiva.

- La perforación horizontal dirigida: Antes de 1980 la perforación horizontal había tenido poco uso práctico, fue hasta esa década que los avances en los motores de fondo de pozo, los cuales proporcionan energía adicional a la broca y con ello aumentó las tasas de penetración, y otros equipos de perforación y tecnologías hicieron posible la comercialización de la perforación horizontal. Adicionalmente la innovación de brocas avanzadas desarrolladas por la asociación entre General Electric y ERDA/DOE, permitió perforar de una forma más eficiente.
- Imagen sísmica 3D: Esta tecnología revolucionaria para la exploración y desarrollo fue desarrollada por los Laboratorios Nacionales Sandia y aunque en un principio no estaba pensada para la extracción de gas natural sino para minas de carbón, fue importada al gas de esquisto donde, mediante la medición de reflejos acústicos proporciona una mejor imagen de la estructura y propiedades de las rocas. Esto permite aumentar la capacidad de localizar nuevos yacimientos, determinar sus características y así tener una explotación óptima.
- Fracturación hidráulica masiva: Si bien es cierto que la fracturación se ha utilizado desde la década del 40 para extraer gas natural, las formaciones de gas de esquisto tienen una geología peculiar, la cual por su alta porosidad y baja permeabilidad hacen difícil una fractura predecible, por lo tanto, las técnicas de fracturación convencionales no tuvieron éxito. La utilización del fracking permite liberar el gas no convencional atrapado en las rocas de esquisto. Para ello, se tiene que usar una inyección de agua y químicos. Este punto es el de mayor

¹³ Debe tomarse en cuenta además los posibles impactos provenientes del crédito fiscal y de los avances que las empresas privadas iban teniendo.

controversia, no sólo por el uso excesivo de agua¹⁴, sino además por el uso de químicos en el agua la cual por un lado queda contaminada y debe de pasar por un proceso de tratamiento para ser reciclada o reusada (Reig, Luo, & Proctor, 2014, pág. 18), y por otro lado existe un riesgo de que existan filtraciones de esta agua con químicos en los mantos acuíferos (De la Vega & Ramírez, 2014, pág. 85). Algunos de los químicos usados en el fracking son enlistados en la Tabla 2.

Tabla 2 Químicos comúnmente utilizados en el fracking

Aditivo	Ingrediente Químico	Propósito
Acido	Ácido clorhídrico o ácido muriático	Ayuda a disolver minerales y a iniciar la fractura en la roca
Agente antibacterial	Glutaraldehído	Elimina bacterias en el agua que producen corrosión
Trituradora	Persulfato de amonio	Permite una acción retardada del gel
Inhibidor de Corrosión	Formamida	Previene la corrosión en el pozo
Crosslinker	Sales de Borato	Mantiene una viscosidad fluida mientras la temperatura aumenta
Reductor de Fricción	Destilado de Petróleo	Crea “manchas” en el agua para minimizar la fricción
Gel	Goma de Guar	Espesa el agua con el fin de suspender la arena
Control de hierro	Ácido cítrico	Evita la precipitación de óxidos de metales
Estabilizador de arcilla	Cloruro de potasio	Crea un fluido portador de salmuera que prohíbe la interacción fluida con arcillas de formación

Fuente: Retomado de (Miranda-Gonzalez & Valera-Medina, 2014, pág. 7)

Las Joint-Ventures que se pactaban entre institutos públicos y empresas privadas se enfocaron en los recursos de 28 zonas ubicadas en Ohio, Texas, Kentucky, Nueva York, Pensilvania y Virginia Occidental, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** La mayoría de los principales avances en tecnología e innovación y aplicación de los

¹⁴ “La típica perforación y fracturación horizontal de un pozo de shale gas requiere de entre 10,000 a 30,000 m³ de agua, (...), la cantidad de agua que se necesita depende de la longitud del yacimiento, el número de operaciones de fracturación por pozo y las propiedades de las formaciones, (...), la mayor cantidad de agua ocurre durante el proceso del fracking” (Platform)

mismos se llevó a cabo en los yacimientos de las lutitas Devónico y Marcellus, gracias al Proyecto del Gas del Este. Sin embargo, fue gracias a la compañía de George Mitchell un veterano en la industria del gas natural, que fue posible el desarrollo moderno del shale gas.

La empresa de George Mitchell, estuvo involucrada en los primeros momentos del Proyecto del Gas Este, con la co-perforación de numerosos pozos con el DOE en Ohio. Fue a través de estas experiencias que la gestión de Mitchell se enfocaría a, *“gestionar los gastos de capital lejos de altos riesgos y priorizar proyectos de largo plazo”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 18). Ello significaría una mayor inversión por parte de la empresa en I+D, enfocándose primordialmente en la fracturación hidráulica a escala comercial. Fue hasta en 1986 cuando el DOE demostró en el play Devónico, que la fracturación hidráulica tenía aplicaciones comerciales y de grandes beneficios en la perforación horizontal. Años más tarde Mitchell Energy, la compañía de George Mitchell, y todo su departamento de geología haría perfecciones a la técnica que la haría comerciable sin subsidio. En 1998 la compañía de George Mitchell, liderada por Nick Steinsberger aplicarían una técnica de perforación innovadora, llamada "fracking water slick" o "Fractura hidráulica" en la cual, *“se había logrado encontrar la combinación optima de insumos (agua, arena, lubricantes, químicos) capaces de fracturar la lutita a un menor costo y haciendo la perforación hidráulica horizontal viable económicamente”* (Trembath, Jenkins, Nordhaus, & Shellenberger, 2012, pág. 9).

Sin embargo, antes de que Mitchell Energy pudiera innovar por sí mismo, tuvo que comprender previamente la compleja geología de las rocas de lutitas para lo cual se necesitó de la acumulación de conocimiento geológico. En un inicio, *“en la década de 1980 Mitchell Energy se centró en comprender la geología del yacimiento Barnett perforando pozos exploratorios y con la adquisición de datos sísmicos 2D”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 21). En 1991, Mitchell se asoció con el DOE y el GRI para estimar la cantidad de gas proveniente del gas de lutitas en el yacimiento Barnett, sin embargo, los resultados no fueron prometedores. Para 1999 se hizo una reevaluación a los resultados que vinieron de la primera asociación en 1991, esta reevaluación fue posible gracias a la tecnología 3D que se había desarrollado en 1994, de esta reevaluación Mitchell Energy logró identificar en dónde estaban los mayores yacimientos.

Además de estas participaciones conjuntas, gracias a que el Programa del Gas de Este produjo mucha información en informes o revistas sobre el yacimiento Devónico, Mitchell Energy pudo retomar esas experiencias en el yacimiento Barnett, desafortunadamente este impacto es aún más difícil de cuantificar. Sin embargo, se ha mencionado por Zhongmin Wang que, dos publicaciones son las que tuvieron mayor impacto, *“el primero fue la tesis de maestría de un estudiante de posgrado de la Universidad de Texas en Austin, que identificó un fallo mayor en el condado de Wise, donde Mitchell Energy había perforado la mayoría de sus pozos. La segunda, era un artículo publicado por la Universidad de Illinois, de la revista Revisión Anual de la Tierra y Ciencias Planetarias, este artículo ayudó a los geólogos de Mitchell Energy a comprender mejor la composición térmica del yacimiento Barnett”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 26). Pese a la gran cantidad de información con la que Mitchell Energy contaba y habiendo perforado ya 800 pozos verticales y 4 pozos horizontales, en el 2000 aun no despegaba la producción económicamente viable de shale gas, y Mitchell Energy había tenido varias pérdidas debido a que el proceso de exploración estuvo plagado de experimentos fallidos, pero necesarios para el proceso de aprendizaje. Para 2002 cuando el Proyecto del Gas del Este ya había terminado y la Sección 29 había perdido vigencia, Mitchell Energy decidió fusionarse con Devon Energy por \$3.5 mil millones de dólares. *“La fusión Mitchell-Devon aceleró en gran medida el desarrollo del play Barnett, (...), la fusión fue enviando una fuerte señal a la industria de que la exploración en el Barnett tenía un gran potencial”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 27). En general, lo que permitió que este potencial resultara en un boom energético fue la aplicación generalizada de la perforación horizontal, la cartografía micro sísmica y la proyección de imágenes 3D, tecnologías desarrolladas por institutos públicos, y además de la fractura hidráulica desarrollada por Mitchell Energy y ampliada por su fusión con Devon Energy. Actualmente, *“la alta tasa de mejora en la técnica y la innovación, muestra una tendencia a crecer en los próximos años de los recursos de shale gas. Más aún, con yacimientos de shale gas comenzando a ser explorados por empresas de energía grandes como Shell, Chevron y BP”* (Erismann, 2011, pág. 11).

Con los precios bajos del gas natural existe una industria que se está beneficiando ampliamente. Esto debido a que, el desarrollo del shale gas impulso en Estados Unidos

no sólo una mayor abundancia de recursos sino también la generación y transferencia de conocimientos, con ello se han adquirido y comercializado nuevas tecnologías, haciendo que aumente la competitividad en ese país.

Desde que en 2009 que se comenzó a recuperar la economía estadounidense el gobierno federal retomó el orden. Y con ello la producción de gas natural, que había estado en declive, volvió a ganar un impulso extra, gracias al shale gas. *“La producción de gas se incrementó un 27.4%, pasando de 18.05Tcf por año en 2005 a 23Tcf por año en 2011, (...), la participación del shale gas en la producción total de gas natural en Estados Unidos también ha ido aumentando rápidamente, del 4% en 2005 a un 30% en 2012, (...), y la EIA espera que para 2035 este porcentaje sea del 49%”.*

Los bajos costos del gas natural, proveniente de la abundancia de recursos no convencionales, están permitiendo un ahorro de costos para los fabricantes estadounidenses por medio de usar al gas natural no convencional, particularmente al shale gas, como fuente de energía o como materia prima. Según un informe del PwC se estima que, *“las compañías productoras de metales o químicos son los mayores beneficiados, -ya que-, las empresas químicas están encontrando materias primas asequibles y sus productos a su vez tienen demanda para la extracción, distribución, almacenamiento y procesamiento de recursos tanto convencionales como no convencionales”* (McCutcheon, Molavi, Bono, Schlosser, & Tomera, 2014, pág. 6). El mismo estudio estima que, *“el ahorro en los costos anuales para estas industrias pueda ser de \$22.3 mil millones en 2030 y \$34.1 mil millones para 2040,- a su vez estos ahorros y continuo crecimiento en la actividad industrial-, se traduzca en nuevos trabajos industriales, se estima que 930,000 puestos de trabajo pueden ser impulsados por el shale gas en 2030 y 1, 410,000 para 2040”* (McCutcheon, Molavi, Bono, Schlosser, & Tomera, 2014, págs. 1, 4). Sin embargo, estas optimistas estimaciones dependen de que se siga manteniendo una alta recuperación del shale gas y a precios comerciales constantemente bajos.

1.4 Exposición general de otros factores que influyeron en el desarrollo del shale gas.

En apartados anteriores se expuso la importancia que tuvo un SNI dinámico y competitivo gracias a un Estado catalizador de la I+D de tecnología. Sin embargo, existen otros factores que permitieron el desarrollo del shale gas en Estados Unidos y aunque, no es tema de esta tesis explorar estos factores a profundidad, es necesario mencionarles para así tener una comprensión global de la revolución del shale gas en Estados Unidos. Al final todos estos factores contribuyen a la acumulación de conocimiento que crea un SNI capaz de desarrollar tecnologías y procesos novedosos que le permiten a la economía estadounidense seguir creciendo. Tal como lo planteaba Schumpeter, *“en la realidad la plusvalía devenía de procesos de desarrollo y- no habría desarrollo económico sin innovación”* (Boila, 2013, pág. 1). Por ende, la ganancia es consecuencia de la innovación.

Los derechos de propiedad privada de la tierra y la propiedad de los minerales que en ella existan, la estructura de mercado que tenía altos precios de gas natural en la década de 2000, la disponibilidad de agua, y una infraestructura avanzada de ductos de gas natural. Contribuyeron, o por lo menos no restringieron, el desarrollo del shale gas en Estados Unidos, y al ser una gama tan diversa y que requiere un desarrollo de largo plazo muchos de estos factores aún no se encuentran en otros países o es difícil poderlos desarrollar en el corto o mediano plazo.

La cuenca más rentable en Estados Unidos fue la del Barnett, la cual cuenta con características geológicas idóneas que ayudaron a la empresa Mitchell Energy a poder extraer los recursos de esquisto. Esta zona, *“está por debajo de las menos profundas formaciones de gas convencional - es decir, la cuenca del Barnett es una de las menos profundas de recursos no convencionales- así pues, la cuenca del Barnett resulta ser una de las formaciones de esquisto más geológicamente favorables”* (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 29). El desarrollo del shale gas en Estados Unidos no puede desligarse de los operadores pequeños quienes se valieron fundamentalmente en que la tierra era propiedad privada junto con sus minerales para poder explotarla y obtener beneficios de ella. *“La propiedad privada de la tierra contribuyó al desarrollo de gas de esquisto en que ofrecía a las empresas de gas natural un método para obtener una*

rentabilidad razonable de sus primeras inversiones en innovaciones tecnológicas necesarias para el desarrollo de nuevas tecnologías” (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 30). Por el otro lado, las personas dueñas de tierras donde existían reservas de shale gas y que no contaban con los recursos necesarios para poder explorarlo o no era de su interés, podían arrendar sus tierras.¹⁵ La disponibilidad de agua es fundamental para la perforación hidráulica, la cual es la única tecnología hasta ahora conocida para extraer shale gas exitosamente, para el caso de Estados Unidos el agua necesaria para la fractura era generalmente alta, aunque actualmente en algunas zonas ha crecido la preocupación por una posible escasez. Finalmente, Estados Unidos ya contaba desde por lo menos la década de los 70 con una infraestructura para la extracción de gas natural. “Estados Unidos ya tenía una amplia red de tuberías para el transporte de gas natural al mercado antes del que el shale gas se explotara, (...), además ya existía -aunque en menor escala- pozos de inyección subterránea, una topografía de la mayoría de las cuencas de esquisto, (...), y también fue importante la política de acceso abierto a ductos de gas natural interestatales, (...), esta política de acceso abierto ayudó a crear un mercado de gas natural más competitivo” (Zhongmin & Krupnick, 2013, pág. 31). Después del boom del shale gas tanto los operadores como el gobierno se dieron cuenta que las regulaciones que prevalecían para el gas natural convencional no eran suficientes para la exploración del gas no convencional, particularmente para el gas de esquisto. Actualmente existe mucha polémica no sólo si se debe permitir la producción de este tipo de recurso sino además si, se autoriza la exploración cuál debe ser el papel del gobierno federal en cuanto a la gestión que debe de seguir, inclusive en Estados Unidos, actualmente se prevé la posibilidad de crear regulaciones y normas para el gas no convencional estándares para todo el país.

Para realizar una gobernanza eficaz de los recursos no convencionales es necesario, la comprensión de los riesgos y sus causas, *“la información puede reducir la brecha entre las amenazas reales y las percibidas, centrándose en esfuerzos regulatorios donde más se necesitan. -Además- las empresas deberían poder acceder a esta información para*

¹⁵ Sin embargo, el emplazamiento no estaba bien organizado por lo tanto al no ser óptimo se daba pie a especular sobre tierras sin siquiera hacer grandes inversiones de I+D

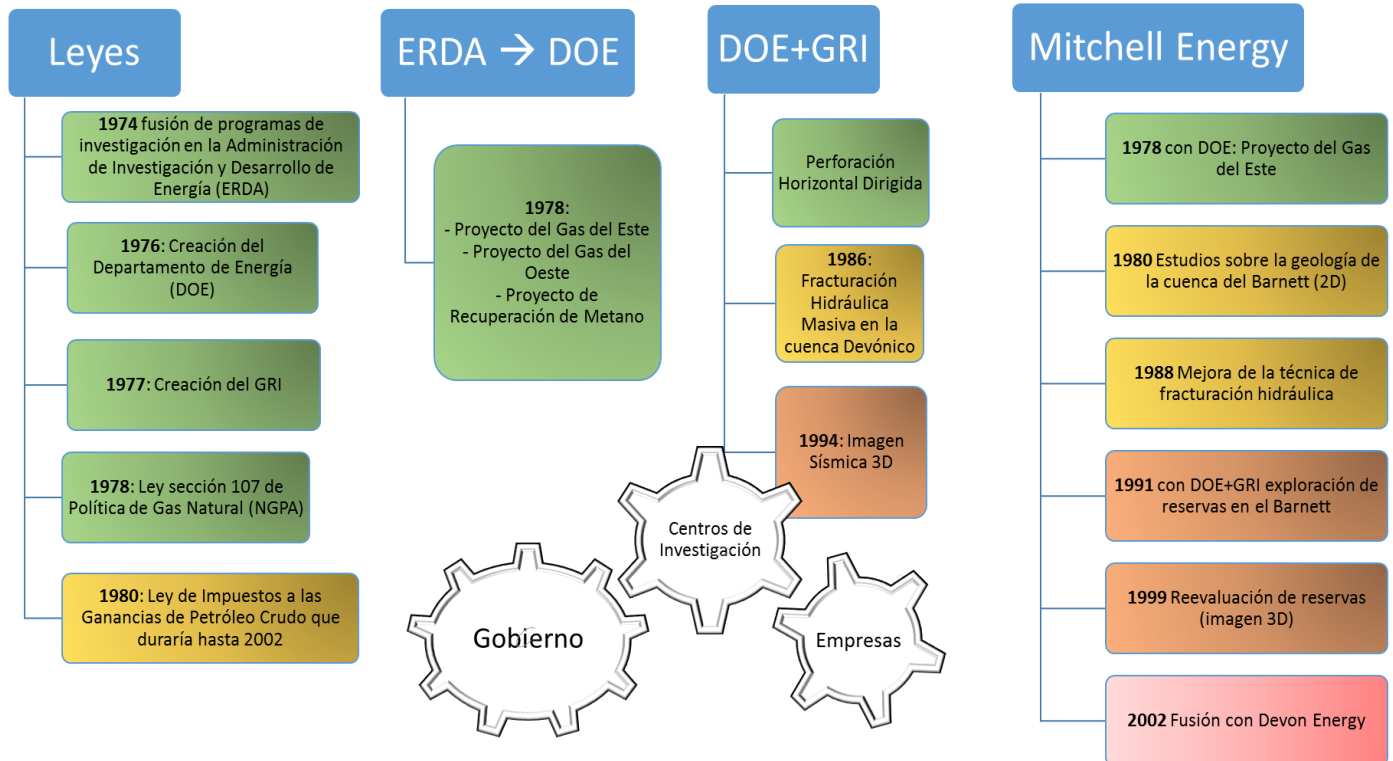
detectar riesgos, cuantificar su probabilidad e impacto, e identificar las causas. - Nuevamente- la participación de múltiples agencias puede hacer que se aprovechen las fortalezas relativas y evitar la doble reglamentación, (...), después de la identificación del riesgo y sus causas, los esfuerzos del gobierno deben centrarse en la mitigación de riesgos, las posibles soluciones que pueden provenir de normas, estrategias de gestión o nuevas tecnologías” (Konschnik & Boling, 2012, págs. ,C). En este tópico es conveniente un alto grado de integración del gobierno con las empresas para, ir acumulando la experiencia técnica y que esta a su vez permita crear un marco regulatorio no sólo de normas sino también de incentivos en donde todas las partes interesadas puedan retomar modelos de éxito, adaptarlos y mejorarlos. Finalmente, el desarrollo ambientalmente responsable del shale gas basado en la continua mejora de tecnología, presenta una oportunidad para el mundo de lograr un avance significativo en la descarbonización del sistema energético y con ello de todos los sectores.

1.5 Conclusiones del capítulo

Hace poco más de 40 años atrás Estados Unidos atravesó una etapa funesta de disponibilidad de recursos energéticos, lo cual lo obligó a tomar medidas para que su canasta energética doméstica cubriera la mayor cantidad de demanda. Fue entonces fundamental la implementación de catalizadores que incentivaran a los empresarios e investigadores a desarrollar innovaciones y tecnologías necesarias para la explotación del shale gas. Así fue como hace tan sólo una década atrás se lograra extraer un recurso abundante que, comienza a modificar en Estados Unidos su producción energética. *“El aumento en la producción de gas de esquisto y el consumo en Estados Unidos ha demostrado ser un verdadero cambio de juego en varios frentes: el fortalecimiento de la seguridad energética y la independencia, y ayudar a desencadenar un resurgimiento en los Estados Unidos de la manufactura e industria petroquímica”* (McCutcheon, Molavi, Bono, Schlosser, & Tomera, 2014, pág. 1).

El proceso institucional por el que Estados Unidos atravesó no fue corto, ni fue una revolución de sólo diez años. Como se puede observar en el Gráfico 2 el proceso institucional que hizo un SNI dinámico y competitivo en Estados Unidos, abarca al

Gráfico 2 Proceso Institucional del SNI para el desarrollo de Shale Gas en Estados Unidos



Fuente: Elaboración propia

Gobierno, a Universidades y a Empresarios.

Sin la cooperación entre estos agentes el desarrollo del shale gas no hubiera sido posible, dado que no existiría la base de donde los interesados en producir shale gas pudiesen retomar información, capital, o personal capacitado. La interacción del SNI de Estados Unidos dio pie al desarrollo de tecnologías aplicables al shale gas, estas fueron suficientes para explotar el shale gas a un menor costo y tiempo.

Actualmente Estados Unidos registra abundancia de gas natural y el suministro en el largo plazo es más seguro que nunca, esto se debe en gran medida a que los operadores en Estados Unidos han aprendido y siguen desarrollando nuevas innovaciones y tecnologías para extraer exitosamente el gas de lutitas. Lo que en su momento fue un

estorbo para los operadores ahora se ha convertido en una revolución local. Y tal como lo señala Dosi, “*si en la actualidad el desarrollo tecnológico se basa en experiencias de producción e innovación del pasado y continúa con la solución de nuevos problemas por medio de secuencias y coyunturas específicas*” (Cimoli & Dosi, 1994, pág. 671), entonces, la posibilidad de identificar patrones de aprendizaje, de selección de mercados o de instituciones nacionales que puedan interpretarse a partir de indicadores básicos es un reto de investigación que aún se sigue perfeccionando. El proceso de explotación del shale gas continuará mejorándose a sí mismo y con él se aportarán soluciones continuas al problema del cambio climático.

La revolución del shale gas es un fenómeno local ya que hasta el momento ningún otro país ha logrado una explotación rentable. Gracias a que Estados Unidos cuenta con un SNI con buena fluidez de conocimiento y de alta competencia entre sus actores, es decir, que sus empresarios invierten en la investigación ya sea dentro de la empresa o asociándose con centros de investigación públicos, en donde además, se encuentra el gobierno incentivando e invirtiendo tanto en la creación de capital humano, como en infraestructura o en beneficios fiscales para los empresarios, lo cual hace que sólo los más capacitados sean capaces de explotar el shale gas. Esto ha permitido una continua exploración y desarrollo de tecnología para el shale gas, como (Lundvall B.-Å. , 2005) definen la innovación es una continua acumulación de conocimiento, y esto aplicado al caso del shale gas en Estados Unidos ha permitido ir implementando mejores regulaciones para mitigar y prevenir impactos negativos, principalmente al medio ambiente.

En 2011 la IEA en su reporte del World Energy Outlook estimaba que la demanda de gas natural seguirá aumentando hasta por lo menos el año 2035, lo cual, avala su afirmación de que nos encontramos en la edad de oro del gas. Pese a que estas estimaciones puedan ser muy optimistas, no cabe duda que en años futuros el gas natural convencional o no convencional tendrá un papel importante en la cartera energética mundial. El caso de shale gas, como se ha expuesto en este apartado queda determinado a factores institucionales referentes a la vinculación entre los agentes del SNI y la claridad de la gobernanza, no sólo del Estado sino también de los pequeños empresarios que tomaron el riesgo de invertir en un recurso poco explorado. En años

recientes, el caso del shale gas propició un círculo virtuoso en industrias que habían estado inactivas, particularmente la petroquímica.

Pese a que este proceso desembocó en una “revolución” en Estados Unidos, en otros países no se ha logrado, hasta el momento, producir shale gas a niveles comerciales. Además de la falta de experiencia técnica proveniente de una deficiente interconexión en los SNI locales, el precio tanto del gas como del petróleo es fundamental para incentivar a los operadores a explorar recursos no convencionales. Inclusive en Estados Unidos, aún con su amplio desarrollo tecnológico prevalece un ambiente de incertidumbre en cuanto a los precios de este recurso, en 2011, “según la Administración de Información Energética, el precio promedio por pozo era de \$3.95 por mil pies cúbicos, y en febrero de 2012 fue de \$2.46” (Stevens, 2012, pág. 3). Y pese a este ambiente de incertidumbre en el corto y mediano plazo para los precios del gas, se espera que en el largo plazo el precio aumente, haciendo que los márgenes de producción y la actividad de exploración aumenten.

Con el desarrollo de todas estas nuevas tecnologías y procesos, Estados Unidos logró el reto de extraer gas de esquisto, las décadas de investigación dirigida dio sus frutos a principios del nuevo milenio. Sin embargo, son estas tecnologías las que ahora retan a los demás. Ya que, es posible que, sin el Sistema de Innovación fuertemente desarrollado, como en el caso de Estados Unidos, la extracción del shale gas en otros países sea todavía algo lejano.

Actualmente el sector energético mexicano se enfrenta a muchos desafíos, (...), tres retos fundamentales son: la producción y reservas de petróleo va a la baja, existe una creciente demanda de energía y prevalece una falta de inversión en la industria. (Iglesias Márquez & Felipe Pérez, 2014)

Capítulo II Posibilidades institucionales para el desarrollo de Shale Gas en México

Desde principios del 2000, la producción de gas natural en México no ha alcanzado a cubrir la demanda de la industria eléctrica pública y privada. Esto hace ver en el shale gas, un recurso que puede ayudar a subsanar la demanda por la que pasa el país. Además, el shale gas puede desempeñar un papel fundamental para el crecimiento de la industria mexicana. Y dadas las estimaciones de reservas con las que México cuenta, la EIA cree que México cuenta con un excelente potencial para explotar las reservas localizadas en el Golfo de México (Administration, 2013). Sin embargo, para que ello sea una realidad deben sentarse los elementos instituciones que promuevan el desarrollo de innovación.

En este capítulo se exponen las características del SNI de México para encontrar las deficiencias en su capacidad tecnológica. Esto para comprobar si dadas las condiciones actuales y aunadas las recientes transformaciones en el sector energético mexicano es posible para este país explotar rentablemente sus recursos de shale gas. Para ello, el siguiente capítulo está compuesto de cuatro subcapítulos. En el subcapítulo 2.1 Trasfondo general, expone los antecedentes históricos generales del sector energético mexicano, pasado que ha sentado las bases para la estructura institucional actual. El subcapítulo 2.2 Condiciones del SNI mexicano expone las características e instituciones que componen al SNI mexicano para exponer las limitaciones que ello conlleva para la explotación del shale gas. El subcapítulo 2.3 Reservas y limitaciones de shale gas, como su nombre lo indica enlista las reservas con las que el país cuenta y sus limitaciones técnicas que conllevan algunas de sus cuencas. Y finalmente el subcapítulo 2.4 Reformas para propiciar el desarrollo del shale gas, aborda las reformas implementadas por el país en los últimos años para tratar de transformar su propio sector y así explotar sus recursos de shale gas.

2.1 Trasfondo general del sector energético mexicano

Actualmente a pesar de los problemas que comienzan a generarse por el cambio climático, los combustibles fósiles continúan dominando el mercado mundial de energía. El caso de Estados Unidos refleja una preocupación que ha prevalecido

desde los años setenta, la seguridad energética. Años atrás, con la masiva cantidad de recursos "fáciles" de explotar, en México no existía el objetivo de garantizar la seguridad energética por medio de la diversificación de la balanza energética.

