

# El Carbón en México<sup>1</sup>

Robert-Bruce Wallace\*

El objetivo de esta investigación es realizar un análisis inicial de la industria del carbón en México tal como se indica en el título. Incluirá no sólo la extracción de carbón sino también sus usos principales (carboeléctricas con carbón térmico y usos industriales con carbón coquizable). En una investigación no se puede pasar por alto la política de la producción y consumo del carbón, incluyendo las importaciones de carbón y los resultados ecológicos del uso de este combustible. Este último tema se indaga únicamente de manera introductoria. Conviene agregar que un análisis econométrico se intentó, pero sin resultados satisfactorios hasta ahora.

*Hipótesis:* las reservas relativamente modestas y la calidad del carbón en México, al considerar los costos y la tecnología actuales, determinarán la necesidad de importaciones crecientes para satisfacer la demanda, al menos para los requerimientos de las plantas carboeléctricas y también quizá para el uso de carbón coquizable en la industria. Adicionalmente, el problema de las consecuencias ambientales de la quema de carbón, aunque actualmente se encuentra sobre la mesa de debate, aún queda aparentemente como una prioridad secundaria, igual como en muchos otros países donde la seguridad energética es primordial.

Contenido:

1. Una clasificación simplificada de los grados de carbón.
2. Las edades geológicas de los yacimientos de carbón.
3. Algunos datos internacionales de la recuperación estimada del carbón, de la producción, las exportaciones y las importaciones de países seleccionados.
4. Algunos datos internacionales de la producción de electricidad mediante el uso de combustibles fósiles (carbón/turba, petróleo, gas natural, 2006).

\* Doctor en Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ingeniero Geólogo de la Michigan Technological University y profesor en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la UNAM.

<sup>1</sup> Título original "Coal in Mexico". El autor realizó una traducción de su artículo del inglés al español.

5. El carbón en México.
6. Algunas observaciones con respecto al carbón y la ecología.

#### Una clasificación simplificada de los grados de carbón<sup>2</sup>

Del rango inferior hacia los rangos superiores, incluyendo el potencial calorífico medido en unidades de BTU,<sup>3</sup> el carbón se clasifica como lignito (junto con el carbón café, 7400 BTU), sub-bituminoso (9 720 BTU), bituminoso (12 800-15,160 BTU), super-bituminoso (15 360-15 480 BTU) y antracita (14 440-14 880 BTU). 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. 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.

#### Las edades geológicas de los yacimientos de carbón<sup>4</sup>

El carbón se encuentra en todos los períodos pos-Devónicos, el cual se estima terminó cerca de 354 millones de años en el pasado. El llamado período Carbonífero (incluyendo los períodos Mississípico y Pensylvánico) recibió su nombre debido a las formaciones mundiales de carbón pertenecientes a este período. Empezando hace aproximadamente 354 millones de años, el Carbonífero terminó más o menos hace 290 millones de años, con la conclusión del Pensylvánico. Los grados más altos de carbón (el bituminoso y cantida-

2 Bateman, Alan M. *Economic Mineral Deposits*, 1955:

3 Un BTU (British Thermal Unit) es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de una libra de agua un grado Fahrenheit. Un BTU es aproximadamente igual a 252 calorías.

4 Ver la tabla del tiempo geológico: Hyne, Norman, *Non-Technical Guide to Petroleum Exploration, Drilling, and Production*, 2nd Ed., 2001, y Leet, Don y Sheldon Judson, *Fundamentos de Geología Física*, Ed. Limusa, 1975.

des mucho menores de antracita) ubicados en el continente norteamericano (los campos de los Apalaches del este de Estados Unidos) son mayormente del período Pennsylvánico, aunque el Mississípico también contiene carbón de buena calidad. La Edad de Reptiles (la era Mesozóica), incluyendo tres períodos (del más antiguo al más reciente, el Triásico, Jurásico y Cretácico) contiene formaciones carboníferas en regiones diversas del mundo. De estos períodos, el Cretácico (de 144M a 65M años en el pasado) es el que sigue al Carbonífero en importancia. Finalmente, el Terciario, un período bastante reciente en la escala geológica de tiempo (65M a 1.8M de años en el pasado) rinde la mayor parte del lignito del mundo, el cual, como vimos, es de una calidad inferior. Hay, sin embargo, carbón Terciario de rango superior. Una buena parte del carbón encontrado en el llamado campo Suroeste en el estado de Texas es lignito Terciario, aunque existen algunas vetas bituminosas explotables de carbón no coquizable. El campo de Sabinas de México, en su mayor parte ubicada en Coahuila cerca de la frontera con Texas, es una extensión geológica del campo Suroeste.

Algunos datos internacionales estimados del carbón recuperable, de la producción, exportación e importaciones por países seleccionados<sup>5</sup>

El carbón recuperable es menos que las reservas estimadas, particularmente para las minas subterráneas que usan el método de cuarto y pilar de extracción. La técnica subterránea de frente corrido (longwall mining)<sup>6</sup> frecuentemente es más eficiente. Las minas de cielo abierto a veces pueden alcanzar tasas de recuperación mayores de 90% de las reservas estimadas. Del carbón recuperable mundial total estimado en 844 066 millones de toneladas métricas (EIA, diciembre, 2005), la estimación para México es de 1 211 millones, en tanto que la estimación para Estados Unidos es de 239 298 millones. La EIA cubre todos los países productores de carbón, pero algunos países seleccionados se incluyen en la Tabla 1. Es interesante notar que para el primero de enero de 2008, la EIA estima una base de reservas de carbón para los Estados Unidos de 444 mil millones de toneladas métricas y reservas recuperables que suman más de 238 mil millones, lo cual resulta en una tasa recuperable promedio de 54%, tomando en cuenta todo tipo de explotación de carbón.

