

2. Fuentes de energía para la generación de electricidad en México.

El petróleo en México

“Tenemos que ser resueltos, imaginativos, racionales, no librar, porque abunda, contra el petróleo, sino administrar con prudencia”

Lic. José López Portillo Presidente de México (1976-1982)

“Precisamente porque el petróleo es el recurso de la abundancia en este país, tenemos que ser más cuidadosos, tenemos que ser más responsables”, dijo José López Portillo durante la sesión extraordinaria de la junta directiva de Petróleos Mexicanos, entidad que en ese entonces encabezaba el Ing. Jorge Díaz Serrano.

Fue un discurso improvisado, según un reportero presente. Quizá eso explica el arrebatado de inspiración y la prosa pretenciosa tan característica del abogado José López Portillo, también ex secretario de Hacienda.

“Nuestra obligación es optimizar el aprovechamiento de este recurso, el petróleo, de la manera más equilibrada; será la estructura fundamental del país de aquí al año 2000.”⁶⁴

Sonaba lejos ese tiempo. El futuro se vivía en ese momento. En la edición del mismo diario un anunciante señalaba la licenciatura en Mercadotecnia y Publicidad como “la carrera del México actual”. Eran los tiempos del control de precios, la Guerra de las Galaxias y los uniformes escolares verde perico que se vendían en 99 pesos. López Portillo, mientras tanto, reflexionaba sobre las actitudes que deberíamos observar como nación rica, y no mencionaba destinos de inversión. “Tenemos que ser resueltos, imaginativos, racionales, no librar, porque abunda, contra el petróleo, sino administrar con prudencia. En ocasiones esto es más difícil que administrar la miseria (...) ¿Para quiénes vamos a administrar? ¿Para los que se mueren de hambre o para los que no queremos que se mueran de hambre?”.

Justo en esa asamblea, Díaz Serrano informó que las reservas de hidrocarburos eran por 30 mil millones de dólares (tres dólares por barril).

“Que no por suponer que tenemos petróleo, y mucho, y seguramente más del que aquí se ha dicho y más del que muchos se imaginan, hagamos de este recurso el

64 Ortiz Soler, Mario. “Hace 30 años: “Administremos la abundancia””, en Excélsior. México, 8 de Agosto 2007, p. 6-A.

único factor para resolver nuestra crisis. Mal haríamos si convirtiéramos al petróleo en el único factor de desarrollo. El riesgo del derroche hace al hijo pródigo”. Las palabras, y quizás las intenciones, todavía hacen eco a más de 30 años de distancia. No así los resultados.

Hoy importamos gasolinas

Hubo mucho petróleo, sí. Pero se conservó en crudo, no se expandió una industria y sus derivados. Ese es un error que hasta el día de hoy subsiste.

En diciembre de 1976 se exportaron 34.5 millones de barriles de crudo.⁶⁵ Un año después la cifra fue más del doble. En medio estuvo el anuncio de la Presidencia de la República sobre la enorme cuantía de las reservas petroleras que implicaba un futuro optimista: deberíamos de prepararnos para administrar la riqueza, en particular la abundancia de los recursos petroleros en un mundo con precios a la alza. En 1979 se exportaron 194.5 millones de barriles y en los años siguientes las cifras fueron mayores hasta sumar 544.6 millones de barriles en 1982. En el año de 1973, México no exportó crudo y en 1974 apenas fueron 5.8 millones de barriles.⁶⁶ En ese periodo los ingresos por exportaciones provenían de refinados, gas y petroquímicos. Aumentó la exportación y la producción de crudo.

En 1976 se extrajeron 293 millones de barriles de crudo. En 1979 la cifra aumentó en 80% y siguió creciendo hasta alcanzar más de mil millones en 1982.⁶⁷ Sin embargo, la riqueza no provenía de incrementar la producción y transformarla en gasolinas, asfaltos, lubricantes, etanos, etilenos, ácidos y múltiples polietilenos que serían usados en la fabricación de muchos otros productos o en el consumo en el país. La acumulación sería el resultado de exportar crudo. Ese es el comportamiento más relevante de la industria. Un grave error que hasta la fecha no se corrige.

Para muchos la abundancia nunca existió. En el sur de Veracruz, en zonas de Tabasco, en el norte de Chiapas la proliferación de la extracción del hidrocarburo se hizo sin que otras obras estuvieran presentes. Por ejemplo, creció la contaminación en el río Coatzacoalcos sin tomar medidas para evitar afectar a quienes vivían de la pesca, la agricultura, la avicultura y la ganadería. No se hicieron inversiones para evitar la contaminación, tampoco se destinaron recursos importantes a los estados productores de petróleo. Como en otros procesos, el comportamiento de la industria petrolera estuvo caracterizado por los límites, problemas y contradicciones que exhibían la economía y la política en el país.

⁶⁵ Ibídem 65.

⁶⁶ Ídem.

⁶⁷ Ídem.

De 1976 a 1981 el producto interno bruto creció a un promedio anual de 7.4%, superior al del periodo 1950 a 1969. No obstante, fue un crecimiento muy desigual, con concentración regional del ingreso, incremento de las exportaciones a partir del energético, contratación de deuda externa en mercados privados y peso creciente de los ingresos por petróleo en las finanzas públicas. En 1981, las exportaciones de petróleo crudo eran 66% de las exportaciones totales.⁶⁸

Hoy, como en los años 70's, el crudo se extrae para su exportación. No hay proyectos importantes para industrializar el hidrocarburo, pero ni siquiera se observa que los recursos obtenidos se utilicen para garantizar el tamaño de las reservas y su uso en el futuro.

Hoy, más que hace tres décadas, el petróleo no es utilizado para propiciar el desarrollo. Tiene un peso mayor en las finanzas públicas. En 1981, fue 29 por ciento del ingreso del sector público, mientras el año pasado fue 39%. De las exportaciones, 25% es petróleo crudo que, como la mayoría, tiene por destino Estados Unidos. Pero también importamos gasolinas, gas y otros derivados del petróleo.

Entre gasolina, gas, gasóleo y algunos polímeros suman 10% de las importaciones. En muchos sentidos se reproducen los caminos que conducen al mantenimiento de la desigualdad social y de la concentración económica, como cuando el Gobierno prometió que administraríamos la abundancia.

*“Patria: tu superficie es el maíz,
tus minas el palacio del Rey de Oros,
y tu cielo, las garzas en desliz
y el relámpago verde de los loros.
El Niño Dios te escrituró un establo
y los veneros del petróleo el diablo.”*

LA SUAVE PATRIA
Ramón López Velarde

La dependencia del “Oro Negro”

Prácticamente a principios de su administración, en agosto de 1977, el entonces presidente José López Portillo declaraba en el contexto del descubrimiento de enormes yacimientos petroleros en territorio nacional y ante una demanda mundial creciente por el energético y la consecuente espiral ascendente de su precio, que el país de ahora en adelante debería prepararse para administrar la abundancia.

⁶⁸ Ídem.

El “oro negro” había hecho su arribo al escenario nacional. El optimismo desbordado del Gobierno se vio acompañado por lo que sería su propia condena: el exceso de liquidez en los mercados internacionales y el consecuente acceso fácil a créditos (la deuda externa del país se duplicó durante el periodo 1976-1982).

Así, la exploración y explotación de los ricos yacimientos petroleros se ejecutó bajo un supuesto endeble: que los precios del crudo se mantendrían altos por el tiempo suficiente para saldar las deudas contraídas. La caída del precio internacional del petróleo a principios de los 80's y el incremento en las tasas de interés internacionales demostraron lo contrario.

La anunciada administración de la abundancia duró unos años escasamente, hasta el inicio de la crisis de la deuda en 1982. De hecho, dicha abundancia, reflejada en un crecimiento económico promedio de 6.5% durante el sexenio de López Portillo, tuvo mayores costos que beneficios. En primer lugar, la caída desproporcionada del PIB en 1982 y el nulo crecimiento durante el siguiente lustro; en segundo lugar, la adopción (prácticamente permanente) de programas de ajuste y estabilización inducidos por el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial; y tercero, el inicio de la dependencia de las finanzas hacia el petróleo.

A diferencia de otras economías, como la británica o la noruega, por ejemplo, el descubrimiento del hidrocarburo se convirtió en un retardador del desarrollo y, en este sentido, y al igual que otras economías subdesarrolladas, la abundancia de recursos naturales se ha convertido en una suerte de maldición.

¿Por qué la abundancia de “oro negro” no ha sido una fuente de crecimiento, estabilidad y desarrollo? La respuesta más evidente es que los recursos provenientes de su venta se convirtieron en una fuente permanente, y la más importante, sin duda, del ingreso público. Éste, a su vez, se ha destinado principal y crecientemente al gasto corriente y al pago de deuda externa. Apenas un porcentaje menor, en términos de participación del PIB, se ha destinado a inversión en infraestructura o a financiar ciencia y tecnología.

Esto es gravísimo para una economía que requiere grandes cantidades de inversión y el desarrollo de su propia tecnología, ambas fuentes fundamentales de crecimiento. La dependencia de los ingresos del sector público del petróleo (y en consecuencia de su gasto) sólo se ha traducido en una restricción más al crecimiento económico.

Esta limitante se ha acentuado ante la ausencia de una estrategia de crecimiento y desarrollo. En suma, el “oro negro” se ha convertido en un sustituto (en vez de ser una fuente adicional) de los ingresos que el Gobierno debería captar de otras fuentes. Una cuestión fundamental es ¿qué pasará con los ingresos (y el gasto público) cuando los otrora ricos yacimientos de oro negro se agoten?

Hoy en día el director de PEMEX afirma que en ocho años más México ya no tendrá petróleo y se verá obligado a importarlo. Pero esto no se debe a que PEMEX sea una empresa estatal, o a que no se haya abierto a la inversión de capital privado hasta ahora.

El agotamiento de las reservas petroleras y las carencias de financiamiento de PEMEX, se deben a que se ha manejado mal como empresa y a que no se ha hecho nada por corregir la sangría de recursos que sufre por parte del gobierno federal a través de la Secretaría de Hacienda. El gobierno federal decidió continuar y aun ensanchar el camino fácil de la utilización de PEMEX como vaca para extraer de ahí todo el dinero que no ha sido capaz de conseguir por la vía de un sistema fiscal moderno y eficiente.

Ante los altos sueldos que se imponen los altos mandos y su rebotante burocracia, la torpeza política y la ineficacia para llevar a cabo una reforma hacendaria que disminuyera la dependencia de las finanzas públicas respecto al petróleo, el gobierno decide continuar decomisándole a PEMEX sus recursos.

Por las siguientes cifras se puede ver que la petrolización de las finanzas públicas se ha llevado a proporciones excesivas: en 2005 los ingresos presupuestarios del gobierno ascendieron a 1,948,173 millones de pesos. De esa cantidad, 726,103.5 millones fueron de origen petrolero.⁶⁹ PEMEX pagó más impuestos que todas las empresas y causantes del país, por IVA e Impuesto Sobre la Renta (ISR).

Por eso PEMEX está quebrado como empresa, y está monstruosamente endeudado, a pesar de ser una de las empresas petroleras más grandes del mundo, sólo vale un poco más de 13 mil millones de pesos. Es por esto que debe casi todo lo que vale: a finales de 2005 sus activos ascendían a 1 billón 45 mil millones de pesos, pero sus pasivos eran de 1 billón 32 mil millones.⁷⁰

México se está quedando sin petróleo, al agotar rápidamente sus reservas. Es en este momento el país exportador de petróleo con la más negativa relación entre producción y reservas probadas.

Con una producción de 3.4 millones de barriles diarios, sólo cuenta con reservas suficientes para aproximadamente 10 años más. Sólo para comparar con otros países productores: Canadá tiene reservas probadas de petróleo para 204 años, produciendo 2.4 millones de barriles diarios; Irak tiene reservas probadas para 157 años, con una producción de 2 millones de barriles diarios; Venezuela cuenta con reservas para 81 años, produciendo 2.6 millones de barriles diarios.⁷¹

⁶⁹ Ibídem 65.

⁷⁰ Ídem.

⁷¹ Labastida Ochoa, Francisco. En Ocho Años sin petróleo. México, La palabra.com, 2006.
<http://esp.mexico.com/lapalabra>.

Ante el agotamiento de sus reservas petroleras, México está aplicando una política que peca de irresponsable: mientras las reservas se agotan rápidamente, se aumenta la extracción. De 2.9 millones de barriles diarios en el año 2000, subió la producción a 3.4 millones de barriles diarios en 2005.⁷²

Se está acabando el petróleo de nuestro país porque se está sobreexplotando. Se ha privilegiado la inversión en producción de más petróleo (incluso recurriendo a procedimientos técnicos muy caros, como la inyección de nitrógeno en los pozos agotados para continuar explotándolos), en vez de hacerlo en exploración de nuevos yacimientos que permitan aumentar las reservas.

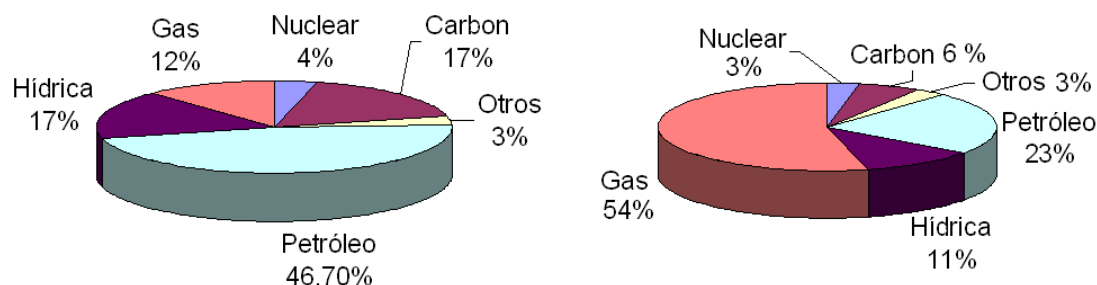
Mientras se privilegia la inversión en producción, también se ha abandonado la refinación y el mantenimiento de las instalaciones, en las que cada vez son más frecuentes los accidentes originados por su creciente deterioro.

Por otra parte, no es secreto para nadie que el empleo del petróleo crudo en un país industrializado para generar en forma masiva electricidad, resulta un desperdicio económico, porque representa un alto costo.

El petróleo tiene un valor agregado mayor en otros sectores económicos, por ello, en el mundo del consumo de petróleo crudo para generar electricidad ha decrecido, ya que en el 2001 era de un 8%⁷³, en los Estados Unidos de un 3%, se proyecta al 2020, menos de 1%⁷⁴, actualmente en los países de la Comunidad Europea es de apenas 9%.³⁵

En México, los derivados del petróleo están entre las principales fuentes de generación de electricidad. De acuerdo con la CFE (2002)⁷⁵, al año 2000, el 46.7% de la generación de electricidad se obtuvo del combustóleo y aceite diesel, no obstante, ya en el año 2010 el gas natural es la principal fuente de generación, con un 54% (Ver Gráfica 7).

Gráfica 7. Aportación de las fuentes de energía para la generación de electricidad en México en 2000 y su proyección al 2010.



FUENTE: SENER, 2001.

72 Ídem.

73 EIA, 2002. Cit. En Sergio D. Bazán Perkins. La energía nuclear, una alternativa de sustentabilidad para resolver la demanda eléctrica en México (1a parte), UNAM, México, 2005. Pág. 9.

74 U.S. Government, 2001. Cit. en Ídem.

75 CFE, 2002. Cit. En Ídem.

Una política energética de México actualmente debatible es la de desarrollar una expansión eléctrica con mayor empleo de combustibles fósiles, que propician los mayores costos ambientales y económicos para nuestro país. Bauer y Quintanilla en el año 2000⁷⁶ analizaron la expansión del sector eléctrico de 1997-2006, y concluyeron que la notoriedad del desplazamiento del empleo de las fuentes no fósiles entra en contradicción con los compromisos nacionales e internacionales para aminorar las emisiones de gases de efecto invernadero, tanto a nivel local como global. Como ha sido descrito por SENER en el 2001.⁷⁷ En el 2000 la generación eléctrica de 192,764 GWh se obtuvo en un 75% de los combustibles fósiles (46.7% petróleo, 11.8% gas y 16.7% carbón mineral y dual) y para el 2010 se estiman 329,448 GWh, de los cuales un 83% (54% gas, 23% petróleo, y 6% carbón mineral).

Esto es, el empleo de los hidrocarburos en la producción de electricidad se incrementará de 58.5% a 77%.⁷⁸ Por lo cual, es importante conocer sus posibilidades de suministro con reservas domésticas, como enseguida se expone.

2.1 Disposición de recursos energéticos primarios para la generación de electricidad en México.

En México, la seguridad del suministro de los recursos energéticos para generar electricidad plantea serios problemas, debido al acelerado agotamiento de sus reservas de hidrocarburos y el alto avance de su explotación. Aunado a las dificultades geológicas y técnicas que repercuten en los altos costos para aprovechar el mayor porcentaje de las reservas, ubicadas en la Región Norte, y en particular, los de la Cuenca de Chicontepec.

A lo anterior, se suma la baja calidad del carbón mineral del país en mantos delgados y plegados, así como su alto costo comercial que conlleva a su bajo aprovechamiento y la falta de desarrollo tecnológico y de recursos humanos para emplear el uranio doméstico.

Por ello en la actualidad se acude al comercio exterior para proveer materias de generación de electricidad, como ocurre con el gas natural, carbón mineral, gasolinas y combustible nuclear de las que México es importador, implicando dependencia energética externa y fuga de divisas.

76 Bauer y Quintanilla, 2000. Cit. En Sergio D. Bazán Perkins. La energía nuclear, una alternativa de sustentabilidad para resolver la demanda eléctrica en México (2a parte), UNAM, México, 2005. Pág. 3.

77 SENER, 2001. Ibidem, Pág. 4.

78 Sergio D. Bazán Perkins. La energía nuclear, una alternativa de sustentabilidad para resolver la demanda eléctrica en México (2a parte), UNAM, México, 2005. Pág. 3.

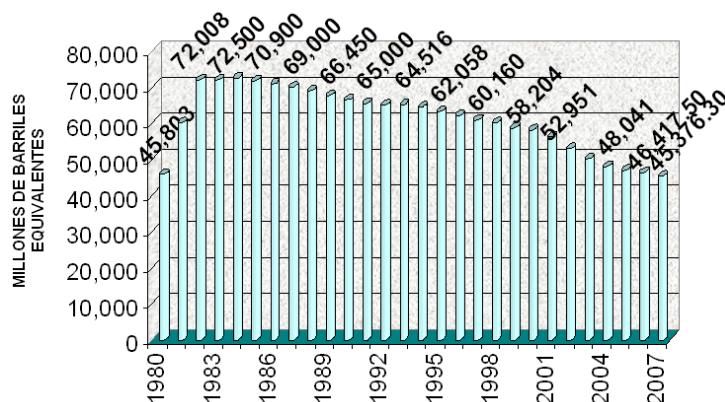
Estas conclusiones llevan a considerar un cambio en la política energética del país para reemplazar las actuales tecnologías de generación de energía eléctrica, que se basan en los hidrocarburos por la disponibilidad confiable y suficiente en la actualidad a precios razonables.