Por muchos años el sector energético mexicano estuvo dominado por la producción de petróleo. Es hasta pasado la mitad del siglo pasado que en México se comenzó a producir gas natural. Para analizar el mercado de gas no convencional en México es necesario revisar los orígenes del gas natural vinculado estrechamente a la producción de petróleo. La producción de petróleo surgió en México con el inicio del siglo XX¹⁶, en aquel momento el país comenzó su apertura al capital extranjero y con ello las grandes inversiones, sin embargo, el costo fue la pérdida de soberanía en los marcos legales, específicamente en los que se referían a la propiedad de la tierra.

A diferencia de Estados Unidos, México no contó con un establecimiento de derechos de propiedad que respondiese al proceso soberano de la evolución de su política y economía, sino que, en el caso mexicano el establecimiento de estas normas, fundamentales para el sector energético, siempre han estado influenciadas por el exterior. Así, si nos quisiéramos referir a la ley de propiedad de la tierra que se tiene actualmente veríamos que esta ha permanecido ligada a las leyes impuestas por España en la colonización. En donde, *“la riqueza del subsuelo pertenecía al dominio real -debido a que a este también le pertenecía el suelo- pudiendo el rey conceder bajo ciertas condiciones el derecho de explotarlo”* (De la Vega Navarro, 2005, pág. 282). Sin embargo, para dar inicio a la explotación de petróleo, al carecer de medios tecnológicos en el país, el estado decidió decretar un nuevo código sobre la propiedad del subsuelo. En este código, *“los recursos del subsuelo se convirtieron en propiedad exclusiva del dueño del suelo, el cual podía explotarlos en adelante, -sin lugar a dudas esta decisión del gobierno estuvo fuertemente influenciada por las normas prevalecientes en el país*

¹⁶ En (De la Vega Navarro, 2005, pág. 282)

vecino del norte-, (...), Este nuevo marco legal tendrá una importancia fundamental para el nacimiento y el desarrollo de la industria petrolera -y con ello energética- en México” (De la Vega Navarro, 2005, págs. 282-283). Es así como se dio inicio al sector energético mexicano, entre influencias extranjeras, a falta de medios tecnológicos y soberanía.

Compañías provenientes de países donde la propiedad privada ya existía, tales como Estados Unidos o Reino Unido, crearon en México monopolios energéticos que controlarían la producción de crudo en el país. Después de la Revolución, en 1917 se decidió dotar de autonomía y soberanía al estado mexicano, para otórgale el total control sobre las relaciones de propiedad en las actividades económicas. *“Desde 1917, la constitución de México establece que los recursos del subsuelo en territorio nacional son propiedad del Estado, quien tendría el dominio directo sobre los recursos de hidrocarburos. La propiedad extranjera estaba prohibida y el sector privado sólo podría participar a través de contratos de servicios” (Iglesias Márquez & Felipe Pérez, 2014, pág. 3). Tal cambio en la constitución afectó los intereses de las compañías extranjeras quienes tomaron a mal el viraje de la política sobre las relaciones de propiedad que el estado mexicano realizó. “Después de promulgación de la constitución de 1917, los gobiernos buscaron afirmar la soberanía definiendo nuevas reglas del juego para la industria petrolera -y con ello el sector energético-, (...), En el marco legal -pre constitución de 1917- las compañías extranjeras estaban acostumbradas a adquirir tierras o a alquilarlas en condiciones ventajosas, (...), cuando se intentó hacer funcionar la industria petrolera según procedimientos que tomaran en cuenta la soberanía y los intereses del país las compañías no supieron comprender esos intereses ni considerar que al largo plazo sus intereses no se verían afectados” (De la Vega Navarro, 2005, pág. 289). Esta falta de negociación entre las compañías y el gobierno llevo a que en 1938 el estado radicalizará su actitud y expropiará todos los recursos de las compañías extranjeras. Con este hecho, el estado inició la segunda etapa de la actividad energética del país, en donde, era necesario un monopolio estatal para la consolidación de las actividades energéticas y también, como un elemento de consolidación del estado surgido de la revolución y de un determinado modo de desarrollo (De la Vega Navarro, 2005).*

En este breve recuento histórico puede observarse que, el estado surgido de la revolución no es liberal¹⁷ sino intervencionista, que obtiene su poder a base de ser el dueño legal del suelo y de los recursos del subsuelo. La idea que prevaleció durante la época colonial, donde el rey era el único capaz de conceder permisos de explotación tuvo su símil en la época posrevolucionaria en México. En donde, todas las fases de la industria petrolera y en gran medida todos los componentes del sector energético, fueron definidos como actividades estratégicas en donde sólo podía intervenir un agente exclusivo, la empresa paraestatal PEMEX, que tenía a su cargo la conducción del sector energético mexicano. Que PEMEX fuese el encargado del sector energético durante muchos años en México llevó al final una serie de confusiones donde la industria petrolera se confundía con PEMEX, *“Don Antonio J. Bermúdez, dio la mejor definición de PEMEX: un instrumento que permitía al estado organizar la industria petrolera y promover su desarrollo, (...), -pero- al conferirle varias tareas se mezclaron criterios, objetivos y resultados”* (De la Vega Navarro, 2005, pág. 299). El mismo autor, además señala que: *“De la propiedad de la nación se pasa a la propiedad del estado, su representante jurídico y político. Enseguida al gobierno federal, representante del estado y de la nación misma, que además es el único habilitado para decidir de manera autorizada lo que le conviene a la nación y a sus intereses”*.

Al reestablecer a la nación como la única poseedora de las riquezas del subsuelo, el estado retiró las concesiones y derechos que las compañías extranjeras habían adquirido durante el Porfirismo. Entonces, como única poseedora de riquezas del subsuelo la nación elegiría a sus representantes los cuales decidirían cómo serían explotados esos recursos. Así, es que se estableció en el sector energético mexicano la asignación de terrenos en lugar de concesiones de explotación. La secretaria de energía, otorgaba a PEMEX terrenos en el cual, este estaba autorizado a explorar y explotar. Desde la expropiación hasta 1982, el estado limitó la participación de las compañías extranjeras a sólo prestadoras de servicios y además se impedía la participación en el sector energético de compañías privadas. Sin embargo, el monopolio del estado tuvo un límite y para 1982 tuvo que admitir la inversión extranjera. *“La economía de México*

¹⁷ En (De la Vega Navarro, 2005, pág. 289)

adoptó una estrategia neoliberal y en consecuencia la política energética se ajustó a esta, se propuso entonces privatizar PEMEX o al menos algunos sectores” (Iglesias Márquez & Felipe Pérez, 2014, pág. 12). El estado se proponía entonces funcionar puramente como el agente regulador y normativo para asegurar la salvaguardia de los intereses nacionales. Pese a este objetivo, la desregulación energética en México no fue llevada a los extremos como en otros países, ya que el establecimiento de la nación como único dueño de los recursos del subsuelo han impedido grandes inversiones de empresas privadas o extranjeras. Sin embargo, a partir de la década de los ochenta y con la desregularización de algunos sectores energéticos como el petroquímico o el del gas se ha ido permitiendo la intervención de empresas privadas, ya sea como únicos agentes en el mercado o como prestadores de servicios a PEMEX. Los fracasos del pasado en la industria petrolera y energética de México explican por qué actualmente, a pesar de que PEMEX se enfrenta a importantes desafíos, existe aún la reticencia para que PEMEX deje su posición de monopolio. Sin embargo, PEMEX se enfrenta al doble desafío de invertir en capital tecnológico para seguir manteniendo la producción y por el otro lado seguir cubriendo la demanda de impuestos que el Estado le ha impuesto por el otorgamiento de los terrenos para explotar.

Como ya se ha mencionado el sector energético mexicano ha estado dominado por la producción de petróleo. Es decir, el petróleo durante mucho tiempo ha subordinado la producción de gas natural. *“En la década de 1940 es cuando se inicia el aprovechamiento del gas natural, primero para su reinyección en yacimientos y posteriormente en otros usos industriales”* (De la Vega Navarro, 2005, pág. 301). Esta explotación de recursos se inicia en el norte del país que fue influenciado por la producción en Estados Unidos. Así pues, desde el inicio de la explotación de gas natural en México, está siempre ha estado estrechamente vinculada a la materia de abasto y precios de Estados Unidos.

Antes y después de las reformas de los ochenta, la producción de gas natural como la de la petroquímica estuvieron subordinados a las prioridades relacionadas con la producción de petróleo. Sin embargo, desde la década de 1950, *“México se convirtió en exportador de gas a Estados Unidos, (...), -en un principio- no se planteó la necesidad de revisar los marcos institucionales y regulatorios”* (De la Vega Navarro, 2005, pág.

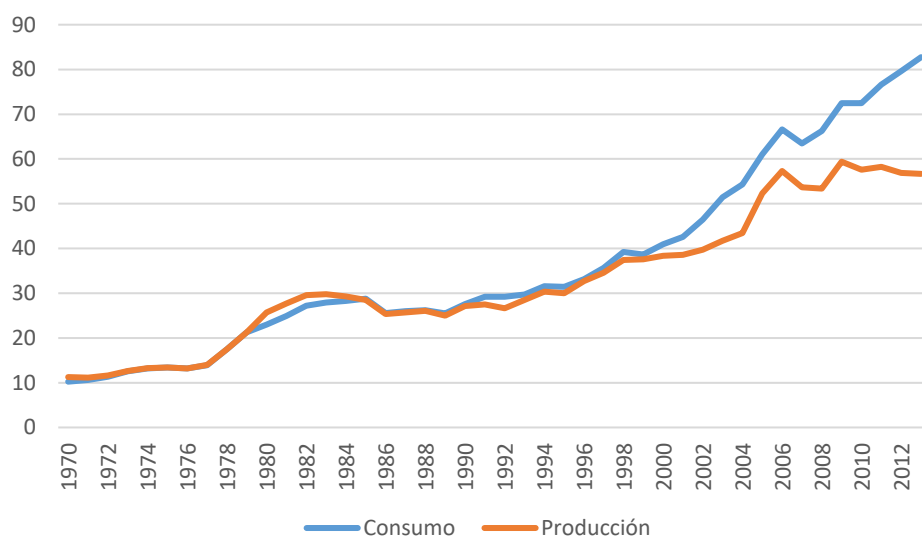
302). Pero, poco después se promulgó una nueva ley reglamentaria en materia de gas natural no asociado, en el cual agentes privados podían participar en algunos segmentos de su producción, como el transporte, almacenamiento o distribución. *En palabras de Adrián Lajous: “se iniciaba un proceso gradual que buscaba sustituir el control directo del mercado de gas con mecanismos de intervención indirecta. La nueva regulación era guiada por mecanismos de mercado en la que el Estado se comprometía con un conjunto estable de reglas que gobernarían las relaciones entre autoridades de la empresa estatal y particulares”* (De la Vega Navarro, 2005, pág. 303).

El mercado de gas natural en México tiene una reglamentación más liviana en comparación a la del petróleo, ya que el gas natural admite la participación en la cadena de producción de agentes privados y extranjeros¹⁸. Sin embargo, al mismo tiempo que su regulación es más liviana su dependencia del mercado de Norteamérica es más fuerte. Esto se ve reflejado en que el precio del petróleo nacional está vinculado al del Henry Hub. Ello significa que los efectos de precios que se presentan en Estados Unidos también se presentan en México, lo cual significa un crecimiento en la demanda de gas natural, pero con la limitante de que existen deficiencias estructurales como una capacidad de gasoductos limitadas, ello impide cubrir tal demanda y obliga a los demandantes industriales en su mayoría a tener que producir con precios altos en comparación a los de Estados Unidos.

Como se puede observar Gráfico 3, desde principios del siglo XXI México ha tenido que incrementar los volúmenes de gas natural importados para cubrir su demanda interna. *“Tan sólo de 2000 a 2013 el consumo ha crecido en promedio un 6.2% cada año, mientras que la producción únicamente lo ha hecho en 3.6%, lo que se ha reflejado en una tendencia creciente a aumentar las importaciones”* (De la Vega & Ramírez, 2014, pág. 92).

¹⁸ (Estrada, Presente y futuro de la regulación del gas natural en México, 2001, pág. 6) en <http://www.cre.gob.mx/documento/733.pdf>

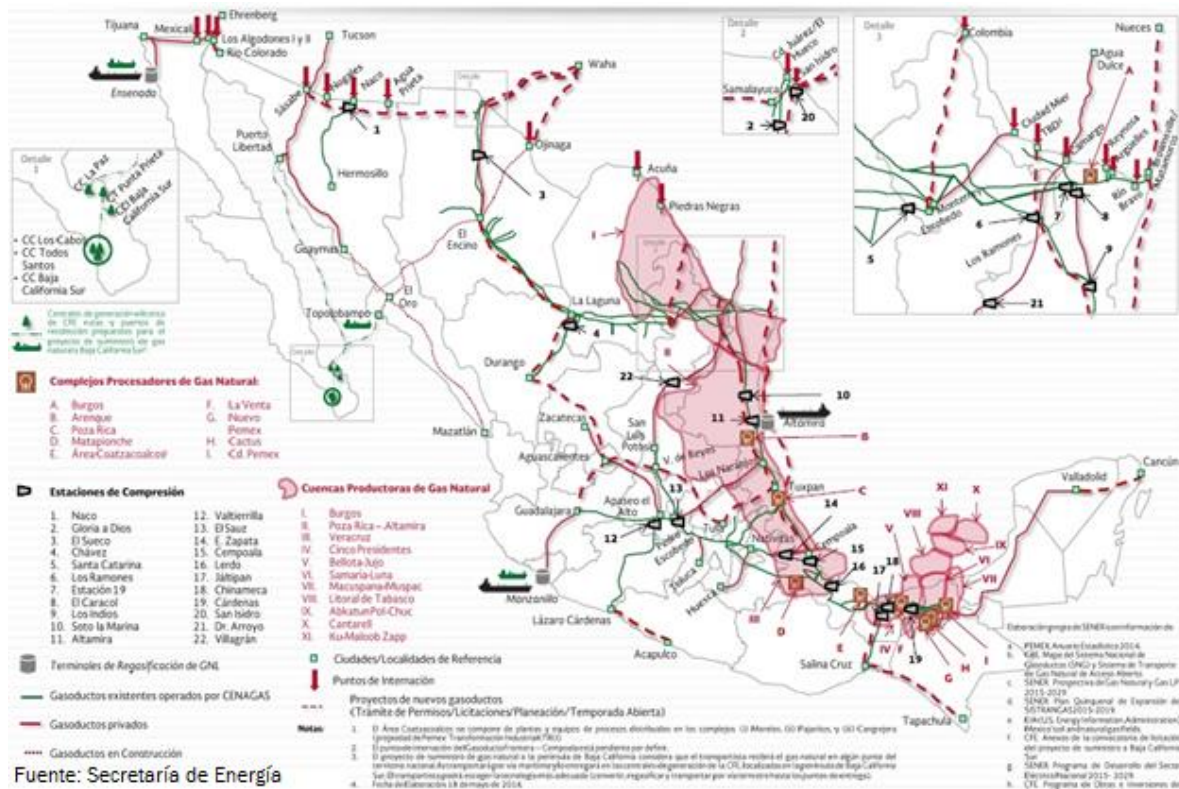
Gráfico 3 Oferta y Demanda Interna de Gas Natural en México. De 1970-2013 en bcm



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2014

Y con las importaciones creciendo, se hace cada vez más evidente la precariedad de la infraestructura en ductos del país. Esto a pesar de que la mayoría han sido construidos por la paraestatal y por la participación de privados ver Gráfico 4, “esto ha ampliado su red nacional, pero su longitud total y la capacidad son todavía insuficientes para llevar gas a través del territorio y la entrega a los principales centros de demanda” (Lozano, 2013, pág. 26). Actualmente se ha hecho más necesaria la intervención de agentes privados en el sector del gas natural, esto porque se tiene la hipótesis de que a mayor cantidad de empresas involucradas en la cadena del gas natural se cubriría la alta demanda de gas natural. Esta teoría se ha reforzado bajo el discurso de que a mayor producción de gas natural se beneficiaría a la generación de electricidad, “según la SENER la mayor generación de electricidad proviene del gas natural, que para 2002 tenía una participación del 29.3% y para el 2012 se duplicó el logro de 50% del total de la generación eléctrica” (Iglesias Márquez & Felipe Pérez, 2014, pág. 15).

Gráfico 4 Gasoductos y distribución de las estaciones de compresión de gas natural a 2011



Finalmente, la evolución de los marcos institucionales que se instauraron en México, son muy diversos y depende el sector que tan abierto sea ante la inversión de privados. Antes de las reformas propuestas de 2012, el sector energético mexicano tenía un marco regulatorio atrasado y obsoleto, que no sólo producía contradicciones sino también absurdos¹⁹. El sector energético se enfrenta a muchos desafíos, pero el principal es el tabú a la pérdida sobre la propiedad del suelo y las riquezas del subsuelo. En la práctica el sector energético mexicano, ya sea en la producción de petróleo o gas natural, etc. se ha vuelto incapaz de cubrir toda la demanda, en gran medida debido a que de la paraestatal mexicana depende la política energética del país y se deja en segundo plano que también es una empresa. Durante las últimas décadas la paraestatal ha sobrevivido por los servicios subcontratados que le proporcionan tecnología, equipo y personal. Pero, al subcontratar estos servicios estratégicos para el funcionamiento de

¹⁹ En (De la Vega Navarro, Antecedentes de la regulación energética en México. El peso determinante de la herencia petrolera, 2005)

una empresa se hace imposible para esta poder innovar y desarrollar tecnología capaz de ayudar a la explotación de recursos cada vez más profundos y con mayores retos técnicos. El desarrollo de innovaciones y tecnologías (I+D) se ha vuelto fundamental para el desarrollo de nuevos recursos tanto fósiles, como se ha expuesto en el caso del shale gas, como con recursos renovables. Actualmente a nivel nacional y mundial, es necesario analizar el papel que las instituciones promotoras de la I+D han tenido hasta ahora. Reformarlas es preciso para que surjan de ellas innovaciones tecnológicas o de procesos y de organización.

2.2 Condiciones del Sistema de Innovación referente al sector energético mexicano

En México, la industria petrolera tuvo una alta influencia en la organización de todas las demás industrias energéticas. Sin embargo, como lo menciona (De la Vega Navarro, 2005), tal influencia no tuvo un sentido positivo, en el que se construyera un marco regulatorio integrado y coherente. Debido a esta influencia se instaló en todo el sector energético mexicano un sistema corporativista y clientelista, que poco ayudó a la creación de un SNI competitivo y dinámico. Tales problemas no son de recién descubrimiento, en la década de los ochenta con la oleada neoliberal se trató de combatir tales problemas con la imposición no gradual de nuevos sistemas. Se buscaba cambiar el clientelismo corporativista por la competencia en el libre mercado, para lo cual se buscó privatizar algunas industrias, entre ellas la del gas natural. Sin embargo, pese a estas modificaciones y con las grandes expectativas sobre la inversión de capital extranjero, el SNI enfocado a la I+D de tecnología para el sector energético no logró el objetivo, las inversiones siguieron siendo limitadas al igual que las reservas en aguas poco profundas. Al no modificarse la estructura de PEMEX poco pudo hacer esta empresa, encargada además del sector energético del país, para mantenerse productiva. Si bien, el haber mantenido durante muchos años un monopolio estatal permitió el desarrollo del sector energético mexicano, en años recientes y con la modificación de la visión sobre el capital extranjero, el seguir manteniendo el monopolio le ha costado al país inversiones tanto públicas como privadas que permitan el desarrollo de I+D para el sector. Posiblemente en este siglo el país, y tal vez en general el mundo, ha aprendido que no existen mercados totalmente libres, “*todos -los*

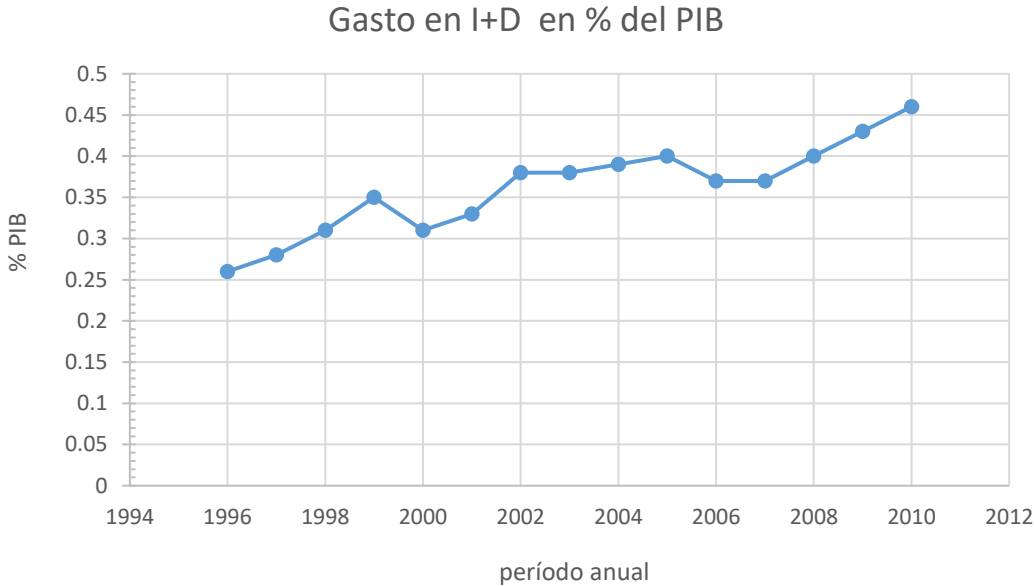
mercados- requieren de construcciones institucionales y regulatorias para el funcionamiento correcto, (...), ahora se reconoce fácilmente desde diferentes perspectivas que la intervención estatal se justifica ante las fallas del mercado para proveer una seguridad energética adecuada” (De la Vega Navarro, 2005, pág. 308).

Durante los siglos pasados y predominantemente durante el siglo pasado, la economía estuvo basada en bienes tangibles, el desarrollo de la industria se basaba en trabajo, capital y recursos. Sin embargo, en este siglo son los bienes intangibles los que comienzan a tener una mayor importancia, estos bienes intangibles, bien pueden ser el conocimiento, la información, la cultura, o el mismo capital financiero. *“En la era de la economía y la sociedad del conocimiento, la idea de que éste y la innovación son factores clave para el desarrollo, ha cobrado gran ímpetu” (República, 2013, pág. 2).* México ha tenido durante toda su historia problemas de estructuras altamente dependientes del sector externo. Además, posee *“sectores de baja intensidad tecnológica, así como una fuerza laboral poco calificada en conjunto con una presencia cada vez mayor de sectores informales, todo eso aunado a la baja productividad” (Corona, Dutrénit, Puchet, & Santiago, 2013, pág. 22).* Ello ha significado una baja fluidez y dinamismo entre los actores del SNI. En otras palabras, en México no ha existido un mecanismo que articule los procesos de creación y difusión de conocimiento e innovación con aquellos encaminados a disminuir la pobreza o el crecimiento. Tal problema de desarticulación ha afectado cada aspecto de la industria mexicana, especialmente la energética la cual no cuenta con una estructura que permita interconectar a la comunidad científica de las universidades o centros de investigación con los requerimientos de las empresas.

Desde la implementación de las políticas neoliberales en México, el gobierno ha buscado atraer inversiones que fomentan el desarrollo e innovación en la tecnología. Quizás desde el inicio del actual siglo es que el gobierno se comprometió aún más con el fomento al desarrollo e innovación, tal como puede apreciarse en él **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el gobierno ha ido elevando la cifra que invierte con referencia al PIB en ciencia y tecnología. Inclusive desde 2002 el gobierno decreto la Ley de Ciencia y Tecnología en la cual se señala que debe designarse un 1% del PIB a ciencia y tecnología. Sin embargo, el cambio en las normas sociales no ha sido tan

acelerado como con las normas públicas. El proceso histórico y cultural que definen las normas de conducta de los agentes inmersos en la economía no se ha modificado y tampoco se han encontrado métodos de incentivar el cambio. “Los incentivos económicos, necesarios, en el nivel macro, meso y micro que tienen un papel central en la conducta de los agentes individuales han faltado en el país” (Corona, Dutrénit, Puchet, & Santiago, 2013, pág. 23).

Gráfico 5 Gasto en Investigación y Desarrollo en México como porcentaje del PIB

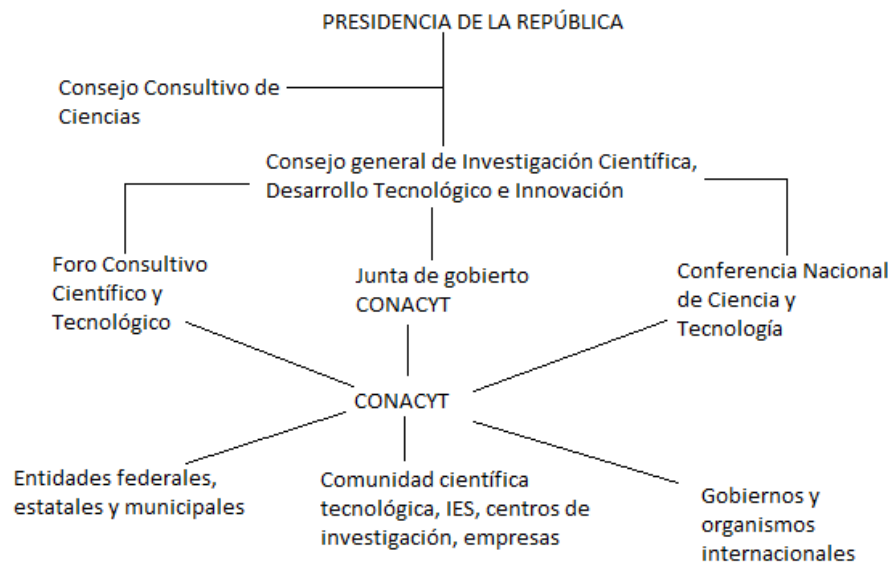


Fuente: Indicadores del desarrollo Mundial del Banco Mundial

El caso mexicano muestra como las deficiencias institucionales imponen restricciones para el desenvolvimiento de las actividades referentes al D+I de tecnología en general y particularmente en la energética. En el inicio de la industria mexicana el Estado se reservó para su control, sectores que consideró estratégicos para el desarrollo nacional, ello incapacitó durante muchos años al sector privado mexicano para realizar esfuerzos que incrementasen su capacidad productiva. En el caso del sector energético mexicano, la empresa monopolio del estado no tuvo incentivos para aumentar su capacidad productiva en base al desarrollo e investigación de tecnología ya que, durante muchos años dependió de la tecnología importada y de grandes reservas en zonas poco profundas y por ende poco demandantes tecnológicamente, en otras palabras, nadie se preocupó en México por incentivar en el sistema una competencia.

En México, el estado ha fundado institutos de investigación. Cada desarrollo o investigación de tecnología e innovaciones está controlada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), creado en 1970 y con el objetivo de coordinar el diseño y la implementación de la política de Ciencia, Tecnología e Innovación. Para ello, el CONACYT se ha encargado durante muchos años de distribuir los recursos federales destinados al I+D de tecnología y, también, ha fungido como órgano de mediación entre las elites científicas del país. Dado que, *“la construcción de redes de conocimiento mediante procesos interactivos entre actores individuales o institucionales, el aprendizaje, las normas y el intercambio de conocimiento son procesos que deben estar en la base de las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación”* (Casas, De Fuentes, & Torres, 2013, pág. 30), el gobierno mexicano delegó al CONACYT la tarea de coordinar el SNI mexicano. Para tal tarea, el CONACYT coordina las actividades de I+D entre las entidades federales, estatales y municipales, la comunidad científica y los centros de investigación institucionales y privados, y finalmente con el gobierno y organizaciones internacionales. Este organismo cuenta con un Foro Consultivo Científico y Tecnológico, una Junta de Gobierno y una Conferencia Nacional de Ciencia y Tecnología, y por estos tres mecanismos se llegan con propuestas al Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación, que a su vez pasará las propuestas al Consejo Consultivo de Ciencias y a la Presidencia de la República ver Gráfico 6. Si bien el proceso contiene muchas etapas, la coordinación que el CONACYT realiza cubre con las mínimas características que un SNI debería tener, es decir, coordina las decisiones del gobierno, con los intereses privados junto con los desarrollos de los institutos públicos y privados.