<sup>5</sup> Energy Information Agency (EIA), World Estimated Recoverable Coal, 31 de diciembre, 2005 (cambiado a toneladas métricas).

<sup>6</sup> [www.eia.doe.gov/cneaf/coal/page/coal\\_production\\_review.pdf](http://www.eia.doe.gov/cneaf/coal/page/coal_production_review.pdf).

Por lo que se refiere a las cifras de producción para 2007, cuatro países producen un poco menos de 70% del carbón duro y café del mundo, siendo el último de menor importancia en la producción de estos países. China, el mayor productor (39.3%) es seguida por los EU (16.2%) y luego por la India (7.5%) y Australia (6.1%). Otros países productores de carbón son, en orden de importancia, Rusia, África del Sur, Indonesia, Polonia, Kazakhstan y Colombia. El resto del mundo sólo produjo 13.6% del total del carbón duro y café en 2007.

En cuanto a las exportaciones de carbón duro, Australia fue el país más importante en 2007 con 26.6% del total mundial, seguido por Indonesia (22.0%), Rusia (10.9%) y Colombia (7.3%). Con respecto a las importaciones en 2007, Japón con 20.4% se encontró muy delante de Corea del Sur, el segundo importador más importante, (9.9%). Para más datos, ver los cuadros 2. 3 y 4.

#### Algunos datos internacionales de la producción de electricidad por medio de combustible fósiles

La participación en la producción mundial de electricidad mediante el uso de carbón en promedio para 1973 fue de 38.3%, la cual para 2006 había subido significativamente a 41% y se espera que alcance 44% para 2015.<sup>7</sup> La estimación de la EIA del crecimiento de la electricidad generada por el carbón es un asombroso 4.2% anual para el período 2005-2015. De la electricidad mundial generada por el carbón, China fue el primero entre los 10 productores mayores con 29.7% de la electricidad generada por este combustible, seguida por los EU cuya participación fue 27.4%. Mi hipótesis afirma que la seguridad energética es de primordial importancia. En el caso de los Estados Unidos, el carbón seguirá siendo la fuente principal de su energía para la generación de electricidad durante el futuro predecible, aunque los recursos energéticos renovables deberán resultar crecientemente importantes también. En 2005 las plantas carboeléctricas fueron responsables por 32.2% de la capacidad total de la producción de electricidad en tanto que produjeron un poco menos que 50% del total de la electricidad en este país. China y la India eclipsaron estas cifras para la producción de electricidad con el uso de carbón, con 77 y 74%, respectivamente. Otros datos de interés se encuentran en los cuadros 5 y 6 y en gráficas.

<sup>7</sup> Prospectiva SENER 2008-2017.pdf, p. 35; datos originales de la EIA.

## El carbón en México

La primera producción económica conocida de carbón en México se inició en 1884 cerca de Sabinas, Coahuila. Más tarde, la producción continuada a escala reducida junto con importaciones abastecía a los ferrocarriles y hacia los últimos años del siglo 19, coincidiendo con el régimen de Porfirio Díaz, las industrias nacientes metalúrgicas y del acero, mayormente localizadas en el norte de México, requerían cantidades crecientes de carbón. Aunque el interés por el carbón sufrió del desarrollo y producción rápidos del petróleo en los primeros años del siglo 20, afectando particularmente el uso de carbón para la generación de electricidad, seguía siendo un insumo indispensable para la industria siderúrgica y la minera-metalúrgica. Sin embargo, aun durante los años de crecimiento de 1902 a 1910, la producción total sólo llegó a un poco más de 10 millones de toneladas métricas, y aun en 1920 cuando el vecino al norte de México estaba extrayendo 600Mt/año, México no era capaz de exceder los 1.3Mt que había producido en 1910.<sup>8</sup> Desde luego, la Revolución (1910-1917) causó una disminución abrupta y continuada de la actividad económica en México, tal como se evidencia también en el caso del carbón cuya producción fue sólo de cerca de 4 millones de toneladas métricas durante el período 1911-1921.<sup>9</sup> Este estancamiento no se alivió mucho en las siguientes dos décadas durante las cuales la producción total fue aproximadamente de 12Mt, la mayor parte de la variedad coquizable.

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 km,<sup>2</sup> la mayor parte del período Cretácico y de la época Eocena del período Terciario.<sup>10</sup> 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

<sup>8</sup> Martin-Amouroux, Jean-Marie, *Charbon, Les métamorphoses d'une industrie*, Éditions TECHNIP, Paris, 2008, Las cifras se dan en millones de toneladas métricas.

<sup>9</sup> Corona Esquivel, Rodolfo *et al.*, *Geología, estructura y composición de los principales yacimientos de carbón mineral en México*, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LVIII, núm. 1, 2006. Las cifras se dan en millones de toneladas métricas.

<sup>10</sup> Querol, Francisco, Director General, Consejo de Recursos Minerales, "Exploración y Recursos Carboníferos de México", Resumen en: GSA Abstracts, 2001.

carbón térmico) producen más de 90% del carbón mexicano.<sup>11</sup> 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 3 metros, contienen poco más que 30Mt (Corona, 2006). 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 (Martín-Amouroux, 2008). No caemos en una exageración al concluir con estimaciones respetables que 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. Se estima que la razón de reservas probadas/producción al final de 2007 fue de aproximadamente 99 años.<sup>12</sup> 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.