2.2 Las reservas de petróleo en México.

La seguridad en el suministro de hidrocarburos de México, en sus distintas modalidades como es el petróleo crudo, líquidos del gas y el gas seco, se refleja en la variación anual de sus reservas probadas, probables y posibles.

Durante el período de 1980-1984, se obtuvo el mayor incremento de las reservas de hidrocarburos, al pasar de 45,803 millones de barriles a los 72,500 millones de barriles, esto equivale a un 58.2% de aumento.⁷⁹ Desde entonces, es decir, desde 1984, las reservas totales de hidrocarburos del país decrecen año con año como se puede observar en la gráfica 8.

Gráfica 8. Evolución del nivel de reservas totales de hidrocarburos en México, 1980-2007. (Millones de barriles equivalentes)



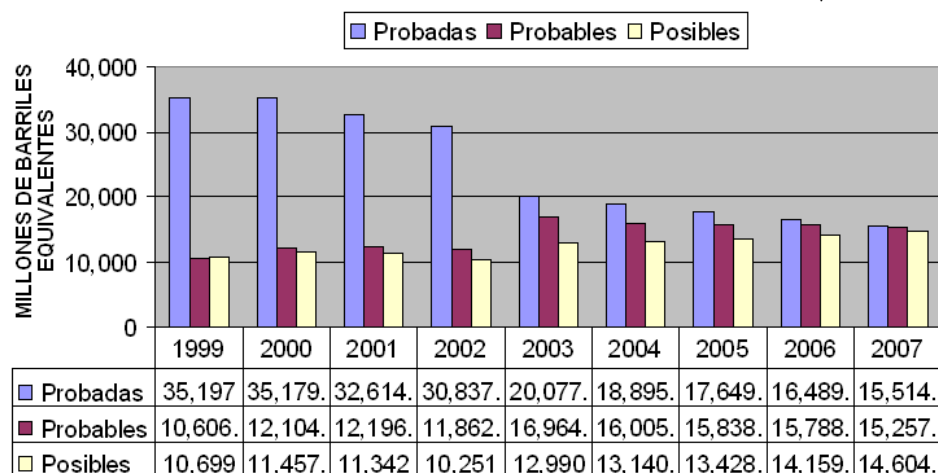
FUENTE: Elaboración propia con datos de la SENER (2001) y PEMEX (2007)

A su vez, recientemente la estructura de las reservas de hidrocarburos del país se ha deteriorado sustancialmente con la caída de sus reservas probadas. En efecto, entre 1999 al 1 de enero del 2007, las reservas probables y posibles crecen de 10,606 mdb a 15,257 mdb y de 10,699 mdb a 14,604 mdb respectivamente, mientras tanto, las reservas probadas decrecen de 35,197 mdb a 15,514 mdb.⁸⁰ La discrepancia se debe a que no existió, en su oportunidad, suficiente inversión en exploración para incrementar a los ritmos adecuados las reservas probadas, a partir de las probables y posibles o mediante la incorporación de nuevos campos (ver Gráfica 9).

⁷⁹ PEMEX exploración y producción. Las Reservas de hidrocarburos de México. México, 2007. Pág. 13.

⁸⁰ Ibídem 79.

Gráfica 9. Estructura de las reservas de hidrocarburos en México, 1999-2007.



FUENTE: [Elaboración propia con datos de PEMEX (2007).]

Esta situación también repercute desde 1995 en el acelerado decremento de las reservas probadas de petróleo crudo en México, con fuertes caídas en el 2000 y 2003. En 1995, se reportan 50,776 millones de barriles que en aquel entonces garantizaban por unos 53 años la producción. Sin embargo, al primero de enero del 2003 se ubican en 20,077 millones de barriles y con la producción del 2003, su tiempo de duración se estimaba de apenas 16 años⁸¹ (ver Tabla 5).

Tabla 5. Reservas probadas de petróleo crudo, producción anual y tiempo estimado de duración en México.

Año	Reservas probadas Millones de barriles	Miles de barriles al día	Producción	Años de Duración
			Millones de barriles Anuales	
1992	51,298	2,667.7	973	52
1993	51,298	2,673.4	975	52
1994	50,925	2,685.1	980	51
1995	50,776	2,617.2	955	53
1996	49,775	2,858.3	1,043	47
1997	48,796	3,022.2	1,103	44
1998	40,000	3,070.5	1,120	35
1999	35,197	2,906	1,060	33
2000	35,179	3,012	1,099	32
2001	32,614	3,127	1,141	29
2002	30,837	3,177	1,159	27
2003	20,077	3,370.9	1,230	16
2004	18,895	3,400	1,241	15
2005	17,649	3,400	1,241	14
2006	16,498	3,400	1,241	13
2007	15,514	3,400	1,241	12

FUENTE: Elaboración propia con datos de EIA (2003), PEMEX (2007, 2001 a 2003) e INEGI (1993, 2001 a 2003).

81 Sergio D. Bazán Perkins. La energía nuclear, una alternativa de sustentabilidad para resolver la demanda eléctrica en México (2a parte), UNAM, México, 2005. Pág. 5.

El mayor decremento histórico de las reservas probadas de petróleo crudo del país acontece en 2003; tal y como fue expuesto en prensa nacional el 20 de enero por Suárez en el 2003⁸², director Corporativo de Finanzas de PEMEX.

Aclaró que las reservas de petróleo crudo probadas, eran de 13,932 millones de barriles al excluir a las no desarrolladas de la región de Chicontepec, ya consideradas, se incrementaron en 20,077 millones de barriles.⁸³

Por otra parte, anunciaba también la caída de la producción de hidrocarburos de los yacimientos de Cantarell después del 2004. En efecto a mediados del 2003 se reportaron en la estadística mundial de reservas probadas de petróleo crudo por país, que las de México eran de 20,077 millones de barriles, referidos al 1 de enero del 2003.

Por tanto, México pasó por sus reservas de petróleo en el mundo del décimo al decimocuarto lugar, cayendo cada año hasta el año de 2009 en el que se encontraba en el decimoséptimo lugar.

2.3 Las reservas de hidrocarburos de la región Norte y sus implicaciones en el sector eléctrico.

La problemática económica de la Región Norte es que además de contar con el 40% de las reservas totales de hidrocarburos del país, su producción de petróleo crudo es decreciente y mínima, en 2002 representó el 1.4% del total. Sin embargo, en la próxima década se requerirá elevar la producción a fin de cubrir necesidades energéticas del país, en particular, la del sector eléctrico, que hacia el 2010 depende al menos de un 75% del petróleo y del gas natural.⁸⁴ Las perspectivas de la viabilidad económica de los campos de la Región Norte (Cuenca de Chicontepec), se definen por sus características geológicas, las tecnologías disponibles y el nivel de inversión para su desarrollo. Para servir de base a la presente discusión, se consideran dos posibles escenarios económicos, como reservas convencionales y otra como no convencionales, los cuales se exponen en seguida.

82 Suárez, 2003. Cit. En Sergio D. Bazán Perkins. La energía nuclear, una alternativa de sustentabilidad para resolver la demanda eléctrica en México (2a parte), UNAM, México, 2005. Pág. 5.

83 PEMEX exploración y producción. Las Reservas de hidrocarburos de México. México, 2007. Pág. 20.

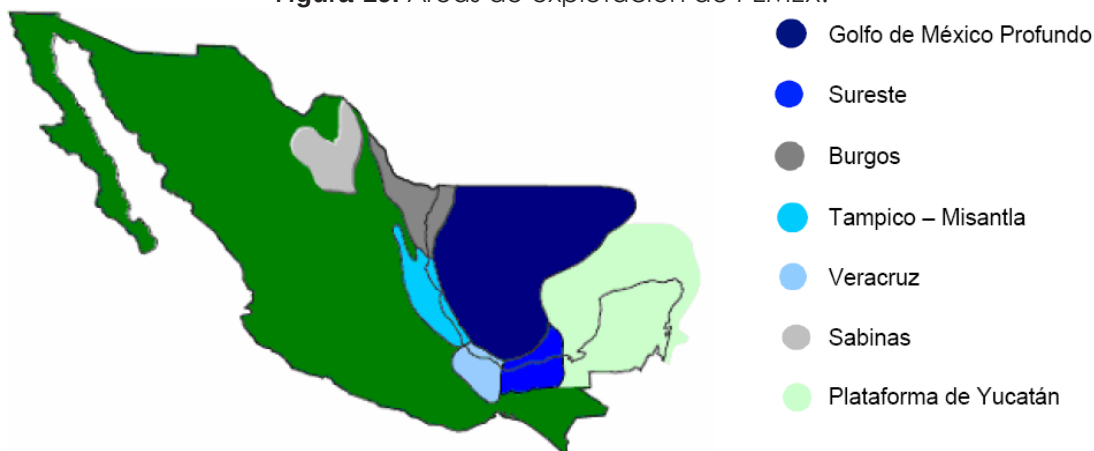
84 PEMEX exploración y producción. Las Reservas de hidrocarburos de México. México, 2007. Pág. 25.

Figura 18. La Región Norte está constituida por una parte continental y otra marina.



FUENTE: PEMEX (2007).

Figura 19. Áreas de explotación de PEMEX.

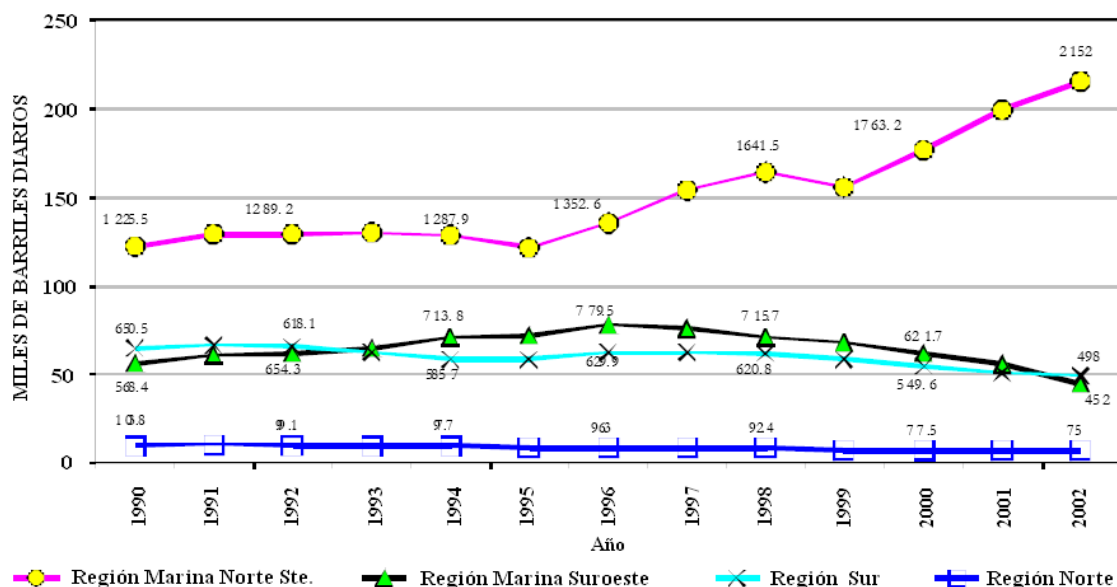


FUENTE: Panorama de PEMEX 2006, PEMEX 2006, México.

Si se plantean las reservas de Chicontepec, como reservas de hidrocarburos convencionales, significa que como tal, tendrán la capacidad para cubrir los decrementos de la producción, que acontece en la mayoría de las regiones productoras del país, y así mantener los niveles de producción. En esta situación, podrán compensar por lo menos, el descenso de la capacidad de producción de los campos de Cantarell.⁸⁵ (Ver Gráfica 10)

85 Sergio D. Bazán Perkins. La energía nuclear, una alternativa de sustentabilidad para resolver la demanda eléctrica en México (2a parte), UNAM, México, 2005. Pág. 6.

Gráfica 10. Producción de petróleo crudo por región geográfica en México. 1990-2002.



FUENTE: Elaboración Sergio D. Bazán Perkins. La energía nuclear, una alternativa de sustentabilidad para resolver la demanda eléctrica en México (2a parte), con datos de PEMEX (2003 y 2002) / Exploración Producción, anuario (2001 y 2002).

En cambio, si los campos que quedan por explotar de la Región Norte (Cuenca de Chicontepec) son de tipo no convencional, entonces su aprovechamiento será mínimo hasta que hacia el 2030 se estén agotando las reservas mundiales de hidrocarburos convencionales, y entonces, ante un mercado de hidrocarburos de precios altos podría alcanzar la competitividad comercial.

De la Fuente y Mejía Isidro (1969)⁸⁶ realizaron el estudio geológico y económico de los campos de gas-aceite de la Cuenca de Chicontepec. Estos autores determinan las limitantes de su viabilidad debido a la consistente falta de permeabilidad de la roca. Las altas dificultades en la perforación conllevan a una labor de lento avance y frecuente abandono de la operación. Por lo tanto, en las pruebas de producción no hay flujo de hidrocarburos por falta de permeabilidad en la roca; por lo tanto, los hidrocarburos son básicamente gas y muy poco aceite ligero que fluyen mezclados con agua salada.

Por sus características geológicas y los resultados de las pruebas de producción, los campos de hidrocarburos de la Cuenca de Chicontepec difícilmente podrían llegar a tener a corto y mediano plazo, un papel significativo como reservas convencionales.

86 EIA, 2003. Cit. En Sergio D. Bazán Perkins. La energía nuclear, una alternativa de sustentabilidad para resolver la demanda eléctrica en México (2a parte), UNAM, México, 2005. Pág. 7.

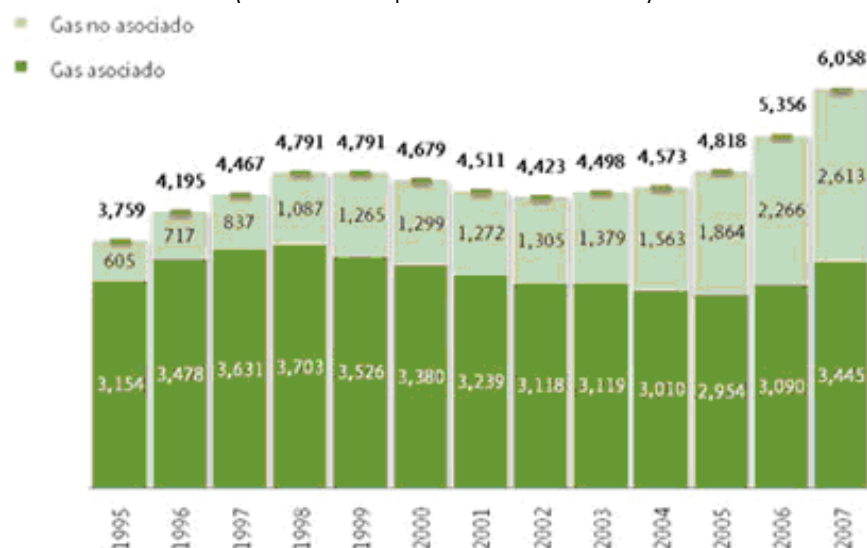
A diferencia de los campos marginales de Alberta Canadá recién integrados a las reservas mundiales,⁸⁷ los de la paleo trinchera de Chicontepec son campos de escasa continuidad lateral; rápidos cambios litológicos laterales y verticales acompañados de acuñamiento, los configuran como micro campos discontinuos, aislados y de formas irregulares, difíciles de ubicar con exactitud y con costos de producción altos.

En adición, para la nula permeabilidad de la roca en las zonas no fracturadas, se requiere de tecnologías costosas para fracturarla. Estos factores elevan los costos para ser aprovechables en gran escala comercial, mientras existan en el mercado internacional reservas de hidrocarburos convencionales.

2.4 Las reservas de gas natural en México.

Desde 2002 se mantiene una tendencia creciente en la producción de gas natural, que permitió alcanzar un volumen de 6,058 MMpcd en 2006, 13.1% mayor que en el año previo. La producción de gas asociado representó el 56.9% con una producción de 3,445 MMpcd mientras que la producción de gas no asociado fue de 2,613 MMpcd representando el 43.1% de la producción nacional. La producción de gas asociado aumentó 11.5% y la producción de gas no asociado aumentó 15.3% respecto a la producción de 2006.⁸⁸

Gráfica 11. Extracción de gas natural 1995-2007.
(Millones de pies cúbicos diarios)



FUENTE: Petróleos Mexicanos. Base de Datos Institucional.

87 Ibídem. Pág. 8.

88 La industria en México. Extracción y Producción. SENER.

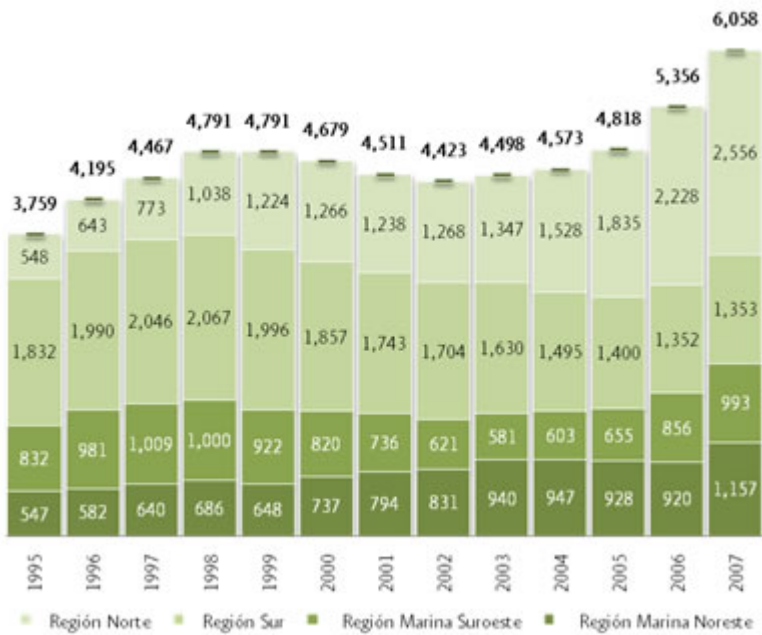
<http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=425>. Consultada el 23 de Mayo del 2010.

La región con una mayor participación en la producción nacional durante el 2007, fue la región Norte que participa con el 42.4% de la producción nacional. Esta región ha participado con más del 30% de la producción desde el 2004 y su participación ha ido en aumento desde 1995.