Gráfico 6 Estructura organizacional de la toma de decisiones sobre Ciencia y Tecnología



Fuente: CONACYT, marco regulatorio

Sin embargo, este modelo no siempre existió en México. Antes de 1970 predominaba en México un modelo de desarrollo basado en la sustitución de importaciones y por lo tanto no existía una reglamentación explícita para el fomento a la I+D de tecnología e innovaciones. Aunque, *“el gobierno mexicano, bajo la presión o en coordinación con las incipientes comunidades científicas y tecnológicas que había en el país, apoyó la fundación de organizaciones responsables de impulsar las actividades científicas, tecnológicas y de educación superior”* (Dutrénit, Zaragoza, & Zuñiga, 2014, pág. 167). Todas estas organizaciones nacidas de ese modelo, además de preceder al CONACYT, tuvieron como objetivos la formación de recursos humanos profesionales, científicos y técnicos y el impulso a la investigación científica que estuviera en vinculación con las necesidades del país. Sin embargo, dado que el desarrollo del país apenas comenzaba, la ciencia, tecnología e innovación no contaba con recursos humanos altamente calificados, limitados además por la falta de una estrategia gubernamental explícita entorno a la ciencia y tecnología y a la poca asignación de recursos. La política de sustitución de importaciones, para el caso de tecnología para exploración y producción de recursos energéticos fósiles, aunado a un marco regulatorio proteccionista ayudó a que el país acrecentara su capacidad tecnológica rápidamente. Sin embargo, el

resultado no fue el esperado. *“El modelo propició la generación de ciertas capacidades, las más simples y de bajo contenido tecnológico, (...), y ayudó a crear una cultura empresarial enfocada a la adquisición de tecnologías en el mercado mundial con escaso desarrollo doméstico, y un sistema de universidades y centros públicos de investigación desvinculado del sector productivo”* (Corona, Dutrénit, Puchet, & Santiago, 2013, pág. 27). Así el desarrollo del sector energético mexicano dependió en esta época de tecnología importada en la que los técnicos e ingenieros sólo debían capacitarse para saber el manejo. Tal es el caso del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) creado en 1965, que buscaba, como se puede encontrar en el Diario Oficial del 26 de agosto de 1965, fomentar la investigación y difusión de conocimiento científico básico y aplicable al sector petrolero, la formación de investigadores y la capacitación de personal obrero para poder desempeñar labores de nivel subprofesional dentro de la industria petrolera. Y sin embargo tácitamente nunca se señaló que el IMP debía fomentar el desarrollo de tecnologías propias o de innovaciones a los procesos ya obtenidos.

Con la influencia del exterior y con un modelo agotado, para la década de los setenta el gobierno mexicano comenzaba a buscar mecanismos para transformar su propio modelo de desarrollo y con él, la forma en que la ciencia, tecnología e innovación eran tomadas por las políticas públicas. Con la creación del CONACYT y con la firme convicción de que las empresas extranjeras podían impulsar la tecnología y la innovación en México, el gobierno comenzó a dedicar esfuerzos en la formación de recursos humanos altamente capacitados, para así proporcionar capital humano a las empresas transnacionales que se esperaba invirtiesen en el país y que serían las encargadas de generar un círculo virtuoso en el país. En el sector energético, fue entonces necesario proporcionar las condiciones para la inversión. La descentralización de varias industrias, como la petrolera o la de gas buscaba atraer capital extranjero, además de la creación de diferentes apartados legales por los cuales PEMEX podía subcontratar a empresas privadas, nacionales o extranjeras. Fue así que desde finales de los setenta y hasta finales de los noventa el gobierno se dedicó a impulsar la formación de recursos humanos en ciencia y tecnología, que contribuyeran al desarrollo esperado. Tal fomento, *“estuvo impulsado por el inicio de programas de becas de estudios de posgrado que privilegiaba la formación en el extranjero, (...), en el ámbito macroeconómico, se*

promovió la inversión extranjera directa y se firmaron una gran cantidad de tratados de libre comercio, bajo el supuesto de que acelerarían la modernización tecnológica de las empresas” (Corona, Dutrénit, Puchet, & Santiago, 2013, pág. 30). Para el inicio del nuevo siglo se buscó cambiar radicalmente el marco institucional que regulaba a la ciencia y tecnología. En consecuencia, se promulgaron varias leyes de ciencia y tecnología y reformas relacionadas, como la integración de los presupuestos de ciencia y tecnología de las diferentes secretarías de estado, y el otorgamiento de una mayor autonomía de gestión a los centros públicos de investigación,..., -por otro lado- el CONACYT comenzó a fortalecer su capacidad de planeación, diseño e implementación de políticas públicas mediante la puesta en operación desde 2002 de programas sexenales de ciencia y tecnología e innovación²⁰.

Pese a esta búsqueda de transformación radical no se realizaron durante esa época cambios significativos referentes a la ciencia y tecnología en el sector energético. Desde su creación el CONACYT ha contribuido en la consolidación de una base científica en el país, a través de las becas y la creación de nuevos institutos y fomento a las instituciones de educación públicas. Los porcentajes significativos del Sistema Nacional de Investigadores y el Programa de Becas del CONACYT sugiere que, *“en primer lugar el sistema es cautivo a la política de financiamiento que favorece algunos tipos de investigación”* (Corona, Dutrénit, Puchet, & Santiago, 2013, pág. 39), y en segundo lugar que pese al intento desde los 70 de transformar el SNI mexicano sigue prevaleciendo la creación de ciertas capacidades tecnológicas y de innovación mínimas si son comparadas con las de otros países lo que significa que la estructura y funcionamiento del SNI aún es precario.

En el SNI mexicano es posible identificar fallas de vinculación, transferencia de conocimiento y baja competencia entre los organismos e instituciones gubernamentales, instituciones de educación superior, centros e institutos públicos y privados de investigación, empresas y el sector financiero. En la práctica sigue

²⁰ Estos son el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECTyC) y el Programa Especial en Ciencia y Tecnología e Innovación (PECiTI). Por un lado, el PECTyC al reconocer de manera explícita la complementariedad entre oferta y demanda de ciencia y tecnología buscaba reforzar la coordinación entre los diferentes actores de las políticas públicas de ciencia y tecnología, es decir, las Secretarías y el Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación del CONACYT. Y, el PECiTI tenía como objetivo transitar a un sistema de ciencia, tecnología e innovación articulado que contribuya decisivamente al desarrollo económico

predominando la concepción académica que refuerza un enfoque lineal que va de la ciencia a la generación de innovaciones. Esta concepción provoca un sistema lineal de desarrollo de innovaciones y tecnología donde, *“existe un desconocimiento significativo por parte de las empresas de lo que se investiga en los organismos e institutos públicos, y por el otro lado los investigadores desconocen sobre qué necesitan las empresas para mejorar sus productos y procesos”* (FONCICYT, 2010, pág. 47).

Como ya se ha señalado la profundidad de la crisis de los años ochenta obligó al estado mexicano a tratar cambiar de manera radical la estrategia de desarrollo económico, y con ello el mecanismo de desarrollo de innovaciones y tecnologías se modificó. Durante la época de transformaciones en el país, la intervención estatal sólo era justificable ante fallas estáticas de los mercados, por lo tanto, se asumió que no eran necesarias de políticas nacionales tecnológicas. El gobierno se ha venido dedicando exclusivamente a mejorar el sistema educativo y su marco legal, reforzando la idea de que no se ha mejorado el SNI sino la forma de capacitar a un mayor número de personas y con un grado más de especialización sin prestar atención a la vinculación que estos agentes debiesen tener con los institutos y centros de investigación y las empresas. Las decisiones de esos años estaban permeadas por las concepciones empresariales nacionales y extranjeros, quienes afirmaban que la asignación de recursos se daba de en los mercados y de manera automática. *“Estas formas de decisión generaron un distanciamiento progresivo y de clara incompatibilidad entre muchas instituciones formales nacidas de la legislación vigente y las estructuras organizativas y de poder de las administraciones que impusieron políticas inspiradas por las reformas económicas -neoliberales-”* (Corona, Dutrénit, Puchet, & Santiago, 2013, pág. 32), lo cual aunó aún más a la desvinculación entre los agentes que forman parte del SNI y que no permiten el desarrollo virtuoso de un proceso, técnica, tecnología o proyecto en cualquier industria o sector. Poco se entendió en el país que al eliminar el poder monopólico del estado en la economía y en las políticas y delegándole tareas al mercado, obligaba a los empresarios a buscar procesos que fomentasen su productividad y para ello el estado tenía que crear instituciones encargadas a la vinculación y competencia entre oferta y demanda de tecnología e innovaciones

Desde comienzos del actual siglo se comenzó a incentivar los micros y pequeños negocios, que en teoría tienen la característica de emplear por lo menos 10 personas, lo cual permite que la tasa de empleo del país aumente. Sin embargo, en México en general estas empresas no son innovadoras ya que utilizan infraestructura obsoleta o de baja calidad y tienen pocos conocimientos de comercialización. Por lo tanto, si bien el número de estas empresas es elevado y en algo contribuye a la creación de empleo, su contribución a la productividad nacional es baja²¹. Ya que destinan pocos recursos a la innovación, lo que se traduce en precariedad o inexistencia de infraestructura y en escasez de recursos humanos para la investigación y desarrollo de innovaciones y tecnología, (...), lo anterior se refleja en una baja capacidad de absorción tecnológica por parte de las empresas, una pobre cultura de innovación y una visión de corto plazo que impide conceptualizar la importancia de generar tecnología propia²². En suma, las empresas mexicanas no han logrado consolidarse como pieza clave para el funcionamiento del SNI mexicano, su capacidad para elevar la productividad se basa en la innovación y desarrollo de tecnología importada, lo que provoca que las empresas mexicanas sean poco competitivas frente a trasnacionales²³.

Aunado a la precaria organización del gobierno y a una cultura empresarial que poco promueve el desarrollo e investigación de innovaciones y tecnología, se suma el escaso financiamiento a dichas actividades. Tal como lo señala Edquist (1997) en (Casas, De Fuentes, & Torres, 2013, pág. 19), uno de los agentes importantes para los sistemas de innovación es el sistema financiero, ya que este "coloca" el capital inicial y de riesgo para los proyectos de las empresas que buscan investigar y desarrollar innovaciones. En México, las principales instituciones públicas encargadas del financiamiento a las empresas son Nacional Financiera (NAFIN), Banco de Comercio Exterior (Bancomext), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y la Secretaría de Economía (SE); por otro lado en México no existe un instituto o centro empresarial que se encargue de

²¹ En (FONCICYT, 2010, pág. 7)

²² En (FONCICYT, 2010, pág. 20)

²³ Esto puede ser observado en el Índice General de Competitividad en el que México se ubica en el puesto 61 para el periodo 2013-2014.

realizar inversiones de riesgo en proyectos de innovación, es así que, *“el número de instituciones que financian el capital de riesgo en México es muy reducido, y el volumen de recursos para financiar la innovación es pequeño”* (Casas, De Fuentes, & Torres, 2013, pág. 19).

En consecuencia, los incentivos económicos que debiesen estar impulsando el desarrollo de innovaciones y tecnología en un sistema de libre mercado son escasos en México. Inclusive, tales incentivos tienen un comportamiento contradictorio. Como lo señala (Corona, Dutrénit, Puchet, & Santiago, 2013, pág. 40), por un lado, ciertos instrumentos motivan la investigación y desarrollo de innovaciones y tecnologías orientados a resolver problemas nacionales, y por el otro lado existen otros incentivos que están orientados a incentivar la investigación científica guiada por la curiosidad sobre temas de interés general, pero desvinculada de los requerimientos del mercado. Estos enfoques han limitado el riesgo que las empresas están dispuestas a tomar para desarrollar innovaciones y tecnologías dentro del país, cuando tienen la opción de importarla. Desde el inicio del actual siglo, el CONACYT ha intentado implementar instrumentos que vinculen la oferta y la demanda, y que existan más inversiones. Sin embargo, dado que se carece de una política de estado a largo plazo, el CONACYT sigue introduciendo, quitando, reemplazando, remodelando o profundizando algunos mecanismos; tal desorganización dentro del máximo centro de incentivación para la innovación y tecnología de México sigue provocando un inadecuado financiamiento. En suma, pese a los intentos de atacar los problemas de vinculación dentro del SNI mexicano, la falta de una definición a largo plazo de la gobernanza y de los poderes coordinadores han representado un problema fundamental para implementar en la práctica todas las reformas y leyes que se han creado.

En el SNI mexicano poco se incentiva el desarrollo de innovaciones y tecnologías que no sólo sean rentables, sino que contribuyan de igual manera en el desarrollo económico. Debido a una falta de vinculación y competencia. Por un lado, los investigadores, los centros o institutos de investigación y las universidades han quedado aisladas del sector empresarial y se han limitado solamente a la capacitación de capital humano para el uso de tecnologías y procesos importados, pese a que existen capacidades científicas. En consecuencia, la academia que debiese por un lado aportar conocimiento científico

para la innovación y creación de tecnología no es apoyada por el capital financiero, y los apoyos gubernamentales son reducidos y hasta sesgados. Por otro lado, las empresas de México, que en su mayoría son pequeñas y micro empresas, no tienen las capacidades para vincularse con el capital financiero ni con la academia. *“De acuerdo con la encuesta ESIDET de 2010, sólo el 40% de las empresas mexicanas consideraban a las universidades como una fuente importante de conocimiento para la innovación, y sólo el 37% consideran los Centros de Investigación como fuente importante para la innovación”* (Casas, De Fuentes, & Torres, 2013, pág. 18). Esto se ve reflejado en los escasos acuerdos de colaboración o de introducción de productos o procesos aportados por las universidades o centros de investigación. Las elites empresariales mexicanas presentan, en general, una falta de cultura innovadora, no encuentran los incentivos necesarios para introducir en sus procesos de producción un departamento encargado de la investigación o encargado de la vinculación con la academia. Y finalmente, el agente encargado de la gobernanza del SNI mexicano presenta una ausencia de coordinación entre los distintos niveles e instancias institucionales, el CONACYT si bien es el máximo órgano con el objetivo de incentivar la I+D, depende de las políticas implementadas cada seis años por gobiernos con distintos niveles de interés en promover la I+D, a su vez, al interior el CONACYT encontramos diferentes organismos creados para descentralizar las actividades de I+D pero que resultan en una mayor dispersión e indefinición de la gobernanza y que, por lo tanto, sigue profundizándose la I+D dependiente de la transferencia tecnológica y no de la creación.

Finalmente, el SNI mexicano ha ido evolucionando desde el inicio del actual siglo, en especial tras la aprobación de la Ley de ciencia y tecnología de 2002 y por la elaboración del documento "Hacia una agenda nacional en ciencia, tecnología e innovación" en el cual confluyeron casi 70 organizaciones. Así el desarrollo e investigación de innovaciones y tecnología va adquiriendo mayor fuerza en las políticas gubernamentales. Sin embargo, el SNI mexicano se enfrenta actualmente a un triple reto. *“El cual consiste en desarrollar las capacidades científicas y tecnológicas, satisfacer las necesidades sociales y estimular la innovación y competitividad de las empresas”* (Casas, De Fuentes, & Torres, 2013, pág. 25). Para enfrentar tales retos, el SNI y particularmente los responsables de la gobernanza dentro del SNI deben prestar

atención a la vinculación entre los agentes que conforman el sistema y que actualmente se encuentran desarticulados. *“En México, se requiere que tanto el sector público como el privado sean capaces de capitalizar mejor los espacios que tienen en relación con la economía del conocimiento, (...), a nivel público se necesita generar las bases legales y crear políticas encaminadas a la promoción de la innovación tecnológica -es decir, reducir la brecha entre oferta y demanda de conocimiento- A nivel privado, las empresas están llamadas a generar una visión que trascienda la ganancia del corto plazo y que, en consecuencia, coadyuve a que el desarrollo tecnológico se dé a través de inversiones en ciencia y tecnología a mediano y largo plazo”* (González Ulloa Aguirre, 2014, pág. 153). Ya que el sector energético mexicano está comenzado a abrirse a la inversión privada tanto nacional o extranjera, demanda de los agentes del SNI que resuelvan sus problemas de competencia y vinculación. Los nuevos recursos energéticos, como es el caso del Shale Gas y dada la experiencia de Estados Unidos demandan una estructura que asegure una coherencia en la formulación, puesta en marcha y evaluación de las políticas de innovación y desarrollo de tecnología tanto por el gobierno como por parte de los empresarios y universidades.

2.3 Reservas de shale gas y sus limitaciones

Con las innovaciones recientes en materia de gases no convencionales en Estados Unidos, se han comenzado a descubrir cientos de nuevos campos potenciales de extracción. Desde la publicación de la EIA sobre las reservas mundiales de Shale Gas México comenzó a explorar sus propios recursos. Para México, la producción de shale gas tendría un impacto económico positivo en la industria y por ende en la economía. Esto se debe a que la producción de gas ha ido disminuyendo desde principios del 2000 Gráfico 3 Gráfico 3, México está importando alrededor de un 40% de su demanda de gas natural²⁴.

Previo a las reformas implementadas en el año 2013, en México el Estado era el único propietario de los hidrocarburos del subsuelo y por lo tanto podía llevar a cabo contratos de exclusividad con una sola compañía que además era una empresa estatal. Aunque PEMEX podía operar tanto en petróleo y gas, esta empresa podía firmar contratos de

²⁴ En (Deloitte, 2014, pág. 4)

servicio con empresas privadas, nacionales o extranjeras, sin embargo, el reparto de la producción y Joint-Ventures²⁵ están prohibidos, ya que sale del esquema de sólo pago de servicio. El estudio publicado en 2010 por la EIA situó a México en el cuarto lugar a nivel mundial con recursos de shale gas. Y en 2016 la EIA (EIA, 2016), considero que con incrementos tecnológicos México podría ser capaz de explotar sus recursos de shale gas. Según la EIA México cuenta con recursos técnicamente recuperables estimados en 545 billones de pies cúbicos de shale gas. Para ese momento el gobierno mexicano, a través de un informe de la SENER, sostuvo entonces que tales recursos contrarrestarían a la decreciente producción de gas natural y por lo tanto, *“1) promovería la inversión , ya que la explotación de shale gas podría atraer entre 7 y 10 mil millones de dólares anualmente; 2) se generarían empleos, puesto que durante los siguientes 15 años podrían generarse hasta 1.5 millones de empleos directos e indirectos; 3) se fortalecería la industria energética nacional al desarrollarse cadenas de valor; 4) se reducirían las importaciones de gas natural, fortaleciendo la seguridad energética y reduciendo la dependencia energética del exterior”* (De la Vega & Ramírez, 2014, pág. 92). Desde la publicación del informe de la EIA, PEMEX comenzó trabajos exploratorios de shale oil y de shale gas y desde entonces se han hecho diversos planteamientos sobre las posibilidades de los recursos encontrados para un mejor abastecimiento energético y el impacto de este sobre el desarrollo del país.

Según (Boyer, Clark, Jochen, & Lewis, 2012, pág. 33) México cuenta con lutitas ricas en materia orgánica y térmicamente maduras de edad jurásico y cretácico, las cuales son similares a las lutitas gasíferas productivas de edad relativa de EUA, tales como las lutitas de Eagle Ford, Haynessville-Bossier y Pearsall. La ubicación de estas reservas se encuentra en el noroeste de México Gráfico 7. Se puede apreciar que dichas reservas también se encuentran ubicadas en la misma área en la que se encuentran campos petroleros y de gas tradicionales. Estudios recientes (PEMEX, 2012, pág. 27) han comprobado que los pozos de Coahuila, específicamente el Emergente-1, Habano-1 y

²⁵ Una Joint-Venture también conocida como una empresa de riesgo compartido, empresa con participación conjunta o co-inversión de riesgo es, una forma de cooperación empresarial. Donde, a través de una operación la empresa extranjera aporta su dinero y el socio local el conocimiento del país, y al cabo de algunos años resulta que el socio local detenta el dinero y el extranjero ha aprendido a conocer al país. En conclusión, una Joint-Venture es una opción que las empresas tienen para tomar decisiones de inversión en el ámbito local o internacional buscando una sinergia que otorgue beneficios mutuos.

Percutor-1 son continuación de la cuenca Eagle Ford de Estados Unidos y que, por lo tanto, son zonas de gas seco y gas húmedo. Por otro lado, los pozos Nomada-1 y Montañas-1 están en etapa de terminación de exploración en las zonas de aceite y gas húmedo. Y para 2012, se comenzaron a explorar los pozos de Anhelido-1 y Cazoleta-1, en Tamaulipas.

Gráfico 7 Mapa de reservas de shale gas en México²⁶



²⁶ Fuente: (Dunnahoe, 2013) en <http://www.ogj.com/articles/uogr/print/volume-1/issue-1/beyond-us-border-mexico-primers.html>

Pese que las cuencas de México son en su mayoría una continuación de la cuenca Eagle-Ford, una de las más productivas de Estados Unidos, muchas de las lutitas ricas en materia orgánica son estructuralmente complejas, ya sea por un sobrecorrimiento o porque están a una profundidad mayor de 5000m, profundidad incluso superior para la tecnología desarrollada en Estados Unidos, para el Barnett. Pero, tanto PEMEX como empresas trasnacionales tienen ambiciosos planes para la ampliación y desarrollo de la producción de gas natural incluyendo el shale gas dentro de los próximos 10 años. *“Compañías estadounidenses como EOG Resources, Chesapeake y ConocoPhillips, son las que ha tenido mayor interés en las nuevas oportunidades que el sector energético mexicano ofrece”* (Iglesias Márquez & Felipe Pérez, 2014, pág. 20). Otro ejemplo es, la empresa Gas Natural Fenosa, la compañía con mayor desarrollo dentro de la industria del gas de México, quien ha afirmado que dada la certidumbre otorgada por organismos internacionales sobre las reservas técnicamente recuperables de shale gas, se respalda la necesidad de apostar por el gas natural como una opción energética viable. Finalmente, los recursos con los que México cuenta, pueden contribuir con la seguridad energética no sólo de México sino a la de América del Norte, logrando una independencia energética para estos países²⁷.

No obstante, a los planes que compañías tanto públicas como privadas tienen sobre las reservas de shale gas mexicano, con las tecnologías actuales y, dadas las circunstancias geológicas de los recursos, de los pozos explorados existe un bajo porcentaje de éxito comercial. *“De los 6 pozos perforados en México, tres han resultado no comerciales, el Emergente-1, Montañas-1 y Nomada-1; otros dos, no comerciales por no producir condesados, el Percutor-1 y Abolero-1; y solo uno que, aunque comercial presenta baja productividad y condesados, el Habano-1”* (De la Fuente López, pág. 8). Dadas las circunstancias actuales de la tecnología y conocimiento de las reservas de shale gas, es necesario realizar grandes inversiones en infraestructura y conocimiento para siquiera explorar y evaluar con mayor profundidad las reservas de shale gas en México, según (De la Fuente López, pág. 8), se estima que de 2012 a 2016 sería necesaria invertir 30 mil millones de pesos si se quiere comenzar a explorar y evaluar dado que, los actuales

²⁷ En (Iglesias Márquez & Felipe Pérez, 2014, pág. 20)

resultados no respaldan todos los grandes proyectos que tanto el gobierno como las empresas tienen.

Las diferencias geológicas con las que México cuenta respecto a Estados Unidos, las cuales además se han venido confirmando con los resultados de los primeros pozos perforados, han hecho que tanto PEMEX como otras empresas nacionales y extranjeras remarquen la necesidad de una transformación en la normatividad y operación. Es decir, *“se debe construir o reforzar un marco regulatorio específico y las instituciones correspondientes que aseguren un adecuado desarrollo”* (De la Vega & Ramírez, 2014, pág. 102). En suma, se debe transformar el SNI mexicano, que permita una colaboración entre todos los agentes tanto nacionales como extranjeros, para: evaluar las reservas de shale gas que se encuentran a mayor profundidad, disminuir los tiempos y costos de perforación en México²⁸, y particularmente para desarrollar instituciones que incentiven la competencia en los recursos de shale gas mexicano.

Es posible que México cuente con grandes reservas de gas de esquisto, sin embargo, su extracción todavía se encuentra limitada por diversos factores, los cuales se encuentran relacionados cada uno con las deficiencias del SNI mexicano. México debe de impulsar muchas modificaciones en la estructura de su sistema si pretende crear oportunidades para las empresas nacionales o extranjeras públicas o privadas, y que estas a su vez creen trabajos que incentiven el crecimiento económico. En años pasados, con el boom del shale gas en Estados Unidos y con unas perspectivas positivas respecto a las reservas mexicanas el gobierno mexicano pudo haber exagerado los beneficios que con las actuales condiciones realmente se podían esperar. La naturaleza del shale gas más las especificaciones geológicas en México ha puesto una mayor presión en el SNI. *“Lograr un desarrollo exitoso del shale gas requiere de una planificación cuidadosa, para lo cual es necesario una capacidad técnica, un apoyo gubernamental tanto en infraestructura como en regulación, una dinámica favorable en el mercado que*

²⁸ Según (FLACSO, 2013, pág. 1) 10 meses en México frente a 12 días en Estados Unidos y el costo de 25 millones de dólares en México frente a 2.8 millones de dólares en Estados Unidos

incentive a las empresas a explorar los recursos de shale gas en México y una capacidad financiera que respalde a las empresas” (Lozano, 2013, pág. 29).

El primer reto que el shale gas pone al SNI mexicano es, la falta de capital humano capacitado para enfrentar los retos técnicos que presenta no sólo el shale gas en general, sino las especificidades geológicas en México. Entre los retos técnicos que el shale gas presenta están: la capacidad de conocer la porosidad y permeabilidad de las reservas, el entendimiento del almacenamiento y flujo de fluidos, un análisis del subsuelo para la definición de la trayectoria de perforaciones horizontales, la caracterización geoquímica y geológica de las formaciones así como el análisis de los elementos riesgo de los prospectos, dadas las diferentes características geológicas debe mejorarse las prácticas de la multifractura hidráulica y de los ductos de transporte. Podría decirse que estos retos técnicos pertenecen a la etapa previa y durante la extracción, sin embargo, existen otros retos técnicos a los cuales la academia en México debe hacerle frente. Tales como los problemas de sismicidad que pueden presentarse por la perforación de pozos, la cual si bien no se ha concluido si es provocada o no por la perforación en Estados Unidos, no debe olvidarse que uno de los principales problemas en México es que por el que pasan las mayores fallas del mundo, por lo tanto, los ingenieros e investigadores mexicanos deben realizar mayores estudios sobre sismicidad en las zonas que poseen gas de esquisto. Es por ello que México no sólo debe de adquirir la información sísmica del estudio Galaxia 3D-3C provenientes del yacimiento Eagle Ford la cual se considera que está conectada a los yacimientos de Coahuila y el adquirir la información sísmica del estudio Limonaria 3D-3C, serviría para entender mejor las condiciones del yacimiento Agua Nueva. Sin embargo, como ya se ha señalado antes, el SNI no sólo debe enfocarse a importar este conocimiento, sino que además debe generar el propio en cada zona con posibles yacimientos, haciendo conocimiento propio es la forma en que el SNI enfrentaría el primer reto que el shale gas le impone.