Sin embargo, después de muchas décadas de estancamiento virtual o de crecimiento bajo, empezando en 1983 la producción mexicana de carbón aumentó significativamente a 5.5Mt y, con fluctuaciones menores, alcanzó 11.3Mt en 2000, después de que la producción se estabilizó (Ver cuadro 7).<sup>13</sup> De los 11.5Mt producidas en 2006, 83% fue de carbón térmico sub-bitumi-

<sup>11</sup> Algunos autores no se refieren a dos cuencas separadas, sino sólo al nombre general de Sabinas, lo que haré de aquí en adelante.

<sup>12</sup> BP *Statistical Review of World Energy*, junio, 2008.

<sup>13</sup> EIA, *World Coal Production*, 17 de octubre, 2008. Toneladas cortas convertidas a toneladas métricas.

noso destinado a las plantas carboeléctricas y el resto, carbón coquizable, la mayor parte para la industria siderúrgica. Pero aun con este incremento respetable de la producción doméstica, el monto total no fue suficiente para satisfacer la demanda total, particularmente del carbón sub-bituminoso demandado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), cuyo interés creciente en las plantas carboeléctricas aparentemente se debe a un escepticismo prudente respecto a la producción futura del petróleo y gas natural en manos de Pemex (Martín-Amouroux, 2008). Por ejemplo, en 2006 la producción nacional de aproximadamente 11.5Mt menos los cambios en los inventarios (-2.3Mt) se quedó muy corta de la demanda (16.9Mt), de manera que se requirieron importaciones de 7.6Mt (Ver cuadro 8, importaciones domésticas). La CFE absorbió 14.7Mt de la oferta total (87%),<sup>14</sup> 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%.<sup>15</sup> Sin embargo, respecto a los 51 029MW de capacidad pública instalada (CFE y LyF de México), las plantas generadoras de electricidad con el uso de carbón sólo tenían una participación de 9.2% en 2007.<sup>16</sup> La carboeléctrica José López Portillo (1 200MW), 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. El autor de este estudio concluye que el contenido alto de azufre en el carbón mexicano obliga a México a ser importador de carbón térmico, lo que contradice una opinión anterior expresada en este trabajo de que un contenido promedio de azufre de 1.2% es aceptable aunque

<sup>14</sup> IEA, *Coal Statistics for México*, 2006.

<sup>15</sup> IEA, *Electricity for México*, 2006.

<sup>16</sup> *Prospectiva SENER 2008-2017*.pdf, p.16.

no óptimo.<sup>17</sup> La planta de combustible dual Plutarco Elías Calles, inaugurada en Petacalco, Guerrero en 1993, aunque es capaz de quemar ya sea hidrocarburos o carbón, por la razón anteriormente anotada respecto a la seguridad de suministros además de criterios de costo, prefirió quemar el 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.<sup>18</sup>

Hay una diferencia importante respecto a los pronósticos de la demanda para el uso de carbón en la industria generadora de electricidad en comparación con los de la industria siderúrgica. 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%. 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%, hydro 7% y el resto (3%) basado en fuentes nucleares y renovables. Sin embargo, el consumo industrial de carbón disminuyó 3.5% por año entre 1990 y 2002, como resultado de mejoras de eficiencia en el uso de energía en la industria siderúrgica. Esta reducción del consumo de carbón se explica por una serie de cambios estructurales: el cierre de hornos Siemens-Martin ineficientes, terminando en 1992; la introducción progresiva de la fundición continua (de 10% de la fundición total en 1970 a 85% en 1996); el uso de los gases provenientes de los hornos de coquización y de los altos hornos para la generación in situ de electricidad, entre otras mejoras tecnológicas. Además, la industria siderúrgica mexicana goza de una proporción relativamente alta de hornos de arco eléctrico, los que suministran cerca de 60% de la producción de acero crudo.<sup>19</sup> Durante los primeros meses de 2008, el mercado internacional de carbón estaba muy apretado. Inicialmente los precios de exportación mensuales del carbón tér-

17 Barton, Barry, *Energy Security*, citado por Catherine Hedgwell *et al*, Google, mayo, 2004.

18 APEC *Energy Demand and Supply Outlook*, 2006, [www.iecej.jp/apec/2006pdf//outlook2006/ER\\_Mexico.pdf](http://www.iecej.jp/apec/2006pdf//outlook2006/ER_Mexico.pdf).

19 Martín-Amouroux (2008) y CFE, "Datos técnicos de las principales centrales de CFE en operación en 2008"; "Proyectos de generación en proceso de construcción".