Las regiones marinas en conjunto han mantenido su participación en un 34% mientras que la Región Sur ha tenido una disminución en su participación en la producción nacional desde 1995, en ese año participó con el 48.7% mientras que en 2007 su participación fue de 22.3% de la producción nacional.

La región con una mayor participación en la producción de gas asociado es la región Sur con el 33.8% seguida de la región marina Noreste con el 33.6%. El activo que participa con una mayor producción de gas asociado es Cantarell con el 27.4% de la producción de gas asociado y el 81.7% de la producción de la región a la que pertenece este activo.

Gráfica 12. Extracción de gas natural región 1995-2007.
(Millones de pies cúbicos diarios)



FUENTE: Petróleos Mexicanos. Base de Datos Institucional.

En cuanto a la producción de gas no asociado, la región con una mayor participación en la producción de este gas es la región Norte con el 92.8% y el activo con mayor producción es Burgos con el 54% de la producción de gas no asociado y con el 58.2% de la producción de la región Norte.

De fundamental importancia para la economía del país sería la generación de electricidad mediante recursos domésticos, los cuales propicien altos niveles de desarrollo tecnológico a costos razonables y de mayor efecto multiplicador hacia todos los sectores de consumo. Esta posibilidad de alcanzar una producción competitiva, permitirá generar excedentes para su exportación, por su calidad, cantidad y limpieza. Este conjunto de condiciones de sustentabilidad no podrían ser alcanzadas en México basándose en los combustibles fósiles, en particular con el gas natural, que al emplearlo en la generación eléctrica, afecta al ambiente en cuanto al tema del calentamiento global.

En efecto, el escenario actual de los campos productores del gas natural en México es su insuficiencia de reservas probadas para sostener la actual producción. Aunado a la intensificación de la volatilidad al alza de los precios del gas natural en el mercado internacional, en el que ya no será un combustible barato. Todo esto repercute en que de no modificarse a corto plazo la actual política energética de México, orientada a intensificar la generación eléctrica basándose en el gas natural, se incrementará el riesgo de la seguridad energética del país.

2.5 Escasas probabilidades de encontrar significativas reservas de hidrocarburos en las aguas profundas del Golfo de México.

De acuerdo a la información presentada en el informe de las reservas de hidrocarburos del 2009 por PEMEX, se observa que año con año existe un mínimo ascenso en las reservas totales incorporadas, alcanzando un valor máximo de 1,482.1 millones de barriles de petróleo crudo equivalente en el año 2008. El incremento de reservas totales descubiertas es de 40.7 por ciento con respecto a 2007. Asimismo, las incorporaciones más importantes se presentan en las Cuencas del Sureste, donde la cifra para 2008 ascendió a 1,372.9 millones de barriles de petróleo crudo equivalente es decir, el 92.6 por ciento del total nacional.

De acuerdo al tipo de fluido contenido en los yacimientos, las reservas 3P de aceite fueron descubiertas en las Cuencas del Sureste, alcanzando la cifra de 1,095.6 millones de barriles, este volumen es 55.2 por ciento superior al reportado en 2007. En particular, los descubrimientos de aceite ligero y superligero en las Cuencas del Sureste, contribuyeron con 27.6 por ciento. Además, dichos descubrimientos permitirán mejorar la calidad de los aceites pesados incorporados en la parte Norte de la cuenca, mejorando así la calidad del crudo de exportación mexicano. El 72.4 por ciento restante, correspondiente a crudos pesados, fue aportado por los yacimientos de Ku-Maloob-Zaap en la Región Marina Noreste y Cinco Presidentes en la Región Sur.

Al 1 de enero de 2009, las reserva 3P de gas natural descubierta suma 1,912.8 miles de millones de pies cúbicos, que representa un incremento con respecto a 2007 de 19.3 por ciento. La contribución más importante se debe a los descubrimientos realizados en el Activo Integral Litoral de Tabasco, en particular a la incorporación del campo Tsimin que aportó 976.4 miles de millones de pies cúbicos de gas. Asimismo, las cuencas de Burgos y Veracruz contribuyeron con 580.9 miles de millones de pies cúbicos. Esto evidentemente ayudará a mantener y mejorar la oferta de producción de gas natural. Aunado a lo anterior, el gas asociado a los yacimientos de aceite descubiertos, aportó 18.6 por ciento del gas natural incorporado en el periodo. Como se observa, los volúmenes incorporados han mejorado gradualmente

La evolución de las incorporaciones exploratorias en la Cuenca de Burgos, la cual aunque es una cuenca madura continúa incorporando reservas de gas seco mostrando el potencial remanente asociado, durante el año 2008 registró un incremento de 58.6 por ciento con respecto al ciclo anterior, incorporando 267.1 miles de millones de pies cúbicos de gas natural, que significan 48.9 millones de barriles de petróleo crudo equivalente.

En la Cuenca de Veracruz, el incremento con respecto a 2007 fue de 312.1 por ciento, alcanzando una incorporación de reservas por 313.8 miles de millones de pies cúbicos de gas seco, equivalentes a 60.3 millones de barriles de petróleo crudo equivalente. Las reservas incorporadas en las Cuencas del Sureste durante 2008 registraron 1,372.9 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, lo que significa un incremento de 58.7 por ciento con respecto al año anterior.

En términos de aceite y gas, las reservas alcanzaron 1,095.6 millones de barriles y 1,331.9 miles de millones de pies cúbicos, lo que representa un incremento con respecto al 2007 de 55.2 y 104.7 por ciento, respectivamente.⁸⁹

Como se puede observar sí existen descubrimientos, pero ninguno de la relevancia necesaria para el país, si se pretende depender de esta fuente de energía para el desarrollo del mismo además de sostener la economía nacional. Partiendo de esta idea podemos arribar a la conclusión de que la actual política energética propicia un alto riesgo a la economía de México, y crea a su vez una mayor dependencia a las importaciones de gas natural, debido a los altos consumos que obligan al sector eléctrico a satisfacerlas.

89 PEMEX exploración y producción. Las Reservas de hidrocarburos de México. México, 2009.

2.6 Las reservas de carbón en México.

De acuerdo con el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) 2009-2018, el carbón será la segunda tecnología para la generación de electricidad en la próxima década, con 2,078 MW de capacidad adicional. De incrementarse, el número de carboeléctricas en el país, aumentará a su vez el consumo del combustible, lo cual puede estar vinculado con que uno de los principales productores y usuarios de carbón, Estados Unidos, éste se encuentra ya desmantelando su parque de generación por cuestiones ambientales. Lo cual pondrá en el mercado internacional mucho carbón, con lo que el precio tenderá a bajar y podrá ser tomado por México para cumplir con su plan de expansión, de hecho, la CFE acaba de firmar un contrato para el suministro de 11 millones 700 mil toneladas de carbón para los próximos cuatro años. Dicho carbón servirá para cubrir 50% de las necesidades de la carboeléctrica Petacalco.⁹⁰

Ante las proyecciones del POISE de la CFE, se considera que el mercado natural del carbón que deje de utilizarse en Estados Unidos y Canadá caerá en México, por la cercanía y las proyecciones futuras del desarrollo de carboeléctricas. Este documento recién publicado por la CFE, establece la entrada en operación de carboeléctricas bajo la llamada tecnología libre, ya que la inversión inicial de este tipo de plantas no es muy alta, aunque el costo ambiental es muy elevado.

De hecho, se están programando algunas plantas en Coahuila para consumir el carbón nacional que se tiene disponible en la zona, ya que llevarlo hacia Petacalco, donde hay carboeléctricas, elevaría el costo de generación para la empresa.

Según la Prospectiva Eléctrica elaborada por la Secretaría de Energía (SENER), el carbón seguirá siendo uno de los principales insumos energéticos para la generación de electricidad, dada su mayor disponibilidad y porque presenta una menor volatilidad de precios. Esto presenta una inquietud, ¿México cuenta con reservas suficientes de carbón, como para planear depender en cierta medida de la producción nacional de este mineral además de su compra en el extranjero? A continuación algunos datos que pretenden contestar esta pregunta.

*Una clasificación simplificada de los grados de carbón*⁹¹

Del rango inferior hacia los rangos superiores, incluyendo el potencial calorífico, el carbón se clasifica como lignito (junto con el carbón café), sub-bituminoso, bituminoso, súper-bituminoso y antracita. Inferior al grado de carbón menos desarrollado, el lignito, se encuentra la turba, la cual no se considera un carbón, pero es la primera etapa en la formación de todos los carbones.

⁹⁰ Impulsa México carboeléctricas. Reforma.

<http://www.teorema.com.mx/energia/impulsa-mexico-carboelectricas/>. Consultada el 23 de Mayo del 2010.

⁹¹ Bateman, Alan M. Economic Mineral Deposits, 1955.

El carbón bituminoso es el más utilizado y el más deseado en el mundo, principalmente para la generación de vapor en la producción de electricidad, la calefacción, el gas y el coque. La antracita, aunque no arroja humo y es de un valor calorífico alto, tiene una magnitud de reservas y distribución mundial bastante restringidas. La tasa de combustible, igual al carbono fijo por unidad de materia volátil y la característica principal en la determinación del rango del carbón, es alta en la antracita y baja en el lignito. Por otra parte, un contenido de azufre mayor que 1.5% reduce la calidad del carbón, como también lo hace un contenido alto de cenizas, las que son el residuo del material no combustible.

El carbón en México

Aunque indicios de carbón se han detectado en numerosos estados de la República, sólo hay tres regiones carboníferas importantes. Con mucho, la más importante es la cuenca de Sabinas y Fuentes-Río Escondido en el centro-norte de Coahuila, incluyendo un área contigua pequeña de Nuevo León, que cubre aproximadamente 12 000 km². La cuenca de Sabinas (la fuente básicamente de carbón coquizable de contenido de ceniza más bajo que el de carbón térmico) y Fuentes-Río Escondido (la mayor parte de carbón térmico) producen más de 90% del carbón mexicano.⁹² La siguiente región más importante, aunque muy inferior, se encuentra en la porción noroeste de Oaxaca, donde las vetas, variando de un espesor de unos cuantos centímetros a 3m, contienen poco más que 30Mt.⁹³ La tercera cuenca, ubicada al sur de Hermosillo en Sonora y del período Triásico, también tiene reservas estimadas reducidas (85Mt). La formación llamada Barranca con vetas de carbón también contiene grafito, el cual es la forma metamorfoseada última del carbón, o sea, el elemento carbono puro. Tanto los yacimientos pequeños de Oaxaca como los de Sonora, del Triásico y Jurásico, están en estratos fuertemente plegados y con fallas geológicas que hacen que su explotación sea difícil y, por tanto, costosa. En contraste con estos yacimientos, las dos vetas económicamente explotables en la cuenca de Sabinas, variando de 1 a 2 metros de espesor y al principio explotadas mediante minas de cielo abierto pero ahora también con métodos subterráneos, producen un carbón cuyo contenido de material volátil de 20 a 25% y contenido relativamente bajo de azufre (1.2%) son aceptables, pero cuyo contenido promedio alto de ceniza (23%) reduce el grado de calidad de este carbón de Sabinas.⁹⁴

Según las últimas estimaciones México tiene reservas relativamente pequeñas de carbón, 1.2 mil millones de toneladas (1.2Gt), 0.1% del total mundial, de las cuales cerca de 860Mt son de carbón bituminoso con cantidades menores metamorfoseadas a antracita y 350Mt son carbones sub-bituminosos. Aun más pesimistas son los recursos estimados de 2Gt, que consisten también en mucho carbón sub-bituminoso no siempre de buena calidad además de lignito inferior cuya producción actual es sin importancia.

⁹² Wallace Robert-Bruce. El Carbón en México. Economía Informa. Núm. 359. Julio-Agosto 2009.

⁹³ Ídem.

⁹⁴ Martín-Amouroux, 2008. Cit. En Wallace Robert-Bruce. El Carbón en México. Economía Informa. Núm. 359. Julio-Agosto 2009.

Se estima que la razón de reservas probadas/producción al final de 2007 fue de aproximadamente 99 años.⁹⁵ Para poner esta cifra en un contexto comparativo, EU, con reservas estimadas de 242.7Gt, tenía 28.6% del total mundial en 2007. La razón reservas/producción de este país se estimó en 234 años.

Por ejemplo, en 2006 la producción nacional se quedó muy corta de la demanda, de manera que se requirieron importaciones. La CFE absorbió más del 80% de la oferta total. Sin duda, el país tendrá que importar volúmenes más grandes para satisfacer la demanda doméstica si la producción no crece significativamente. Las cifras preliminares de importaciones correspondientes a 2007 se estiman en 11.4Mt. Aunque las reservas potenciales deberían poder ser suficientes en cuanto a volúmenes, la inversión fuerte requerida ciertamente limita la producción comparada con la demanda total.

Por lo que se refiere a la generación total de electricidad en México en 2006, el carbón fue responsable por 12.7%, el petróleo (21.6%) y el gas natural (45.5%), dando una participación total de casi 80%.⁹⁶ Sin embargo, respecto a los 51,029MW de capacidad pública instalada, las plantas generadoras de electricidad con el uso de carbón sólo tenían una participación de 9.2% en 2007.⁹⁷ La carboeléctrica José López Portillo (1,200 MW), en Río Escondido, Coahuila, estrenada en 1982, fue seguida por Carbón II (1,400MW) en el mismo lugar; ambas queman carbón doméstico y carbón importado de EU. Posiblemente una parte de la razón de que estas dos plantas no dependen completamente del carbón doméstico de Sabinas se debe a que una de las carboeléctricas requiere una calidad superior de carbón, de manera que la variedad importada se mezcla con la variedad con demasiadas impurezas de Sabinas. Al menos en 2004 la otra planta sólo consumía carbón importado. Se puede concluir que el contenido alto de azufre en el carbón mexicano obliga a México a ser importador de carbón térmico.

La planta de combustible dual Plutarco Elías Calles, inaugurada en Petacalco, Guerrero en 1993, aunque es capaz de quemar ya sea hidrocarburos o carbón, prefirió quemar carbón (4Mt/año de importaciones). Finalmente, una planta termal de electricidad con base en el carbón, financiada públicamente, se proyecta ser inaugurada en un sitio de la costa de Guerrero para 2010.⁹⁸

Para satisfacer la demanda primaria de energía, se espera que la demanda total de carbón crezca en torno de 4.2% anualmente hasta 2030 en México, mientras que se pronostica que su competidor principal en la generación de electricidad, el gas natural, crecerá a una tasa anual de 3.3%.

95 BP Statistical Review of World Energy, junio, 2008. Cit. En Wallace Robert-Bruce. El Carbón en México. Economía Informa. Núm. 359. Julio-Agosto 2009.

96 IEA, Electricity for México, 2006. Cit. En Ídem.

97 Prospectiva SENER 2008-2017.pdf, p.16. Cit. En Ídem.

98 APEC Energy Demand and Supply Outlook, 2006, www.iecej.jp/apec/2006pdf//outlook2006/ER_Mexico.pdf.

El incremento esperado de la participación de carbón se debe fundamentalmente al deseo del gobierno de diversificar el uso de los combustibles para la generación de electricidad y, por lo tanto, reducir la dependencia elevada del uso de gas natural. Se proyecta que la generación de electricidad será del orden de 505TWh en 2030, de cuyo monto el gas natural suministrará 59%, el carbón 19%, el petróleo 10%, hidro 7% y el resto (3%).

Como puede observarse existen reservas, pero de ninguna manera en la cantidad suficiente como para pretender depender de esta fuente de energía para el desarrollo del país. Partiendo de esta premisa se puede concluir que la política energética adoptada propicia un alto riesgo a la economía de México, y ésta a su vez crea mayor dependencia extranjera, debido a los altos consumos que obligan al sector eléctrico a satisfacer su consumo importando el mineral de otras latitudes.

2.7 Análisis de los datos anteriores.

Es curioso, que ningún medio mexicano o agencia de noticias haya hecho una importante mención del cenit de la producción petrolera, como si jamás fuese a existir. Por otra parte, se ha mencionado en varios sitios (por ejemplo en el diario La Jornada y ahora en El Universal, entre otros) que quedan reservas para apenas 11 años (La Jornada) y los 13 que menciona el Universal y la agencia EFE. Hasta hace poco se utilizó este dato por parte del gobierno federal para inmediatamente después, solicitar apoyo para la reforma energética, (el dinero privado parece poder resolverlo todo), aunque apenas resuelve una mayor intensidad exploradora en aguas profundas o lugares remotos y complicados del sur mexicano, o a la intervención de compañías extranjeras en la exploración y explotación de los hallazgos, a un coste energético mayor.

La pregunta final es: ¿Por qué los nuestros gobernantes se niegan a admitir la realidad de la caída inminente de la producción, incluso cuando tienen tan encima el caos, admitido por su propio nivel de reservas? Dos aspectos debieran inquietar a nuestros funcionarios: el primero es, que uno no puede basar el futuro de su país, de los años 2020 en adelante, en algo que “es probable” o que es “posible” Y la segunda preocupación, es que aunque lo posible y lo probable fuese realidad, debería empezar a preparar a su propio pueblo para una sociedad post petrolífera desde hoy mismo, porque incluso en el mejor de los escenarios, el final de la era del petróleo, si no está en 2020, estará en el 2036 y los más de cien millones de mexicanos necesitan tiempo para aprender a vivir sin petróleo.

Incluso puede que necesiten ese petróleo para realizar esas adaptaciones, con lo que exportar más de la mitad de la producción nacional podrá ser considerado por sus hijos (ni siquiera por sus nietos) como un asalto a mano armada a nuestra patria.

2.8 ¿Qué están haciendo otros países productores y consumidores de petróleo?

En teoría, las economías basadas sobre el petróleo corren con ventaja en la lucha contra la pobreza. Pero la realidad es bastante diferente. La extracción de crudo ha servido, de hecho, para enriquecer a pequeñas elites y engendrar corrupción, miseria y conflictos.

Países ricos en petróleo como Nigeria, Chad y Angola se ubican en los puestos más bajos en materia de desarrollo humano, según la nómina que cada año elabora el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Mientras que, naciones que carecen de hidrocarburos, como Corea del Sur y Japón, están mucho mejor ubicados.

Por ejemplo, Chad recibió grandes préstamos del Banco Mundial, a condición de que las ganancias petroleras fueran usadas en el combate contra la pobreza. Pero el año pasado, el gobierno anunció que gastaría ese dinero en defensa y en armas. Como consecuencia, el Banco interrumpió los pagos en enero pasado.

Es por esto que es necesario informarse acerca de las estrategias que están adoptando países productores de petróleo con el fin de ilustrar cual podría ser la más exitosa, y adecuada para nuestro país.

2.8.1 Países productores.

Brasil

La economía de Brasil es la más poderosa de América latina y la sexta a nivel mundial. Las exportaciones brasileñas, se encuentran entre las veinte más grandes del mundo. Su economía es muy importante a nivel americano y mundial. Hoy es el líder del MERCOSUR y tiene un papel importante en el G20.