El segundo reto, es al que se enfrentan las empresas mexicanas e incluso las extranjeras dadas las condiciones del mercado mexicano y de los yacimientos. En primer lugar, los yacimientos de shale gas se encuentran en zonas áridas lo cual significa una grave escasez de agua y por lo tanto un límite para el fracking y para la construcción de la

infraestructura de extracción. En segundo lugar, a diferencia de Estados Unidos, México no cuenta con una estructura de derechos de propiedad privada sobre los recursos del subsuelo, hecho de vital importancia en Estados Unidos ya que al ser propietarios los dueños de los recursos del subsuelo las compañías productoras podían negociar directamente con el propietario reduciendo trabas burocráticas y costos. Otro factor importante en Estados Unidos fue la variada cantidad de empresas dedicadas a la exploración y producción, pero también las dedicadas a los servicios. *“Hay más de 50,000 empresas mexicanas en el sector petrolero y gas que generan más de un millón de trabajos, (...), sin embargo, por lo general carecen de la escala y experiencia para la exploración y producción”* (Deloitte, 2014, pág. 5). Por lo tanto, el que los yacimientos se encuentren en zonas que elevan los costos y que existan pocas empresas mexicanas o extranjeras capaces de asumir el riesgo hace que sea poco probable el desarrollo del shale gas en el corto plazo. Además, dentro del SNI mexicano abocado al área energética el sector empresarial es el más débil ya que durante muchos años ha estado excluido a la distribución, almacenamiento, logística, servicios y petroquímicos pero dado que su participación es mínima no existen grandes desarrollos innovadores al interior y por lo tanto su demanda tecnológica es cubierta por tecnología extranjera, esto contribuye a la débil vinculación entre estas empresas y el sector académico.

El tercer reto del SNI mexicano para desarrollar gas de esquisto en el país es el de claridad de gobernanza que sienta las bases para la competencia dentro del sector energético, se requiere: 1) Claridad reglamentaria, que supervise y decida el sistema tributario para impulsar o sancionar mala práctica de las empresas dedicadas a explorar y producir shale gas desde su primera hasta su última etapa; 2) Crear un régimen tributario no sólo sancionador sino que atractivo a la inversión el cual contribuya a reducir las desventajas geográficas de los yacimientos; 3) Si el gobierno pudiese aprobar y poner en práctica en el corto plazo términos fiscales favorables se vería en la necesidad de reformar además las leyes que rigen la propiedad privada y de los recursos del subsuelo. Históricamente, la aceptación social en cuanto al cambio de régimen de propiedad sobre los recursos del subsuelo ha sido muy controvertida desde que se nacionalizó y en el caso de los recursos de shale gas está representando una limitación por parte del gobierno para su desarrollo, por ejemplo, *"en la cuenca de Burgos que se*

propaga a través de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila está causando consternación antes de la ronda de ofertas -debido a la grave escasez de agua en esas zonas- además esta zona tiene una larga historia de oposición social y de protesta, se dice que ya se ha alcanzado un acuerdo con los campesinos de esta área para que reciban una compensación por la explotación de gas de esquisto, sin embargo estos campesinos no cuentan con títulos legales de propiedad por sus tierras” (Report, 2015, pág. 3). El hecho de que la gente no posea títulos de propiedad sobre las tierras, en las que además se encuentran yacimientos de shale gas, no sólo es una limitación para la operación de las empresas sino también un alto riesgo para la correcta vigilancia, sanción y compensación por parte de las empresas. Esto eleva aún más los riesgos ya implícitos en la explotación de shale gas usando la técnica del fracking, ya que se requiere una adecuada vigilancia para evitar que grandes cantidades de gas metano sean emitidas y que no se contaminen ríos o arroyos, además de reglamentación para el tratamiento del agua. Para que este miembro del SNI logre, por lo menos, establecer la reglamentación para la adecuada operación del shale gas es necesario en primer lugar, otorgar licencias las cuales debiesen estar antecedidas por títulos de propiedad de tierras que antes eran comunales o ejidatarias. Este punto quizás sea el más crucial por resolver ya que si bien se pueden crear reglamentaciones tributarias para incentivar el desarrollo de tecnología e innovación por parte de las empresas o se creen organismos que vinculen la academia con las empresas e inclusive se dé mayor apoyo financiero, la controversia sobre la propiedad de la tierra aún persiste.

Finalmente, el cuarto reto del SNI es el precario acceso al capital. Si bien es cierto que en México existen organismos gubernamentales dedicados al apoyo financiero para las empresas, este es limitado y depende de un presupuesto gubernamental así que está atado a una visión de corto plazo, por el otro lado las instituciones bancarias en México no promueven una inversión en empresas con un alto riesgo, por lo tanto, es difícil que accedan a financiar empresas que busquen la producción de shale gas. *“Debido a la falta de financiación y, en consecuencia, su capacidad técnica menor para la extracción, los recursos de aguas profundas, que representan el 58% de las reservas de petróleo y gas de esquisto estimados de México, permanecen sólo parcialmente operados”* (Alva Gonzalez, Brudzinska, & Nowak, 2014, pág. 2). Hace tiempo se pensaba que, si México

se abría al mundo el mundo respondería con inversiones y sería fácil acceder a capital financiero, lo cierto es que las carencias de cada miembro que forma el SNI mexicano constituye una limitante para que estas inversiones se concreten o sean inversiones directas, además de que depender solamente de tales inversiones provoca que la producción sea variable y dependiente de los precios del petróleo o gas. Haciendo que, las empresas y el gobierno no tengan una visión a largo plazo para el desarrollo de tecnología dentro del SNI mexicano.

Al día de hoy, ni PEMEX ni el sector privado mexicano cuentan con la tecnología o los recursos suficientes para desarrollar de forma adecuada la sub industria del shale gas, además para que el sector privado mexicano o extranjero asuma los riesgos implícitos en la explotación de shale gas es necesario que el gobierno mexicano reconstruya la infraestructura del SNI mexicano, es decir, que no sólo otorgue licencias de exploración y producción -como lo propone la nueva ley de energía-, tampoco bastará con que se creen agencias u organizaciones encargadas de regular el desempeño de las empresas dentro de la cadena productiva de esta sub industria, sino que debe encadenar a cada uno de estos factores con los investigadores e investigaciones que se encarguen de generar innovaciones tanto para la tecnología como para los sistemas organizacionales.

2.4 Reformas implementadas para alcanzar las metas energéticas que impactan al desarrollo del shale gas

Desde las reformas implementadas a finales de los setenta en México se ha hablado del excesivo sistema de control gubernamental a la que están sometidas las empresas energéticas estatales, PEMEX y CFE, y por el cual no logran ser eficientes. La premisa fundamental es que estas empresas no pueden realizar actividades empresariales libremente por que están sujetas al Estado, y en teoría, este no es capaz de realizar actividades comerciales e industriales de manera eficiente. Hace mucho que se había intentado reformar la estructura organizacional de tales instituciones, pero no fue hasta el año 2013 que se implementó un cambio radical en la estructura del sector energético mexicano. Es así que surge La Reforma Energética de 2013, la cual tiene por objetivo hacer frente a la rigidez de las empresas paraestatales que a vez ha contribuido a los descensos de la producción nacional.

La Reforma Energética se conforma de seis ejes fundamentales: *“el fortalecimiento del papel del Estado como rector de la industria del petróleo, el crecimiento económico, el desarrollo inclusivo, la seguridad energética, la transparencia y sostenibilidad y finalmente la protección del medio ambiente. -Y, por otra parte, tales ejes se basan en tres pilares- el fortalecimiento de PEMEX como empresa productiva pública para competir en un mercado abierto, lo que refuerza las agencias reguladoras y de sus capacidades legales para supervisar PEMEX y los privados recién llegados a la industria y por último, la introducción de una liberalización gradual y selectiva del aceite y la industria del gas”* (Iglesias Márquez & Felipe Pérez, 2014, págs. 6,7). Se supone que, con la implementación de las nuevas reformas, el Estado podrá encabezar el sector energético con el diseño, formulación y seguimiento de políticas públicas que conduzcan las actividades estratégicas y prioritarias energéticas, por lo tanto, en teoría se estaría solucionando un problema fundamental del SNI mexicano, dándole al estado una rectoría con ordenanza clara dirigida a promover la competencia.

“La reconceptualización del papel del Gobierno Federal en las empresas productivas del Estado implica que aquél deje de ser su "administrador principal" y se asuma como propietario” (República, 2013, pág. 11). Ello significa que, como dueño, delegue las decisiones cotidianas a los órganos de administración y dirección de la empresa con lo cual se busca asegurar la toma de decisiones autónomas y con lógica empresarial y no con una lógica política. Además, con el apoyo de un Consejo de Administración se espera que se evalúe constantemente el desempeño de los órganos internos para tener mejores resultados operativos y financieros, por lo que, según los resultados obtenidos en la misma proporción serán los beneficios monetarios de los miembros de los órganos internos y del dueño, haciendo que "los intereses del propietario se alineen con los intereses de los miembros del Consejo de Administración".

Para atender a las nuevas necesidades del "dueño" se creó una nueva estructura organizacional, que se divide en: *“a) cuatro nuevos organismos descentralizados subsidiarios para la conducción de las principales actividades estratégicas y prioritarias en materia de hidrocarburos (exploración y producción, refinación, gas y petroquímica básica y petroquímica); b) el establecimiento de un órgano de control interno para el organismo y cada uno de los cuatro organismos subsidiarios, mismo que es designado*

por el Gobierno Federal” (República, 2013, pág. 4). Finalmente, el dueño, ósea el Estado tiene como funciones: *“Definir el objetivo y actividades que realizará cada empresa, determinar las reglas mínimas de organización -estatutos sociales-, nombrar y remover a los miembros del Consejo de Administración y fijar sus remuneraciones, designar al auditor externo de las empresas, definir el dividendo que las empresas deberán entregar, evaluar el desempeño de las empresas y de sus respectivos consejos de administración y, realizar periódicamente un informe sobre el desempeño de las empresas”* (República, 2013, pág. 12). De tal forma que PEMEX y CFE, como empresas productivas del Estado²⁹ podrán actuar de forma autónoma y con lógica empresarial bajo reglamentos y disposiciones emitidas por el Consejo de Administración elegido por el propietario. El reto más importante al que se enfrenta esta reforma, es la de aplicar a las empresas productivas del Estado el derecho privado alejándolas lo más posible del sector público y acercándolas al privado. Esto significa que tales empresas no podrán acudir a la legislación administrativa ni al reglamento de Entidades Paraestatales y ello supone una transformación de gran calado, ya que, es necesario una transformación radical de su régimen jurídico.

Otra transformación que el gobierno mexicano ha implementado es la aprobación de contratos con empresas privadas nacionales o extranjeras para explotar, desarrollar y producir hidrocarburos, pero sin perder el gobierno la propiedad exclusiva de los hidrocarburos subterráneos. *“Estos acuerdos, (...), van mucho más allá de los contratos de servicios, ahora incluyen la participación en beneficios, licencias de hidrocarburos de producción, o una combinación de estos”* (Deloitte, 2014, pág. 2). El objetivo del gobierno es que las grandes empresas internacionales puedan hacer inversiones en aguas profundas, o en yacimientos convencionales o no convencionales. Sin embargo, a la fecha los resultados de las licitaciones no han sido uniformes, por ejemplo, para el año 2014 sólo 2 de los 14 bloques disponibles fueron otorgados con éxito³⁰, pero en 2015 en la tercera licitación de la ronda 1, el gobierno federal pudo adjudicar el 100% de los yacimientos en pugna.

²⁹ *“Una empresa productiva del Estado es, aquella empresa cuyo dueño es el Estado y participa en el mercado como el resto de las empresas privadas, (...), las ganancias que se obtienen se entregan al estado mexicano y sirven para re-invertir en la propia empresa”* (CFE, 2015)

³⁰ En (Ribando Seelke, Ratner, Villarreal, & Brown, 2015, pág. Summary)

Hasta ahora la reforma está en una etapa temprana, pero las decisiones que se sigan tomando serán cruciales para el futuro del sector energético mexicano y decisivo para lograr obtener un modelo energético más sostenible. Como desde los setenta, las reformas siguen haciendo hincapié en la necesidad de atraer inversión extranjera para obtener el máximo beneficio, sin embargo, tanto en la experiencia internacional como en la nacional los resultados de tal premisa son muy variados y por ello es que se han vuelto fundamentales los organismos que regulen y vinculen a cada sector del SNI (Braithwaite, 2005, págs. 5, 10).

“La Reforma ha previsto que puedan surgir nuevas sub-industrias dentro del sector energético -debido a la diversificación de empresas interesadas en la producción- tales nichos pueden ser la exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos en aguas profundas, así como yacimientos de lutitas” (Machorro, Barrero, & Levez, pág. 2). Previo a la caída de los precios del petróleo, e incluso antes de la Reforma, el gobierno esperaba poder ofrecer 169 bloques convencionales y no convencionales. Sin embargo, dados los precios y sobretodo en la falta de concretización de las nuevas normas y organismos reguladores el optimismo reflejado en 2012, en donde se llegó a estimar que México llegaría a ser exportador de gas natural, ha quedado muy atrás. A partir de 2013 el gobierno tomo una postura más conservadora sobre los recursos no convencionales, y se ha limitado a proponer una estrategia para desarrollar el shale gas en la que no se han fijado tiempos ni metas en el corto plazo, esto porque supone que una única empresa es incapaz de producir por si misma shale gas, ello ha derivado en que el desarrollo del shale gas se haya quedado en la primera etapa, es decir, en un análisis básico de las cuencas por parte de PEMEX.

2.5 Conclusiones del capítulo

Las expectativas de México sobre producir shale gas al interior han ido disminuyendo o se han vuelto más realistas conforme más se avanza en su análisis. Esto, debido a diversos factores como elevados costos para producir y bajos precios, lo cual deja bajos márgenes de ganancia; también conforme se avanza en el análisis de las reservas, los investigadores van descubriendo que, estas no tienen las mismas características que Estados Unidos y que, inclusive, las características técnicas son más demandantes tanto tecnológicamente como en capital humano. Por ahora, para esta investigación, queda

claro que México aún no cuenta con la tecnología indispensable para una explotación rentable y, por ende, tampoco se tiene mano de obra calificada para operar tal tecnología. Por ello es que, la idea de atraer capital privado ha sido una de las soluciones que el gobierno ha encontrado para reducir la brecha tecnológica en un corto plazo. Sin embargo, se sigue observando una precaria atención por parte del gobierno en atender sus deficiencias en el SNI. Deficiencias que también han contribuido a que las grandes empresas internacionales, inicialmente interesadas en los recursos de shale gas mexicano estén realizando una incipiente inversión; aunado a la caída precio del petróleo.

Pese a que el Estado mexicano nuevamente está emprendiendo transformaciones al interior con las “reformas estructurales” se sigue dejando a un lado las reformas para transformar al SNI también. Por un lado, hay bajos incentivos fiscales que hagan interesarse a los inversionistas en estudiar los recursos de shale gas; por otro lado, no existe una política de competencia que sienta las bases para que dentro del SNI se incentive la innovación. Esto sigue dejando a un sistema deficiente en cuanto a fluidez de conocimiento e ineficiente para competir. Por el otro lado, un elemento que no ha tenido tanto protagonismo es la claridad de gobernanza que el Estado debería tener sobre las instituciones de Ciencia y Tecnología, las cuales a diferencia de muchas otras instituciones no se les ha otorgado autonomía. La autonomía, es un eje fundamental para el desarrollo científico y tecnológico de un país sea independiente de los intereses políticos, pero no por esto dejar de percibir apoyos gubernamentales.

A continuación, se muestra en la Tabla 3 un resumen de los retos a los que el SNI mexicano se enfrenta si quiere desarrollar recursos no convencionales como es el shale gas.

Tabla 3 Resumen de Retos del SNI mexicano

Agente	Limitación	Riesgo	Reforma	Consecuencia	Propuesta
Gobierno	Poca claridad en la gobernanza de la competencia al interior del sector energético	Al procurar un sector energético abierto, sin la claridad de competencia se puede correr el riesgo de generar fallas en el nuevo mercado	Creación de institutos de competencia en el sector Energético (Comisión Reguladora de Energía, CRE)	El Estado Mexicano pese haber reformado el sector energético abriéndola a compañías privadas. Sigue dejando de lado las reformas	No sólo supervisar sino también crear un régimen tributario que incentive a los empresarios a asumir el riesgo del shale gas en México. U otorgar licencias de títulos de propiedad
	Ausencia de coordinación entre los distintos niveles institucionales	Dispersión e indefinición de la política tecnológica, profundizándose la I+D dependiente	Ley de la ciencia y Tecnología 2002. Contempla a la innovación y tecnología dentro de los planes gubernamentales	que den claridad en la gobernanza sobre las instituciones de Ciencia y Tecnología.	Se debe prestar atención a la vinculación entre los agentes del SNI “capitalizar la relación con la economía del conocimiento”
Academia	La academia está aislada y es escasamente financiada por el sector privado	Bajos incentivos al desarrollo de I+T que contribuyan al desarrollo económico	Ninguna reforma para incentivar la vinculación	Al no reformar las instituciones sobre C + T, no se han logrado avances para vincular a la Academia con las Empresas y por lo tanto el capital humano capacitado en el shale gas es escaso y baja capitalización de su conocimiento por parte de las empresas	Reducir paulatinamente el gasto gubernamental para que la academia busque otras fuentes de financiación y premiar estas vinculaciones por medio de inversión gubernamental en sectores estratégicos
	Falta capital humano capacitado en shale gas	Incapacidad de conocer todas las especificaciones geológicas de México	PEMEX ha comenzado a realizar exploraciones de los yacimientos de shale gas, pero con tecnología atrasada		Adquisición de información geológica, sísmica y de análisis del subsuelo. Y mejorar tal conocimiento al interior de la academia y empresas

Agente	Limitación	Riesgo	Reforma	Consecuencia	Propuesta
Empresas	Los empresarios no tienen una alta capacidad de vinculación	Falta de cultura innovadora, por la falta de incentivos que los obligue a crear centros de I+D	Ninguna reforma fiscal que premie la vinculación entre empresarios y la academia	Los empresarios mexicanos tienen baja competitividad al interior. Aunado esto a un nuevo sector abierto a las	Incentivar las inversiones en ciencia y tecnología a mediano y largo plazo
	Existen pocas empresas en el mercado de gas natural y las que existen pueden ser incapaces de enfrentar los altos costos	Yacimientos en zonas áridas y con baja infraestructura para la extracción	Ninguna reforma fiscal que exente la inversión en yacimientos de shale gas	empresas extranjeras, muchos de los empresarios mexicanos pueden desaparecer o seguir dependiendo de conocimiento extranjero	Impulsar al sector empresarial al sector energético, pero vigilando que su demanda tecnología sea cubierta mayormente al interior del país
Elaboración propia					

En conclusión, en el caso mexicano aún prevalecen elementos que limitan el desarrollo de la innovación. Y contrariamente a lo que el estado piensa, las reformas estructurales que se han ido implementando en los últimos años no alcanzan para subsanar las deficiencias del SNI. La falta de un sistema en donde la competencia y el flujo de conocimiento sea la base para la innovación demuestra que México no tiene aún la capacidad tecnológica necesaria para desarrollar el shale gas. Por otro lado, sí se cree que con importar la tecnología a través de inversiones de empresas multinacionales es posible subsanar esta deficiencia, lo cierto es que sólo se estará sumando más problemas al SNI. En el largo plazo, la carencia de innovaciones propias y de empresas nacionales competitivas o de empresas que acaten normas de competencia que protegen al consumidor o al medio ambiente, hará que México siga dependiendo del extranjero para cubrir su demanda energética, por lo cual, se desarrollaría sin soberanía.

Los responsables de las políticas energéticas en China se han dado cuenta de que el monopolio de las empresas nacionales probablemente restringe la velocidad a la que el gas de esquisto se desarrolla , (...), han considerado abrazar la experiencia de Estado Unidos, -es decir, mejorar sus deficiencias en el SNI, en su caso- introduciendo una mayor competencia entre los agentes, (...), pero tratando de mantener un enfoque discreto paso a paso, asegurándose que se extraiga este recurso de una manera rápida y ordenada (Gao, 2012).

Capítulo III Posibilidades institucionales para el desarrollo de Shale gas en China

Las innovaciones que crean nuevos productos, procesos, mercados, organizaciones o insumos provienen de desarrollos tecnológicos evolutivos (de continua mejora o de descubrimiento), dentro de sistemas complejos (SNI), donde interaccionan, la técnica, el comercio, el marco legal, el marco social y el financiamiento. Este tipo de enfoque ha sido, posiblemente, uno de los más aptos para analizar el caso de China. Ya que es el que más semejanzas tiene con el “modelo socialista con características chinas”. El cual establece como uno de sus principios al capital humano como una piedra angular para una sociedad innovadora. Sin embargo, estas semejanzas no siempre estuvieron allí, en un inicio el desarrollo de la República Popular China (China) estaba enfocado en la importación de tecnología y capital, a través de inversión extranjera. Fue hasta la reforma de Deng Xiaoping en 1978 que el Estado decidió impulsar un paquete institucional que facilitara el progreso tecnológico de las empresas nacionales en todos los rubros. Particularmente para esta tesis, los paquetes institucionales más relevantes son los referidos al desarrollo de ciencia y tecnología y el paquete institucional energético, ya que, ambos preceden el desarrollo del shale gas según su desarrollo en Estados Unidos.

Actualmente China es el mayor consumidor de energía en el mundo. Sin embargo, desde hace años China perdió en parte su seguridad energética. Su rápido crecimiento, industrialización y urbanización los ha obligado por un lado a sobreexplotar su medio

ambiente y por el otro a importar la mayoría de sus recursos energéticos. A pesar de que China es el mayor consumidor del mundo, su consumo energético es deficiente y altamente contaminante. Esto porque su principal recurso energético es el carbón seguido por el petróleo, y si bien, en proporciones absolutas China es ya uno de los mayores consumidores de gas, en proporciones relativas su consumo sólo representa un 4% de su balanza energética, muy por debajo del consumo promedio mundial de gas natural que es de 24%³¹.

Debido a su alto consumo energético de recursos fósiles su medio ambiente ha sido comprometido y con él, se ha afectado aún más el clima a nivel mundial. Desde su ingreso al G-20 China se ha dedicado a reducir sus niveles de emisión de gases con efecto invernadero. Y el Gobierno ha encontrado que, el gas natural es un recurso viable para cumplir con sus compromisos ambientales sin perder su rápido crecimiento por volcar toda su industria en el corto plazo a recursos renovables. En este contexto, al igual que en Estados Unidos, China encontró en el gas de esquisto es un recurso para preservar su seguridad y eficiencia energética, así como la del medio ambiente. *“Además, ambos países presentan una brecha entre la formulación de la ley federal central y su aplicación en el ámbito local, (...), estas similitudes en el sistema energético estadounidense y chino permiten dibujar algunos paralelismos que pueden beneficiar a la industria del gas de esquisto chino”* (Davide & Tremolada, 2013, pág. 27).

China está intentando disminuir su dependencia de los recursos energéticos del extranjero. Por ahora, hacer madurar su industria de gas natural y con ella el de gas no convencional se ha convertido en uno de sus mayores objetivos para alcanzar una estabilidad energética, tal y como lo planteó Estados Unidos, en los años setenta. Ello implica que China debe encontrar un equilibrio en sus políticas energéticas, científicas, tecnológicas y de innovación, así como en las ambientales y de gobernanza entre las empresas. China tiene altas expectativas sobre el shale gas y sobre el papel que este puede llegar a desempeñar no sólo para cubrir su demanda energética sino en la demanda energética mundial. Y por lo tanto, China estaría por primera vez en posición de controlar no sólo su seguridad energética, sino que además, podría participar

³¹ Retomado de (Gao, 2012, pág. 1)

activamente en las decisiones energéticas mundiales, si y solo si, logra poseer efectivamente las reservas técnicamente probables que se estima tiene.

Este capítulo busca comprobar si, China realmente ha realizado cambios en la forma en la que, al interior de su SNI, se realizan las innovaciones. Es decir, comprobar no sólo la existencia de instituciones que promuevan la innovación, sino que, efectivamente la innovación se dé dentro del sistema a través de una interacción que aliente la competencia empresarial y la transferencia de conocimiento. Desde el punto de vista de que la competencia y coordinación entre los agentes fueron los principales impulsores de las innovaciones necesarias para el desarrollo de shale gas en Estados Unidos. Para ello el capítulo está conformado por cuatro subcapítulos. El primero de ellos, 3.1 Trasfondo general del sector tiene el objetivo de exponer los factores que obligaron a China a desarrollar un aparato institucional avanzado el cual, puede sentar las bases para un firme desarrollo del shale gas; entonces se hace un recuento de las continuas reformas que el gobierno ha ido implementando para alcanzar su objetivo primordial (seguridad energética para un firme desarrollo económico). En el subcapítulo 3.2 Condiciones del SNI se hace un análisis más profundo de las instituciones que conforman el SNI chino, esto para entender que posibilidades, dadas esas condiciones, China es capaz de desarrollar un recurso que exige innovación, así pues, el apartado aborda las características generales del SNI chino haciendo énfasis en sus deficiencias. En el subcapítulo 3.3 Reservas de shale gas y sus limitaciones expone, como su nombre lo dice, en primer lugar las reservas que China ha estimado tener y además se muestran los retos que estas reservas presentan. Y finalmente en el subcapítulo 3.4 Reformas implementadas se hace un planteamiento de las reformas tanto en la política energética como en el SNI que China ha ido implementado en años recientes. Reformas con las cuales el gobierno pretende poder explotar los recursos de shale gas que China posee, el apartado tiene como objetivo encontrar si con esas reformas las deficiencias en el SNI son superadas y, por lo tanto puede esperarse un firme desarrollo para el shale gas como en Estados Unidos.

3.1 Trasfondo general del sector energético chino

China al igual que otras potencias emergentes muestra un creciente interés en temas de comercio, finanzas, economía y la gobernanza energética y cambio climático. Siendo

este último el que mayor relevancia ha ido adquiriendo en recientes años, ya que, a través del foro del G-20 se ha ido empujando a China a buscar un modelo de crecimiento descarbonizado. Durante muchos años el gobierno, como encarnación del estado, monopolizaba todos los recursos y asignaba los derechos monopólicos a determinadas empresas estatales, pero después de 10 años de reforma China ha ido disminuyendo su planificación controlada por el estado y ha ido abriendo la mayoría de sus sectores.

Junto con su crecimiento exponencial el país tuvo que afrontar nuevos retos, uno de ellos sería el abastecimiento energético para su creciente industria. “Ya en 1974, Dean (1974) sostenía que el descubrimiento y la exploración inicial de nuevas reservas de petróleo eran cambios significativos en la política energética y la operación” (Hengyun & Les, 2012, pág. 49), sostenía además que con la combinación de recursos de combustibles fósiles y la hidroeléctrica era poco probable que China se convirtiera en un gran importador de energía. Por su puesto, esta tesis quedó refutada con el pasar de los años donde, sí bien China se ha mantenido como un gigante energético también ha ido en aumento su necesidad de energía para sostener su crecimiento económico. Por otro lado, pese a que China es un país con grandes cantidades de reservas energéticas, su principal producto sigue siendo uno de los combustibles fósiles más atrasados y contaminantes, el carbón, haciendo de China un gigante energético inmaduro.