mico australiano eran relativamente estables, con un rango entre \$US25/tonelada métrica en junio de 2001 y \$US29/t en octubre de 2003, pero saltaron rápidamente a \$US98/t en enero de 2008 y alcanzaron un precio máximo de \$US170 en octubre del mismo año. Aunque no tan altos, los precios de exportación del carbón surafricano seguía la misma tendencia. Un mensaje fechado el 18 de enero de 2008 aparecido en Cnn.expansion.com expresó la urgencia de la CFE para encontrar suministros adecuados para sus centrales termales con base en el carbón. Obviamente los productores domésticos no pudieron satisfacer las necesidades de la CFE, expresadas en ese mensaje: "La (...) CFE de México buscaba urgentemente carbón para entregar inmediatamente en febrero y marzo luego de una fallida licitación el año pasado" (2007). Más adelante, "la estatal CFE emitía el viernes por separado una licitación por 5.5 millones de toneladas de carbón para entregar en marzo-diciembre (2008), dijeron operadores y productores". Sin lugar a dudas, el mercado del carbón australiano se ha ablandado con la crisis económica actual, aunque el precio de exportación de \$US73 en febrero de 2009 aún es históricamente robusto. El precio promedio del carbón térmico mexicano de \$US46/t en 2007 fue significativamente más bajo, lo que muestra que los productores mexicanos de carbón o no podían satisfacer la demanda total de la CFE o no fueron contratados para hacerlo. Específicamente, las carboeléctricas de la costa del Pacífico de la CFE probablemente encuentran que la importación de carbón térmico australiano es más económica y quizás también más segura. El envío de carbón de Sabinas por la Sierra Madre Occidental a las carboeléctricas de la costa del Pacífico seguramente sería más costoso por tonelada que su importación de Australia o Indonesia. En julio de 2003 se otorgó un contrato por \$US158 millones a Glencore International para suministrar 2.77Mt de carbón térmico australiano por el puerto de Newcastle, el cual fue la segunda vez en 6 meses que esta firma multinacional comercializadora de bienes minerales había ganado una licitación de la CFE. La Industria Carbonífera de New South Wales reportó que en 2006-2007 las exportaciones a México sumaron 5.6Mt. En marzo de 2008 la CFE confirmó la vigencia de un contrato por 4.17Mt para Petacalco con Ailia, una subsidiaria en la ciudad de México perteneciente a la firma International Commodity Consultants con sede en Texas, la que, a su vez, adquirió carbón térmico de un colectivo de productores colombianos. Ailia ganó la licitación con una oferta de \$US125/t CIF, principalmente debido a que la compañía matriz es dueña de sus propios cargueros de carbón, en comparación a la oferta de BHP Billiton (\$183), de Macquarie (\$193) y de Glencore (\$195)<sup>20</sup> Sin embargo, una nota en el internet

afirmó que la CFE cerró temporalmente su carboeléctrica en Guerrero debido a la escasez del suministro de carbón. Por otro lado, es interesante observar que la producción nacional en 2008 se ha estimado en cerca de 14.2Mt, en su totalidad de la cuenca de Sabinas, la que por cierto parece sorprendentemente elevada.<sup>21</sup> Probablemente la estimación de 3Mt asignada a los pequeños productores fue demasiado alta. Pero aun si las 14.2Mt resultaran correctas, es probable que no hubieran satisfecho la demanda total en 2008. A principios de 2009 hubo un período corto cuando los productores nacionales suspendieron sus envíos a las plantas eléctricas termales de la CFE en Nava, Coahuila, aduciendo que los precios pagados por esta firma estatal estaban muy por debajo de los precios internacionales prevalecientes. Una nota en el periódico *El Economista*, fechada el 20 de mayo de 2009 afirmó que la CFE había llegado a un acuerdo con los productores, en el cual este monopolio público comprará hasta 3.3 millones de toneladas domésticas por año por tres años a un precio de 827 pesos (\$US62.31) por tonelada, renovable por otros 3 años. El precio anterior pagado fue de 650 pesos/t. Basta decir que a pesar de los precios recientes altos y volátiles, La Secretaría de Energía (SENER) considera el uso de carbón para la generación de electricidad como una proposición atractiva, esgrimiendo que las carboeléctricas tienen la ventaja de gozar de una tecnología madura que, no obstante, continúa evolucionando. Además, aunque de acuerdo con la SENER México no posee depósitos grandes ni competitivos en costos, un incremento en su uso de carbón para la generación de electricidad no implicaría un problema serio ya que las reservas carboníferas mundiales de buena calidad son enormes, de modo que un mercado mundial altamente competitivo normalmente satisfará fácilmente la demanda nacional. Esta tendencia creciente hacia el consumo de carbón para la generación de electricidad se constata en notas periodísticas, como las que han señalado que la CFE tiene planes para convertir a carbón o coque tres unidades termales en Tamaulipas.<sup>22</sup> Una, la planta termoeléctrica Emilio Portes Gil de 300MW en Río Bravo está destinada a usar el carbón o coque como combustible. La CFE también inició una licitación para la conversión de dos unidades en su planta termoeléctrica de 800MW para sustituir el combustóleo con coque. Al momento de la licitación el argumento de la CFE enfatizó los precios altos del gas natural y del combustóleo, los cuales dieron

<sup>20</sup> Brenner, Catherine y Jim Marshall, Reuters, 11 de marzo, 2008.

<sup>21</sup> Alarcón Garza, Alejandro, *Coalbed Methane Potential of México*, enero de 2009. [www.methanetomarkets.org/events/2009/all/-27jan09/techTransfer/coal/alarcon\\_012809.pdf](http://www.methanetomarkets.org/events/2009/all/-27jan09/techTransfer/coal/alarcon_012809.pdf).

<sup>22</sup> *Business News Americas*, 6 de abril, 2009, vía Google.

una ventaja de costos a las carboeléctricas.

La CFE prevé que los precios del carbón y el coque permanecerán más o menos a sus niveles actuales durante las dos siguientes décadas, al suponer implícitamente que los precios del petróleo y el gas natural retomarán su tendencia hacia arriba de largo plazo.