Actualmente es una superpotencia agrícola, teniendo una posición de liderazgo en muchos productos como café, carne, soja, azúcar, carne aviar, naranja y otros. También es un país industrializado y gran exportador de automóviles, teléfonos celulares y aviones.

En lo que corresponde a los hidrocarburos, Brasil maneja la compañía Petrobras que fue fundada en 1953, la compañía brasileña enfocada al sector de hidrocarburos, PEMEX, en 1938, brindó orientación a los primeros directivos de Petrobras, cuyo objetivo fue el ejecutar las actividades del sector petrolífero en Brasil en nombre del gobierno.

Esta empresa se ha consolidado como líder en desarrollo tecnológico, sobre todo en el área de exploración y producción en aguas profundas. En el caso de Petrobras, de 1953 y hasta 1996 se trabajó bajo un régimen de monopolio estatal, aunque en el área de distribución de derivados y gasolineras, siempre hubo apertura a la inversión. Ahí operan empresas como Exxon, Shell y Texaco, entre otras, algunas de ellas con más de 90 años de permanencia. Sin embargo, la exploración, producción, transporte, refinación y comercialización estuvieron bajo el control del monopolio estatal brasileño hasta 1997, cuando se realizó una reforma que buscaba aumentar las inversiones en la industria petrolera.

La preparación para competir abiertamente implicó que la empresa experimentara una transformación en su estructura y en su gobierno corporativo, además de que se resolvió dar un gran impulso al desarrollo de tecnología y a la capacitación del personal. Además, actualmente se tienen que respetar las reglas de los mercados bursátiles tanto de Brasil como de Madrid o de Buenos Aires, hecho que también obligó a modificar la manera de administrar la compañía.

A raíz de esas reformas, Petrobras dejó de ser la única que extrae petróleo en el territorio brasileño, actividad a la que ahora se han sumado empresas internacionales. Además, el 21 de abril de 2006, el presidente Luiz Inácio Lula da Silva dio inicio a la producción de la plataforma P-50, en el campo Albacora Leste (Cuenca de Campos), lo que permitió a Brasil alcanzar su autosuficiencia en petróleo.

Petrobras está presente en México desde 2003 como operadora en contratos de servicios múltiples para la exploración y producción de gas natural en los bloques en tierra Cuervito y Fronterizo, en la Cuenca de Burgos, asociada con la japonesa Teikoku Oil y la mexicana Diavaz. Además ha firmado acuerdos de cooperación tecnológica con PEMEX, sobre todo en materia de exploración petrolera en aguas profundas.

Cifras contundentes

Mientras que el plan de negocios para el periodo 2008 a 2012 indica que Petrobras invertirá 112.4 mil millones de dólares, o casi 22.5 mil millones de dólares anuales, durante el sexenio anterior la inversión en PEMEX promedió 9 mil 900 millones de dólares cada año.⁹⁹

Cabe destacar que del monto total de inversiones de la compañía brasileña para 2008-2012, casi 85% surge de su generación propia de dividendos, mientras que el resto de los recursos provendrá de terceros. Sin embargo, el futuro para Brasil parece más prometedor, luego del descubrimiento de un yacimiento en sus aguas territoriales, mientras que PEMEX se enfrenta a la declinación de su principal campo, Cantarell.

⁹⁹ Jiménez, Roberto. "El alumno que superó al maestro", en Excélsior. México, 18 Ene. 2008, Dinero 8.

La estatal brasileña Petrobras anunció el hallazgo de grandes reservas de petróleo y divulgó el descubrimiento de una nueva área al sur del país con un inmenso potencial que puede convertir a Brasil en uno de los grandes productores del mundo. En lo concreto, Petrobras anunció que descubrió reservas en el bloque BM-S-11 en el área Tupí, en la cuenca de Santos (estado de Sao Paulo), en las que estimó "un volumen recuperable de crudo, entre 5.000 y 8.000 millones de barriles de petróleo y gas natural".¹⁰⁰

La petrolera brasileña opera el área, de la que posee el 65%; la británica BG tiene 25% y la portuguesa Petrogal-Galp Energía el 10%. El descubrimiento puede aumentar en 50% las actuales reservas de Petrobras, que ascendían a 11.458 millones de barriles de petróleo equivalente al final de 2006, según datos de la compañía.¹⁰¹

Petrobras terminó el 2006, año en que alcanzó la autosuficiencia en Petróleo, con una producción diaria de 1,9 millones de barriles diarios. Ese año registró beneficios récord de 11.800 millones de dólares y un volumen de negocios de 72.500 millones de dólares.¹⁰²

El estado brasileño tiene el 32% del capital social de Petrobras, y 55,7% del capital con derecho de voto que le asegura su control. El sector energético brasileño cuenta con una regulación exhaustiva, a través de su Agencia Nacional del Petróleo, instituida en 1997, encargada de administrar el mercado a través de normas, reglamentos y leyes que todas las empresas deben cumplir, al liberarse de las obligaciones que tenía como monopolio estatal, la empresa se ha convertido en un jugador más en el mercado brasileño.

Además, Petrobras es una de las pocas empresas de petróleo que tiene una tasa de reposición de reservas mayor que su producción, y eso se ha mantenido desde 2004. Sin embargo, en la actualidad el problema de la empresa brasileña no es la generación de recursos para invertir en su desarrollo, ni disponer de la tecnología adecuada para llevar a cabo sus proyectos, sino la falta de recursos humanos para hacer realidad sus proyectos; se prevé que durante los próximos años la empresa contrate a aproximadamente diez mil personas, que se agregarán a los más de 55 mil empleados con que cuenta actualmente.

Un aspecto que no se menciona abiertamente respecto a este modelo adoptado por Brasil es la masiva concentración de capital que se presenta en la industria privada, derivada de los recursos naturales del país, esto es, se concentra la riqueza nacional de todos los brasileños en unos cuantos, que en muchos de los casos no son ni siquiera brasileños.

100 "Estos buscan petróleo y gas y nosotros a Santucho", en La Nación Web, 18 Ene. 2008. Economía.
<http://www.lanacion.com.ar/economia>

101 ídem.

102 ídem.

Noruega

Este país mantiene una estructura económica propia de los países más desarrollados del mundo, donde más del 60% de la mano de obra se dedica al sector terciario y en donde existe un componente singular al ser uno de los principales países productores de petróleo y gas natural de Europa que le aporta una riqueza en torno al 22% del total nacional.

La industria petrolera es fundamental en la economía noruega, con crecimientos sostenidos en las décadas de 1980 y 1990 del 80% del PIB¹⁰³ tras el descubrimiento de yacimientos petroleros en el Mar del Norte en 1963. En el año 2000 Noruega alcanzó el segundo lugar del mundo en exportaciones petroleras. Los altos beneficios que se obtienen de la venta de petróleo y gas permiten destinar una parte al *Fondo Nacional de Petróleo*, cuya misión es garantizar los equilibrios presupuestarios y permitir el beneficio de las generaciones futuras, y cuya cuantía está previsto alcance el 100% del PIB en 2010.

El resto de la actividad industrial, además de la asociada al tratamiento de productos petrolíferos, se sigue basando en la explotación y tratamiento de los recursos naturales tales como la madera, energía hidráulica y la pesca.

En la industria tradicional se encuentra la metalurgia que, aunque ha perdido peso en el conjunto de la economía en el siglo XXI, sigue siendo una actividad exportadora significativa. Destacan igualmente la construcción de plataformas petrolíferas y productos electrónicos.

Noruega mantiene un saldo favorable de 31.000 millones de dólares¹⁰⁴ en el comercio exterior. El mercado noruego por excelencia lo representa la Unión Europea hacia donde se dirigen el 77% de los productos, representando el petróleo, gas y sus derivados el 45% del total de la actividad exportadora del país. También las importaciones proceden casi en un 70% de la Unión Europea.

Noruega comenzó a producir petróleo en 1971, aprovechó con éxito sus riquezas para construir una de las sociedades más ricas y equitativas del mundo.

En marzo del 2006, ese fondo ascendía a 236.000 millones de dólares.¹⁰⁵ Noruega coopera desde los años 80's con la industria petrolera del Sur en desarrollo, y hoy asiste a una veintena de países. Por lo tanto, es la principal fuente bilateral de este tipo de asistencia. Al principio, la mayoría de las consultas de los países petroleros pobres se referían a cuestiones técnicas e institucionales.

103 Información económica institucional del Gobierno Noruego.

<http://odin.dep.no/odin/global/busqueda/bn.html?sok=j&sokeord=econom%C3%ADa>

104 Bases de Datos del Banco Mundial. <http://www.bancomundial.org/datos/>

105 Ídem.

Desde septiembre pasado, esos esfuerzos se concentran en el programa Petróleo por Desarrollo. Ahora, los técnicos de asistencia noruegos están más dedicados a cuestiones como la buena administración de los recursos petroleros, la transparencia, la lucha contra la corrupción y el ambiente. En los últimos dos años, los mayores receptores de esa asistencia fueron Angola, Nigeria, Mozambique, Vietnam y Timor Oriental. Tras una recorrida de Solheim por América Latina, Bolivia sumó puntos para convertirse en breve en beneficiaria del programa Petróleo para el Desarrollo.

El modelo institucional de Noruega distingue claramente las responsabilidades gerenciales clave del sector petrolero, tanto a través de regulaciones y políticas comerciales como por el combate contra la corrupción y la promoción de la transparencia, la eficiencia y la independencia de las empresas. En la mayoría de los países a los que Noruega asistió no se cumplía con esos requisitos, pues las empresas petroleras estatales sumaban las funciones regulatorias con las comerciales. La transparencia y la distinción de roles es una prioridad de la ayuda petrolera noruega. Pero algunos actores del sector en los países asistidos resultaron muy resistentes al cambio, dados los beneficios que logran en las actuales condiciones de centralización institucional.

Emiratos Árabes Unidos

El territorio de Emiratos Árabes Unidos es en su totalidad desértico. Por ello las actividades económicas tradicionales se limitan a la recolecta de dátiles, la pesca y la cría de camellos. A mediados del siglo XX el conjunto de los Emiratos constituía una de las regiones más pobres del planeta. Sin embargo, las exportaciones petroleras descubrieron importantes reservas de petróleo y gas natural en Abu Dhabi y Dubai.

Estos dos emiratos constituyen los pilares en los que se ha construido la economía del país, que vio aumentar su PIB hasta colocarlo al mismo nivel de los llamados países desarrollados. Los cuantiosos ingresos derivados del petróleo han contribuido a elevar el nivel de vida de la población y han dotado al país de infraestructuras de primer orden. La ultramoderna Dubai es testimonio del rápido desarrollo del país, que se ve reflejado en una arquitectura de alto nivel. Esta ciudad posee el hotel más grande del mundo y dos Islas artificiales en forma de palmera.

En la década de 1990 el país inició un amplio programa de inversión en educación e investigación. De esta manera el país se puso a la cabeza de la inversión en investigación entre los estados árabes. En los laboratorios se producen importantes avances para potenciar la agricultura adecuada al desierto. La riqueza de los Emiratos Árabes Unidos está en gran medida basada en la explotación de petróleo y gas natural, que representan alrededor del 20% de su PIB.¹⁰⁶

¹⁰⁶ United Arab Emirates yearbook, 2007.

La nación árabe es el tercer mayor productor de petróleo en el Golfo Pérsico después de Arabia Saudita e Irán (la producción en Irak ha disminuido considerablemente por la guerra). Desde 1973, los EAU han sufrido una profunda transformación, pasando de ser una región empobrecida de pequeños principados a un estado moderno con altos estándares de vida. El PIB Per cápita del país no está muy alejado del de las principales naciones de Europa occidental. Su generosidad en la inversión de sus ganancias petrolíferas y su política exterior moderada le han permitido jugar un papel vital en los asuntos de la región.

En años recientes, el gobierno ha buscado la diversificación de sus fuentes de ingreso para disminuir su dependencia en las reservas limitadas de petróleo. Un resultado de estos esfuerzos ha sido el desarrollo sostenido del turismo, basado en infraestructura hotelera costera, desértica y deportiva. El éxito de estas empresas, aunado a factores como el precio relativamente bajo de materias primas, el clima cálido que prevalece durante casi todo el año, maravillas de la arquitectura como *Burj al-Arab* y *Palm Islands*, y la actitud amistosa hacia Occidente ha llevado a muchos a llamar a los Emiratos Árabes Unidos el Singapur o el Hong Kong de Medio Oriente.

Dubai "*The fastest growing city*" ("La ciudad más rápida en crecer")

Las reservas petrolíferas de Dubai representan menos de una vigésima parte de las de Abu Dhabi, por lo que sólo una pequeña parte de los ingresos del emirato procede del petróleo. Dubai y su vecino de ultramar Deira, independiente en aquella época, eran escalas importantes para los productores occidentales.

Dubai está invirtiendo en la creación de nuevos mega parques industriales, a los que se les aplica un marco legal regulatorio específico Pro negocios, en extremo garantista, lo que favorece la inversión y la rápida instalación de las nuevas empresas, así como un retorno de capitales del 100% y otras ventajas que se suman a las propias de esta ciudad, como la abundante energía de bajo coste y una excelente infraestructura aeroportuaria, no por nada cuentan con el mayor puerto del mundo: el de *Jebel Ali* o *Port Rashid*.

Entre los nuevos parques industriales destacan:

- *Dubitech*, parque dedicado al desarrollo e investigación biotecnológica.
- *Techno Park*, parque destinado a la industria de alta tecnología, con más de 23 km².
- *Dubai Silicon Oasis*, que apunta a la industria de semiconductores y electrónicos.
- *Dubai Industrial City*, un mega parque industrial enfocado a metales, minería, petroquímica, farmacéutica, comida, maquinaria, etc...

Estos parques se suman a las ya exitosas iniciativas de prestigio internacional tales como, *Dubai Internet City*, *Media City* y *Electronic Commerce* que resumidas bajo el acrónimo de T.E.C.O.M son supervisadas por la autoridad del mismo nombre.

La decisión del gobierno de diversificar su actividad de una economía basada en el comercio pero dependiente del petróleo a una orientada al sector servicios y al turismo ha provocado que la construcción resulte más rentable, lo que se ha traducido en un boom inmobiliario en 2004-2006. La construcción a gran escala ha hecho de Dubai una de las ciudades con mayor crecimiento del mundo, comparable sólo con las grandes urbes chinas.

Este boom constructor se centra en gran medida en megaproyectos. Actualmente el edificio llamado *Burj Khalifa* antes *Burj Dubai*, Es la estructura más alta construida por el hombre. La construcción comenzó el 21 de septiembre de 2004, y su inauguración oficial fue el 4 de enero de 2010. Se localiza en la parte central de las costas de Dubai, los pisos habitables son 160, de los cuales 49 están destinados a oficinas y 61, a apartamentos. El edificio cuenta con 58 ascensores que viajan a una velocidad de 10 metros por segundo. En el piso 124, un balcón abierto al público ofrece una visión panorámica, a 360 grados, de la ciudad.

Dentro del *Burj Khalifa* se encontrará el primer hotel de la marca Armani (en las primeras 39 plantas), 700 apartamentos privados de lujo (plantas de la 45 a la 108), un mirador (planta 123), un observatorio (planta 124) y oficinas (resto de las plantas hasta la planta 156).¹⁰⁷

No obstante, el eventual reinado del *Burj Khalifa* como estructura más alta, al parecer, será efímero, ya que se encuentra el proyecto de un rascacielos de 1.050 metros de altura: la *Nakheel Harbour Tower*, que también se ubicará en la ciudad de Dubai y su construcción se encuentra pausada al menos durante el 2009.

Edificios costeros como *Palm Islands* y *The World* (islas). Edificios de interior como *Dubai Marina*, El Complejo, *Dubai Waterfront*, *Business Bay* y *Dubailand* entre otros.

Figura 20. Burj Khalifa.



FUENTE: United Arab Emirates yearbook, 2007.

¹⁰⁷ Ibídem 102.

Figura 21. The World Islands.



FUENTE: United Arab Emirates yearbook, 2007.

Figura 22. Palm Islands.



FUENTE: United Arab Emirates yearbook, 2007.

Dubai quiere además romper todos los récords. Está en construcción el edificio más grande del mundo, el hotel más grande del mundo, el mall más grande del mundo, el parque de diversiones más grande del mundo, el primer hotel bajo el agua (Hydropolis) y el edificio residencial más grande del mundo, entre otros.

Los expatriados de distintas nacionalidades también han inyectado capital en los últimos años en Dubai, contribuyendo enormemente a la prosperidad de la ciudad. Tan sólo los inmigrantes de origen iraní han invertido unos 200 mil millones de dólares en Dubai.

2.8.2 Países consumidores.

China

China presenta un crecimiento económico sostenido que la perfila como contendor de la hegemonía de EE.UU. para mediados de siglo. Su población es un enorme potencial para la actividad económica, especialmente si se mantienen medidas de planificación prospectiva estrictas y nacionalistas, con una apertura exitosa a la inversión extranjera. Pero su talón de Aquiles es la insuficiencia de energía. Por ello la ocupación por parte de EE.UU. de Irak y los conflictos del medio oriente son enfrentamientos con China.

La geopolítica habla hoy de una recomposición de la bipolaridad para mediados de siglo, con el sostenido crecimiento chino, frente a la hegemonía de EE.UU. China pisa los talones a Japón como segunda potencia económica mundial, y las proyecciones muestran que lo superará. Su economía en expansión no cesa de generar bienestar a un segmento cada vez más amplio de su población. China salió del mapa del hambre de inicios del siglo XX, para disponer hoy en día de reservas de cereales para ocho meses para su población de más de 1,300 millones de chinos, la cuarta parte de la del planeta. Si hasta la década de los setentas el transporte era en carretas y bicicletas y la indumentaria uniformizada tipo Mao la mostraban todos por igual, hoy Beijing es una efervescente ciudad con cinco anillos de autopistas y una espectacular arquitectura.

Desde finales de los setentas se dieron reformas que orientaron el crecimiento económico y fortalecieron la productividad agrícola y las mejoras en la calidad de vida del campesinado para limitar el éxodo a las grandes ciudades. Con esa base se emprendió una reforma que condujo al desarrollo industrial actual, basado en la gran fortaleza de su mercado interno, en las herencias de la organización imperial, y luego comunista central, que impone decisiones que impulsan el crecimiento, y en las grandes masas de trabajadores que dan movimiento a las maquiladoras. También la agresiva política de "*Joint-Venture*" ha permitido desarrollar la industria al interior de China, e iniciar la colocación de industrias chinas en el extranjero. Otro ejemplo es Shanghai, la que fue ciudad del opio y del té, del comercio y la colonia, es hoy el más espectacular laboratorio de arquitectura del siglo XXI, que impone una velocidad extenuante y un discurso artístico que marca el fin de un siglo y el comienzo de otro.