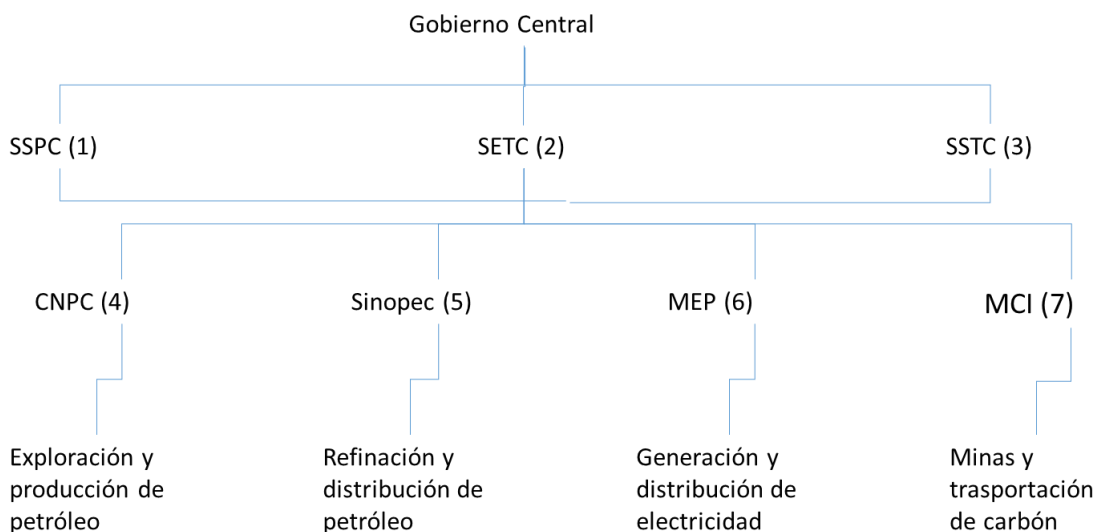
A partir de las reformas implementadas por Deng Xiaoping la brecha entre oferta y demanda interna de energía comenzó a hacerse más grande. Por un lado, la industria, principal consumidor de energía, comenzó a tener un crecimiento acelerado, y por el otro lado la población ha aumentado su consumo directo de energía, desde iluminación, calefacción, aire acondicionado hasta en transporte. Estos dos principales factores han empujado hacia arriba la demanda energética, cada vez más difícil de suplir en el mercado interno. Por esta razón y acorde a los cambios en China, la forma de utilizar los recursos energéticos se ha ido modificando. Según (Naughton, 2006, pág. 337), se pasó de una economía planificada donde se usaba la energía de manera ineficiente, debido a que los precios de la energía se controlaban en niveles bajos, o se planificaban proyectos derrochadores e ineficientes y los incentivos para la conservación de energía eran débiles o inexistentes; a una economía reformada donde si bien el estado sigue teniendo el control, la flexibilización de algunos sectores ha permitido que se crearan

más incentivos para conservar de forma más eficiente la energía, los controles de precio se han eliminado de la mayoría de los productos energéticos, y en sectores donde aún se regulan los precios (como en la electricidad) los precios se han elevado para reflejar adecuadamente los costos de los recursos³². Adicionalmente, debido a la apertura de China y a la política de importar tecnología avanzada o de bajo costo, se ha podido constatar un beneficio en la eficiencia energética del país.

El sector energético en China si bien ya se encuentra abierto a la inversión o exploración de compañías extranjeras, la mayor parte de esta, está dominada por las empresas productivas del Estado. Además, *“el estado chino, representado por el gobierno central, es propietario del petróleo, gas y derechos mineros, (...), los derechos sobre la tierra pertenecen al Estado en el caso de las zonas urbanas, y son propiedad colectiva en zonas rurales y suburbanas”* (Lei, Zhongmin, & Krupnick, 2014, pág. 114). En 1980 China tenía un sector energético horizontal donde el estado a través de las “secretarías” controlaba a las empresas paraestatales China National Petroleum Corporation (CNPC) y China Petroleum and Chemical Corporation (Sinopec), al igual que a los ministerios de electricidad y carbón, los cuales a su vez tenían el encargo de producir, refinar, transportar o distribuir, ver Gráfico 8. Las empresas establecidas durante este periodo, aun con su precaria infraestructura y su limitado margen de acción, lograron sentar las bases del petróleo y carbón, es decir, sentaron las bases de la industria energética en China.

³² (Naughton, 2006, pág. 337)

Gráfico 8 Viejo Sistema Regulatorio del a Industria Energética en China



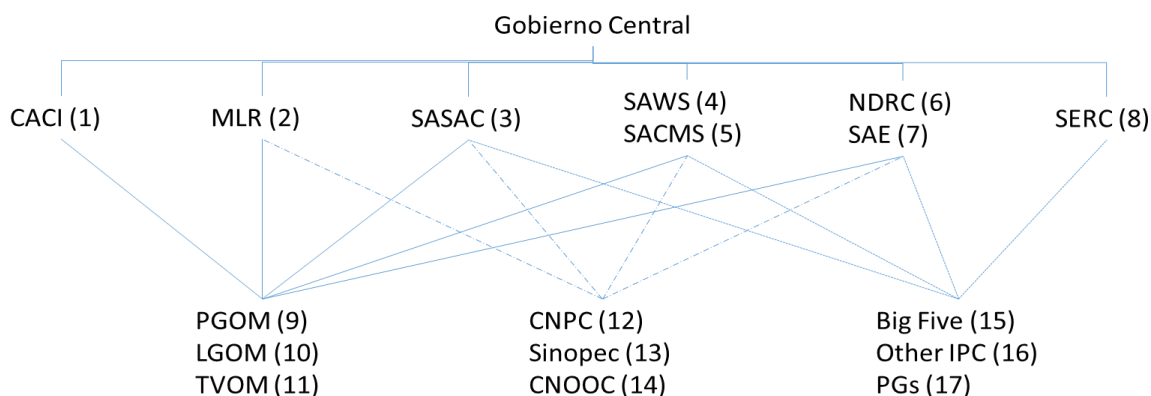
(1) State Planing Commission; (2) State Economic Trade Commission; (3) State Science Technology Commission; (4) China National Petroleum Corporation; (5) China Petroleum and Chemical Corporation; (6) Ministry of Electric Power; (7) Ministry of Coal Industry

Fuente: Retomado de Hengyun M. & Oxley L. (2012) "China's Energy Economy. Situation, reforms, behavioir and Energy Intensity". Springer Hidelberg Dordrecht London New York.

Sin embargo, debido a la alta burocracia de la cual ellos dependían, más la baja capitalización llegó un punto tal que estas empresas eran incapaces de invertir en tecnologías avanzadas o desarrollar nuevos productos. Para la década de 1990 esto se hizo más evidente, gracias a la llegada masiva de empresas multinacionales, por el acceso de China a la OMC, que los obligó a abrirse al exterior. Por lo tanto, se hizo necesario para el gobierno reformar el sector energético nacional y principalmente reformar la estructura de las empresas nacionales si es que se pretendía su supervivencia. *“A través de incentivos económicos y la coacción administrativa, el gobierno central intentó animar a algunas empresas industriales ineficientes para diversificarse en otros negocios”* (Yang, 2004, pág. 227). Para 1998 el gobierno central decidió reformar el sector energético, *“estos cambios incluyeron una reorganización estratégica de las empresas petroleras, estableciendo un nuevo sistema de gestión con una integración vertical”* (Hengyun & Les, 2012, pág. 126). Más adelante, en el año 2002 surgieron nuevos cambios en el sector, y entonces se decidió separar de las funciones de gobierno de las empresas, así como la separación de las plantas de energía de las líneas de operación. Las reformas de 2002 tenían como objetivo: *“1) la*

eliminación del gobierno de gestionar a las empresas; 2) tener un sector energético orientado hacia el mercado; 3) mejorar la eficiencia de la industria energética” (Hengyun & Les, 2012, pág. 127). Después de estas reformas los intereses del gobierno central quedaron separados de las empresas, sin embargo, conservaría las gestiones de imponer sanciones o impuestos, así como regulaciones a través de 6 comisiones o ministros, tal como se puede apreciar en el Gráfico 9. Por ejemplo, “el Ministerio de Tierras y Recursos (MLR) es responsable de la emisión de certificados de exploración para empresas energéticas y la imposición de impuestos sobre los recursos de carbón y petróleo , (...), la Asociación China de la Industria del Carbón (CACI) actúa como regulador de la industria del carbón,..., mientras que la Comisión Nacional de Energía Eléctrica del Estado (SERC) está facultada por el Consejo de Estado para llevar a cabo tareas administrativas y normativas en relación con el sector eléctrico nacional , (...), la Administración de Energía por parte del Estado (SAE) está facultada para fijar los precios máximos de energía, proponiendo un precio a la electricidad de la red de acceso al mercado más alta” (Hengyun & Les, 2012, págs. 127-128). Así actualmente, bajo el nuevo sistema la regulación y la operación de las empresas, están separadas evitando conflicto de intereses entre el estado y la empresa e incentivando que las empresas sean más eficientes.

Gráfico 9 Nuevo Sistema Regulatorio de la Industria Energética en China



(1)China Association of Coal Industry; (2) Ministry of Land and Resources; (3) State Owned Assets Supervision and Administration Commission of State Council; (4) State Administratios of Work Safety; (5) State administration of Coal Mine Safety; (6) National Development and Reform Commission; (7) State Administration of Energy; (8) State Electricity Regulatory Commission; (9) Provincial Government Owned Mines; (10) Local Government Owned Mines; (11) Township and Village Owned Mine Enterprises; (12) China National Petroleum Corporation (13) China Petroleum and Chemical Corporation; (14) China National Offshore Oil Corporation; (15) Big Five: Huaneng Group, Dutang Group, Huadian Corporation, Guodian Co. & Power Investment Co; (16) Independent Power Plant; (17) Power Grinds

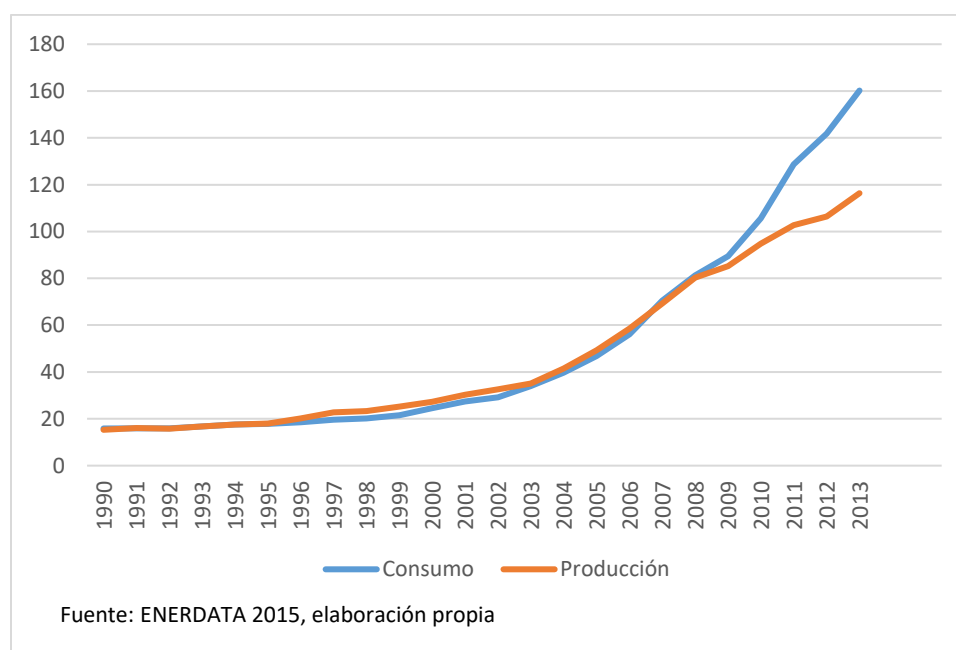
Fuente: Retomado de Hengyun M. & Oxley L. (2012) "China's Energy Economy. Situation, reforms, behavior and Energy Intensity". Springer Hidelberg Dordrecht London New York.

La industria del gas natural, por otro lado, tiene una historia relativamente corta. Si bien su producción comenzó en 1949 en la cuenca de Sichuan durante décadas su producción no creció pero, para las dos últimas décadas del siglo pasado las actividades intensivas de exploración comenzaron a dar frutos, “cuenca de gas importantes, entre ellos seis cuencas onshore (Sichuan, Ordos, Tarim, Qaidam, Songliao, Zhunggar) y dos cuencas offshore (Mar de China Meridional y el Mar Oriental) fueron descubiertos” (Gao, 2012, pág. 1). Durante estas dos décadas, la tasa de crecimiento anual de gas alcanzó aproximadamente un 17.3%³³, sentando una base sólida para expansión de la industria del gas natural. Con las reformas de 2002, China decidió construir su primer gasoducto de larga distancia, el gasoducto Oeste-Este, que transportaría gas doméstico desde la frontera occidental de China a la región sur-este. Sin embargo, dado que las reservas de gas natural de China se encuentran en cuencas más pequeñas y menos favorables, es decir, que requieren de mayor conocimiento, tecnología e infraestructura, sus recursos de gas han tenido un límite.

³³ (Kang, 2014, pág. 104)

A medida que China entró a una nueva etapa, su crecimiento acelerado y rápido consumo de energía hizo que su producción nacional de gas ya no pudiese satisfacer sus necesidades industriales y residenciales como puede observarse en el Gráfico 10. El mayor productor de petróleo y gas natural de China, la CNPC estima que la demanda de gas del país supera los 250 millones de m³ (dato para 2015) de los cuales sólo es capaz de producir una cuarta parte, por lo que la otra tercera parte debe ser importada.

Gráfico 10 Oferta y Demanda Interna de Gas Natural en China. De 1990-2013 en bcm



Si bien, puede argumentarse que esta gran brecha es reciente, lo cierto es que desde principios del nuevo milenio China tuvo que buscar gas en el extranjero, haciendo contratos a largo plazo con países vecinos de Asia Central. En 2006 dado que el país comenzó a ver aumentos significativos en su consumo de gas natural, se vio obligado a firmar un contrato a largo plazo con Turkmenistán el cual acordó envíos de hasta 40 millones de m³ por año en un periodo de 30 años y para 2011 se acordó incrementar los suministros a 65 millones de m³ por año. Estos acuerdos con países vecinos más las importaciones ha obligado a China a construir gasoductos y nuevas terminales de operación, ya que, las cuencas de gas tanto las nacionales como las de extranjeras no se encuentran en las proximidades de las prosperas ciudades costeras que demandan este recurso.

Si bien, el gobierno central ha estado promoviendo la construcción de infraestructura para el gas natural y la mejora de las conexiones entre las redes desde principios de 1990, no fue hasta el año de 2008 que se realizó un magno proyecto para mejorar su infraestructura, China y Myanmar acordaron la construcción de un nuevo gasoducto que tendría la capacidad de 12 millones de m³ al año. Y desde 2012 China estuvo conversando con Rusia sobre posibles importaciones de gas desde Siberia, y que por fin el año pasado 2015 tuvieron éxito en el mayor acuerdo de importaciones de gas natural. Así durante los últimos 10 años, la industria del gas natural en China se ha ido desarrollando mucho más rápido³⁴.

Aunque la industria del gas natural empezó tarde, la producción y consumo han aumentado, aproximadamente, un 10% y 20 % respectivamente al menos en la última década, en la cual se ha experimentado el crecimiento más rápido. Es muy probable que el rápido crecimiento del consumo de gas natural se deba a: *“la estructura de uso de la energía la cual se ha ido optimizando y por lo tanto la proporción en consumo de gas natural ha ido aumentando de forma continua, el rápido desarrollo de la economía nacional lo cual ha mejorado los niveles de vida de las personas haciendo que el consumo para uso doméstico aumente”* (Chengzao, Yongfeng, & Xia, 2014, pág. 10). Recientes estimaciones para el año 2020 suponen que la demanda de gas natural puede llegar a ser de 400 millones de m³ por año³⁵. En cuanto al régimen de precios del gas natural es muy variado y depende en gran parte de quien sea el consumidor, o si es una adquisición al por mayor o por menor. La diversidad de precios en China se debe a que este país no cuenta con una estructura de precios nacional pero sí con una amplia gama de regulaciones que mantienen el precio de gas natural al interior por debajo del precio del mercado internacional, lo cual, hace que se importe con pérdidas. *“La amplia gama de problemas de regulación y de aplicación se ha ido agravando debido a una liberalización muy limitada, a la falta de desarrollo tecnológico aplicable al gas natural y a algunos obstáculos políticos que frenan la apertura de la extracción de recursos a los inversionistas privados”* (Davide & Tremolada, 2013, pág. 1). Por esta razón, en

³⁴ (Chengzao, Yongfeng, & Xia, 2014, pág. 4)

³⁵ (Gao, 2012, pág. 22)

2011 el gobierno anunció una reforma a los precios del gas mediante las experiencias piloto en dos provincias (Guangdong y la Región Autónoma de Zhuang de Guangxi), en donde se incrementó el precio tradicional basándose en una fijación de precios de vuelta neta; tales reformas tienen como objetivo: *“establecer un sistema en el que todos los precios del gas natural estén determinados por el mercado y sólo el precio de transporte por ductos este regulado por el gobierno”* (Lei, Zhongmin, & Krupnick, 2014, pág. 114).

La creciente brecha entre oferta y demanda de energía se está volviendo cada vez más una prioridad del gobierno central, quienes siguen enfrentándose a un crecimiento poblacional que exigen mayores condiciones de vida, empresas que se ven sometidas a regulaciones sobre el medio ambiente. El desarrollo del gas natural en china si bien está creciendo continuamente, también se está enfrentando a los siguientes desafíos: *“la contradicción entre el rápido crecimiento de la capacidad de oferta y la demanda, la exploración y explotación se ha convertido cada vez más difícil, el volumen de gas natural importado se incrementa, por lo que la dependencia de gas importado y la dificultad en la garantía del suministro también aumenta, por lo tanto, las infraestructuras como redes de gasoductos y depósitos de almacenamiento deben comenzar a ser construidas”* (Chengzao, Yongfeng, & Xia, 2014, pág. 11).

Por lo que, para seguir gozando de una seguridad energética China tiene que elevar su producción energética, con todos los recursos que posea, ya sean los recursos renovables o el gas de esquisto, siendo este último una posible fuente confiable de gas que ayude a disminuir la dependencia de las importaciones. *“Es bastante claro que China seguirá una estrategia consiente de que debe diversificar las fuentes de energía”* (Naughton, 2006, pág. 341). En este momento, dadas las ventajas económicas con las que China cuenta así como su acumulación de tecnologías para exploración, más su apremiante necesidad de disminuir los niveles de contaminación China cuenta con la oportunidad única de desarrollar su industria de gas natural.

3.2 Condiciones del Sistema de Innovación referente al sector energético chino

La historia del desarrollo tecnológico en China está basada en una sociedad que considera a la educación y el conocimiento como el único camino seguro para el progreso social y por lo tanto el motor para el crecimiento. El método adoptado por China

para adquirir tecnología ha demostrado en primer lugar, que una búsqueda constante de desarrollo tecnológico por parte de las instituciones y políticas pueden apoyar efectivamente a que el país se convierta en una potencia y; en segundo lugar, que se debe tener un sistema tecnológico diverso y “multitrenzado”.

En 1949 se estableció la República Popular China (China) y el gobierno adoptó el modelo soviético socialista el cual estaba conformado por una amplia gama de instituciones especializadas. De tal forma que con sus fronteras cerradas durante mucho tiempo China se vio obligada a, *“crear institutos públicos que llevaran a cabo todos los proyectos de investigación mientras que las universidades se orientarían a las actividades de investigación, aunque limitadas”* (Xiwei & Xiandong, pág. 85). Pese a que China durante mucho tiempo estuvo de acuerdo con el modelo socialista soviético, en las últimas décadas de los años setenta los diversos líderes de China comenzaron a observar que su país era un país en desarrollo de bajos ingresos y que era imperativo cambiar este hecho.

En 1978, tras la muerte de Mao Tse Tung líder supremo de China y la asunción del poder por parte de Deng Xiaoping, las ideas de cambio y búsqueda de desarrollo dejaron de ser ocultados para ahora formar parte de la nueva dirección gubernamental. *“La combinación del mensaje ideológico y las reformas económicas y políticas –que acompañaron la llegada de Deng al poder- sirvieron para liberar un potencial emprendedor en la población, (...), este fue el caso de las zonas densamente pobladas –donde se instituyó el modelo de Zonas de Desarrollo Especiales, las cuales se especializarían en diferentes sectores desde turístico hasta de desarrollo tecnológico de gama alta-. A la fecha, algunas de estas empresas emprendedoras de propiedad gubernamental han crecido hasta convertirse en líderes del mundo en su sector”* (Lundvall & Gu, 2006, págs. 2,3).

Para lograr el crecimiento de su industria, el gobierno chino siguió la idea de que la ciencia y tecnología eran la primera fuerza productiva así que durante los años ochenta la investigación y desarrollo representaron, dos tercios del gasto total en I+D³⁶. En la Tabla 4 se encuentran enlistadas las principales políticas de ciencia y tecnología que el

³⁶ (Naughton, 2006, pág. 363)

gobierno impulsó desde los ochenta y hasta el inicio del nuevo milenio, es decir, las políticas que estimularon el desarrollo de la industria china con base en la ciencia y tecnología. Sin embargo, dado que esos dos tercios estaban concentrados por el gobierno es difícil evaluar el impacto real que tuvo.

Tabla 4 Resumen de las principales políticas de Ciencia y Tecnología

Año	Políticas	Características dominantes
1982	Programa de I+D tecnológica en aspectos clave	Fomentar esfuerzos en las principales tecnologías
1985	Resolución sobre la Reforma del Sistema de Ciencia y Tecnología	Adoptar un sistema flexible de administración en I+D
1985	El Programa Destello	Promover la investigación básica en el sector agrícola
1986	Programa 863	Promoción de Alta Tecnología
1986	El Programa Antorcha	Comercialización de Alta Tecnología & el establecimiento de zonas de Alta Tecnología
1990	Programa Nacional para diseminar los logros en C y T a nivel nacional	Promover la comercialización de productos
1991	Programa Nacional de Centros de Investigación Tecnológica en Ingeniería	Trasferencia de tecnología y comercialización de productos de investigación
1992	Programa de Ascenso	Promoción de investigación básica
1992	Aprobación de las UAE's por CECyT	Promoción de vínculos entre las universidades y las industrias
1993	Ley para el progreso de la C y T	Transferencia de Tecnología y reforma del sistema de C y T
1995	Decisión para acelerar el progreso de la C y T (CC-CCH)	Promoción de vínculos UII-Industria
1996	Ejecución de la Ley para Promover la Comercialización de C y T	Ejecución de la Regularización de la Comercialización de C y T
1996	Súper Programa 863	Comercialización, abrirse paso en áreas clave
1999	Decisión para acelerar el desarrollo de Alta Tecnología y Realizar la industrialización	Estimular la innovación tecnológica y la comercialización
2000	Guía para Desarrollar Parques Científicos Universitarios Nacionales	Acelerar el desarrollo de parques científicos universitarios.

Fuente: Compilado por el (Xiwei & Xiandong, pág. 88) en base a varias fuentes del Moat

Así pues, con la aprobación de las primeras reformas en pro del desarrollo de I+D, se decretaba de forma indirecta que los individuos y las organizaciones podían compensar las necesidades no satisfechas y el poder obtener ingresos adicionales. Y, desde que China comenzó su apertura en 1978 los individuos y organizaciones realizaban compras masivas de maquinaria industrial al mismo tiempo que el gobierno invertía en tecnología incorporada en plantas y equipos para contrarrestar de alguna forma el aislamiento científico en el que había estado China. *“Durante la década de 1980, \$16 mmd se gastaron en las importaciones de tecnología para las plantas existentes y otros \$30 mmd para nuevos proyectos de construcción de capital”* (Naughton, 2006, pág. 357). Así es que, a partir de la década de los ochenta, el gobierno chino tuvo que disminuir las barreras y abrir gradualmente su sistema para facilitar que los individuos y organizaciones se pudieran comportar como empresas y satisficieran sus necesidades en el mercado.

En 1985, con el lema “construir la nación con ciencia y educación” el gobierno comenzó a financiar la innovación y desarrollo de tecnología a través de cinco programas principales, tales como la tecnología de información (TI), la energía, la biotecnología, así como seguridad nacional en particular la industria aeroespacial y de láser y la investigación en ciencia básica³⁷. Para 1986, con el “Programa 863” el cual abarcaba las áreas que el gobierno consideraba prioritarias (biotecnología, informática, automatización, energía, materiales avanzados, marina, espacio, laser y tecnología oceánica), para que se perfeccionamiento en capacitación a nivel nacional y buscar captar los avances tecnológicos más importantes de ese momento, para lo cual, promovió la educación y capacitaciones de profesionistas, movilizandome masivamente a más de 10 000 investigadores y creando 2,860 proyectos relacionados con estas áreas³⁸. Así es como la reforma de 1985 llamada “Resolución sobre la Reforma del Sistema de Ciencia y Tecnología” permitió cambiar las relaciones entre institutos de investigación y universidades, y la industria. *“Las ideas detrás de esta reforma estuvieron basadas en un diagnóstico sobre las debilidades del que en aquel entonces era su sistema,..., el punto de partida fue un sistema con separación de los centros de*

³⁷ (Calderón & Joaquín, pág. 6)

³⁸ (Xiwei & Xiandong, pág. 89)

investigación industrial de las empresas productoras, (...), la reforma incluyó varios elementos, pero el objetivo principal era establecer una mejor relación entre la oferta y la demanda de conocimiento, (...), la intención era que, a través de los incentivos positivos y negativos se consiguiera que los centros de investigación y las universidades actuaran como vendedores y empresas” (Lundvall & Gu, 2006, págs. 4,5). A partir de ese año los institutos de investigación tuvieron más incentivos para desarrollar tecnología, subcontratando empresas de servicios técnicos extranjeras e incluso pudieron crear filiales comerciales. “Con base a la Ley de la República Popular China para el progreso de la Ciencia y Tecnología y el Programa de Ascenso para Promover la Investigación Básica se dotaba a los institutos de investigación y universidades de una mayor autonomía operacional para conducir sus actividades de investigación,..., alentándolos a establecer varias formas de vínculos con empresas, incluyendo servicios técnicos, cooperación en desarrollo, producción y administración, (...), se autorizó a investigadores y profesores universitarios a tomar trabajos de investigación de tiempo parcial o completo en empresas, o a establecer sus propias empresas de alta tecnología, mientras mantenían su empleo de profesor o investigador” (Xiwei & Xiandong, págs. 85, 86). Pese a esta ardua labor por capacitar la mayor cantidad de profesionistas, al año siguiente de este programa aun prevalecía un modelo de administración fuertemente centralizado. En donde no existían institutos privados que pudieran aprovechar a los profesionistas recién capacitados, y en donde, los institutos públicos rara vez liberaban las actividades de innovación relacionadas con sus propias investigaciones o prototipos, haciendo aún más raro que las empresas se relacionaran con ellos o se beneficiaran de su conocimiento. “Bajo este sistema, los investigadores y las universidades tuvieron pocos incentivos para conducir investigaciones productivas y transferir sus logros de investigación en aplicaciones comerciales” (Xiwei & Xiandong, pág. 90). “Pronto resultó que la conversión deseada no tuvo lugar, (...), la capacidad de las instituciones para promocionar su conocimiento y capacidad de la industria para comprar conocimiento resultó ser insuficiente” (Lundvall & Gu, 2006, pág. 5).