La estructura de la minería mexicana cambió profundamente con el código minero de 1961, el cual en esencia colocó el control del capital minero en manos mexicanas, la acertadamente llamada "Mexicanización", por medio de la compra de las propiedades de compañías extranjeras, en su mayoría Americanas, tales como las propiedades mineras de la Asarco (American Smelting and Refining Company). El código minero de 1975 limitó los intereses extranjeros a un máximo de 34% del capital total en el carbón, así como en el azufre y los fosfatos entre otros productos mineros no-metálicos. En 1983 aproximadamente 25% de la producción de carbón estaba controlado por el capital del gobierno, 75% restante por el capital privado, en su mayoría, mexicano. Sin embargo, la nueva Ley Minera Mexicana de 1992, siguiendo una tendencia internacional generalmente liberal, ahora permite 100% del control de las propiedades carboníferas (así como los yacimientos de azufre, fosfatos y otros) no sólo por intereses privados mexicanos sino también por compañías mineras extranjeras, sujeto a un proceso estándar más fácil que antes de otorgar concesiones. De los dos grandes accionistas dominantes de Asarco,<sup>23</sup> Grupo México, un productor mundialmente importante de cobre con minas en México (Cananea en Sonora entre otras) y en Perú, también es dueño importante de minas de carbón, tal como la tristemente famosa Pasta de Conchos en Coahuila, donde 65 mineros perdieron la vida en febrero de 2006 y aún están enterrados en la mina ahora abandonada. Sin embargo, el productor más importante de carbón en México hasta fechas recientes era Mission Energy la que compró la firma Minera Carbonífera Río Escondido (MICARE) hasta entonces de propiedad gubernamental, pero Mission Energy aparentemente se retiró de la mayoría de sus múltiples intereses internacionales, incluyendo MICARE en 2004, la que ahora es una subsidiaria 100% de Altos Hornos de México (AHMSA), esta última compañía controlada por GAN (Grupo Acerero del Norte). Otras compañías mineras importantes son Minera Monclava (MIMOSA), una subsidiaria perteneciente en un 98% también a AHMSA y Carbonífera de San Patricio (una firma 100% privada no registrada

23. Actualmente, existe un litigio en una corte federal en Brownville, Texas para determinar si Grupo México legalmente puede quedar en control de Asarco.

en la bolsa de valores).<sup>24</sup> MICARE, básicamente un productor de carbón térmico y MIMOSA, el productor principal de carbón metalúrgico, juntas produjeron cerca de 82% del carbón del país en 2007. Hidalgo Mining Internacional, con sede en Nueva York y con 300Mt de reservas de carbón en el norte de México, ha sido el objeto de una oferta de adquisición por Consolidated Mining and Minerals (CMM).<sup>25</sup>

MIMOSA operó cuatro minas subterráneas y dos minas de cielo abierto en 2007 en tanto que MICARE tiene una mina activa de cielo abierto y dos minas subterráneas. Todas estas minas están ubicadas en la cuenca de Sabinas. Las dos minas subterráneas de MICARE emplean el método de extracción de frente corrido (*longwall mining*), el cual ha demostrado ser tan exitoso cuando las condiciones geológicas son adecuadas. Se tiene una idea de la importancia de MIMOSA y MICARE en el contexto de la industria carbonífera mexicana en la siguiente tabla de producción y ventas:

Concepto: millones de toneladas métricas	2003	2005	2007
MIMOSA Producción de Carbón Metalúrgico (Coquizable)	1.56	1.50	2.12
MIMOSA-MICARE Producción de Carbón Térmico	6.38	6.49	7.91
Ventas Totales de Carbón Térmico a la CFE*	5.89	6.49	7.03

\*Las ventas toman en cuenta las ventas directas, los ajustes de inventario, compras pequeñas a terceros, y ventas pequeñas a intermediarios quienes luego venden a la CFE.

En 2003 MICARE contrató vía un intermediario, Coahuila Industrial Minera (CIMS), para suministrar 68Mt de carbón térmico a la CFE durante un tiempo mínimo de 5 años y un máximo de 10. El precio contractual dependería de la calidad del carbón, de la tasa de inflación y de las variaciones de la tasa de cambio. Este contrato relativamente de largo plazo tuvo por resultado tasas de producción mayores como se puede ver en la tabla. La producción total de MIMOSA y MICARE en 2007 fue de 10.03Mt de una producción total de cerca de 12.2Mt, es decir, un poco más de 82%. Todas las ventas de carbón térmico proveniente de MIMOSA-MICARE en 2007 tuvieron por destino

<sup>24</sup> AHMSA, *Informe Financiero, primer trimestre, 2009*; Torres Ivette, *Mexico Country Specialist*, USGS, 2005 report.

<sup>25</sup> Martin-Amouroux(2008), basado en la nota del 30 de mayo, 2007, *Business Wire de Hidalgo Mining Internacional* en Google.