Hoy se promocionan vacaciones para incentivar el turismo interno, para que los chinos viajen, conozcan su país y hagan que el dinero circule, estimulen inversiones y expectativas de crecimiento en todo el país, especialmente en el oeste chino, bastante despoblado, extenso y atrasado.

Con una organización prospectiva planificada de tradición imperial, se pueden permitir decisiones que orienten el consumo e incentiven industrias convenientes para el desarrollo. Imaginemos que el gobierno central decide que todo chino debe comprar un nuevo par de zapatos o un pañuelo para el uniforme escolar de los niños, y casi por arte de magia aparece una enorme demanda que hace surgir la correspondiente industria. Así crece la economía.

La estabilidad política, los incentivos planificados, los regímenes especiales de impuestos, el propio mercado interno de grandes magnitudes, el aumento de los costos de la mano de obra en los países desarrollados y los bajos costos de la misma en China, desplazaron industrias y capitales desde los países desarrollados y los instalaron en esa China.

Los "*Joint-Venture*" han sido un procedimiento fundamental de inversión y de transferencia tecnológica. Ese mecanismo estimula la presencia extranjera en China y es utilizado por China para colocarse en el extranjero. Por otro lado, empresas de construcción chinas han realizado obras importantes como represas, trenes, edificios y puentes en países en desarrollo, especialmente en África, desde hace algunas décadas, desarrollando su propia industria de la construcción y relaciones de apoyo al desarrollo.

En 2003 China consumió la mitad de la producción mundial de cemento, 36% de la de acero, y 30% de la de carbón, su desarrollo requiere de grandes cantidades de materia prima.¹⁰⁸ Consume y crece, y es que su mercado interno, con crecimiento sostenido, es un fenómeno económico. En el siglo XXI China invade occidente. En Estados Unidos los jóvenes estudiantes chinos se destacan por su alta competitividad y ocupan lugares destacados no sólo en universidades prestigiosas, sino también en la educación secundaria. China tiene desde hace algunos años estudiantes en los más importantes centros tecnológicos del mundo.

Sin petróleo no hay futuro. En busca de su autosuficiencia energética China construye actualmente la mayor represa hidroeléctrica del mundo, pero aún necesita petróleo. Por ello el conflicto de Irak tiene la ventaja de colocar a EE.UU., en una posición más cercana al control de las fuentes de petróleo, el necesario para sus requerimientos a gran escala, el que no se pudo sacar de Alaska por razones ecológicas, está en Irak, aunque le quemen los pozos por la ocupación. La guerra de Irak es contra China, para buscar acorralarla y dificultarle el futuro.

Dinamarca

En 1973, en respuesta a la Guerra de Yom Kippur entre Israel y Egipto, La Organización de Países Productores de Petróleo Árabes instauraron el “embargo de petróleo árabe”, cualquier país que apoyara a Israel en la guerra dejaría de recibir cargamentos de petróleo. Esto significó que para los Estados Unidos, Japón, y la mayoría de Europa el efecto fuera devastador, incrementando los precios iniciaron una recesión mundial.

Muchos de los países afectados implementaron inmediatamente planes para conservar energía: Los Estados Unidos bajaron sus límites de velocidad y comenzaron programas como el de “apague sus luces por la noche”.

Pero cuando la crisis terminó, la mayoría de los países dejaron esos programas y regresaron a sus mismos hábitos. Dinamarca fue diferente: siendo 99% dependiente del petróleo extranjero,¹⁰⁹ fue particularmente impactada por el embargo. Determinado a nunca más estar a la merced de los proveedores de petróleo, Los daneses siguieron conservando sus programas de restricción y trabajaron en reducir su propio consumo de energía.

108 Genatios Carlos y Lafuente Marianela, “China y su crecimiento ¿sin petróleo?”. Voltaire, 10 Ene. 2008.
<http://www.voltairenet.org/article122996.htm>

109 Energy Independence: How Denmark Kicked Its Foreign Oil Habit. Neatorama. 2008.
<http://www.neatorama.com>. Consultada el 28 de marzo del 2010.

Un esfuerzo comunitario

En 1976 el público danés estuvo sometido a un ambicioso (y caro) programa para lograr independizarse energéticamente por completo, con el desarrollo de nuevos sistemas de energía limpia, con el objetivo de expulsar los negocios petroleros extranjeros completamente. Algunas de las estrategias aplicadas fueron las siguientes:

- Estrictos estándares de eficiencia de energía fueron implantados en todos los edificios.
- La gasolina y los automóviles fueron severamente gravados fiscalmente (Al día de hoy los automóviles están gravados con más del 105% del costo del auto).
- “Sistemas de Calentamiento Distrital” fueron implementados a través del país, reutilizando el calor normalmente desperdiciado producido por plantas de energía mediante el bombeo directo hacia los hogares. Actualmente más del 60% de los hogares daneses son calentados de esta forma.
- El gobierno invirtió intensivamente en sistemas de energías renovables, especialmente la energía eólica. Actualmente el 21% de la producción de energía proviene de granjas eólicas. Es más, lideran el mercado mundial de tecnología eólica, lo que se convirtió en otro producto de exportación. Ésta industria ha creado más de 20,000 empleos.¹¹⁰
- Las campañas de concientización ayudaron a las personas a comprar aparatos electrodomésticos que fueran energéticamente eficientes. Actualmente más del 95% de estos nuevos aparatos tienen una eficiencia evaluada de “A”. (donde “A” es la mejor y “G” es la peor)
- Empezaron a perforar y encontraron petróleo y gas natural dentro sus aguas en el Mar del Norte.
- En 2005 el gobierno comprometió \$1 billón de dólares para desarrollar e integrar mejores tecnologías solares y de celdas de combustible.

Dinamarca, pionera

Horns Reef es el parque eólico marino número 11 que Dinamarca construye desde 1991, todos ellos son construidos mar adentro. Los vientos marinos del bravo Mar del Norte cubren un total de 398 MW en los 11 parques, el 12 % de los 3.100 MW de energía eólica generada en Dinamarca en 2006.¹¹¹

¹¹⁰ Ídem.

¹¹¹ Consumer, “Electricidad Mar Adentro”, España, 2004.

<http://revista.consumer.es/web/es/20041201/medioambiente/>

El primer parque eólico marino, compuesto por 11 aerogeneradores, se construyó en Dinamarca en 1991 en el mar Báltico y, en 2002, tras la puesta en marcha de varios parques con distinta potencia, se inauguró el parque de Horns Rev,¹¹² el más grande del mundo con 80 aerogeneradores y con una potencia instalada de 160 MW.

Figura 23. Granja eólica Horns Reef.



FUENTE: Consumer, 2004.

Tras los años de uso de energía eólica marina en Dinamarca se puede concluir que, aunque se ha requerido una importante inversión económica, la producción de electricidad es más estable y un 20% superior a la energía eólica terrestre.

Además, la vida útil del parque, con un buen mantenimiento, puede llegar a duplicarse. En la actualidad el 50% del consumo eléctrico familiar danés proviene de este tipo de energía.

Resultados

Dinamarca es una nación pequeña geográficamente, con una población de cerca de 5.5 millones, así que esto debe ser tomado en cuenta cuando se compara con otros países de mayor población.

De cualquier modo, los logros daneses son impresionantes. No hay que olvidar que en 1973 Dinamarca dependía en un 99% del petróleo extranjero. Al día de hoy producen suficiente energía para cubrir todas sus necesidades y venden su energía excedente a otros países. Sus programas de conservación de energía han sido tan exitosos que durante los pasados treinta años, aún con la extensa modernización y el incremento del 7% del incremento de su población, su uso de energía anualmente ha permanecido básicamente igual.

¹¹² Ídem.

Aunque, Dinamarca esté entre los países con mayores impuestos en el mundo, también tiene uno de los más altos estándares de vida. Es más, recientes encuestas muestran que la mayoría de los daneses pagarían impuestos más elevados en orden de permanecer libres de la dependencia de los combustibles fósiles.

En el 2007 el gobierno Danés se impuso varias metas a futuro para el país: Esperan ser capaces de proveer el 75% de su consumo de energía de granjas eólicas para 2025. “Nosotros apuntamos a hacer que Dinamarca sea independiente del petróleo, gas y carbón en el largo plazo”, dijo el Primer Ministro Danés Anders Fogh Rasmussen,¹¹³ y un miembro del parlamento Danés añadió “No debe de ser torpe, no debe de ser aburrido, y no tenemos que renunciar a nuestro estilo de vida. Solo tenemos que ser un poco más inteligentes acerca del modo en que vivimos”.¹¹⁴

¹¹³ Ibídem 107.

¹¹⁴ Ídem.

2.9 De las energías renovables, ¿cuáles son una alternativa real para México?

Las energías renovables se definen como aquellas fuentes de energía que son técnicamente sustentables, sin daños considerables al medio ambiente. Entre éstas se encuentran la energía eólica, la solar, la geotérmica, la leña, la biomasa, el carbón vegetal sustentable y la energía hídrica.

En el capítulo anterior se mencionó el tipo de tecnología usada en cada uno de estos tipos de energía, así como su estado actual en el país, es por esto, que ahora se hace prioritario analizar el potencial de cada una de estas energías en nuestro país, si queremos encontrar una alternativa al uso de hidrocarburos en nuestra política energética nacional, es necesario que se analice cuáles son las alternativas que nuestro país ofrece en mayor cantidad para que así pueda desarrollarse un plan orientado a la explotación de estas fuentes alternas. A continuación se analizan los potenciales de cada uno de los tipos de energía antes mencionadas.

2.9.1 Potencial bioenergético.

En 1985 se estimó, a nivel nacional, un potencial de cogeneración de electricidad en la industria azucarera de 15.2×10^9 kWh.¹¹⁵ (ver tabla 6)

Tabla 6. Producción de caña y su correspondiente potencial de cogeneración.

Región	Producción de caña (10 ⁵ TCM*)	Potencial de cogeneración (10 ⁹ kWh)
Occidente	11.2	4.8
Oriente	19.4	8.3
Centro	2.9	1.2
Sureste	2.2	0.9
<i>Total</i>	35.7	15.2

*Tonelada de caña molida.

FUENTE: Potencial de cogeneración de electricidad en la industria azucarera. (1981).

En 1991 se reportó que, de la superficie total del país, el 21% era arbolada cubierta de bosques y selvas altas y medianas. La cantidad de madera en pie en la superficie anterior, en 1983, era de 3,200 millones de m³ en rollo, con incrementos estimados de 53.8 millones de m³ por año. Las entidades con el recurso de bosques más importantes son: Chihuahua y Durango, y con el de la selva Campeche, Chiapas y Veracruz.

115 Navia J., et al. Potencial de cogeneración de electricidad en la industria azucarera. Memorias de la XI Reunión Nacional de Energía Solar, 30 de septiembre al 2 de octubre de 1981, Asociación Nacional de Energía Solar, pp. 304-308. Villahermosa, Tabasco, México.

El 14% de la superficie del país estaba cubierta por selvas bajas, chaparrales y mezquitales, el 29% por matorrales, y el restante 36% eran áreas perturbadas y no-forestales. Por aquellos años a excepción del bagazo de caña, la generación de residuos agrícolas, forestales o madereros no estaba cuantificada con exactitud. En lo que respecta a la basura se estimó que se generaban 56,500 toneladas diarias en el país, de las cuales se recolectaban un 75%.¹¹⁶

En 1998 se reportó que la generación de residuos sólidos aumentó de 300 gramos/habitante/día en la década de los 50 a más de 815 gramos en promedio en 1997. En 1998 la generación nacional de residuos se estimó en 82,600 toneladas diarias. Por ese año se recolectaba únicamente el 77% del total de los residuos generados, por lo cual quedaban dispersas 19,000 toneladas. Del total generado sólo se depositaba el 35% en sitios controlados, es decir, 28,900 toneladas, lo que indicaba que 53,700 toneladas se disponían diariamente a cielo abierto en tiraderos no controlados o clandestinos.¹¹⁷ (ver tabla 7)

Tabla 7. Generación anual de residuos sólidos por zona geográfica en el país.

Zona	Población Proyección 1998	Generación per cápita (kg/hab/día)	Generación diaria (ton)	Generación anual (ton)
Centro	50,613,739	0.783	39,618	14,460,535
DF	8,627,273	1.329	11,467	4,185,464
Norte	19,026,502	0.891	16,949	6,186,454
Sur	12,270,160	0.679	8,328	3,039,721
Frontera Norte	6,612,245	0.955	6,318	2,305,973
Nacional	97,149,919	0.851	82,680	30,178,148

Fuente: Situación actual del manejo integral de residuos sólidos en México, (1998).

En 2002 se reportó el potencial energético de la biomasa.¹¹⁸

Tabla 8. Contenido energético por recurso de biomasa.

Recurso de biomasa	Contenido energético (Peta Joules/año)
Leña	254.7
Bagazo	69.9
Residuos forestales	5.8
Residuos agrícolas	605.4
Residuos pecuarios	919.8
Basura urbana	0.08
Aguas residuales	4.1
Nacional	1,851.0

Fuente: Potencial energético de la biomasa en México. Noviembre de 2002.

Tabla 9. Composición de los residuos por zona geográfica en porcentajes.

¹¹⁶ Instituto de Investigaciones Eléctricas. Gerencia de Energías No Convencionales. Perspectivas de las fuentes no convencionales de energía dentro del Sector Eléctrico y su posible contribución a la generación eléctrica en diferentes regiones del país. Reporte IIE/10/14/2928/01/F, pp. 167-168. Cuernavaca, Morelos, México, 1994.

¹¹⁷ Sancho, J., Rosiles G. Situación actual del manejo integral de residuos sólidos en México. Revista Federalismo y Desarrollo. Año 11, no. 62, abril-junio, 1998, Tema: residuos sólidos municipales, pp. 3-16. México, D. F.

¹¹⁸ Arvizu J. L., et al. Potencial energético de la biomasa en México. Memorias de la XXVI Semana Nacional de Energía Solar, 11 al 15 de noviembre de 2002, Asociación Nacional de Energía Solar, pp. 601-606. Chetumal, Q. Roo, México.

Subproducto	Frontera Norte	Norte	Centro	Sur	DF
Cartón	3.973	4.366	1.831	4.844	5.360
Residuos finos	1.369	2.225	3.512	8.075	1.210
Hueso	0.504	0.644	0.269	0.250	0.080
Hule	0.278	0.200	0.087	0.350	0.200
Lata	2.926	1.409	1.700	2.966	1.580
Material ferroso	1.183	1.476	0.286	0.399	1.390
Material no ferroso	0.226	0.652	0.937	1.698	0.060
Papel	12.128	10.555	13.684	8.853	14.580
Pañal desechable	6.552	8.308	6.008	5.723	3.370
Plástico película	4.787	5.120	1.656	1.723	6.240
Plástico rígido	2.897	3.152	1.948	1.228	4.330
Residuos alimenticios	26.972	21.271	38.538	16.344	34.660
Residuos de jardinería	16.091	19.762	7.113	26.975	5.120
Trapo	1.965	2.406	0.807	2.157	0.640
Vidrio de color	2.059	0.934	4.248	0.599	4.000
Vidrio transparente	4.590	5.254	5.051	3.715	6.770
Otros	11.500	12.267	12.326	14.102	10.410
Total	100	100	100	100	100

Fuente: Situación actual del manejo integral de residuos sólidos en México, (1998).

Recientemente la Gerencia de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas (GENC-IIE) elaboró la versión preliminar de los mapas del recurso biomásico anual en el ámbito municipal a partir de la información censal agropecuaria AGROS, derivada del VII Censo Agropecuario realizado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en 1991.

Estos mapas se realizaron en tres variantes, la primera considerando el potencial energético de la biomasa derivado de los desechos agrícolas obtenidos a partir de la superficie cosechada de arroz, caña de azúcar, cebada, frijol, maíz, sorgo y trigo; la segunda considerando el estiércol producido y su posterior conversión a biogás para las siguientes especies: ganado asnal, bovino, caballar, caprino, mular, ovino y porcino, así como aves de corral; y finalmente la tercera variante considera la suma de las dos primeras. Estos mapas se encuentran en su versión preliminar ya que la información de la cual fueron derivados data de hace 17 años.

2.9.2 Evaluación del potencial eoloenergético.

En 1983 se publicó el Atlas Eólico Preliminar de América Latina y el Caribe,¹¹⁹ en el cual se presenta el mapa del potencial eólico en W/m^2 para la República Mexicana. En este mapa se anotan la velocidad media anual en m/s y el factor de forma k de la función de densidad de probabilidad (f.d.p.) de Weibull para cada una de las estaciones consideradas. La información empleada para elaborar el mapa consistió en la velocidad media del viento en m/s proveniente de 62 estaciones, la velocidad media del viento dominante en m/s de 66 estaciones y velocidad máxima del viento en m/s de 80 estaciones.

La altura de los sensores en las estaciones es muy variable y no se conocía este dato para 34 estaciones. La GENC-IIE calculó el parámetro de forma k de las 62 estaciones utilizando valores disponibles de velocidad media y velocidad máxima. El método aplicado fue una variante de la milla más rápida.

Según la propia Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) el valor del Atlas es esencialmente cualitativo. En 1987, se elaboró un trabajo sobre el potencial eólico en México a partir de información de velocidad y dirección de viento en la red de observatorios del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) observada de 1971 a 1979. En este trabajo se presenta como resultado mapas con la regionalización del potencial energético del viento para su aprovechamiento en el bombeo de agua y la generación eléctrica y los listados con el potencial eólico estimado e información climatológica de cada observatorio.¹²⁰

En 1989 se realizó un estudio de los patrones estacionales de la velocidad y dirección del viento a nivel nacional a partir de información de la red de observatorios del Servicio Meteorológico Nacional recabada entre 1971 y 1979. Esta información permitió conocer los meses de mayor intensidad del viento en las diferentes regiones geográficas del país.¹²¹

En 1990 se publicaron dos artículos sobre la evaluación del recurso eólico, el primero sobre las perspectivas de utilización de la energía eólica en México y el segundo sobre la evaluación del potencial del viento en el Ciprés, San Luís Potosí

119 Organización Latinoamericana de Energía. Atlas Eólico Preliminar de América Latina y el Caribe, volumen I. México. Programa Regional de Energía Eólico. Quito, Ecuador, 1983.

120 Reyes, O. Atlas eólico preliminar de la República Mexicana, Universidad Veracruzana, Facultad de Física. Tesis de Licenciatura. Xalapa de Enríquez, Ver., México, 1987.

121 Saldaña R., Caldera, E. Evaluación de los patrones estacionales de velocidad y dirección de viento en las diferentes zonas geomórficas del territorio nacional. Memorias de la XIII Reunión Nacional de Energía Solar, 2 al 6 de octubre de 1989, Asociación Nacional de Energía Solar, pp. 69-74. Morelia, Mich., México.