Para la década de 1990, se decidió ir incrementando en un 20% cada año el gasto en I+D de tecnología, y se iniciaron las reformas a los centros públicos de investigación, modificando la forma en que se asignarían los recursos, la obtención de financiamientos

y la forma en que se incentivaría a los investigadores a innovar; en suma, durante el inicio de esa década el sistema planificado se flexibilizó al grado de transformarse a uno que promovía la competencia basada en proyectos. Durante esta década, además, se modificó el sistema de administración de Ciencia y Tecnología, en donde si bien se mantenía conformado por varias entidades, estas se transformaron en otras o se crearon nuevas³⁹. Así pues, desde esta década, la estructura administrativa construida por el gobierno central con el fin de tener I+D orientado hacia la comercialización ha ido logrando que año con año el gobierno aporte mayores sumas. *“En 2003, comparado con 1987, el gasto total en I+D se incrementó más de ocho veces, (...), la participación del gasto en I+D de las universidades en total creció de un 4% a un 10.5%, el personal involucrado en institutos de investigación públicos decreció considerablemente mientras que en las empresas se incrementó a gran escala, (...), las universidades y los institutos de investigación han ido desarrollando relaciones muy cercanas con las empresas por medio de consultorías informales de los investigadores universitarios con las empresas, contratos de servicio tecnológico, inversiones en proyectos de inversión, parques científicos, licencias de patentes o empresas afiliadas a los Institutos de Investigación y Desarrollo”* (Xiwei & Xiandong, pág. 91).

Puede decirse que, en una primera vista, el actual SNI de China muestra que las empresas tienen como principal fundamento de operación a la investigación y desarrollo tecnológico, es decir, constantemente buscan mejorar sus procesos o productos innovando y las universidades se han vuelto una importante base para las empresas para lograr este objetivo.

³⁹ “El Ministerio de Educación (ME) antes llamado Comité Estatal de Educación, es el responsable no sólo de todo el sistema educativo sino que también sirvió como una importante base para la investigación; Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCyT) anteriormente Comité Estatal de Ciencia y Tecnología (CECyT), abarca unos siete departamentos y fundamentalmente está a cargo de dictar la política de Ciencia y Tecnología, administrar el presupuesto gubernamental de I+D, aplicar y establecer los reglamentos respectivos; la Academia China de Ciencias (ACHC), es un sistema gubernamental de institutos de investigación, fundado desde 1949 donde fungía como el organismo relacionado a las investigaciones de defensa en armas nucleares, satélites y tecnologías de propulsión con motores de reacción, en aquel entonces; Academia China de Ingeniería (ACHI) y la Academia China de Ciencias Sociales (ACHCS), son los más importantes institutos académicos y de investigación en ingeniería y ciencia social, respectivamente; Comité Nacional para la Fundación de la Ciencia (CNFC), es un elemento importante en el SNI Chino ya que principalmente es el responsable de financiar la investigación en ciencias,..., estas agencias cooperan con los ministerios industriales, los cuales también tiene sus propios institutos de investigación y proyectos” (Xiwei & Xiandong, págs. 83, 84).

Podría afirmarse que la I+D orientada hacia la comercialización ha rendido abundantes frutos para las empresas chinas, sin embargo, dado que el gasto en Ciencia y Tecnología sigue involucrando a tantos ministerios y agencias gubernamentales, muchos de los planes o proyectos no se llegan a concretizar debido a la falta de coordinación y de cooperación, lo que resulta en una redundancia y pérdida de recursos. Además de que este sistema, el orientado hacia la comercialización, ha provocado por otro lado una obstaculización a la investigación básica o a la orientada al beneficio público, *“las universidades de ingeniería y los institutos de investigación aplicada son los grandes ganadores de las reformas, mientras que las universidades involucradas principalmente en la investigación básica no pueden acceder fácilmente a fondos o personal calificado de alto nivel”* (Xiwei & Xiandong, pág. 95). Y finalmente, recientemente se han generado controversias respecto a las empresas afiliadas a las universidades ya que prevalecen dificultades operacionales, en donde, no queda bien definida la estructura de propiedad o la desvinculación de las empresas respecto a las universidades. Esto resulta en un SNI aun inmaduro en el que, si bien prevalece un grado de coordinación entre la academia, las empresas y el gobierno; sigue existiendo por otro lado un control gubernamental alto, lo cual limita o coacciona la flexibilidad del sistema y con ello, la libertad de investigación de la academia.

Otra medida que el gobierno chino adoptó para fortalecer el desarrollo de C y T fue la creación de zonas económicas especiales en donde el gobierno central hacía concesiones en materia fiscal sobre sectores específicos y, además, los gobiernos locales tenían la responsabilidad de atraer la IED para aumentar sus ingresos, permitiendo al mismo tiempo quitarle esa responsabilidad directa al gobierno central para que este se concentrara en la transferencia tecnológica. Para 1988 se creó el Programa Antorcha el cual, *“establecía zonas de alta tecnología y para 1992 ya se habían establecido 52 zonas de desarrollo de alta tecnología con 9,687 empresas”* (Xiwei & Xiandong, pág. 85). El establecimiento de estas zonas permitió a China obtener una transferencia masiva de tecnología. Además, el gobierno central *“hizo tratos con empresas multinacionales que, serían recompensadas con un acceso privilegiado al mercado de China a cambio de tecnología de uso compartido”* (Naughton, 2006, pág. 357). Sin embargo, durante mucho tiempo la política establecida por el gobierno central

sólo beneficio a empresas de propiedad estatal, fue hasta finales de los noventa que las empresas privadas existentes, en aquel entonces pequeñas, fueron incluidas dentro de las políticas que buscaban el desarrollo de tecnologías avanzadas. Para inicios del nuevo milenio, las empresas privadas ya no eran rivales de las empresas públicas, a estas se les comenzó a considerar empresas nacionales, y como tal también varias de ellas pasaron a ser “National Champion”, es decir, representantes de China en el mercado mundial.

Antes de estas transformaciones sistémicas China en su periodo puramente socialista, uso el clásico modelo “misión-push” para impulsar la Innovación y Desarrollo de tecnología. *“Los líderes establecían tareas o sectores claves, y se coordinaban entonces, grupos de investigación multidisciplinares y polivalentes, en donde se invertían grandes sumas de dinero para alcanzar esas metas”* (Naughton, 2006, pág. 356). Además, durante este periodo, el Estado se centró en incentivar la investigación y desarrollo para el sector militar y de industria pesada, según como lo dictaba el modelo de la URSS, esto dejó de lado durante muchos años a otros sectores industriales que estaban urgentes de mejoras. Poco después de su ascenso al poder, Deng Xiaoping describió su enfoque como “Cruzar el río sintiendo cada piedra bajo los pies”. De tal enfoque, es interesante observar como permeó durante años la política de ciencia y tecnología de China. *“En primer lugar, observar el grado que los líderes chinos desde la década de los ochenta entendían a la innovación tecnológica como un procesos sistémico –coincidiendo en general con el institucionalismo- Y en segundo lugar, la constante renovación ante los intentos fallidos de crear mercados para el conocimiento y la tecnología.- Al final el gobierno chino, entendió que para cruzar el río, es decir, lograr un desarrollo tecnológico, iba a ser necesario ir aprendiendo y cambiar constantemente de “piedra” o metodología y ello no significaba que el objetivo principal se perdiera- Este tipo de aprendizaje político pragmático, es un factor importante que explica por qué China, en contraste con Rusia, logró avanzar en la dirección de una economía de mercado sin menoscabar seriamente su investigación y sistema de innovación”* (Lundvall & Gu, 2006, pág. 5).

Actualmente, tanto los gobiernos locales como el gobierno central se han alejado de las políticas restrictivas y se han acercado a la negociación bilateral tanto de inversión,

como de tecnología y acceso al mercado, ahora se busca que existan numerosas inversiones para que compitan en el mercado, sin embargo, *“los responsables políticos siguen impulsando gangas tecnológicas cuando piensan que tienen el poder de negociación suficiente para lograr resultados”* (Naughton, 2006, pág. 358). Sin embargo, el SNI chino aún se enfrenta a una academia sometida a los intereses del Estado el cual está interesado en desarrollar sólo ciertas áreas, que se consideran por él estratégicas; pero que limitan una comunicación más directa entre la academia y las empresas, es decir, limitan la libre fluidez del conocimiento. Pese a esto, hace 10 años en el 2006 el Congreso de China de Ciencia y Tecnología realizó un programa que identificaba los objetivos prioritarios a conseguir durante 15 años, para lo cual establecía montos de inversión en I+D equivalentes al 2% del PIB para el 2010 y 2.5% para el 2020, haciendo que cerca del 60% de su crecimiento económico este basado en innovaciones y así situar al país entre las primeras naciones en patentes y publicaciones.

Desde una perspectiva general, el marco político para estimular a las empresas e institutos a innovar aún necesita mejorarse, pese al buen esfuerzo en la emisión de más de 70 políticas de innovación y apoyo para la implementación que se ha realizado durante los últimos años. Sin embargo, *“en muchas industrias, por ejemplo, fallaron las indicaciones para el desarrollo de innovaciones, ya que se les dejó sin guía”* (Haiyan & Yan, 2013, pág. 34). Por otro lado, aún falta mucho por hacer respecto al sistema jurídico que permita proteger los derechos de propiedad intelectual e industrial, tanto de las empresas extranjeras que aportan tecnología y *know-how*, como de las empresas nacionales que verían fortalecidas sus ventajas competitivas. Además al limitar la autonomía de los centros de investigación y de universidades se les orilla a una incapacidad para poder desarrollar proyectos que “interfieran” o “contradigan” el rumbo de la dirección establecida por el Estado para la I+D. Finalmente, mientras el gobierno siga financiando en mayor medida a las universidades y centros de investigación no lograra que las empresas efectivamente integren el desarrollo de innovaciones dentro de sus presupuestos y por ende, la competencia necesaria en el SNI no se logra alcanzar.

En conclusión, tras la subida de Deng Xiaoping el SNI chino comenzó a armarse. En el corto y mediano plazo los logros de sus sistemas han beneficiado a diversas industrias, actualmente su empresa productiva CNPC se encuentra dentro de las principales empresas energéticas a nivel mundial, pero ahora, es necesario que esos beneficios se trasladen también en un largo plazo, es decir, que los avances tecnológicos más la somera estructura de coordinación dentro del sistema le permitan tanto a las empresas nacionales como a las extranjeras poder extraer los vastos recursos energéticos del país e incluso explorar aquellos recursos renovables, con la finalidad no sólo de seguir manteniendo una seguridad energética, sino que además esta no dependa del extranjero y que, finalmente la diversidad energética y más eficiente ayudaría a China a contrarrestar los graves efectos climáticos que su industria acelerada está provocando.

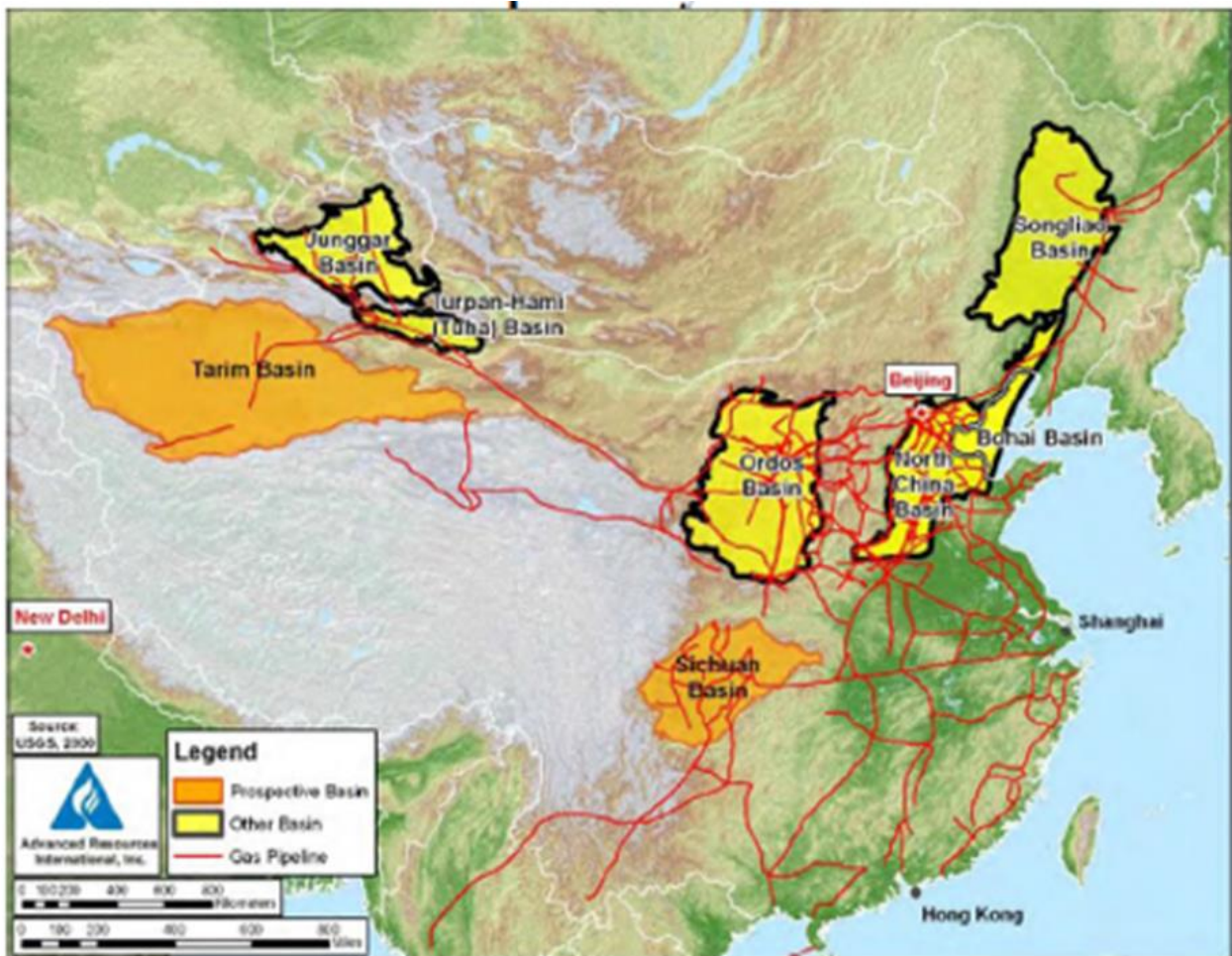
3.3 Reservas de shale gas y sus limitaciones

El éxito del shale gas en Estados Unidos, y dadas las reservas estimadas alrededor del mundo, se ha desatado una “fiebre” de shale gas. China no ha quedado fuera de esta fiebre, e incluso puede pensarse que es quien la lidera dadas las reservas técnicamente probables que la EIA ha estimado para este país en el 2012(Fuente EIA). En marzo de ese mismo año, China publicó el “Plan de Desarrollo para el Shale Gas”, en donde se buscaba: *“establecer una base sólida para promover el rápido desarrollo de gas de esquisto , (...), mediante la realización de encuestas y evaluaciones de los recursos potenciales, realizando investigación que aborde el problema de la exploración y desarrollo de tecnologías y equipo, y establecer un sistema de normas técnicas y de políticas industriales , (...), el plan también planteaba el establecimiento de una serie de áreas de exploración y desarrollo de gas de esquisto para llevar a cabo la producción en masa preliminarmente”* (Kang, 2014, pág. 105). Con el desarrollo de este plan, China tenía en mente producir para 2020 aproximadamente de 50 a 80 millones de m³ por año. De igual forma en ese mismo año, el subdirector del Ministerio de Tierras y Recursos afirmaba que las encuestas preliminares apuntaban a que China tenía 25 billones de m³ de reservas de shale gas, lo cual apuntaba a que china podría satisfacer su demanda de gas por los próximos dos siglos⁴⁰. Como puede observarse a principios

⁴⁰ (Zheng, Tao, & Craig, 2014, pág. 3)

de la segunda década del 2000 tanto China como la EIA afirmaba que este país poseía una de las mayores reservas de recursos de gas no convencional, pero, lo cierto es que hasta ese momento muy poca exploración se había llevado a cabo para confirmar tales pronósticos. Por lo tanto, en China debe destacarse que, a pesar de las estimaciones sobre el potencial de las reservas que posee China, las estimaciones que confirman tales, es decir, las que responden a las preguntas de cuándo se puede producir, y a qué nivel de costos aún se encuentran en una etapa inicial, China ha encontrado 505 cuencas sedimentarias de distintos tipos de gases no convencionales. De los resultados preliminares se rebeló que China cuenta con muchas lutitas ricas en materia orgánica: En la cuenca de Sichuan, lutitas cuyas cuales datan de la edad del cámbrico inferior (en la formación de Qiongzhusi) y silúrico inferior (en la formación de Longmaxi), hacen de Sichuan una de las cuencas más prometedoras; la Cuenca de Tarim ubicada al oeste de China es considera una de las cuencas más grandes del mundo y se cree que la edad de sus recursos datan del Cámbrico y Ordovícico, las cuales por lo menos generaron 795 millones de m³ de petróleo, pero aun con sus grandes posibilidades está ubicada en una de las zonas más áridas de China, haciendo que la obtención de agua para el proceso de la fractura hidráulica sea muy difícil de conseguir; otra de las cuencas más prometedoras son las ubicadas en las depresiones de Manjiaer y Awati, las cuales con una edad del periodo Cámbrico poseen la característica tener bajo contenido en arcilla, con posibilidades de tener gas seco y buena porosidad, sin embargo, tienen más de 1km de profundidad lo cual limita el acceso a estos recursos; otras regiones en las que se ha identificado gas de esquisto son en la región de Qingzang, la región de Yangzi (Yunnan, Guizhou y Guanxi) y las Cuencas de Songliao, Bohai, Ordos, Junggar y Tuha, ver Gráfico 11.

Gráfico 11 Mapa de reservas y redes de ductos de China



Fuente: Advanced Resources International INC, USGS

De la vasta suma de cuencas que China ha encontrado, sólo se han identificado 180 áreas como adecuados para el desarrollo de gas de esquisto y para finales de 2012 el Ministerio de Tierras y Recursos puso en marcha 23 bloques de gas de esquisto a explotar. Hasta el momento Sinopec ha explorado en Fuling (Chongqing), perforando apenas 10 pozos horizontales con una producción de 150,000m³ por día y por pozo y con una producción de gas comercial de 73 millones de m³ en el 2013; por otro lado, CNPC ha perforado 39 pozos en las áreas de Chongqing y Zhaotong alcanzando una producción total en el año 2013 de 70 millones de m³ pero con poco éxito en la producción de gas comercial. Pese a estos logros, la geología de los vastos recursos de shale gas en China son mucho menos favorables de los que tenía Estados Unidos, “por

esta razón, se necesitan importantes innovaciones en la tecnología de fracturación, según ingenieros dentro y fuera de China” (Lei, Zhongmin, & Krupnick, 2014, pág. 110). Al respecto ni siquiera las dos más grandes compañías están preparadas para el reto tecnológico que enfrentan, mucho menos las más pequeñas. *“Las compañías chinas actualmente poseen la capacidad para perforar pozos horizontales –los cuales han realizado y han obtenido algunos beneficios-, y tener algo de experiencia con la fracturación hidráulica, pero están en las etapas iniciales de la adquisición de experiencia y la aplicación de estas técnicas para la extracción de gas de esquisto”* (Forbes, 2013, pág. 12). Así, si bien la revolución de gas no convencional es un recurso muy atractivo para China, no sólo porque podría ayudar a moderar su dependencia del gas extranjero sino que podía hacer que la industria China evolucionara en pro del medio ambiente y mantener su crecimiento; lo cierto es que la mayoría de las empresas chinas no puede participar en la tecnología necesaria para la explotación de este recurso, debido a que su SNI altamente controlado por el Estado ha impedido que las empresas se esfuercen por encontrar y realizar innovaciones que los haga obtener contratos para explorar las cuencas que tienen diversas limitaciones geológicas.

A pesar de que el SNI chino siempre ha buscado la cooperación entre los agentes, el hecho que el Estado mantenga un poder fuerte sobre las universidades y empresas ha impedido que, por lo menos, estas últimas desarrollen su capacidad de competencia, y que si bien se ven obligados a emplear a científicos y técnicos en la práctica el uso de estos sea mínimo, *“en 2011 por ejemplo, el personal científico y técnico que trabajaba en empresas chinas representaba solamente el 2% de todos sus empleados”* (Haiyan & Yan, 2013, pág. 32). Esta deficiencia en el SNI chino, afecta el desarrollo del shale gas al no proporcionar capital de conocimiento suficiente, para no sólo explotar el shale gas sino para innovar en el método de explotar este recurso, dadas las condiciones geológicas extremas que el país presenta a diferencia de Estados Unidos. El gobierno central se ha visto obligado a importar este conocimiento incentivando la cooperación entre operadores nacionales y extranjeros, en el periodo de 2008-2009 por ejemplo, *“empresas como ExxonMobil, Shell, British Petroleum (BP), Chevron, Statoil, entre otras, expresaron su interés en los recursos de gas de esquisto chino, y muchos de ellos lograron concertar acuerdos de estudios en conjunto o de exploración en colaboración*

con empresas chinas” (Gao, 2012, pág. 18). Algunos de estos acuerdos se encuentran en listados en la siguiente Tabla 5. Pese a que los detalles de estos contratos no se encuentran a disposición del público se cree que la mayoría han sido firmados en un marco de bajo compromiso de ambas partes; “esto refleja, las incertidumbres de una industria apenas en su infancia, pero también, que los participantes extranjeros siempre corren el riesgo de hacer el trabajo de sus socios sin obtener beneficios a cambio” (Gao, 2012, pág. 19).

Tabla 5 Acuerdos concretados entre Compañías Nacionales Chinas y Compañías Extranjeras para el estudio y exploración de gas de esquisto

Fecha	Compañía internacional	Compañía Nacional	Actividad	Área (KM²)	Locación o Cuenca	Estatus
Oct 2007	Newfield	CNPC	Cooperación de estudio para el shale gas	N/A	Cuenca Weiyuan, en Sichuan	Completado en 2008
Nov 2009	Shell	CNPC	Cooperación para evaluar reservas de shale gas	3,000	Cuenca Fushun-Yuangchuan, Sichuan	En proceso
Ene 2010	BP	Sinopec	Cooperación para evaluar reservas de shale gas	N/A	Cuenca Kaili, Guizhou & Cuenca Huangqiao en Jiangsu	En proceso
Mayo 2009	Stateoil	CNPC	Cooperación de estudio para el shale gas	2,000	Sichuan	En negociación
2010	ConocoPhillips	CNPC	Shale gas	2,000	Sichuan	Pendiente
2010	Chevron	Sinopec	Exploración de reservas Shale Gas	N/A	Cuenca Longli, Guizhou	En proceso
2010	Shell	CNPC	Exploración de reservas Shale & Tight Gas	N/A	Cuenca Jinqin, Sichuan	En proceso

Fecha	Compañía internacional	Compañía Nacional	Actividad	Área (KM ²)	Locación o Cuenca	Estatus
Julio 2011	ExxonMobil	Sinopec	Cooperación de estudio para el shale gas	3,644	Cuenca Wuzhishan-Meigu, Sichuan	En proceso
Julio 2011	ENI	Sinopec	Revestimiento MOU para Shale Gas	N/A	N/A	N/A

Fuente: CNP/Press Report. Retomado de (Gao, 2012, pág. 18)

Pese a esta nueva etapa de cooperación en China, el gobierno central sigue manteniendo el control sobre las cuencas. Para otorgar los derechos sobre exploración y de estudios, se han realizado licitaciones. La primera licitación se llevó a cabo en 2011, en forma de una licitación por invitación y, “sólo empresas de provincia nacionales de petróleo y gas podían pujar por el proyecto de perforación, estas fueron, China United Coalbed Methane Corporation, China National Off-Shore Oil Corporation, Sinopec, PetroChina, Yanchang Petroleum y Henan CBM” (Davide & Tremolada, 2013, pág. 7). La idea era excluir a las empresas extranjeras para retener al inicio el control sobre las inversiones; para 2012 se realizó una segunda licitación la cual se abrió para empresas de propiedad estatal en otras industrias y a empresas privadas nacionales, entre ellas, (Sinochem, Zhenhua Petroleum) esta segunda ronda tuvo el objetivo de fomentar una competencia y que con ello se iniciaran procesos de innovación. Aún está pendiente una tercera ronda donde, se licitarán cuencas al oeste de China (Sichuan y Chongqing) y en donde se podrá permitir el acceso a compañías internacionales, esto con la finalidad de que exista una mayor competencia, se flexibilice un poco el monopolio nacional y se dé una transferencia de conocimiento.

Si bien es cierto, que el SNI chino aún tiene deficiencias y a veces se ve limitado por el mismo gobierno para acelerar el desarrollo del shale gas, las compañías de petróleo y gas han comenzado a establecer instituciones de investigación de gas de esquisto en varias universidades de ciencia e ingeniería, con el fin de llevar a cabo investigación básica o el análisis de datos. Además, que las grandes compañías han subcontratado sus trabajos de perforación con empresas de servicios petroleros locales. Si bien, en

estas relaciones aún prevalecen las deficiencias fundamentales de su SNI, es decir, una baja competencia entre universidades o empresas en donde se seleccionen a través del nivel de innovación y competencia y no sólo porque pertenecen a su mismo grupo. Pese a que las alianzas siguen siendo superior-subordinado, lo cierto es que el SNI chino en cuestión de shale gas se está desarrollando y está haciendo uso de todos sus agentes para lograr el objetivo que se han marcado desde 2012, explotar la vasta cantidad de recursos de gas de esquisto que poseen para disminuir su dependencia del extranjero.

China además de enfrentarse a un SNI con baja competitividad para desarrollar el shale gas, se enfrenta a otros problemas técnicos. Uno de ellos es que las cuencas más prometedoras se encuentran al norte y oeste de China, áreas donde el agua es escasa, existe una población alta lo que limita el acceso a la tierra y además la población tiene actividades económicas relacionadas con la agricultura lo cual no sólo limita el acceso a la tierra, sino que haría competir a la población con las empresas por el agua, ya de por sí, escasa. En segundo lugar, al no contar con la tecnología avanzada para explorar cuencas de gases no convencionales, es difícil para China establecer con certeza sus reservas, lo cual hace que sus estimaciones tanto de beneficios como para invertir sean poco confiables y, por ende se debilita el desarrollo del shale gas debido a la poca certeza de los inversionistas o empresas de lograr algún beneficio. En tercer lugar, está el problema de la poca flexibilidad que existe en el mercado de gas, en general, en China; en donde, los precios han sido establecidos por mucho tiempo por el gobierno, haciendo que las inversiones para esta industria sean escasas debido a las imposiciones gubernamentales que ofrecen pocas ganancias. Aunque actualmente el gobierno central está tratando de flexibilizar el mercado de gas natural debido al aumento en la demanda y a su dependencia del gas extranjero, es crucial que el gas natural se desarrolle de forma autónoma, y para ello los precios del gas desligados del Estado es una de las claves para permitir el desarrollo del mercado para gases no convencionales, como el shale gas.

El shale gas ha sido catalogado como un “combustible puente”. Ello reconoce que en el corto plazo los recursos no pueden sustituir a los hidrocarburos como nuestra generación primaria de energía, entonces, hidrocarburos como el gas de esquisto es una opción ya que se cree tiene menos consecuencias perjudiciales para el medio ambiente

en comparación al carbón. China, ha volteado a ver a este recurso no solo como una opción para disminuir su dependencia de las importaciones de gas sino también para lograr su compromiso de disminuir sus emisiones de gases con efecto invernadero. Dada su importancia estratégica, el gobierno ha decidido incentivar el desarrollo de este recurso con fuertes apoyos gubernamentales. Pero se ha encontrado con que este proceso será lento debido a sus debilidades en el SNI, en donde, si bien puede presumir de tener instituciones similares a las de Estados Unidos y que incluso entre ellas se promueve una cooperación, debido al excesivo control del gobierno, prevalece una baja competitividad que impide a las empresas e institutos buscar libremente innovaciones para el desarrollo del shale gas. Además, dado que el mercado de gas tiene pocos años de haberse desarrollado en China, pese a que en los últimos 10 años ha crecido rápidamente, aún prevalece una infraestructura deficiente en las redes de ductos.