las carboeléctricas de la CFE José López Portillo y Carbón II en Nava, Coahuila. Sin embargo, sólo 77% de la demanda de la planta de JLP se satisfizo con carbón de MIMOSA-MICARE, en tanto que estas compañías a penas cubrieron 54% de las necesidades de Carbón II. La CFE no está amarrada a estas dos subsidiarias de AHMSA, ya que tiene acceso a numerosos productores locales pequeños en la cuenca de Sabinas y a proveedores grandes internacionales. Si el monopolio estatal CFE se retirara de sus relaciones contractuales con AHMSA, esta compañía tendría graves dificultades para encontrar una salida sustituta para su carbón térmico. Por ejemplo, una estimación preliminar para 2008 señala que los productores pequeños y medianos localizados en la cuenca de Sabinas vendieron 3.3Mt a las instalaciones de la CFE, aunque como se mencionó antes, se puede dudar de esta cifra alta.<sup>26</sup> De hecho, la CFE les pidió a las minas pequeñas y medianas de Coahuila que aumentaran su producción 50% en 2009, pero el efecto de la crisis económica está aún por verse. Cuando los precios en la European Energy Exchange amenazaron subir a casi \$US200/t en agosto de 2008 y el carbón se estaba vendiendo a \$US64/t (ligeramente más de 650 pesos) en Coahuila, resulta comprensible por qué el gobierno mexicano estaba clamando por más carbón mexicano.<sup>27</sup> AHMSA sí respondió al reto de incrementar su producción, no sólo de carbón térmico para la CFE sino también para sus propias necesidades crecientes de carbón coquizable. La compañía presupuestó \$US142.9 millones para inversiones en MICARE (carbón térmico) y \$US143.7 para MIMOSA (carbón coquizable) de 2002 a 2007. Aunque no son sumas gigantes, la producción de carbón térmico de MICARE aumentó de 5.1Mt en 2002 a 6.5Mt en 2007 y la producción de carbón metalúrgico de MIMOSA subió de 1.7Mt a 2.1Mt durante el mismo período. MICARE desarrolló una nueva mina subterránea de carbón térmico y rehabilitó el equipo pesado Caterpillar en su mina de cielo abierto. MIMOSA inauguró una nueva mina subterránea de carbón metalúrgico en 2007. AHMSA considera que sus reservas abundantes de carbón térmico son más que suficientes para satisfacer sus contratos con la CFE, aunque, por otro lado, la compañía sólo satisfizo 87% de sus propios requerimientos de carbón metalúrgico con carbón local, habiendo importado el resto.<sup>28</sup>

Además de la estructura oligopolística de unas cuantas grandes mineras carboníferas (particularmente MIMOSA y MICARE de AHMSA), existen nume-

<sup>26</sup> Alarcón García, *op. cit.*

<sup>27</sup> Rosenberg, Mike, *Mexico's makeshift coal pits to boost output*, Reuters, 31 de agosto, 2008.

rosas firmas mineras pequeñas la mayor parte de las cuales opera con condiciones de seguridad atroces, y, sin sorpresa, con niveles de productividad muy bajos.<sup>29</sup> Aunque muchos pequeños mineros han operado esporádicamente por más de un siglo en la cuenca de Sabinas, durante los últimos meses de 2006 sesenta minas artesanales fueron trabajadas, algunas alquiladas a negociantes por los ejidatarios como resultado de la eliminación de restricciones legales en los años 1990 respecto a actividades mineras realizadas por los ejidos, con el objetivo tanto de la creación de empleo como también del suministro de carbón a las dos carboeléctricas en Nava, Carbón I (José López Portillo) y Carbón II. Las 58 minas que aparentemente seguían trabajando en 2008, llamadas por algunos “pocitos”, promediaron sólo 1 200 toneladas por mes, y, como se indicó, fueron notorias por los accidentes serios y mortandad debido a explosiones ocasionales de gas metano y aun inundaciones. Ya para septiembre de 2008 aparentemente la Secretaría de Trabajo únicamente tenía 5 inspectores de seguridad asignados al área de Sabinas, quienes no sólo están encargados de inspeccionar las minas sino que también una multitud de fábricas, aunque posteriormente la oficina local del Consejo de Recursos Minerales complementó los 5 inspectores con otros dos. Según Juan José López, el director de proyectos de la oficina, ha habido progreso significativo de los estándares de seguridad en los “pocitos” durante los últimos cuatro años. Afirmó que se han clausurado las minas más peligrosas o se han realizado los cambios requeridos, tales como una salida alternativa de la mina, sistemas básicos de ventilación cuando antes no había ninguno, y aparatos manuales de monitoreo del gas metano al empezar cada turno de trabajo.<sup>30</sup> Se debe mencionar, sin embargo, que el desastre caído sobre la mina Pasta de Conchos de Grupo México y él de Barroterán, otra mina grande de la cuenca de Sabinas donde 153 mineros murieron en 1969, muestra que los peligros de minas de carbón son demasiado presentes en las grandes minas más modernas de México también.

Jean Marie Martin-Amouroux, en su libro citado, destaca la situación que los productores mexicanos de carbón confrontan. “¿Es definitivo el estanca-

<sup>28</sup> AHMSA, *op. cit.*

<sup>29</sup> Martin-Amouroux (2008). Lo que sigue se ha tomado (*no verbatim*) de la obra fascinante de este autor, “Charbon, Les métamorphoses d’une industrie”, subsección, “La relance des charbonnages du Coahuila au Mexique”, y directamente de Google.

<sup>30</sup> Sherman, Jerome. Mexico’s mine crisis: tiny coal mines escape inspections, *Pittsburg Post Gazette*, 11 de septiembre, 2008, localizado por Google.

miento de la producción mexicana de carbón? Es poco probable, si se puede creer la declaración del ministro de energía del 11 de enero de 2008. Un fuerte aumento de los precios del petróleo, reservas limitadas de gas natural, la voluntad de mantener los precios de la electricidad bajos y la preocupación respecto a suministros de energía, todos reclaman aumentar en 60% las instalaciones eléctricas termales basadas en el carbón. La primera de los 2 778MW por construirse, la planta supercrítica de 700MW en Petacalco, la levantará Mitsubishi Heavy Industries. Otras tres plantas de 700MW seguirán, una (Carboal II) en el puerto de Lázaro Cárdenas, las otras dos en Topolobambo, Sinaloa. Pero la CFE no es la única interesada en carboeléctricas. En septiembre de 2008 Altos Hornos de México solicitó autorización para construir una instalación de cama fluida de 400MW en Coahuila. ¿Cuál será el papel que desempeñe la industria carbonífera mexicana para el suministro de combustible a estas plantas termales nuevas, las cuales en gran parte están orientadas hacia el mercado pacífico de carbón térmico? La respuesta vendrá de su competitividad, y, por tanto, de su organización.” Como vimos en este trabajo, los productores mexicanos han hecho un esfuerzo para aumentar su producción de carbón, pero la más reciente información parece señalar una necesidad de continuar importando el carbón para las carboeléctricas de la costa del Pacífico y aun los productores de acero, tal como AHMSA, no han colmado sus necesidades de carbón con su propia oferta doméstica.