En el primer artículo se presenta el esquema general del viento en México, se delimitan las principales regiones con recurso eólico y se describe el comportamiento del viento en zonas con potencial comprobado. En el segundo artículo se presentan los valores de velocidad promedio mensual, factores k y c de la f.d.p. de Weibull y la potencia disponible y aprovechable para los años de 1979 a 1981 en el Ciprés, S.L.P.¹²²

En 1991 se publicaron resultados sobre el comportamiento del viento en la zona costera norte y porción insular del estado de Quintana Roo. Estos resultados se obtuvieron a partir de mediciones anemométricas realizadas entre finales de 1989 a principios de 1991, en 8 sitios, obteniéndose sobre una base mensual gráficas de velocidad media, densidad de potencia disponible en W/m^2 y porcentajes de tiempo con vientos útiles.¹²³ (ver tabla 10)

Tabla 10. Velocidades y densidades de potencia medias anuales estimadas a 10 metros de altura en los diferentes puntos de medición.

Lugar	Velocidad media (m/s)	Densidad de potencia media (W/m^2)
Punta Sam	6.4	242.9
Puerto Juárez	5.0	126.7
Puerto Morelos	4.6	102.1
Chemuyil	4.0	71.4
Leona Vicario	1.8	10.7
Coba	1.5	9.0
San Gerváseo	2.5	22.6
<i>Chen-Rio</i>	6.2	223.2

Fuente: Análisis del comportamiento del viento en la zona costera norte y porción insular del estado de Quintana Roo (1991).

En 1992 se realizó un estudio del potencial eólico en el Cerro de La Virgen, Zacatecas, con objeto de realizar la configuración topológica de una central de 2 MW.¹²⁴ En dicho estudio se determinó en forma mensual, estacional y anual a 10 y 30 metros de altura la velocidad promedio, desviación estándar, parámetros k y c de la f.d.p. de Weibull, densidad de potencia en W/m^2 , energía disponible en kWh/m^2 y porcentaje de tiempo con velocidades ≥ 5 m/s.

122 Evaluación del potencial eólico en El Ciprés, S. L. P., pp. 219-224. 1ª Reunión de Ingeniería en Energía y Recursos Energéticos. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Editorial Universitaria Potosina. ISBN-968-6194-32-0 0167-90014-A0022. San Luis Potosí, México, 1990.

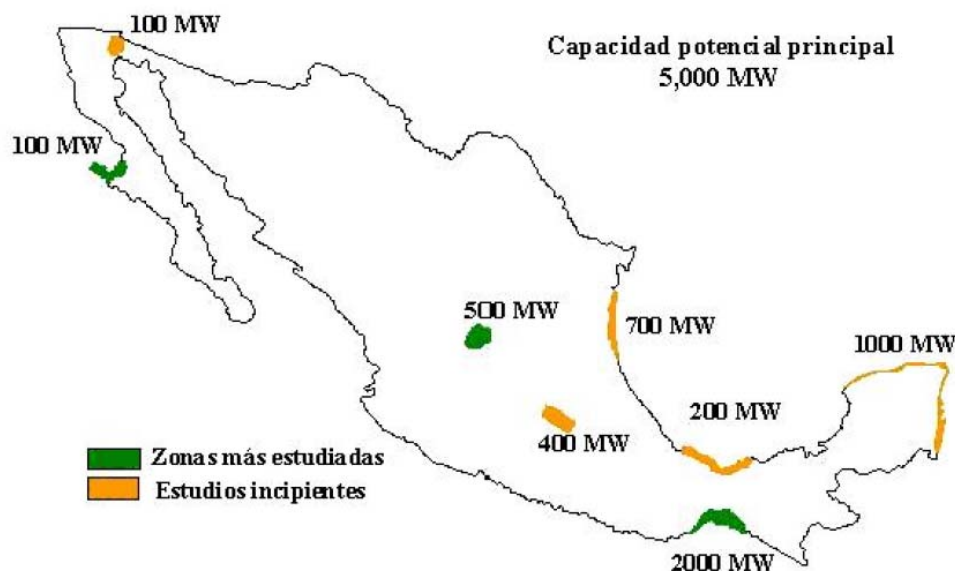
123 Caldera, E., Saldaña R. Análisis del comportamiento del viento en la zona costera norte y porción insular del estado de Quintana Roo. Memorias de la XV Reunión Nacional de Energía Solar, 30 de septiembre al 4 de octubre de 1991, Asociación Nacional de Energía Solar, pp. 102-106. Zacatecas, Zac., México.

124 Instituto de Investigaciones Eléctricas. Gerencia de Energías No Convencionales. Informe al municipio de Zacatecas sobre la terminación de la 1ª. Etapa del proyecto de la central eólico del cerro de La Virgen. Informe IIE/FE/10/14/5010/I-02/F. Cuernavaca, Morelos, México, junio 1994.

En 1995 se publicó el documento *Mexico Wind Resource Assessment Project*, en el cual presenta como resultado mapas donde se aprecian zonas en las que el potencial eólico puede ser aprovechado energéticamente. Este estudio incluye comparaciones en la estimación de la densidad de potencia del viento con el atlas de OLADE publicado en 1983. Según se observa en el estudio existe una gran diferencia entre los valores de OLADE y *Nacional Renewable Energy Laboratory* (NREL).¹²⁵

En 1998 se publicó un mapa con las regiones con posibilidades en México para la construcción de centrales eoloelectricas (figura 24) y realizó una comparación del potencial eólico de la zona de La Ventosa, Oaxaca con otros sitios con velocidades de viento intensas a nivel mundial. En esta publicación se indican los sitios donde la CFE y el IIE han llevado a cabo mediciones anemométricas dentro del territorio nacional (figura 25).¹²⁶

Figura 24. Regiones con posibilidades en México para la construcción de centrales eoloelectricas.



Fuente: Estado del arte y tendencias de la tecnología eoloelectrica, (1998).

¹²⁵ Schwartz, M., Elliot D. Mexico Wind Resource Assessment Project. Nacional Renewable Energy Laboratory. Documento NREL/TP-441-7809. Washington, D. C., March, 1995.

¹²⁶ Borja M., et al. Estado del arte y tendencias de la tecnología eoloelectrica, pp. 120-124, primera edición, Universidad Nacional Autónoma de México, Programa Universitario de Energía. ISBN 968-36-7433-X. México, 1998.

Figura 25. Sitios donde la CFE y el IIE han llevado a cabo mediciones anemométricas dentro del territorio nacional.



Fuente: Estado del arte y tendencias de la tecnología eolieléctrica, (1998).

En 2001, se reportó el estudio del potencial eólico en Santa Catarina, Nuevo León. En dicho estudio se explora el potencial eólico para la generación eolieléctrica en la cuenca Monterrey-Salttillo. El estudio se basa en datos meteorológicos obtenidos durante un año en Santa Catarina, N. L. Los datos fueron obtenidos con una estación automatizada en intervalos de 30 minutos a una altura de 23 metros sobre el suelo y fueron extrapolados a 50 metros. De ahí se obtuvo la distribución de las velocidades y los perfiles diurnos promediados de la velocidad y dirección del viento.

Para la estimación de la potencia generable en el sitio se emplearon las curvas de potencia de 13 modelos de aerogeneradores disponibles en el mercado con potencias nominales entre 225 kW y 1.5 MW. Los factores de planta teóricos arrojados por este análisis fluctuaron entre 19 y 26%, teniéndose factores más altos en aerogeneradores de potencia nominal más bajos. Un análisis económico tuvo como resultado la factibilidad económica de la generación eolieléctrica con un costo promedio del orden de 6 a 7 US¢/kWh, dependiendo de la tasa de descuento y el horizonte financiero utilizados, sin considerar incentivos gubernamentales.¹²⁷

Entre mediados de 2002 y finales de 2003 se llevó a cabo la evaluación del potencial energético de los recursos eólico y solar para la generación de energía eléctrica en los cinco polos de desarrollo identificados en el Plan FIDENOR.

¹²⁷ Probst O., et al. Estudio del potencial eólico en Santa Catarina, N. L., pp. 515-516. Memorias de la XXV Semana Nacional de Energía Solar, octubre de 2001, Asociación Nacional de Energía Solar. San Luis Potosí, S. L. P., México.

Dentro de este estudio se llevaron a cabo mediciones de la velocidad y dirección de viento en cinco sitios ubicados en la franja fronteriza del estado de Nuevo León con apoyo económico del Banco Norteamericano de Desarrollo (NADB) y del Fideicomiso para el Desarrollo del Norte del Estado de Nuevo León (FIDENOR).¹²⁸

Los valores de velocidad promedio mensual de viento observados en cada uno de los sitios de medición se encuentran entre los siguientes rangos:

- Anáhuac 2.62 a 4.63 m/s (a 27 m de altura)
- Cerralvo 3.79 a 5.23 m/s (a 54 m de altura)
- Colombia 3.67 a 4.76 m/s (a 35 m de altura)
- Loma Alta 4.38 a 5.84 m/s (a 42 m de altura)
- Vallecillos 3.33 a 5.44 m/s (a 42 m de altura)

Dadas las características de recurso eólico, la zona que reporta las mejores posibilidades para la implementación de aerogeneradores se ubica en las inmediaciones de Loma Alta. Sin embargo, en los alrededores de Cerralvo, específicamente en la zona montañosa ubicada en el extremo occidental del área estudiada, se obtuvo a través de la estimación del potencial de generación, valores de factor de planta entre 20 y 30%, lo que conlleva a costos nivelado de generación entre 7 y 8 US¢/kWh, los cuales son costos competitivos.

Actualmente están disponibles en Internet mapas del recurso eólico elaborados por NREL para diferentes regiones de México en W/m^2 de los cuales se obtuvieron los datos de la siguiente tabla.¹²⁹

Tabla 11. Recurso eólico para diferentes regiones de México en W/m^2 .

Región	Altura (m)
Baja California (zona fronteriza)	50
Oeste de Sonora (zona fronteriza)	50
Áreas fronterizas del Noroeste de México	50
Este de Sonora (zona fronteriza)	50
Baja California Sur	30
Noroeste de Baja California Sur	30
Oeste-central de Baja California Sur	30
Península de Yucatán	30
Costa Suroeste de la península de Yucatán	30
Costa noroeste de la península de Yucatán	30

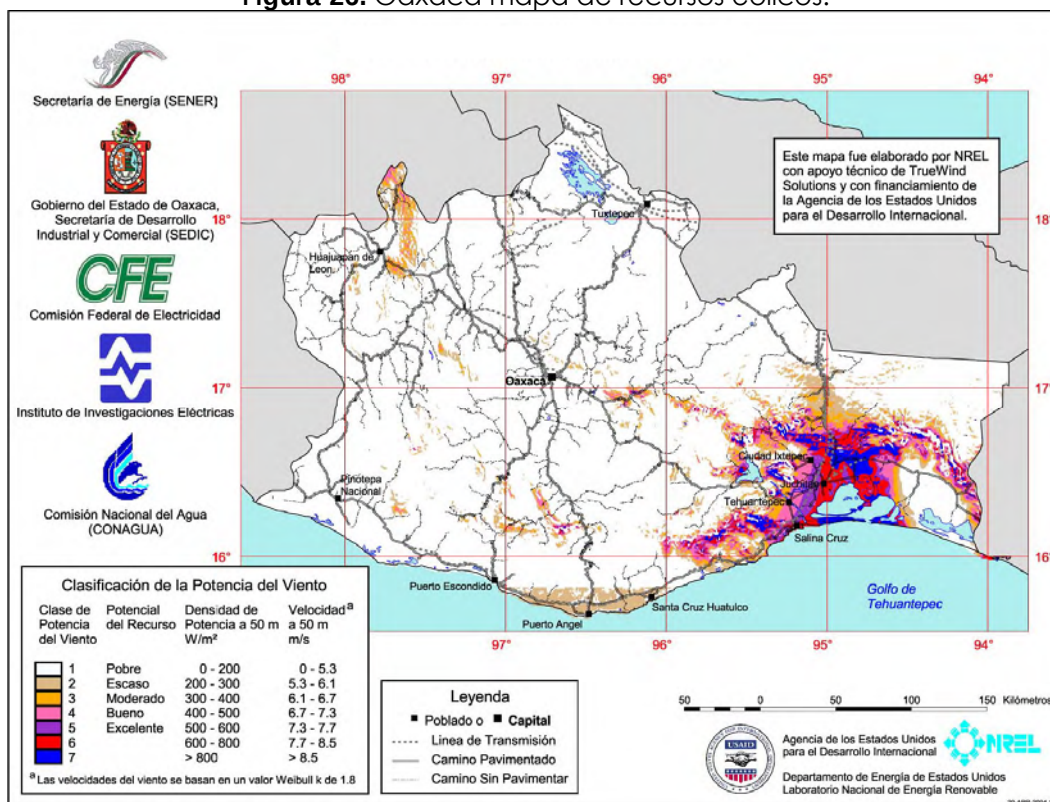
FUENTE: NREL. [2007]

¹²⁸ Instituto de Investigaciones Eléctricas. Gerencia de Energías No Convencionales. Evaluación del potencial energético de los recursos eólico y solar para la generación eléctrica en los cinco polos de desarrollo identificados en el Plan FIDENOR. Reporte IIE/01/14/12325/I006/F/DI. Cuernavaca, Morelos, México, Noviembre 2003.

¹²⁹ NREL. Mapas del recurso eólico para diferentes regiones de México. Disponibles al público en la página de Internet: www.re.sandia.gov/en/ti/tifs.htm.

A principios de 2004 NREL publicó el *Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca* en el cual se presentan los mapas del recurso eólico del estado de Oaxaca y la región ístmica en W/m^2 a 50 metros de altura.¹³⁰ Según este estudio el 7.3% del estado ($6,637 \text{ km}^2$) cuenta con recurso eólico de bueno a excelente ($\geq 400 \text{ W/m}^2$).

Figura 26. Oaxaca mapa de recursos eólicos.



FUENTE: Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca (1994).

Actualmente están a disposición del público en general a través de Internet,¹³¹ 17 mapas del potencial eólico en W/m^2 a 10 metros de altura para: Isla del Carmen, Campeche, Pachuca, Hidalgo, La Venta, Oaxaca, Playa Paraíso, Quintana Roo, Moroncarit, Sonora, Laguna Verde, Veracruz y La Virgen, Zacatecas.

A principios de 2004 dio inicio el proyecto Plan de Acción para Eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloelectrónica en México dentro de la Gerencia de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas, copatrocinado por el *Global Environment Facility* (GEF) dentro del cual se identificarán 11 sitios en la República Mexicana para la instalación de torres anemométricas con objeto de evaluar su potencial eólico. La medición en estos sitios se llevará a cabo a 20 y 40 metros de altura.

130 Elliot D., et al. Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca. National Renewable Energy Laboratory. Documento NREL/TP-500-35575. Abril, 1994.

131 IIE. Mapas del Recurso Eólico para diferentes zonas del país. Disponibles al público en la página de Internet: <http://genc.iie.org.mx/genc/>.

2.9.3 Evaluación del potencial minihidráulico.

Potencial pequeño, mini y mico hidroenergético

Con base en proyectos desarrollados en nuestro país ó en otras partes del mundo en las ultimas décadas, se propone modificar los rangos utilizados por CONAE para hacerlos más flexibles y más cercanos a las diferentes tecnologías y usos finales de la energía.

Los nuevos límites propuestos son como sigue:

- Microhidro < 100 kW
- Minihidro $100 < \text{kW} < 1,000$
- Pequeña $1 < \text{MW} < 30$

Las *microhidráulicas* se desarrollan por lo regular para la conversión a energía mecánica en el medio rural. Las *minihidráulicas* se desarrollan para la conversión a energía mecánica y/o eléctrica. Por lo general operan en red aislada. Las *pequeñas* centrales se desarrollan para la conversión a energía eléctrica para auto abasto y están interconectadas a la red pública.

En 1991 la Gerencia de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas reportó que en lo relacionado con los recursos hidroenergéticos con que contaba el país en aquel entonces, la Comisión Federal de Electricidad había realizado varias evaluaciones. En aquel año el último estudio indicaba de los 581 posibles proyectos hidroeléctricos identificados, 171 registraban menos de 10 MW de potencia media. En esas fechas los estudios no incluían los recursos de pequeña escala, con potencia inferior a 5 MW, que eran los más adecuados para la implantación de pequeñas centrales hidroeléctricas.¹³²

Hace algunos años la Comisión Nacional para el uso eficiente de la Energía (CONAE) publicó un documento en el cual se presenta una lista de centrales en operación propiedad de CFE y Luz y Fuerza del Centro (< 5 MW) con potencias de placa de 0.38 a 3.6 MW que acumulan un total de 37.61 MW, una lista de centrales minihidráulicas en operación independientes (< 5 MW) con potencias de placa que van de los 12.3 kW a los 2.5 MW, con un total instalado de 43.57 MW; una lista de centrales de CFE fuera de servicio (< 5 MW) con potencias entre 0.113 a 3.5 MW con un total acumulado de 37.075 MW; una lista de proyectos de equipamiento en infraestructura hidráulica no propiedad de la CFE con potencias a instalar que van de los 1.81 a 60 MW, con capacidad total de 255.26 MW de los cuales 30.6 MW corresponderían a proyectos minihidráulicos; y una lista de proyectos de equipamiento en infraestructura no propiedad de CFE con potencias a instalar entre los 1.3 a 85.0 MW con un total acumulado de 381 MW, de los cuales 61 MW serían proyectos minihidráulicos.

¹³² Comisión para el Ahorro de Energía. Estudio de la situación actual de la Minihidráulica nacional y potencial en una región de los estados de Veracruz y Puebla. México, (sin fecha).

Asimismo se presenta un estudio hidrológico que abarca parte de los estados de Puebla y Veracruz, así como una pequeña porción del estado de Hidalgo (26,376 km²). La zona está comprendida entre los meridianos 96° 15' y 98° 40' longitud oeste y los paralelos 19° 09' y 21° 10' latitud norte.¹³³

Cuando se hizo la mal llamada “expropiación” (pues se trató en realidad de una compra) de la industria eléctrica, por decreto del presidente Adolfo López Mateos el 27 de septiembre de 1960, la nación adquirió entre otros bienes, 44 pequeñas centrales hidroeléctricas privadas, con potencias instaladas de alrededor de 1 MW. Estas centrales actualmente son obsoletas con más de 60 años de servicio. Se ha iniciado la modernización de alguna de ellas. Se sabe también de la existencia de 77 unidades privadas con una potencia global de 43.5 MW que han operado también por mas de 60 años y cuyo estado de conservación es similar a la que guardan las plantas de la CFE ó la Compañía de Luz y Fuerza.