En conclusión, el SNI chino que exige a las empresas, universidades e instituciones de investigación cooperan entre sí, muchas veces en la implementación esta cooperación sólo se queda en trámites. Esto porque a veces basta con arrastrar a los socios a un proyecto sin siquiera comprobar que el socio está calificado. Como ya se ha explicado, esto se debe a que, pese a la exigencia de cooperación, existe una poca exigencia para competir por los proyectos, ya que en su mayoría son asignados por el gobierno. Esto por supuesto, crea una barrera más allá de las técnicas para desarrollar el shale gas en China, recurso que depende enormemente del desarrollo de avances técnicos tanto para implementar su producción hasta ahora conocida, como para ir ajustando la misma según las condiciones geológicas del país. Por lo que, si China desea desarrollar con éxito el gas de esquisto deberá no sólo transformar las regulaciones en el mercado energético, sino que además deberá idear un mecanismo que obligue a sus empresas, universidades e institutos de investigación a competir entre ellos para poder desarrollar sus habilidades de innovación y así adquirir los proyectos sólo por poseer las mejores condiciones de innovación, de tal forma que el SNI chino este equilibrado entre competencia y cooperación.

3.4 Reformas implementadas para alcanzar las metas energéticas que impactan al desarrollo del shale gas

El SNI chino es débil porque carece de competencia entre sus empresas, universidades, centros de investigación e investigadores. Esto no es un tema nuevo para algunos líderes del país, algunos funcionarios creen que, *“la estructura de oligopolio –en la mayoría de las industrias, pero particularmente en la del petróleo y gas- obstaculiza el desarrollo del gas natural no convencional –dado que esta estructura- se opone a la competencia y a la inversión potencial de más empresas”* (Lei, Zhongmin, & Krupnick, 2014, pág. 113), por lo tanto algunos ven como única solución abrir la producción de gas de esquisto a nuevos agentes. Sin embargo, como característica del sistema chino, esta apertura es gradual y con mucho cuidado en mantener el control sobre áreas que se consideren estratégicas. Para ello, China debe de crear un marco regulatorio que cree disposiciones coherentes respecto a quien, y como podrá extraer o procesar el gas de esquisto, así como vigilar los riesgos ambientales que su producción puede acarrear. Además, debe de apoyar este desarrollo haciendo uso de la investigación y desarrollo tecnológico y en particular ir cerrando la brecha entre cooperación y competencia que se encuentra en su SNI. Del mismo modo, debe añadir a su política fiscal especificaciones para las empresas de energía, con el fin de incentivar tanto a agentes nacionales como internacionales a invertir en este rubro. Los líderes chinos, han ido estudiando el modelo estadounidense para el desarrollo de shale gas, e incluso se tienen reportes de que algunos proyectos de empresas estadounidenses fueron financiados por empresas chinas, a lo largo de la última década, China ha ido implementado diferentes reformas con el fin de lograr su objetivo primordial para el shale gas, disminuir su dependencia del extranjero a base de hidrocarburos más limpios.

“El 9 de febrero de 2006, el Consejo de Estado presentó su estrategia para fortalecer el progreso científico y tecnológico de China para los futuros 15 años, (...), reflejando las ambiciones claras para hacer de China uno de los países con más importantes bases de conocimiento” (Gu, Liu, Lundvall, & Schwaag, 2008, pág. 18). Los objetivos de este plan se resumen en 8 puntos:

1. Desarrollar tecnologías y equipo a nivel de clase mundial;

2. La base científica y tecnológica de la agricultura debe ser una de las más avanzadas a nivel mundial para garantizar una seguridad alimentaria;
3. Deben realizarse avances en la exploración para recursos energéticos, desarrollarse tecnología para ahorro de energía y tecnología en energía limpia, con el fin de hacer eficiente el consumo energético;
4. Los esfuerzos científicos y tecnológicos deben partir siempre del principio de una sociedad eficiente en los recursos y el medio ambiente;
5. Deben hacerse progresos médicos en cuanto al estudio y desarrollo de curas para las principales enfermedades y la prevención de epidemias;
6. Debe garantizarse la seguridad nacional a través del desarrollo de tecnología en defensa nacional apoyada por la investigación y desarrollo de armas modernas y equipo;
7. Todos los científicos y equipos tecnológicos deben poseer nivel de clase mundial, principalmente en las áreas de la información, biología, materiales y del espacio;
8. Se debe construir un sistema completo de innovación con característica china, que coloque a las instituciones de investigación a nivel mundial, así como a las universidades, además se construirán institutos de nivel mundial propiedad de las empresas y donde se desarrollara la innovación de las mismas.

Para los objetivos particulares de esta tesis, los puntos 3 y 8 muestran por parte de China un inicio en reconocer su necesidad de transformar las deficiencias de su SNI para lograr objetivos energéticos.

Tres años más tarde, con la visita del presidente Barack Obama se anunció el lanzamiento de una iniciativa para explotar los recursos de gas de esquisto. Esta iniciativa serviría para compartir información y tecnología acerca de la exploración de gas de esquisto, creación de oportunidades comerciales a través de foros, talleres, visitas de delegaciones particularmente de chinas a centros de operación de producción de gas de esquisto en Estados Unidos. Además, se instauran actividades de colaboración entre gobiernos a través de las agencias claves, *“el Servicio Geológico de Estados Unidos (DOE) trabajara con sus contrapartes chinas para desarrollar estimaciones de los recursos de gas de esquisto de China , (...), además gestionara*

entre Estados Unidos y China foros para la industria de petróleo y gas, patrocinando además reuniones anuales entre los principales agentes de la industria para compartir información” (Forbes, 2013, pág. 12). De la información obtenida de estos foros y de las colaboraciones entre las instituciones en marzo de 2012 entre el Ministerio de Hacienda, el Ministerio Nacional de Desarrollo y Reforma y la Administración Nacional de Energía emitieron el 12° Plan Quinquenal de Shale Gas⁴¹, el cual cubre según el Estado el desarrollo de gas de esquisto en China, sus principales retos, objetivos, y las políticas y tareas que se deben implementar para el desarrollo de este recurso. En resumen, el objetivo del 12° Plan era producir shale gas partiendo de casi cero en 2012 a ofrecer el 56% o 93% de gas natural en 2020, en principio un objetivo ambicioso pero que, el que el gobierno estaba decidido a trabajar. Para principios de 2013 la Administración de Comercio y Desarrollo de Estados Unidos se asoció con la Administración Nacional de Energía (NEA) para un programa de entrenamiento, el cual incluyó cuatro cursos cortos dirigidos por el Instituto de Gas Estadounidense para los asistentes chinos. De esta corta capacitación en octubre del mismo año la NEA agregó al 12° Plan una política industrial de gas de esquisto donde se declara que: el desarrollo de shale gas es nuevo para la industria estratégica china y por lo tanto es necesario adicionar políticas fiscales⁴²

Con la política agregada por la NEA en 2013 el gobierno chino reconoció que debía ajustar su objetivo inicial respecto al shale gas, ya que, dadas sus condiciones no podría explotar un recurso que era inexistente en su balanza energética y que apenas está desarrollándose a nivel mundial. Pese al reajuste, no por ello el gobierno abandonó el

⁴¹ Los objetivos de energía general son: Mantener el consumo nacional de energía en 4mil millones de toneladas aproximadamente de carbón equivalente estándar, asegurar el suministro de energía de 4.3 millones de toneladas de carbón equivalente estándar, bajar las emisiones de CO2 en un 17%, que la dependencia de petróleo extranjero se mantenga en un 61% y aumentar la investigación de energía doméstica y orientar la inversión extranjera para crear nuevas tecnologías para los campos de extracción técnicamente complicados (Anderson, 2014, pág. 1). Según este plan, China debería estar extrayendo 6.5 millones de m³ de shale gas al año, con el fin de producir de 60 a 100 m³ en 2020, para ello es necesario aumentar el apoyo la innovación, clasificando la investigación en tecnología para shale gas y desarrollos de proyectos nacionales para el shale gas (Fullbright, 2013, pág. 50). Dentro de los primeros se busca lograr avances en el estudio geológico y desarrollar la tecnología de exploración adaptada a las condiciones de China, en el segundo aspecto se planea construir 44,000 Km de nuevos ductos de gas natural, aumentar la capacidad de transmisión a 150 millones de m³ al año, así como elevar la capacidad de almacenamiento.

⁴² (Lei, Zhongmin, & Krupnick, 2014, pág. 113)

proyecto, el gobierno comenzó a adoptar una política de I+D y de política fiscal que apoyara aún más el desarrollo de shale gas. Para ello inició un programa de investigación sobre tecnologías fundamentales para la exploración de shale gas, se creó un centro nacional de I+D para el shale gas parte del Instituto de Investigación de Exploración y Desarrollo del Petróleo que pertenece a la CNPC. En cuanto a la política fiscal, el gobierno chino decidió por un lado reducir dos tipos de tasas sobre recursos minerales y por el otro, no se aplican tarifas a las importaciones de equipos necesarios para el desarrollo de shale gas con la condición de que no puedan ser producidos dentro del país. Además, se emitió por parte de la NEA y el Ministerio de Finanzas un subsidio de \$1.81/Mcf de gas de esquisto que durara desde 2013 hasta 2015. Tal subsidio sería aprovechado por las empresas que participaran hasta la segunda ronda las cuales, como ya se ha expuesto anteriormente, estuvo abierta a prácticamente a todas las empresas nacionales y a empresas internacionales con cooperación con empresas nacionales y de capital social al menos de 300 millones de Yuan⁴³es, de esta ronda 16 empresas ganaron 19 bloques, de los 20 que se subastaron y de las 83 empresas que participaron. Para apoyar aún más la producción de esquisto, el gobierno chino ha introducido más incentivos económicos como subvenciones locales y aún más importante ha comenzado a reformar la estructura de los precios del gas, esto con la expectativa de no sólo atraer más inversiones, sino que además por los precios altos se generen más recursos para invertir en la construcción de infraestructura o tecnología para el shale gas. Las empresas nacionales también están tratando de adquirir activos tecnológicos, además de invertir en I+D, estas se encuentran adquiriendo activos en el extranjero. Por ejemplo, PetroChina y la Royal Dutch Shell restauraron una planta de GNL en 2010, en 2011 Sinopec compró una empresa productora de shale gas en Canadá, en 2012 Sinopec llegó a un acuerdo de \$2.5 millones por la participación en un 33% en cinco cuencas de esquisto con Devon Energy, Oklahoma⁴⁴; ese mismo año PetroChina pagó \$22 mil millones por una participación del 49.9% en la exploración de una cuenca canadiense; en 2013 Sinopec adquirieron por \$10 mil millones el 50% de

⁴³ 800 millones de pesos, en 2016 o 44 millones de dólares

⁴⁴ (Chou, 2013, pág. 12)

las propiedades de petróleo y gas de Chesapeake Energy Corp. en Oklahoma⁴⁵; y finalmente en 2013 CNOOC cerró la adquisición de Nexen por \$15 mil millones⁴⁶.

La exploración, evaluación, desarrollo y producción de gas de esquisto presenta retos tecnológicos en cada paso. *En las etapas de exploración y evaluación, el análisis de los yacimientos, la geomecánica, y la evaluación económica son cruciales , (...), en la etapa de desarrollo, las empresas se enfrentan a retos en el diseño del pozo, de la perforación horizontal, de la perforación hidráulica y la terminación del pozo, todo ello procurando minimizar costos y el impacto ambiental , (...), en la etapa de producción , las empresas tratan de mantener las tasas de producción, de reducir la corrosión y la contaminación* (Chou, 2013, pág. 10). En el entorno chino no basta con tener estas dificultades, sino que además, las cuencas se encuentran en zonas áridas, con bajos niveles de agua, de transporte y de infraestructura. Y por otro lado, toda la tecnología desarrollada hasta ahora para extraer gas de esquisto está controlada por compañías extranjeras, haciendo depender a las empresas chinas de tecnología importada de Halliburton, Schlumberger, Shell y Chevron.

Para contrarrestar esta desventaja tecnológica el gobierno chino ha impulsado alianzas entre las empresas nacionales y extranjeras, incentivando a estas últimas con licitaciones de grandes cuencas o con concesiones fiscales. Sin embargo, los ganadores de estas licitaciones siguen sin contar con las ventajas que tuvo Mitchell Energy en Estados Unidos, el cual contó con excelentes geólogos y expertos en el proceso del fracking tanto en su empresa como en los institutos de investigación, además tenía una geología favorable y el acceso a beneficios financieros proporcionados por el gobierno y por inversionistas privados. Por su parte los operadores chinos no cuentan en absoluto con alguna experiencia en la producción de gases no convencionales, y si bien las cuencas son amplias, todas tienen las peores condiciones geológicas. En suma, los nuevos operadores en shale gas tanto nacionales como extranjeros no cuentan con un mecanismo de innovación a través del cual se puedan cosechar beneficios financieros,

⁴⁵ (Chou, 2013, pág. 12)

⁴⁶ (Chou, 2013, pág. 12)

ya que los institutos de investigación y las mismas empresas siguen dependiendo de los conocimientos técnicos extranjeros.

El gobierno chino, sigue reajustando su plan de desarrollo para el shale gas, lo cual significa bajar sus expectativas de producción en el corto plazo y concentrarse aún más en resolver los problemas del SNI para disminuir su dependencia de conocimiento tecnológico extranjero. En años recientes, *“Sinopec ha anunciado resultados en el desarrollo de la microfractura y en la elaboración de técnicas propias para la fracturación vertical y horizontal , (...), PetroChina ha hecho un avance significativo en el desarrollo de tecnologías de perforación y fracturamiento hidráulico horizontal, aplicada en dos proyectos piloto situados en la cuenca de Sichuan y Yunnan , (...), CNOOC informó haber obtenido las habilidades básicas para perforar y extraer gas de esquisto, además de poder llevar a cabo el diseño inicial de los equipos necesarios , (...), los logros de Shaanxi Yanchang Petroleum Group son aún más impresionantes, el grupo ha llamado la atención de grandes empresas porque está desarrollando una técnica donde se haga una fractura sin líquido, -poniéndole fin a una de las mayores controversias para el desarrollo del shale gas debido a los riesgos ambientales que conlleva-”* (Fullbright, 2013, págs. 50, 51). Por otro lado, la eliminación gradual de los incentivos fiscales que el mismo gobierno creó en años atrás, ha ido favoreciendo la competencia por la igualdad de condiciones técnicas entre las empresas nacionales y extranjeras. Esto ha favorecido el fortalecimiento no sólo de las grandes empresas, sino también de aquellas empresas e institutos dedicados a proporcionar servicios para la industria energética. Sin embargo, aún sigue prevaleciendo la deficiencia del SNI chino, en la que muchos de estos institutos o empresas carecen de una orientación de competencia⁴⁷ y por lo tanto, sus proyectos y financiación depende completamente de las alianzas que logren pactar con las empresas. En suma, China debe motivar al interior de su SNI mecanismos de competencia entre los agentes para acelerar el desarrollo de su industria de shale gas. No sólo con la finalidad de asignar las cuencas a las empresas

⁴⁷ Estos proveedores de servicios, al no tener que competir por la asignación de los proyectos, carecen o poco incentivan de personal experimentado que garantice alta calidad; y es en este sector del SNI donde cultivar o transferir el know-how puede llevarle más tiempo a China, haciendo que sus expectativas sobre el shale gas sigan disminuyendo.

más capacitadas, sino para que las empresas más capacitadas tengan capital de conocimiento propio y con capacidades para innovar si las condiciones geológicas los obligan. Y finalmente, debe el Estado Chino acelerar la creación de condiciones de competencia justa entre las empresas nacionales y extranjeras flexibilizando su reglamento de uso del suelo.

3.5 Conclusiones del capítulo

Si bien en China el Estado se ha preocupado por la creación de un SNI interconectado, su SNI aún no logra llegar al nivel de madurez necesario para crear la innovación fundamental para el desarrollo de gas de esquisto en China. Si bien las empresas y el gobierno chino se esfuerzan por importar el know-how para el desarrollo de shale gas, China debería centrarse aún más en mejorar sus propios mecanismos de innovación, en donde se garantice que al interior de su sistema exista un derrame de conocimiento entre los agentes. China sigue dependiendo del conocimiento proveniente del exterior y en algunas ocasiones su precaria innovación local energética se limita sólo a partes de la cadena productiva, lo cual tiene un moderado nivel de aportación tecnológica. En la Tabla 6 se muestra un resumen de los retos a los que se enfrenta el SNI chino.

Una de las ventajas que China posee, frente a otros países que también quieren desarrollar el shale gas como México, es que posee empresas nacionales con experiencia en la explotación de tight gas –considerado convencional en China-. La explotación de este recurso, requiere en menor medida conocimientos de perforación a través de la fractura hidráulica convencional, CNPC y Sinopec han ido adquiriendo conocimientos de esta tecnología y por lo menos en 2011, fueron capaces de extraer 20 millones de m³ de tight gas. Ello supone que las grandes empresas nacionales disfrutaban de alguna ventaja sobre los nuevos participantes. Otra de las ventajas que sus empresas poseen es la protección relativa del Estado, el cual les ha proporcionado los derechos a explorar los bloques con la geología más favorable. Y finalmente, las compañías nacionales de China poseen la ventaja de ser lo suficientemente grandes para asumir riesgos, tan sólo CNPC es la 5ta mayor compañía de petróleo y gas en el mundo, y además estas grandes compañías poseen el control de la mayoría de las empresas de servicios energéticos que hay en China.

Sin embargo, el ser grandes consorcios monopolizadores es también una desventaja. El hecho de que estas compañías adquieran experiencia invirtiendo en la exploración de shale gas en el extranjero y no al interior, ha limitado el desarrollo no sólo del gas de esquisto, sino que también ha representado una limitación para el desarrollo de competitividad al interior del SNI de China. La responsabilidad de incentivar la innovación al interior del SNI cae nuevamente en el Estado, quien debe crear políticas que promuevan la competencia entre los agentes del sistema, con lo cual se pueda proporcionar las tecnologías de perforación, de extracción, de producción y de almacenaje necesarias para el gas de esquisto con las condiciones geológicas de China.

La pregunta clave, cómo incentivar a los centros de investigación y a las empresas nacionales a invertir en crear innovaciones propias para el desarrollo de shale gas, bajo el supuesto de tener condiciones de desregulación en el precio de gas y la prestación de subsidios ayuda a disminuir las pérdidas. La respuesta según lo expuesto en el presente capítulo, es creando políticas que promuevan la competencia no sólo entre las grandes compañías nacionales y extranjeras, sino que, debe haber una competencia por la asignación de toda clase de proyectos tanto académica, como de investigación, de análisis, de inversión, de exploración, etc. Es decir, una competencia a lo largo de todo el SNI.

Tabla 6 Resumen de retos del SNI chino

Agente	Limitación	Riesgo	Reforma	Consecuencia	Propuesta
Gobierno	El gasto en C+T involucra a diversos ministerios y agencias gubernamentales	Muchos de los planes decretados en el gobierno central no llegan a concretizarse	Plan para fortalecer el progreso científico y tecnológico de China de 2006 a 2020 12° Plan Quinquenal de Shale Gas	China ha creado instituciones que se dedican a vigilar el desarrollo del shale gas. Además, ha creado centros de investigación que se especializan en el desarrollo de I+D para shale gas.	Se debe vigilar que la coordinación y el flujo de conocimiento se de en la práctica. Por lo tanto, es importante que el gobierno chino involucre mecanismos que promuevan el desarrollo de innovación a base de competencia.

Academia	Falta de definición respecto a la estructura de propiedad entre empresas y universidades	Se crean dificultades operacionales, haciendo que el grado de vinculación permanezca bajo	No se ha encontrado ninguna reforma	El control gubernamental que prevalece en la academia debido a las sumas que el Estado gasta. Pero su excesivo control ha limitado el desarrollo de esta. Provocando que si bien, China cuente con capital humano especializado, este no esté vinculado con las empresas o no tenga una baja competitividad	Crear un esquema de mercado donde se realicen licitaciones no sólo por las cuencas de shale gas, sino que se licite que instituciones deberían apoyar a las empresas de acuerdo a sus proyectos de investigación u tecnologías desarrolladas.
	Academia aún sometida al interés del Estado	Se limita la capacidad de vinculación entre academia y empresas. Y por ende se mantiene una baja competitividad	Inversión en I+D equivalente al 2% del PIB hasta llegar a un 2.5%		
Empresas	Escasa protección a los derechos de propiedad tanto industrial como intelectual	Poco interés de los empresarios por desarrollar innovaciones que no podrán capitalizar	No se ha encontrado ninguna reforma	Si bien China posee grandes empresas nacionales dedicadas al sector energético, el poder monopolizador de estas ha limitado el desarrollo de innovación a base de competencia	Crear incentivos fiscales que aseguren un margen de ganancia alto.
	Empresas con bajos niveles de competencia	No existe la motivación para desarrollar innovaciones que los hagan obtener contratos	Importación del conocimiento, haciendo acuerdo con empresas extranjeras		Incentivar a las empresas nacionales a desarrollar innovaciones en el conocimiento importado.
	Las empresas existentes no cuentan con experiencia en la producción shale gas en China	No extraer eficientemente el shale gas debido a la poca infraestructura y conocimiento			

Elaboración propia

No cabe duda de que el gas de esquisto representa para China una oportunidad de poseer un recurso de transición, que le permita armonizar su crecimiento económico con la protección necesaria para el medio ambiente. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que a Estados Unidos le tomó 60 años y 200 mil pozos poder sentar las bases para una producción de shale gas. Y que sin el apoyo de las innovaciones generadas entre los institutos de investigación gubernamentales y privados y las empresas hubiera sido imposible hacer que la producción fuese económicamente rentable. Así que, a

pesar de contar con grandes cantidades de shale gas no debe caerse nuevamente en un escenario optimista como el planteado por el 12vo plan para el desarrollo de Shale Gas en China. China debe antes, solucionar su problema de competitividad al interior de su SNI para poseer perspectivas realistas del desarrollo del shale gas. Por lo tanto, en el corto plazo y pese a las reformas implementadas en cuanto al paquete institucional energético y sin una política gubernamental que obligue a la competencia al interior del SNI. Según lo analizado en este capítulo la “revolución de shale gas” está lejos de poder reproducirse en China para 2020.

Conclusiones

El crecimiento sostenido para arribar al desarrollo siempre ha sido el objetivo de todas las economías y, por ende, de todos los gobiernos. Crecer exponencialmente había dependido durante mucho tiempo del trabajo, capital y los recursos con los que contase una nación. Pero a finales del siglo pasado el mundo comprendió que el crecimiento exponencial nos afecta y afecta al medio ambiente. Desde ese momento se comenzó una búsqueda por, concientizar a los líderes, en primer lugar, de la existencia de este cambio climático. Una vez concientizados había que comenzar a idear una estrategia para disminuir las afectaciones al medio ambiente sin comprometer el desarrollo. Diversos compromisos se realizaron por los líderes de diversos países que más contaminaban. Estos se comprometían a disminuir radicalmente sus emisiones de gases con efecto contaminante. Al poco tiempo descubrieron ellos y el resto del mundo que tales compromisos serían muy difíciles de cumplir sin afectar el crecimiento industrial del país. Sería justo entonces, condenar a los países en desarrollo a no explotar sus recursos de hidrocarburos sólo porque los países desarrollados descubrieron que sus años de crecimiento exponencial tuvieron consecuencias negativas para el medio ambiente. Esta idea ha prevalecido durante muchos años en los líderes asiáticos y en algunos países en desarrollo de Latinoamérica que se han negado a dejar de lado sus recursos de hidrocarburos por recursos renovables. Sin embargo, el cambio climático no ha desaparecido y las consecuencias son cada vez más graves.

El caso del shale gas, un recurso exitosamente explotado en Estados Unidos, da luces sobre cómo se puede ir combatiendo el cambio climático con compromisos reales y graduales. Sin embargo, pese a que el gas natural, es considerado como un combustible puente entre los recursos fósiles altamente contaminantes y los recursos renovables, la producción del shale gas sigue siendo muy riesgosa ambientalmente, y las conclusiones sobre sus niveles de contaminación, no son concluyentes de ambos lados. Pero, la idea detrás de fomentar la explotación del shale gas en otros países es que el gas natural, convencional o no convencional, al ser el recurso fósil menos contaminante permite, por un lado, usar la infraestructura de los recursos fósiles para aminorar los costos que

tendría si se cambiase radicalmente a los recursos renovables. Y por el otro lado, otorga tiempo para que se realice un cambio gradual hacia los recursos renovables.

El shale gas es sólo un recurso más que puede añadirse a la masa de gas natural disponible en el mundo. Por ello es que su explotación ha pasado a ser interés de todos los países, porque se está pensando en poseer recursos para el mañana. Sin embargo, que sea un combustible puente no significa que su producción sea fácil. Si bien puede usar la infraestructura puesta por el petróleo, el gas natural e incluso el carbón, su producción requiere una onerosa inversión para el desarrollo de innovaciones tecnológicas; pero puede ser una inversión mucho menos onerosa frente a la instalación de miles de millas nuevas para los recursos renovables y en un menor tiempo.

El caso de Estados Unidos, hace cuarenta años, donde se atravesó una etapa funesta de disponibilidad de recursos energéticos, nos muestra que una decisión de estado de garantizar su seguridad energética se puede concretizar si, tal y como lo señala Dosi, *el desarrollo de tecnología -para la concretización de un desarrollo mayor- se basa en experiencias de producción e innovación del pasado y continúa, con la solución de nuevos problemas por medio de secuencias y coyunturas específicas* (Cimoli & Dosi, 1994, pág. 671). Durante esos cuarenta años Estados Unidos aprendió de las lecciones pasadas con el petróleo e inclusive con la recién nacida tecnología por los microprocesadores.

Sí Estados Unidos deseaba garantizar su seguridad energética, iba a tener que hacer algo más que dejarle tal objetivo sólo al mercado. Y por ello, se enfocó en incentivar una innovación guiada por el Estado, en donde todos los actores del sistema pudiesen compartir bajo ciertas reglas el conocimiento, pero sin eliminar la competencia entre los mismos. Fue entonces necesario la implementación de catalizadores que incentivaran a los empresarios e investigadores a desarrollar innovaciones y tecnologías necesarias para la producción de recursos no convencionales. Sus catalizadores se basaron en incentivar las asociaciones público-privada, e incluso premiándolas con incentivos fiscales si es que estas lograban innovaciones, además se crearon pequeños programas de subvención que financiaban algunos proyectos de universidades o investigadores, con la finalidad de que estos sirviesen a la industria o complementaran los desarrollos creados por los empresarios.