### **Algunas observaciones respecto a la ecología**

Siendo el carbón el combustible fósil más abundante, los países bendecidos con reservas grandes, tales como los Estados Unidos y China, destacan por su investigación de la tecnología de licuefacción. Otro país con reservas cuantiosas, África del Sur, a través de su compañía parcialmente en posesión del Estado, Sasol Ltd., ha utilizado el proceso de carbón a líquidos (CTL, coal to liquids) por muchos años. Muchas industrias de África del Sur usan el carbón licuado. Sasol aun comercializa su tecnología en el extranjero.<sup>31</sup>

Aunque la tecnología Fischer-Tropsch para convertir el carbón a gas y luego usar el gas para hacer combustibles sintéticos se ha conocido desde la década de 1920, el proceso de CTL es muy caro y, desafortunadamente, altamente contaminante. Ken Caldeira, un científico de la Carnegie Institu-

---

<sup>31</sup> Barta, Patrick, South Africa has a way to make oil from coal, *The Wall Street Journal*, 17 de agosto, 2008.

tion en Washington, D.C., estimó que la combustión de carbón licuado emite un 40% más de CO<sub>2</sub> que el petróleo.<sup>32</sup> Sasol dice que las plantas futuras de CTL tecnológicamente mejoradas pueden construirse, las cuales captarán y almacenarán el gas invernadero en cavernas subterráneas. Este optimismo es compartido por DKRW Advanced Fuels, una firma que está construyendo una planta de carbón licuado en el Estado del Wyoming. Ciertamente, la preocupación de muchos países, incluyendo la CFE y la SENER de México, es asegurar fuentes adecuadas de energía. Esto, por ejemplo, explica el interés de China y Estados Unidos por las tecnologías de CTL. La percepción de demasiada dependencia del petróleo y gas natural se refuerza con las cifras de los años restantes estimados de reservas mundiales de estos combustibles, basados en la producción actual por año: el petróleo 41 años; gas natural, 60 años, en tanto que el carbón es abundante, 133 años de reservas estimadas.<sup>33</sup> México aparentemente no ha previsto la instalación de plantas de CTL.

Existen en México dos proyectos de recuperación de gas metano de minas de carbón (CMM, coal mine methane), ambos diseñados para minas subterráneas activas, uno de los cuales es operacional actualmente y usa el metano como insumo para calderas. El otro proyecto propuesto contempla usar el metano para la generación de electricidad.<sup>34</sup> El objetivo es usar el gas productivamente, controlar mejor el peligro de explosiones en las minas de carbón y reducir las emisiones de metano a la atmósfera. El subsecretario para normas ambientales estimó que aproximadamente 2.14Mt CO<sub>2</sub>e se habían emitido al aire cada año de las minas de carbón de la cuenca de Sabinas.<sup>35</sup> Una estimación más baja de emisiones de metano de combustibles sólidos para 2002 resultó en 1.39Mt CO<sub>2</sub>e comparada con los 36.69Mt CO<sub>2</sub>e de petróleo y gas natural.<sup>36</sup> Sin embargo, el carbón de México generalmente tiene un contenido alto de gas, la mayor parte metano. Por ejemplo, MIMOSA estima que el carbón en la sub-cuenca de Sabinas contiene 10 a 14m<sup>3</sup> por tonelada y que los recursos totales estimados de gas en los carbones del Cretá-

<sup>32</sup> *El Economista*, Coal should be a warming concern, 18 de diciembre, 2008, por Google.

<sup>33</sup> BP *Statistical Review of World Energy*, junio, 2008.

<sup>34</sup> Torres Flores, Ramón, *Methane to Market Partnership (M2M), Recovery and Use of Methane Associated with Mexican Coal Mines*, 3 de abril, 2007. Director General de Energía y Minería, Secretaría del Ambiente Recursos Naturales.

<sup>35</sup> Bremen, Catherine, *Mexico pushes law to help rid mines of toxic gas*, Reuters, 2006, [www.Redorbit.com/science/419391/mexico-pushes-law-to-help-rid-mines-of-toxic-gas/](http://www.Redorbit.com/science/419391/mexico-pushes-law-to-help-rid-mines-of-toxic-gas/).