En el río Grijalva se construyeron cuatro plantas: Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas cuya potencia instalada es de 4,870 MW, incluyendo la reciente ampliación de las tres unidades que estaban pendientes de la Central Chicoasén ó Moreno Torres. En el río Balsas se cuenta con tres centrales más (Caracol, Infiernillo y Villita) que suman 1,895 MW adicionales para un total global de 6,765 MW.¹³⁴

Este valor representa el 66.3 % del total. Es decir, *en siete hidroeléctricas se concentra el 66.3% del potencial explotado a la fecha*. Se espera que los 6,166 MW que se tienen al nivel de Factibilidad se vayan cristalizando en proyectos construidos y operando satisfactoriamente en el futuro cercano.

Estimación del potencial

Zona de Veracruz – Puebla 1995

El área estudiada cubre 26,376 km² y representa el 37 % del total del Estado de Veracruz. Los seis ríos principales son: Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Bobos - Nautla, Actopan y La Antigua. Estos tienen en total 57 afluentes o ríos tributarios en donde se localizaron los sitios potenciales.

Se localizaron 100 sitios en total. La potencia media de ellos es de 400 MW, es decir una potencia media promedio de 4 MW por sitio. La mayoría de los sitios aprovecha una caída o desnivel topográfico de 100 m y en ningún caso se almacena agua en la presa derivadora; es decir todas las centrales son del tipo “al hilo del agua”.

¹³³ Ibidem, pp. 190.

¹³⁴ Valdez Ingenieros S.A. de C. V. “Estimación del Recurso para Pequeña, Mini y Micro Hidroenergía Aplicaciones en México.” Agosto 2005. pág. 5.

El resultado indica que al menos 62 sitios son viables con una potencia media total de 364 MW.¹³⁵

Zona de Orizaba – Xalapa , Veracruz 2003

Se estudió la cuenca de los ríos Blanco, Jamapa y Pescados para identificar ó revisar sitios potenciales. La diferencia de cálculo se debió a una metodología desarrollada para CONAE específicamente,¹³⁶ apoyada en hojas de cálculo en formato Excel que por primera vez permitieron realizar gran cantidad de operaciones aritméticas en corto tiempo. Se logró determinar entre otras, las dimensiones económicas de cada sitio estudiado en cuanto al gasto ó caudal que conviene instalar, el presupuesto de la obra así como la potencia económica a instalar en el ó los generadores en cuestión.

Cabe mencionar que además de los posibles nuevos sitios, se estudió la posibilidad de rehabilitar nueve pequeñas plantas hidroeléctricas en la zona de Orizaba que datan la mayoría de los años 50 con una potencia instalada de 25 MW e incluso aumentar en 8 MW la potencia instalada actual por medio del incremento del gasto aprovechable del río Blanco.

Zona de Zongolica, Veracruz 2004

Se llevó a cabo otro estudio para identificar sitios con potencial mini y micro hidráulico en la zona de Zongolica, en el estado de Veracruz.¹³⁷ A lo largo del proyecto se trabajó coordinadamente con la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Comisión para el Desarrollo de Pueblos Indios (CDI) CDI y la CFE.

La zona es rica en precipitación pluvial. Se estudiaron los dos afluentes principales de la cuenca alta del río Tonto, los ríos Apatlahuaya y Moyotepec. La zona está identificada como una región con buena cobertura del servicio de energía eléctrica aunque en algunos casos, aunque existe la red eléctrica, debido a la dispersión de viviendas, se carece parcialmente del servicio eléctrico.

Hay también el caso de comunidades que no cuentan con energía eléctrica porque la red pasa lejos de donde se encuentran.

135 SE. CONAE. "Estudio de la Situación Actual de la Minihidráulica Nacional y Potencial en una Región de los Estados de Veracruz y Puebla." Dirección de Cogeneración y Fuentes no Convencionales de Energía, Coordinación Técnica. 1995. 204. pp.

136 CONAE. "Informe Final: Metodología para evaluar centrales minihidroeléctricas." Coordinación Técnica. Junio 1999. 61pp.

137 Valdez Ingenieros SA de CV." Estudio de potencial minihidráulico en Zongolica." CONAE-USAID-SNL, Coordinación Técnica. Abril 2004. 32 pp.

Tabla 12. Estimaciones de pequeño, mini ó micro potencial hidroenergético realizados por la CONAE de 1994 al 2004 en una región de los estados de Veracruz y Puebla.

Región	No. De sitios	Potencia Media (MW)	Potencia Instalada (MW)	Generación Media Anual (GWh)
Golfo (1994)	62	364		3,189.5
Orizaba – Xalapa (2003)	8		47	240.8
Zongolica (2004)	2		14	95.8
Total	72	364	61	3,526

FUENTE: Estudio de potencial minihidráulico en Zongolica. CONAE-USAID-SNL, Abril 2004.

Se trata de 72 sitios con una generación media anual total estimada en 3,526 GWh. Por la forma de cálculo, 62 de ellos tienen en conjunto una *potencia media* de 364 MW y los 10 restantes alcanzan 61 MW de *potencia instalada*.

Por estudios de la CONAE, se comenta que viendo los estudios de potencial macro y pequeño realizados en otros países, se sabe que estadísticamente el potencial pequeño representa el 7.13 % del macro. Si el potencial de CFE en 1994 se reportó como 159 TWh/año, esto situaba al posible potencial pequeño en 11.33 TWh/año.

Si ahora se tomara el potencial CFE del año 2000 (137.97 TWh/año), la nueva cifra ubicaría al potencial nacional pequeño mini ó micro en 9.79 TWh/año y 2,795 MW de potencia instalada.¹³⁸

Incertidumbre de las estimaciones ó estudios

Se puede decir que el proceso de estudio va a reflejar una reducción del número de sitios y de generación ó potencia originalmente detectada, se pueden presentar cambios en la estimación del potencial útil por alguna de las siguientes causas:

- Cambios hidrológicos de la cuenca
- Cambios en el uso del agua
- Cambios por disposiciones ecológicas
- Problemas con tenencia de la tierra
- Problemas geológicos

¹³⁸ Valdez Ingenieros S.A. de C. V. "Estimación del Recurso para Pequeña, Mini y Micro Hidroenergía Aplicaciones en México." Agosto 2005. Pág. 7.

Por ultimo es importante resaltar o siguiente:

Sólo se ha estudiado una pequeña región del territorio nacional con fines de evaluación de potencial pequeño, mini ó micro hidroenergético. Existen regiones ricas en potencial en estados como Guerrero, Oaxaca, Chiapas y resto de Veracruz. Por lo que no es conveniente asumir como confiable la estimación estadística del potencial pequeño, mini ó micro hidroenergético con base en cifras estadísticas.

El país cuenta con un potencial macro hidroeléctrico de 137,977 GWh/año y una potencia de 52,427 MW en 583 sitios o proyectos. La explotación de dicho potencial en 72 centrales era en el año 2000 del 18.2 % en términos de generación media anual y del 19.4 % en términos de potencia instalada.

La CFE sólo considera atractivo el estudio de proyectos cuya capacidad de generación sea mayor a 40 GWh/año. La CFE estima que existe un gran número de sitios con capacidad inferior 40 GWh/año pero que no son útiles para satisfacer las demandas del Sistema Eléctrico Nacional.

Sólo se conoce una porción de los estados de Veracruz y Puebla. El área estudiada fue de 26,376 km² y representa el 37 % del Estado de Veracruz. Corresponde a las cuencas de los ríos: Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Bobos - Nautla, Actopan y La Antigua. Un total 57 afluentes o ríos tributarios en donde se localizaron los sitios potenciales.

Se trata de 72 sitios con una generación media anual total estimada en 3,526 GWh. Se sabe que 62 de ellos tienen en conjunto una *potencia media* de 364 MW y los 10 restantes alcanzan 61 MW de potencia instalada.¹³⁹

2.9.4 Evaluación del potencial solar.

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), como parte del Programa Latinoamericano de Cooperación Energética publicó en 1985 el *Atlas Preliminar de Climatología Solar de América Latina y el Caribe*,¹⁴⁰ dentro del cual se presentan para México los mapas mensuales de radiación solar máxima total y directa en W/m². La información empleada para la elaboración de los mapas consistió en la heliofanía efectiva media diaria mensual en horas de 62 estaciones durante el período de 1971 a 1975. Los mapas fueron trazados con apoyo de estaciones de los Estados Unidos en la zona fronteriza norte y de Guatemala en la frontera sur.

139 Valdez Ingenieros S.A. de C. V. "Estimación del Recurso para Pequeña, Mini y Micro Hidroenergía Aplicaciones en México." Agosto 2005. Pág. 11.

140 Organización Latinoamericana de Energía. *Atlas Preliminar de Climatología Solar de América Latina y el Caribe*. México (versión a revisión). Programa Latinoamericano de Energía Solar. Quito, Ecuador, 1985.

Según los autores los resultados de este trabajo se comparan satisfactoriamente con los trabajos de Galindo I. y Chávez A.: *Estudio del Clima Solar en la República Mexicana, I Radiación Solar Total*, México, 1975; Almanza R. y López S.: *Radiación Solar Global en la República Mexicana Mediante Datos de Insolación*, UNAM, México, 1975; y Fernández J. L. y Estrada V.: *Cálculo de la Radiación Solar Instantánea*, UNAM, México, 1982.

El Programa Universitario de Energía de México de la UNAM publicó en 1991 el *Atlas de Radiación Solar* para México.¹⁴¹ Este atlas consta de 12 cartas las cuales presentan las isolíneas de radiación solar global en MJ/m² y la altura sobre el nivel medio del mar. Para la elaboración de las cartas se emplearon datos del satélite GOES y el modelo estadístico de Tarpley.¹⁴² Según los autores el error estándar de la estimación, con respecto a datos piranométricos de superficie es de 3 a 5%. En 1991 se publicó el *Atlas Solar de la República Mexicana* dentro del cual se encuentra una síntesis histórica de los estudios desarrollados sobre radiación solar en México.¹⁴³ Este atlas presenta los mapas de: soleamiento efectivo promedio, irradiación solar global media diaria en cal/cm²·día, la irradiación solar directa media diaria en cal/cm²·día y la irradiación solar difusa media diaria en cal/cm²·día, a nivel mensual, estacional y anual. Este trabajo reporta que en el 5% del país se recibe niveles de irradiación solar de menos de 400 cal/cm²·día en promedio; en el 57% entre 400 y 500 cal/cm²·día; y en el 38% más de 500 cal/cm²·día.

En 1994 se publicó el libro *Ingeniería de la Energía Solar*, en el cual se incluyen mapas mensuales y anuales del recurso solar (promedio de radiación total en Langleyes/día). Según el mapa correspondiente al promedio anual las regiones de mayor radiación en México son el norte de Sonora y Chihuahua, las cuales son propicias para fines de instalaciones que requieran de una incidencia alta de energía solar. Existen otras regiones bastante definidas con más de 450 ly/día en el año: una que abarca Durango, Zacatecas, Aguascalientes, la mayor parte de Guanajuato y el noroeste de Jalisco, otra que comprende una parte de Puebla, y otra, bastante amplia de Oaxaca.¹⁴⁴

En 2000 la Gerencia de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas elaboró de los mapas de irradiancia global, directa y difusa empleando la información de irradiación extraterrestre y global media mensual de 117 sitios en la República Mexicana proporcionada por la Universidad Veracruzana usada para la elaboración del Atlas Solar de la República Mexicana por parte de la Universidad de Colima y la Universidad Veracruzana, obtenida a partir de imágenes de satélite.

141 Galindo, I. y Valdés M. -México- Atlas de Radiación Solar, Documentos de Análisis y Prospectiva del Programa Universitario, Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1991.

142 Galindo, I., Castro S., Valdés, M. Revista Atmósfera (1991), 4, pp. 189-201.

143 Hernández E., et al. Atlas Solar de la República Mexicana. Textos Universitarios. Universidad de Colima, Universidad Veracruzana. ISBN 968- 834-230-0. México, agosto, 1991.

144 Almanza, R., Muñoz F. Ingeniería de la Energía Solar. Colegio Nacional. ISBN 968-6664-79-5. México, 1994.

Los valores de irradiación media difusa se obtuvieron mediante la relación de Lui-Jordan aplicada a latitudes mexicanas.¹⁴⁵ Las figuras 27 a 29 muestran los mapas anuales de irradiación.

Figura 27. Irradiación solar global anual.



FUENTE: Desarrollo del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México. (2001).

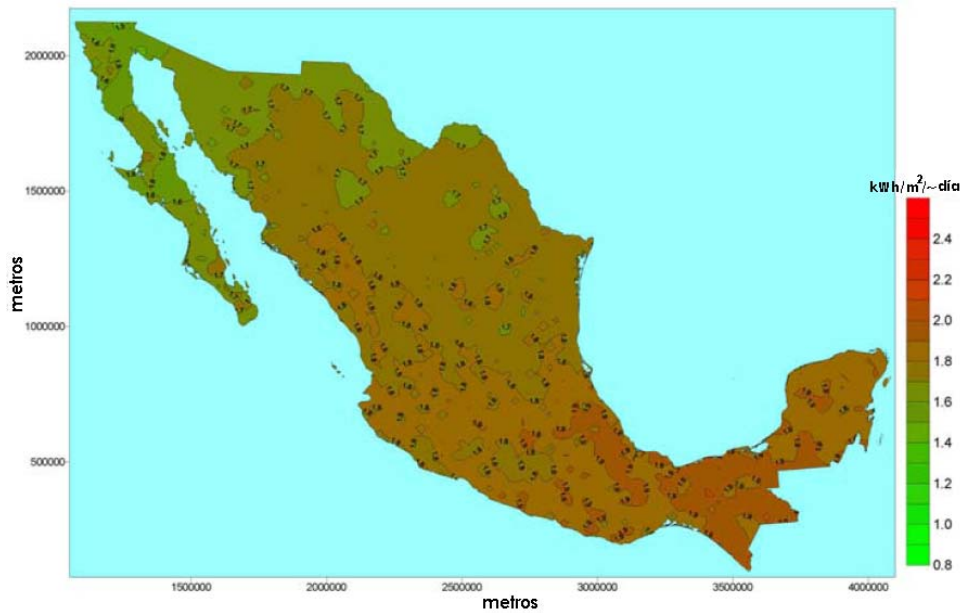
Figura 28. Irradiación solar directa anual.



FUENTE: Desarrollo del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México. (2001).

¹⁴⁵ Instituto de Investigaciones Eléctricas. Gerencia de Energías No Convencionales. Informe IIE/01/14/11778/102/A. Desarrollo del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México. 2ª Etapa. Informe Anual. Cuernavaca, Morelos, México, enero de 2001.

Figura 29. Irradiación solar difusa anual.



FUENTE: Desarrollo del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México. (2001).

En 2001, durante la XXV Semana Nacional de Energía Solar de la ANES, se presentaron los artículos *Sistema de acceso, a través de Internet, a los datos de la estación solarimétrica de la Universidad de Sonora, La radiación solar global al noreste de la Ciudad de México, Estudio de la insolación en la zona norte del Valle de México, Medición de radiación solar en Temixco, Morelos y Base Nacional de datos de radiación solar*. Según los autores del primer artículo se tiene pensado desarrollar una red de estaciones solarimétricas distribuidas en el estado de Sonora y incorporarlas para que sean visibles en el sitio Web desarrollado. Esta información cubrirá la necesidad de contar con datos confiables por parte de usuarios interesados en el aprovechamiento de la energía solar. En segundo artículo se presentan gráficas de la irradiación solar diaria en el período de enero a diciembre de 2000 en MJ/m^2 , obtenida a partir de mediciones de radiación solar global realizadas desde noviembre de 1998 a diciembre de 2000. El valor promedio mensual anual observado fue de 17.51 MJ/m^2 durante 1999 y para el 2000 de 17.29 MJ/m^2 . El tercer artículo presenta los resultados del análisis de la insolación registrada del 25 de julio de 1993 al 28 de septiembre de 1994, y del 24 de marzo al 31 de julio de 1995, en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa (UAM-A). El cuarto artículo se reportan algunos resultados de las mediciones de la radiación solar realizadas en el Centro de Investigación en Energía (CIE) de la UNAM. Por último, en el quinto artículo se reporta que el Observatorio de Radiación Solar (ORS) del Instituto de Geofísica de la UNAM, lleva más de 30 años midiendo las diferentes componentes de la radiación solar en su estación de Ciudad Universitaria.

2.9.5 Evaluación del potencial geotérmico.

Debido a sus particulares características geológicas-estructurales. México cuenta con abundantes recursos geotérmicos. Actualmente se cuenta con una base de datos que incluye 2,332 manifestaciones geotérmicas distribuidas en 27 de los 32 estados mexicanos.¹⁴⁶

En general se clasifica a los recursos geotérmicos en recursos de alta temperatura ($T \geq 200^{\circ}\text{C}$) y recursos de temperatura intermedia a baja ($T < 200^{\circ}\text{C}$). Esta clasificación obedece a la aplicabilidad de estos recursos. Los de alta temperatura pueden utilizarse para la generación de energía eléctrica. Los de temperatura intermedia a baja son más apropiados para aplicaciones directas del calor geotérmico. Existe una amplia gama de aplicaciones directas, tanto domésticas como industriales que dependen de la temperatura del recurso.

Actualmente en México existen cuatro campos geotérmicos de alta temperatura que están siendo explotados para la generación eléctrica (Cerro Prieto, Baja California; Los Azufres, Michoacán, Los Humeros, Puebla; y Tres Vírgenes, B.C.). La capacidad instalada total de estos campos geotérmicos es de 953 MW_e. Además, existen planes para instalar 75MW_e en Cerritos Colorados, Jalisco, en el futuro cercano.¹⁴⁷

Las aplicaciones directas del calor geotérmico en México están lejos de alcanzar su enorme potencial. Actualmente se concentran mayormente en balnearios, aunque existen algunos ejemplos de calefacción de edificios, secado de madera, invernadero y cultivo de hongos.

Estimación del Recurso

Reservas de temperatura intermedia a baja

Mercado y colaboradores (1985) efectuaron una evaluación muy gruesa de los recursos de temperatura intermedia a baja, para lo cual dividieron al país en dos grandes regiones. Una de estas regiones comprende el centro y sur del país, en donde consideraron una franja de 900 km de largo por 4 km de ancho en el Cinturón Volcánico mexicano. Supusieron un espesor del reservorio de 2 km y una temperatura media de 125 °C. Con estas consideraciones se estimó un potencial de 31,498 MW_e. La segunda región comprendió el Norte del país, principalmente el Valle de Mexicali, Laguna Salada y el Desierto de Altar con un área total de 2,000 km². Supuso un espesor del yacimiento de 1.5 km y una temperatura media de 135 °C. Con estas consideraciones estimó un potencial de 14,317 MW_e, lo cual da un total de 45,815 MW_e.