La competencia y dinamismo al interior del SNI son los dos factores institucionales que, según la presente tesis, cimentaron el desarrollo del gas de esquisto en Estados Unidos. La hipótesis del trabajo era que ni México ni China contaban con este factor institucional dentro de su SNI, y de los capítulos anteriores se puede concluir lo siguiente:

1. Si bien, el trabajo ha encontrado deficiencias para competir y cooperar entre los agentes del SNI en ambos países. El desarrollo de la tecnología en estos dos países tiene perspectivas diferentes, y por ende, resultados diferentes. Por un lado, China ha demostrado que en poco tiempo puede y pudo dejar de depender del conocimiento de empresas extranjeras, debido a que las empresas de ciertas áreas están obligadas a compartir su información tecnológica; en México por otro lado, no existen estas reglas por lo que, el conocimiento tiene mayores impedimentos para fluir del extranjero al país.
2. La presente concluye que en China y México ha habido un exceso de entusiasmo en cuanto a la rapidez y facilidad para producir gas de esquisto. Tras el anuncio de la EIA sobre los recursos técnicamente probables que existían en el mundo muchos países se adelantaron y no pensaron mucho en si el gas de esquisto en verdad podría o no impactar en su balanza energética. Con el tiempo se ha comprobado, por un lado, que el shale gas sí puede impactar la balanza energética de un país, sobre todo de aquellos países con gran demanda energética como China o con la necesidad de diversificar sus recursos como México. Sin embargo, habría que ajustar sus expectativas a la facilidad de poder extraer el recurso. Y como hemos visto, México y China presentan grandes dificultades no sólo técnicas sino también se enfrentan a una carencia de tecnología para extraer el recurso.
3. También, con el tiempo los líderes y los que crean las políticas energéticas en ambos países han virado al caso de Estados Unidos para entender el fenómeno. Y como se ha comprobado en los dos capítulos anteriores, si bien es imposible replicar las prácticas estadounidenses, se puede desarrollar un propio método de explotación. Y por ello, han tratado de reformar en los últimos años políticas que impactan directamente al sector energético. Como en México con la actual implementación de la Reforma Energética, o en China donde se están aumentando la inversión a la investigación para el desarrollo e innovación en recursos alternativos al carbón o

petróleo. Sin embargo, se sigue dejando de lado las reformas que atañen a transformar las deficiencias de competencia y de fluidez de conocimiento, ni en México ni en China se ve más allá de aumentar el gasto, aunque la interconexión de los integrantes del SNI sigue siendo deficiente.

4. Ante estos retos de innovación a los que se enfrenta la explotación y desarrollo de shale gas, y que no han sido atendidos por los gobiernos, no se espera que ninguno de estos dos países logre sus objetivos planteados para el 2020 respecto al shale gas. La garantía de soberanía y estabilidad energética aún es frágil. Si sus políticas no llegan a garantizar la innovación al interior, con toda la estructura que ello conlleva, es poco probable que China o México puedan alcanzar la seguridad energética, no al menos en el tiempo que han planteado. Lo que aún es más grave es que el déficit en la innovación no sólo afecta el desarrollo del shale gas, sino que también, afecta a muchos otros sectores diferentes incluso, al sector energético.

En el caso de China, cabe señalar algunas particularidades:

1. El estudio de cómo Estados Unidos logro desarrollar el shale gas, está más cubierto por investigadores en este país, inclusive, han formado alianzas con empresas estadounidenses para extraer el conocimiento suficiente para explotar sus recursos de shale gas.
2. Aún con su deficiencia para incentivar la competencia al interior de su SNI, China está logrando desarrollar tecnologías, no sólo, para la explotación de recursos de shale gas sino también, tecnología para energías renovables. Tan sólo en el 2014, El Grupo Jereh, logro desarrollar bombas para la fracturación que ocupa menor espacio, dobla la producción y ahorra en costos de combustibles (Manufactura, 2014), ventajas no sólo eficientes para el resto del mundo, sino que además están sustentadas en la necesidad de China en contar con equipos capaces de enfrentar las malas condiciones viales de donde están sus recursos de Shale Gas.

México no sólo debe de poder aprender de Estados Unidos, sino también de China, un país en desarrollo al igual, priorizando el desarrollo de tecnología al interior y, por ende, de conocimiento al interior del país. Para ello, no sólo se requiere una mayor inversión sino también incentivos para que exista la participación de académicos en el sector

privado. Que sea esta interconexión la que vaya cimentando las bases del desarrollo innovador al interior de ambos países.

Sin lugar a dudas, con sólo decretar un mayor apoyo a la educación no basta. No basta sólo el crear más instituciones, u otorgar más becas. Esto es sólo una etapa de la generación de conocimiento al interior, pero como México lo ha comprobado, sin la capitalización de este conocimiento, es decir, sin su aplicación práctica y que se enfoque en apoyar en la solución de los retos que día a día enfrentan los empresarios – no sólo del sector energético, que atañe a este trabajo, sino a muchos más- el conocimiento se queda estancado y la red se rompe.

Finalmente, en ambos casos es necesario crear mecanismos fiscales capaces no sólo de regular la producción y competencia al interior de la industria, sino que también, incentiven la producción, mediante beneficios fiscales. Estos bien pueden ser, el conceder el pago de impuestos, la reducción de estos, ambos basándose en la producción de la empresa, o el desarrollo de tecnología e inclusive en el poder elevar su productividad gracias a la tecnología. Además, se puede seguir impulsando las alianzas entre academia y empresa, el punto más débil en ambos casos, y que sin lugar a dudas presenta el mayor de los retos, debido a que el proceso de este es de naturaleza lenta y que sólo refleja resultados en el largo plazo. Y, a diferencia del primero donde el apoyo fiscal puede beneficiar al gobierno en turno, la naturaleza del segundo, requiere una visión política que vaya mucho más allá de un beneficio personal, de partido, o a corto plazo. Pero sea entonces, tarea de las empresas y, en particular de la academia sumar sus fuerzas para impulsar las alianzas. Impulsar la creación o fortificación de la red conocimiento. Red, que es lo suficientemente capaz para producir revoluciones tecnológicas.

Para la presente, el caso del shale gas demuestra nuevamente que, sin innovación propia un país está condenado a tener un desarrollo subordinado a los intereses ajenos. Depender de la información que los operadores exitosos quieran compartir es ofrecer el control de su desarrollo a esos actores.

Bibliografía

- Administration, U. E. (2013). *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States*. Washington, DC.: U.S. Department of Energy. Obtenido de <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf>
- Alva Gonzalez, M. A., Brudzinska, K., & Nowak, Z. (2014). Mexico's Oil and Gas Sector Reform. *Bulletin of The Polish Institute of International Affairs*, 1-2.
- American, I.-A. D. (Noviembre de 2011). Will Mexico be able to exploit its shale gas resources? (14-18), 1,3,6. Obtenido de www.thedialogue.org
- Anderson, K. G. (2014). China's 12th Five-Year Plan: Energy Development. *Kreab Gavin Anderson*, 1-3.
- Arriagada, G., Espinasa, R., & Baragwanath, K. (2014). China, América Latina, Estados Unidos: Energía, un triángulo en dificultades. *Inter-American dialogue. Working paper*.
- Arthur, D. (2008). An overview of modern shale gas development in the US. *All Consulting*, 1-21.
- Baker, G. (26 de Marzo de 2014). *Shale Gas Development in México*. Energy and policy development, Tokyo.
- Balvanera, V. G. (2006). *La reforma de la industria del gas natural en México. Retos de la regulacion y estrategias de los actores*. México: El Colegio de México.
- Barrera Vázquez, O. G. (2013). *Expectativas del Desarrollo y Explotación de Gas de Lutitas en México*. México, DF: UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics. Concepts, issues, markets & governance*. London | : Springer.
- Blanco Ybáñez, A. J., & Vivas Hohl, J. (2014). Introducción al Tight Gas. *Petrotecnia*, 14-24.
- Boila, J. (2013). Por qué y cómo medir la actividad del sistema regional de innovación de Córdoba, Argentina. *Conferencia Internacional LALICS* (págs. 1-43). Rio de Janeiro, Brasil: REDESIST & LALICS.
- Boyer, C., Clark, B., Jochen, V., & Lewis, R. (2012). Gas de lutitas: Un recurso global. *Oilfield Review*, 23(3), 28-39.
- Braithwaite, J. (2005). Neoliberalism or regulatory capitalism. *Regulatory Institutions Network*, 1-43.
- Calderón, G., & Joaquín, F. (s.f.). El futuro de la innovación en países emergentes. Capacidades tecnológicas en China. *FES Cuautitlán, UNAM*, 1-20.
- Calderon, M. M., & Flores, P. J. (s.f.). El futuro de la innovación en países emergentes. Capacidades tecnológicas en China. *Economía UNAM*, 1-20.

- Cao, C., Suttmeier, R., & Fred, D. (2006). China's 15-year science and technology plan . *American Institute of Physics*, 38-43.
- Carley, S., & Lawrence, S. (2014). *Energy-Based economic development*. USA: Springer.
- Carrera, F. (2011). Sistemas de Innovación Nacionales: Principales características y relevancia. *Science for innovation* , 20-28.
- Casas, R., De Fuentes, C., & Torres, A. (2013). Estrategias y Gobernanza del Sistema de Innovación Mexicano: Retos para un desarrollo incluyente. *Conferencia Internacional LALICS*, 1-34.
- Center, M. M. (2014). *Opinion of the Mario Molina Center Concerning the production of Shale Gas and Oil in México*. Mario Molina Center.
- CFE. (2015). *Empresa Productiva del Estado*. México: Comisión Federal de Electricidad.
- Chengzao, J., Yongfeng, Z., & Xia, Z. (2014). Prospects of and challenges to natural gas industry development in China. *Natural Gas Industry B. ScienceDirect*, 1, 1-13.
- Chomsky. (2002). *El nuevo orden mundial (y el viejo)*. España: Barcelona: Crítica.
- Chou, E. (2013). Shale Gas in China. *Development and Challenges*, 2-13.
- Cimoli, M., & Dosi, G. (1994). De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de producción e innovación. *Comercio Exterior*, 669-682.
- Commons, J. (2003). Economía institucional. *Economía Institucional*, 5(8), 648-6567.
- Corona, J. M., Dutrénit, G., Puchet, M., & Santiago, F. (2013). La co-evolución de las políticas de CTI, el sistema de innovación y el entorno institucional en México. *Políticas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo. La experiencia Latinoamericana*, 21-49.
- Davide, F. P., & Tremolada, R. (2013). A comparison between shale gas in China and unconventional fuel development in the United States: health, water and environmental risks. *Nota di Lavoro*, 95, 1-46.
- Dazhong, D., Shikui, G., Jinliang, H., Quanzhong, G., Shufang, W., & Yuman, W. (2015). Discussion on the exploration & development prospect of shale gas in the Sichuan Basin. *Natural Gas Industry B, ScienceDirect*, 2, 9-23.
- De la Fuente López, A. (s.f.). *La explotación del gas shale: Implicaciones económicas*. Mexico: FUNDAR & Alianza Mexicana contra el Fracking.
- De la Vega Navarro, A. (2002). Hacia una política industrial y tecnología para el sector energético. Las industrias de los hidrocarburos. En J. Calva, *Política económica para el desarrollo sostenido con equidad* (págs. 1-14). México: Casa Juan Pablos- UNAM.
- De la Vega Navarro, A. (2005). Antecedentes de la regulación energética en México. El peso determinante de la herencia petrolera. En C. R. Energía, *10 años de Regulación Energética en México* (págs. 275-310). México: CRE.

- De la Vega Navarro, A. (2013). La transformación energética de México como productor de petróleo. *Perspectivas de un nuevo crecimiento. Análisis Político*, 4-39.
- De la Vega, A., & Ramírez, J. (2014). El gas de lutitas (shale gas) en México. Recursos, explotación, usos, impactos. *Economía UNAM*(33), 79-105.
- Deloitte. (2014). Mexican energy reform. Opportunity knocks. Obtenido de www.deloitte.com
- Dominguez-Vargas, G. (29 de Enero de 2014). *Shale Gas in México*. Eagle Ford Consortium. Texas Binational Sub-Committee, Texas, Laredo, USA.
- Duana Avila, D., & López Lira, N. (s.f.). La ventaja nacional de México y China en el siglo XXI. 1-13. Obtenido de http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icea/LI_EcoReg/Danae_Duana/ecodigma.pdf
- Dunnahoe, T. (2013). Beyond US border, Mexico primes shale potential. *Oil & Gas Journal*. Obtenido de <http://www.ogj.com/articles/uogr/print/volume-1/issue-1/beyond-us-border-mexico-primes.html>
- Dutrénit, G., Zaragoza, M. L., & Zuñiga, P. (2014). La producción científica del Sistema Nacional de Investigadores de México: un análisis con la base de datos normalizada de SCOPUS. En G. Dutrénit, & P. Zuñiga-Bello, *Taller sobre indicadores en ciencia y tecnología en Latinoamérica* (págs. 165-179). México, DF.
- EIA. (2016). *Shale gas, production drives world natural gas production growth*. Today in Energy, EIA. Obtenido de www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=27512
- Elias, M. V. (2009). *La política exterior de China en el marco de su seguridad energética y su relación con los países productores de petróleo del Golfo Pérsico*. México: El Colegio de México.
- Erismann, F. (2011). Shale gas. The unconventional truth? Swiss Federal Institute of Technology Zurich: Eidgenössische Technische Hochschule.
- Estrada, J. (2001). *Presente y futuro de la regulación del gas natural en México*. México: Foro: El gas natural en el futuro de la energía en México.
- Estrada, J. (2013). Desarrollo del gas lutita (shale gas) y su impacto en el mercado energético de México: Reflexiones para Centroamérica. México, DF: Naciones Unidas & CEPAL.
- FLACSO. (2013). Gas de Lutitas, inconveniente para México. *Energía*. 13, págs. 1-2. México: FTE de México.
- FONCICYT. (2010). Marco conceptual de la Innovación en México. *CONACYT*, 3-26.
- Forbes, S. (2013). The United States and China: Moving toward responsible shale gas development. *WRI*, 1-17. Obtenido de Available at http://cbi.typepad.com/china_direct/2011/05/chinas-twelfth-five-new-plan-the-full-english-version.html (accessed May

- Forbes, S. (2013). The United States and China: Moving toward responsible shale gas development. *WRI*, 1-17. Obtenido de http://cbi.typepad.com/china_direct/2011/05/chinas-twelfth-five-new-plan-the-full-english-version.html
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Nueva York: Printer publishers.
- Freeman, C. (1998). *La economía del cambio tecnológico*.
- Fubing, S. (2004). The political economy of industrial restructuring in China's coal industry, 1992-1999. En N. Barry, & Y. Dali, *Holding China Together* (págs. 226-253). Cambridge: Cambridge Press.
- Fukuyama, F. (2004). *La construcción del Estado, hacia un nuevo orden mundial en el siglo XXI*. Ediciones B. .
- Fullbright, N. R. (2013). Shale gas handbook. A quick-reference guide for companies involved in the exploitation of unconventional gas resources. *Norton Rose Fulbright*, 50-58.
- Gao, F. (2012). Will there be a shale gas revolution in China by 2020? *The oxford institute for energy studies*, 61, 1-37.
- Gómez, C. (2014). Shale Gas development in Latin America. *American Society and Council of the Americas*, 4.
- González Ulloa Aguirre, P. A. (2014). Innovación y economía del conocimiento. ¿Qué hay que aprender para México y cuál es el papel de las élites? *Enfoques*, XII(20), 133-158.
- Ground Water Protection Council. (2009). Modern Shale Gas, development in the United States: A primer. Oklahoma, USA: U.S Department of Energy. Office of Fossil Energy National Energy Technology Laboratory.
- Gu, S., Liu, J., Lundvall, B.-A., & Schwaag, S. (2008). China's system and vision of innovation: Analysis of the National Medium and Long-Term Science and technology development plan . *Globelics*, 22-24.
- Guzman, A. &. (s.f.). Competitividad manufacturera de México y China en el mercado estadounidense. *Economíaunam*, 2(4), 94- 137.
- Haiyan, W., & Yan, L. (2013). A diagnosis of China's technological innovation system. *Tech Monitor*, 30-35.
- Hammond, C. (2013). *Economic analysis of shale gas wells in the US*. Massachusetts, USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Hengyun, M., & Les, O. (2012). China's Energy Economy. Situation, reforms, behavior and energy intensity. Berlin: Springer.

- Hernandez Luna, M. F. (2012). *El gas natural en México y la integración energética con América del Norte, solución a problemas de generación y suministro internos*. México, DF: UNAM, Facultad de Derecho.
- Hernández, M. F. (2012). *El gas natural en México y la integración energética con America del Norte, solución a problemas de generación y suministro internos*. México, DF: UNAM.
- Iglesias Márquez, D., & Felipe Pérez, B. (2014). Mexico's 2013 energy reform: Towards energy transition? *Actualidad Jurídica Ambiental*, 2-23.
- Institute, E. (2015). *A guide to shale gas*. England: Energy Institute.
- Jacoby, H., O'Sullivan, F., & Paltsev, S. (2012). The influence of shale gas on U.S. Energy and environmental policy. *Economics of Energy and Environmental Policy*, 1(1), 37-50. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.5547/2160-5890.1.1.5>
- Jinxing, D., Wei, W., Chenchen, F., & Dan, L. (2015). Exploration and development of large fields in China since 2000. *Natural Gas Industry B, Science Direct*, 1-8.
- Johnson, B., & Lundvall, B.-Å. (1994). Sistemas nacionales de innovación y aprendizaje institucional. *Comercio exterior*.
- Johnson, B., Edquist, C., & Lundvall, B.-Å. (2003). Economic development and the National System of Innovation approach. *First Globelics Conference*.
- Kaik, G. C. (s.f.). Tight Gas Reservoirs. An unconventional natural energy source for the future. *Pineda Online*, 1-32. Obtenido de http://www.pinedaonline.com/socioeconomic/pdfs/tight_gas.pdf
- Kang, Z. (2014). Natural gas supply-demand situation and prospect in China. *Natural Gas Industry B. ScienceDirect*, 1, 103-112.
- Konschnik, K., & Boling, M. (2012). Shale gas development: A smart regulation framework. *Environmental. Science & Technology*, A-M.
- Koopman, S. (2013). The macro-economic effects of the shale gas revolution. *Financial Market Research*, 1-12.
- Lee, W. J., & Sohn, S. Y. (2014). Patent analysis to identify shale gas development in China and the United States. *Energy Policy*, 74, 111-115.
- Lei, T., Zhongmin, W., & Krupnick, A. &. (2014). Stimulating Shale Gas development in China. *Discussion paper*, 109-116.
- Liu, J. (2010). The universit government relationship of technological innovator networks in different national innovation systems a comparative case study. *African Journal of Science, Technology, Innotavion and Development*, 2, 63-90.
- Liu, P., Feng, Y., Zhao, L., Li, N., & Luo, Z. (2015). Technical status and challenges of shale gas development in Sichuan Basin, China. *Southwest Petroleum University & Advancing Research Evolving Science*, 1, 1-7.

- López Leyva, S., & Sandoval Barraza, L. A. (Julio-Diciembre de 2007). Un análisis de la política de ciencia y tecnología en México (2001-2006). *Estudios Sociales*, 16(30).
- Lozano Maya, J. R. (2013). The United States experience as a reference of success for shale gas development: the cas of Mexico. *Energy Policy*(62), 70-78.
- Lozano, R. (6-8 de Mayo de 2013). *The challenges for shale gas production in México*. Asia Pacific Energy Research Centre, Indonesia, Jakarta.
- Lundvall, B. (1992). *National systems og innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. Londres: Printer Publishers.
- Lundvall, B. (1998). Innovation as Interactive Process: From User-Producer Interaction to the National System of Innovation. En G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete, *Technical change and Economic Theory*. (págs. 349-369). Nueva York: Pinter Publishers.
- Lundvall, B.-Å. (2005). National Innovation Systems. Analytical concept and development tool. *Dynamics of industry and innovation: organizations, networks and systems. Presented at the Druid Tenth Anniversary Summer Conference*.
- Lundvall, B.-A., & Gu, S. (2006). Innovation and growth in China. *People's Daily Web*, 1-14. Obtenido de <http://politics.people.com.cn/GB/1024/4011536.html>
- Machorro, J. C., Barrero, J., & Levez, A. (s.f.). Reforma Energetica en materia de Hidrocarburos. *Santamarina STETA*, 1-3.
- Manufactura, R. (20 de marzo de 2014). China estrena modelo de bombas fracking. *Manufactura. Información estrategica para la industria*. Obtenido de <http://www.manufactura.mx/industria/2014/03/20/china-estrena-modelo-de-bombas-fracking>
- Martínez, C. J. (1999). *La innovación tecnológica: una faceta del avance tecnológico. Análisis de esta actividad en México*. México: El colegio de México.
- McCutcheon, R., Molavi, N., Bono, B., Schlosser, P., & Tomera, M. (2014). Shale gas: Still a boon to US manufacturing? USA: PwC.
- Miranda-Gonzalez, A., & Valera-Medina, A. (2014). Shale Gas exploitation in México: Some Technical Challenges. *XIV Congreso y Exposición Latinoamericana de Turbomaquinaria*, 1-12.
- Miyamoto, A., & Ishiguro, C. (2009). A new paradigm for Natrual Gas pricing in Asia: A perspective on market value. *Oxford Institute for energy studies*, 2-6; 12-16; 42-43.
- National Key Technologies R&D Programme. (2012). *China Access 4 EU*.
- Naughton, B. (2004). The western development program. En N. Barry, & Y. Dali, *Holding China Together* (págs. 253-297). Cambridge: Cambridge Press.
- Naughton, B. (2006). *The chinese economy. Transitions and growth*. London, England: The MIT Press.

- Navarro, M. (2001). Los sistemas nacionales de innovación: una revisión de la literatura. *Instituto de Análisis Industrial y Financiero (IAIF)*(26).
- Nelson, R., & Nelson, K. (2002). Technology, institutions and innovation systems. *Research policy, elsevier*, 31, 265-272.
- Office, A. C. (s.f.). Shale Gas Development in China. *Alberta Canada*, 1-6.
- O'Sullivan, F., & Paltsev, S. (2012). Shale gas production: Potential versus actual greenhouse gas emissions. *Environmental Research Letters*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044030>
- Palacios, J. J. (2011). El orden mundial a inicios del siglo XXI: orígenes, caracterización y perspectivas futuras. *Espiral, estudios sobre Estado y Sociedad*, XVIII(52), 225-265.
- Parada, J. (2005). Economía institucional original: Una introducción necesaria. *Ensayos de economía de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad del Atlántico*.
- PEMEX, P. E. (21 de Junio de 2012). *Aceite y Gas en Lutitas: Avances en la evaluación de su potencial en México*. Sociedad Geológica Mexicana A.C., México, DF.
- Pérez, C. (1996). Nueva concepción de la tecnología y sistema nacional de innovación. *Cuadernos de CENDES*(31), 9-33.
- Phillips, J. (9 de Agosto de 2014). *Mexican energy sector reform and prospects for North America*. CSG West 2014 Conference.
- Platform, S. G. (s.f.). Basics of shale gas. *GFZ helmholtz Centre Potsdam*. Obtenido de <http://www.shale-gas-information-platform.org/areas/basics-of-shale-gas/water-protection.html>
- Ramírez Villegas, J. (20 de Junio de 2013). *El gas de lutitas en México. Recursos, explotación y su relación con el mercado de los E.U.* Instituto Global para la Sostenibilidad, México.
- Reig, P., Luo, T., & Proctor, J. (2014). Global Shale Gas Development. Water availability and business risks. Washington, USA: World Resources Institute.
- Report, R. L. (2015). Mexico: open for business, but shale delayed. *Register Larkin*, 1-3.
- República, P. d. (2013). *Iniciativa de la Ley de Petróleos Mexicanas y la Ley de la Comisión Federal de Electricidad*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Ribando Seelke, C., Ratner, M., Villarreal, M. A., & Brown, P. (2015). Mexico's oil and gas sector: Background, reform efforts, and implications for the United States. *Congressional Research Service*, 1-18.
- Robinson, D., & Qinhu, X. (2013). OIES-Renmin Roundtable Conference on Implications for China of North American Energy Independence. *The Oxford Institute for Energy Studies*, 1-7.
- Rodríguez, A. M. (2013). *México, China y la competencia por el mercado Estadounidense*. México: El Colegio de México.

- Sánchez Cano, J. E. (Julio-Diciembre de 2014). La revolución energética del siglo XXI: Fracturación hidráulica versus energía renovable. *Perfiles de las Ciencias Sociales*, 2(3), 129-140.
- Sánchez, C. M. (2011). *El problema de la seguridad energética en la República Popular China: implicaciones y debilidades internas*. México: El Colegio de México.
- Sánchez, P., & Estrada, S. (2001). Economía y política del cambio tecnológico. Efectos en el crecimiento y desarrollo. *Doctorado interuniversitario en economía y gestión de la innovación y política tecnológica*. .
- Scamuffa, A., Lustig, M., White, T., McCutcheon, R., & Gee, G. (2012). *Shale gas: Reshaping the US chemicals industry*. USA: PwC.
- SENER. (1 de octubre de 2012). *México: Perspectivas para el desarrollo de gas y aceite de lutitas*. México.
- SENER. (2013). *Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2013-2017*. México: Secretaría de Energía.
- SENER. (2013). *Prospectiva del Mercado del Gas Natural 2008-2017*. México: SENER.
- Soeder, D. (2012). Shale Gas development in the US. En H. Al-Megren, *Advances in Natural Gas Technology* (págs. 3-27). USA: U.S.Department of Energy, National Energy Technology Laboratory. Obtenido de <http://www.intechopen.com/books/advances-in-natural-gas-technology/shale-gas-development-in-the-unitedstates>
- Stevens, P. (2010). *The "shale gas revolution": Hype and reality*. UK: Chatham House.
- Stevens, P. (2012). The Shale Gas revolution': Developments and Changes. (C. House, Ed.) *Energy Environment and Resources*, 2-12.
- STI, C. (2014). Science, technology and innovation. Performance of China. *STI Performance of China*, 2-31.
- Technology, M. o. (2014). Current reform of the management of national S&T programs in China. *China Science and Technology*, 20.
- Teusch, J. (2013). Shale Gas and the EU Internal Gas Market: Beyond the hype and hysteria. *CEPS working document*.(369).
- Tian, L., Wang, Z., Krupnick, A., & Liu, X. (2014). Stimulating shale gas development in China. A comparison with the US experience. *Discussion Paper. Resources for the future*, 9-19.
- Tian, L., Wang, Z., Krupnick, A., & Liu, X. (2014). Stimulating shale gas development in China: A comparison with the US experience. *Energy Policy*, 75, 109-116.
- Torres Aguirre, M. J. (2014). *Principales elementos a vigilar para desarrollar proyectos de shale gas*. México, DF: UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Trembath, A., Jenkins, J., Nordhaus, T., & Shellenberger, M. (2012). Where the shale gas revolution came from. Government's role in the development of hydraulic fracturing in shale. Breakthrough Institute Energy & Climate Program. Obtenido de <http://thebreakthrough.org/energy.shtml>

- Wang, C., Wang, F., Du, H., & Zhang, X. (2013). Is China really ready for shale gas revolution -re-evaluating shale gas challenges. *Environmental Science and Policy. ScienceDirect*, 39, 49-55.
- Wang, H. H. (1999). *China's Oil Industry & Market*. Oxford: Elsevier Science.
- Werle, R. (octubre de 2006). Análisis institucionalista de la tecnología. Estado de la cuestión y perspectiva. *Dia-e-logos. Revista para ciencias sociales*, II(1), 1-43.
- World, B. (s.f.). China's growth through technological convergence and innovation. *China 2030*, 175-201.
- Xiwei, Z., & Xiandong, Y. (s.f.). La reforma del Sistema de Ciencia y Tecnología y su impacto en el Sistema Nacional de Innovación de China. *Economía Unam*, 4(11), 83-95.
- Yang, D. (2004). Economic transformation and state rebuilding in China. En N. Barry, & Y. Dali, *Holding China Together* (págs. 120-149; 226-290). Cambridge: Cambridge University.
- Zheng, W., Tao, H., & Craig, B. (2014). Barriers to the development of China's shale gas industry. *Journal of Cleaner Production*, 1-17.
- Zhongmin, W., & Krupnick, A. (2013). A retrospective review of shale gas development in the US. What led to the boom? *Discussion Paper*, 1-35.
- Zoback, M., & Arent, D. (2014). Shale gas development: Opportunities and challenges. *Emerging Issues in Earth Resources Engineering*, 44(1), 16-24.