¹⁴⁶ Instituto de Investigaciones Eléctricas. "Estimación del recurso y Prospectiva Tecnológica de la Geotermia en México", 2005. Autores: Dr. Eduardo Iglesias, M.I. Víctor Arellano, Ing. Rodolfo Joaquín Torres. Pág. 11.

¹⁴⁷ VI Foro Regional. Impacto Estratégico de la Energía Geotérmica y Otras Renovables en Centro América. Managua, Nicaragua, Octubre de 2005. "Situación Actual y Perspectivas de la Energía Geotérmica en México", Autor: Luis Quijano, CFE, Gerencia de Proyectos Geotérmicos.

Tabla 13. Reservas geotérmicas de 20 Estados de México.

Estado	No. de manifestaciones en el Estado	No. de manif. incluido en estimaciones de reservas	No. De localidades incluidas en reservas	Energía Térmica (kJ) intervalo 90% confianza		Reservas (kJ) intervalo 90% confianza	
Aguascalientes	48	18	7	9.43E+15	2.23E+16	2.36E+15	5.58E+15
Chiapas	14	3	3	1.83E+15	4.18E+15	4.57E+14	1.04E+15
Chihuahua	53	13	11	8.69E+15	1.33E+16	2.17E+15	3.34E+15
Colima	3	1	1	2.4E+14	1.45E+15	6.03E+13	3.63E+14
Durango	55	5	5	2.59E+15	5.60E+15	6.48E+14	1.40E+15
Edo. De México	6	5	3	2.12E+15	4.91E+15	5.30E+14	1.23E+15
Guanajuato	172	75	47	4.32E+16	5.41E+16	1.08E+16	1.35E+16
Guerrero	10	1	1	2.40E+14	1.52E+15	6.00E+13	3.80E+14
Hidalgo	76	43	28	3.48E+16	4.78E+16	8.69E+15	1.19E+16
Jalisco	391	66	41	4.96E+16	6.83E+16	1.24E+16	1.71E+16
Michoacán	71	27	24	2.29E+16	3.38E+16	5.72E+15	8.45E+15
Morelos	2	1	1	2.60E+14	1.28E+15	6.50E+13	3.20E+14
Nayarit	56	19	13	1.48E+16	2.37E+16	3.70E+15	5.92E+15
Oaxaca	12	5	4	2.27E+15	4.83E+15	5.67E+14	1.21E+15
Puebla	17	7	6	3.68E+15	6.69E+15	9.20E+14	1.67E+15
Querétaro	172	63	54	4.90E+16	6.18E+16	1.23E+16	1.55E+16
San Luis Potosí	20	7	6	5.00E+15	1.02E+16	1.25E+15	2.55E+15
Sonora	77	9	8	4.84E+15	9.80E+15	1.21E+15	2.45E+15
Veracruz	10	2	2	1.10E+15	3.20E+15	2.74E+14	8.00E+14
Zacatecas	44	12	11	9.03E+15	1.62E+16	2.26E+15	4.05E+15
Total	1310	382	276				

FUENTE: Estimación del recurso y Prospectiva Tecnológica de la Geotermia en México, 2005.

Recientemente un nuevo intento más fino y completo por estimar las reservas geotérmicas Mexicanas de temperatura intermedia a baja ($T < 200^{\circ}\text{C}$) fue emprendido por Iglesias y colaboradores (2002). Dichos autores utilizaron el método volumétrico. Los datos necesarios fueron tomados de una compilación por Torres-Rodríguez (1993), que incluye 1,356 manifestaciones superficiales en 25 Estados. De acuerdo con la disponibilidad de datos apropiados en dicha compilación, Iglesias y sus colaboradores (2002) estimaron las energías térmicas de 297 localidades geotérmicas ubicadas en 20 Estados de México.

Posteriormente, Iglesias y Torres (2004) estimaron las energías térmicas totales, y sus reservas geotérmicas, de cada uno de los veinte Estados Mexicanos considerados por Iglesias y colaboradores (2002). En este trabajo se utilizaron los mismos datos que en Iglesias y colaboradores (2002).

Reservas de alta temperatura

En el año de 1975, H. Alonso presenta la primera estimación reportada en la literatura de los recursos geotérmicos de la República Mexicana. En ese año se tenían localizadas en el país únicamente 130 zonas hidrotermales, y se habían efectuado algunos estudios en apenas nueve de éstas. Alonso estimó una capacidad mínima de 100 MW_e en cada una de las siguientes zonas: Ixtlán de Los Hervores, Los Negritos y Los Azufres en el estado de Michoacán, La Primavera,

San Marcos, Los Hervores de la Vega y La Soledad en el estado de Jalisco, y Los Húmeros en el estado de Puebla. En Cerro Prieto estado de Baja California estimó un potencial mínimo de 500 MW_e. En las restantes 120 zonas en las que no se habían efectuado estudios, Alonso supuso que sólo el 30 % de ellas producirían fluidos de manera comercial y les asignó una capacidad media instalada de 75 MW_e. Con estas consideraciones Alonso da una estimación gruesa de los recursos de 4,000 MW_e.¹⁴⁸

En el año de 1985 H. Alonso presenta una nueva evaluación de los recursos de México con base en a los estudios y resultados de las exploraciones de la época y de acuerdo a las siguientes definiciones:

Reservas probadas: Aquellas en que los estudios y las pruebas de pozos realizadas permiten recomendar la instalación de una planta de esa capacidad con vida útil de 30 años.

Reservas probables: Aquellas zonas en las que se han hecho suficientes estudios de geofísica y geoquímica, para delimitar la probable extensión y temperatura de la zona geotérmica.

Reservas posibles: Aquellas que por manifestaciones termales en la superficie y por geología permiten inferir la posibilidad de un recurso geotérmico.

Alonso reporta que los estudios efectuados por la Comisión Federal de Electricidad indican que las reservas probadas son de 1,340 MW_e, las probables de 4,600 MW_e y las posibles de 600 MW_e lo que hace un total de 11,940 MW_e. Las reservas probadas se refieren básicamente a Cerro Prieto, Los Azufres y Los Húmeros. Las reservas probables se refieren principalmente a La Primavera, San Marcos y Los Hervores en el estado de Jalisco, zonas cercanas a Los Húmeros, Puebla, Araró, Ixtlán y San Agustín en el estado de Michoacán, San Bartolomé y Puroaguita en el estado de Guanajuato.

Después de estos trabajos prácticamente no existe en la literatura abierta ninguna publicación en relación con las reservas de México. En el año de 1994 G. Hiriart comenta en la entrevista “1000 MW de generación geotermoeléctrica, meta de la CFE para fines de este siglo” publicada en el Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas, que para el año 2010 la CFE planea alcanzar una capacidad instalada con plantas geotermoeléctricas de 2,000 MW_e “lo que podría considerarse, de acuerdo con los estudios de exploración actuales, como el límite máximo de la geotermia en México”.

¹⁴⁸ Instituto de Investigaciones Eléctricas. “Estimación del recurso y Prospectiva Tecnológica de la Geotermia en México”, 2005. Autores: Dr. Eduardo Iglesias, M.I. Víctor Arellano, Ing. Rodolfo Joaquín Torres. pág. 13.

Situación actual

Recursos de temperatura intermedia a baja

Actualmente la utilización de los recursos geotérmicos Mexicanos de temperatura intermedia a baja es muy reducida. La capacidad instalada es de 164.6 MW.¹⁴⁹ Con esta capacidad instalada la cota inferior estimada para las reservas (2.14×10^{10} a 2.39×10^{10} MW_th) alcanzaría para más de 15,000 años.

Estos recursos se utilizan mayormente en balnearios termales, aunque existen algunas otras aplicaciones en pequeños proyectos de demostración, implementados por la CFE, en resumen, la capacidad instalada en México para la utilización directa del calor geotérmico actualmente alcanza 164.6 MW_t.

Recursos de alta temperatura

Actualmente se explotan en México cuatro campos geotérmicos (Cerro Prieto, Los Azufres, Los Humeros y Las Tres Vírgenes) con una capacidad instalada de 953 MW_e, lo cual coloca al país como el tercer lugar mundial en capacidad instalada únicamente detrás de Estados Unidos y Filipinas. En los campos mexicanos operan 36 unidades de diversos tipos con capacidades que van de 1.5 a 110 MW_e. Estas plantas son alimentadas por 197 pozos que tienen profundidades entre 600 y 4,400 m, y que producen 7,700 toneladas de vapor y 8,750 toneladas de salmuera por hora. Durante el año 2003 el vapor producido en los campos fue de 67.5 millones de toneladas y las unidades generaron 6,282 GWh, lo que representó el 3.1 % de la energía eléctrica generada en México.¹⁵⁰

Cerro Prieto, Baja California

El campo geotérmico Cerro Prieto se encuentra localizado a 30 km al sur de la ciudad de Mexicali, BC, cerca de la frontera con Estados Unidos. Este es el campo geotérmico de líquido dominante más grande del mundo que se conoce a la fecha. Su explotación comercial se inició en el año de 1973 y actualmente cuenta con una capacidad instalada de 720 MW_e (13 unidades del tipo a condensación). La central CP-1 cuenta con cinco unidades; las primeras dos, de 37.5 MW_e cada una, entraron en operación en el año de 1973. En 1979 se adicionaron otras dos unidades de 37.5 MW. En 1981 entró en operación una unidad de baja presión de 30 MWe. Las centrales CP-II y CP-III cuentan cada una con dos unidades de 110 MWe, mismas que entraron en operación entre 1986 y 1987. La central Cerro Prieto IV consta de cuatro unidades de 25 MWe cada una las cuales entraron en operación en el año 2000.

¹⁴⁹ Instituto de Investigaciones Eléctricas. "Estimación del recurso y Prospectiva Tecnológica de la Geotermia en México", 2005. Autores: Dr. Eduardo Iglesias, M.I. Víctor Arellano, Ing. Rodolfo Joaquín Torres. Pág. 18.

¹⁵⁰ Gutiérrez-Negrín y Quijano-León, 2004. Cit. En. Ídem.

Durante el año de 2003 se operaron 149 pozos que produjeron 51.3 millones de toneladas de vapor (producción promedio anual por pozo 39.3 toneladas por hora) y 70.6 millones de toneladas de salmuera. Durante este año se generaron 5,111.7 GWh. Las unidades más nuevas las de Cerro Prieto IV requieren de 6.94 toneladas de vapor por MWh generado, mientras que las unidades más antiguas, las de CP I, requieren de 13.74 toneladas de vapor por MWh.¹⁵¹

Los Azufres, Michoacán

El campo de Los Azufres se encuentra localizado en la parte central de la República Mexicana, aproximadamente a 250 km al oeste de la Ciudad de México y dentro de lo que se conoce con el nombre de Cinturón Volcánico Mexicano. Los primeros estudios en este campo se efectuaron en los años cincuenta.

En el año de 1977 se perforaron los primeros pozos productores con los que se confirmó la existencia de un potencial energético de magnitud considerable. En este campo se encuentran en operación 14 unidades de diversos tipos (condensación, contrapresión y ciclo binario) con capacidades que van de 1.5 a 50 MW_e. “Los Azufres” tiene actualmente una capacidad instalada de 188 MW_e.

Durante el año 2003 estuvieron en operación 29 pozos (con profundidades entre 600 y 3,500 m) que produjeron 11.3 millones de toneladas de vapor (promedio de 44.6 toneladas por hora) y 5.15 millones de toneladas de salmuera. Toda la salmuera se reinyectó al subsuelo por medio de 6 pozos. Durante este año se generaron 851.7 GWh.

Las unidades más nuevas (por ejemplo la U-15) requiere de 6.67 toneladas de vapor por MWh generado, mientras que las unidades más antiguas, por ejemplo la U-11, requieren de 12.88 toneladas de vapor por MWh.¹⁵²

Los Húmeros, Puebla

El campo geotérmico de Los Húmeros se encuentra localizado en el extremo oriental del Cinturón Volcánico Mexicano, aproximadamente a 200 km de la ciudad de México. En el año de 1968, la CFE efectuó los primeros estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos. En el año de 1982 se perforó el primer pozo profundo con el objeto de confirmar los resultados de los estudios. En 1989 se inició la explotación comercial del yacimiento con la instalación de la primera unidad de 5 MW_e. A la fecha se han perforado más de 40 pozos y se cuenta con una capacidad instalada de 35 MW_e, en 7 unidades de 5 MW_e cada una.

¹⁵¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas. “Estimación del recurso y Prospectiva Tecnológica de la Geotermia en México”, 2005. Autores: Dr. Eduardo Iglesias, M.I. Víctor Arellano, Ing. Rodolfo Joaquín Torres. Pág. 21

¹⁵² Gutiérrez-Negrín y Quijano-León, 2004. Cit. En. Ídem.

Figura 30. Recursos Geotérmicos de México.



FUENTE: Estimación del recurso y Prospectiva Tecnológica de la Geotermia en México, 2005.

Durante el año 2003 se operaron 17 pozos los cuales produjeron 4.61 millones de vapor (producción promedio anual por pozo de 30.3 toneladas por hora) y 0.89 millones de salmuera. En este campo se generaron 285.4 GWh. Las plantas de generación requieren de un promedio de 12.65 toneladas de vapor por MWh.¹⁵³

Las Tres Vírgenes, BCS

El campo de Las Tres Vírgenes se encuentra localizado en la parte media de la península de Baja California. Las actividades de exploración en este campo se iniciaron en el año de 1982. El primer pozo exploratorio se perforó en el año de 1986. Actualmente este campo tiene una capacidad instalada de 10 MW_e.

Durante el año de 2003 CFE operó dos pozos con una producción total de 0.31 millones de toneladas de vapor (producción promedio anual por pozo de 17.58 toneladas por hora). Durante el 2003 se generaron 32.8 GWh.

Hasta el año 2003 en México se habían perforado 481 pozos, de los cuales 315 se habían perforado en Cerro Prieto, 82 en Los Azufres, 40 en Los Humeros, 9 en Las Tres Vírgenes, 13 en La Primavera y 35 en otras zonas.

¹⁵³ Instituto de Investigaciones Eléctricas. "Estimación del recurso y Prospectiva Tecnológica de la Geotermia en México", 2005. Autores: Dr. Eduardo Iglesias, M.I. Víctor Arellano, Ing. Rodolfo Joaquín Torres. Pág. 23.

2.9.6 Barreras en el desarrollo de las energías renovables en México.

Institucionales

La planeación energética del país está basada en metodologías que evalúan sólo el costo económico de corto plazo de la generación de energía. La falta de valoración de los beneficios que las energías renovables aportan a la economía nacional, tales como la estabilidad de precios de la energía en largo plazo, y la reducción de riesgos en el abasto energético, aunado al hecho de contar con importantes recursos energéticos fósiles nacionales, por el momento, hace que las políticas y prospectivas energéticas nacionales sigan basándose en combustibles fósiles.

Legales y Regulatorios

Es necesario establecer incentivos económicos y fiscales, así como metodologías para valorar el aporte de capacidad que las fuentes renovables (en particular las de carácter intermitente). Para el caso específico de la generación de energía eléctrica, La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) solamente permite la generación a particulares, a través de permisos, para casos específicos (capítulo 5, artículo 36, y artículo 72 del reglamento), que podrán incluir transmisión, transformación y entrega de la energía eléctrica a los respectivos beneficiarios (artículo 73 del reglamento). Si bien, estas modalidades permiten la participación de particulares en la generación y transmisión de energía eléctrica, obliga a las empresas públicas de electricidad a adquirirla al menor costo económico de corto plazo. Bajo este enfoque, la generación eléctrica a través de ER resulta más costosa, comparado con fuentes fósiles convencionales, por lo que se requieren mecanismos que permitan fomentarlas, similares a los que se han implementado en los países donde su participación es relevante.

Económicos y Financieros

Dado que la planeación energética está basada en la evaluación tecnológica de generación de menor costo económico de corto plazo y que la CFE está obligada por ley a adquirir la electricidad de terceros a este costo, es necesario establecer incentivos económicos y fiscales, así como mecanismos financieros que permitan a las ER ser competitivas frente a las fuentes convencionales. Los esquemas de financiamiento en México han sido insuficientes para el fomento de las energías renovables, por lo que es necesario impulsar este tipo de mecanismos. Asimismo, cabe mencionar que de manera paralela, la SENER, el GEF y el Banco Mundial están desarrollando conjuntamente un esquema para implementar un Fondo Verde que proporciona a partir del 2006, incentivos a productores independientes de energía que la entreguen a la CFE para el servicio público.

Técnicos

A pesar de que se han hecho esfuerzos importantes para estimar el potencial de las ER en México, como los estudios para evaluar el recurso geotérmico de CFE, y los mapas eólicos y solares elaborados por el IIE, Gobiernos Estatales y Organismos Internacionales, estos esfuerzos, en ocasiones no abarcan todo el territorio nacional, o bien, no se cuantifican otros recursos, como el mareomotriz, la geotermia de baja entalpía, el biogás de residuos urbanos y agronómicos y la biomasa de plantaciones energéticas.

Recursos humanos

Los recursos humanos capacitados para labores de desarrollo de proyectos, ingeniería y operación de centrales generadoras son escasos.

Sociales/Culturales

Existe una percepción social de que el petróleo es “inagotable”. Y el público en general, y los tomadores de decisiones en particular, desconocen los beneficios ambientales de las energías renovables, por lo que las energías renovables no pertenecen al marco cultural actual, por ejemplo, existen zonas sumamente asoleadas, con proveedores de equipos solares bien acreditados, donde no se instala ni un solo calentador solar de agua.

Las energías renovables no forman parte de nuestras tradiciones; es muy común subir a tender la ropa al sol, pero es imposible que la misma persona cocine con una estufa solar. En el caso de la energía eólica hay, a nivel mundial, un rechazo local por el problema de la contaminación visual; ello probablemente se reproducirá en México en la medida en que se empiecen a instalar granjas eólicas en nuestro país. El síndrome de “no en mi patio trasero” (“*not in my backyard*”, o *NIMBY*) se va extendiendo a la eólica; cuando las fotovoltaicas se vuelvan mas atractivas, es probable que esto también ocurra. No así con las basadas en plantaciones energéticas (biomasa), geotermia, o mini/micro hidráulicas.

Un obstáculo aún por sortear es el tecnológico, ya que algunas de las tecnologías utilizadas actualmente para aprovechar las energías renovables, como la solar por mencionar alguna necesitan aún de un desarrollo tecnológico a fondo para poder aprovechar la energía obtenida de ese tipo de energía, y así convertirse en una opción real e importante en el aporte de energía, es por esto que se necesita de inversión, desarrollo y tiempo para poder lograr dichos avances.

El carácter de intermitencia de algunas energías renovables, disminuyen su atractivo, pensando en que no se puede depender de ellas en las horas pico de demanda de energía, lo cuál hace necesario el pensar en otro tipo de energía aprovechable para este caso, alternativa a la de los hidrocarburos, como es el caso de la energía nuclear.