<sup>36</sup> Third Mexican Government Communication within the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 6 de noviembre, 2006.



cico superior de Coahuila se encuentran en un rango de 1.2 a 2.2x10<sup>11</sup>m<sup>3</sup>.<sup>37</sup> Se estima que las minas subterráneas activas de MIMOSA emiten aproximadamente 62Mm<sup>3</sup> anualmente, todas las cuales se ventilan a la atmósfera. Sin embargo, en 2006 la compañía tenía planes para captar el gas mediante orificios de barrena en las vetas subterráneas, lo cual, combinado con el gas recuperado del relleno de desechos, se usaría para generar electricidad en un proyecto piloto de 1MW. De acuerdo con el informe anual de 2007 de AHMSA, MICARE había recibido una certificación de industria limpia de la Procuraduría Federal de Protección Ambiental (PROFEPA) para dos de sus minas y MIMOSA había entregado la solicitud para una certificación de industria limpia. Grupo México también tenía pensado un proyecto expandido CMM/CBM (coal mine methane, coal bed methane) para reducir el gas metano en Pasta de Conchos, incluyendo planes para opciones del uso final, antes de la explosión de metano en febrero de 2006, la cual llevó al cierre de la mina.<sup>38</sup> El desastre de Pasta de Conchos rápidamente llevó a una revisión de la ley minera el 20 de abril de 2006. Donde anteriormente la ley regulatoria, emanada del Artículo 27 de la Constitución, significaba que las minas de carbón legalmente no podían vender CMM o usarlo para generar calor o electricidad en el sitio ya que la exploración, producción, procesamiento y ventas de todos los hidrocarburos eran actividades exclusivas de Pemex, las enmiendas a la ley ahora permiten que las minas de carbón recuperen y usen CBM y CMM de sus operaciones para el autoconsumo o aun para su venta, aunque solamente a Pemex mediante un contrato. Además del objetivo de reducir el peligro de explosiones del gas metano, otro objetivo de las enmiendas consiste en ayudar a eliminar las emisiones de metano de las minas. Finalmente, se puede agregar que la utilización económica de CMM probablemente se limita a las mismas operaciones de las minas de carbón y a la generación local de electricidad. El CMM y CBM para la generación de electricidad podrían llegar a ser comercialmente competitivos con el gas natural o aun el carbón si los precios de estos dos combustibles subieran a niveles altos, pero, como se había mencionado, el acceso al mercado para el metano de las minas está restringido por el requerimiento legal de su venta a Pemex.

Conviene agregar que en los Estados Unidos donde más de 600 carbocelétricas aún producen cerca de la mitad de su electricidad y, además, continuarán generando aproximadamente 47% en 2030 según la Energy In-

<sup>37</sup> Santillán González, Mario, *Minerales Monclava* (MIMOSA), 2006, por Google.

<sup>38</sup> U.S. Environmental Protection Agency, Coalbed Methane Outreach Program, International Activities, abril, 2005. [www.epa.gov/cmop/intl/mexico.html](http://www.epa.gov/cmop/intl/mexico.html)

formation Administration, se han cancelado 97 nuevos proyectos carboeléctricos desde 2001, incluyendo nueve este año. Estas nueve plantas termales podrían haber generado cerca de 6 650MW de electricidad o calor suficiente para 5 millones de hogares. Las cancelaciones de estas plantas planeadas son el resultado de presiones por parte de grupos ambientalistas, las que, a su vez, han agujoneado acciones políticas en las legislaturas de varios estados y ahora medidas iniciales por el gobierno del Presidente Obama, el cual se ha comprometido a reducir las emisiones de gases invernaderos en 80% para 2050. Varias compañías eléctricas, sintiendo el calor político, han tomado la iniciativa de cancelar o posponer sus planes para nuevas carboeléctricas y han iniciado alternativas de gas natural e inversiones en fuentes de energía renovables tales como las llamadas granjas eólicas. Es importante reconocer que los recursos renovables no pueden hasta ahora sustituir al carbón como productor de electricidad. Es por esto que simultáneamente hay un gran esfuerzo para desarrollar una tecnología más limpia y probablemente introducir esquemas de comercialización de bonos de carbono.<sup>39</sup> Hasta donde se sabe, no hay cancelaciones de proyectos carboeléctricos en México.

---

<sup>39</sup> *The Economist*, Coal-fired power plants, the writing is on the wall, 9 de mayo, 2009.

**Cuadro 1**  
**El Carbón Recuperable Estimado Mundial, por Países Seleccionados**  
**31 de Diciembre de 2005**  
**(Millones de Toneladas Métricas\*)**

País	Antracita y Bituminoso	Lignito y Sub-bituminoso	Total	% del Mundo
México	860	351	1 211	0.1
Estados Unidos	110 677	128 621	239 298	28.4
Colombia	6 578	381	6 959	0.8
Kazakhstan	28 170	3 130	31 300	3.7
Rusia	49 088	107 922	157 010	18.6
África del Sur	48 000		48 000	5.7
Australia	37 100	39 500	76 600	9.1
China	62 200	52 300	114 500	13.6
India	52 240	4 258	56 498	6.7
Resto del Mundo			112 260	13.3
Total Mundial	429 313	414 753	844 066	100.0

EIA (Energy Information Administration).

\*Toneladas cortas convertidas a toneladas métricas.

**Cuadro 2**  
**Producción de Carbón Duro y Café por País 2007**  
**Millones de Toneladas Métricas**

Productores	Carbón Duro y Café (Mt)	Porcentaje
China	2549	39.3
Estados Unidos	1052	16.2
India	485	7.5
Australia	395	6.1
África del Sur	244	3.8
Rusia	313	4.8
Indonesia	259	4.0
Polonia	148	2.2
Kazakhstan	86	1.3
Colombia	72	1.1
Resto del Mundo	885	13.6
Total Mundial	6488	100.0

International Energy Agency (IEA), Key World Energy Statistics.

**Cuadro 3**  
**Exportaciones de Carbón Duro por País 2007**

<b>Exportadores</b>	<b>Carbón Duro (Mt)</b>	<b>Porcentaje</b>
Australia	244	26.6
Indonesia	202	22.0
Rusia	100	10.9
Colombia	67	7.3
África del Sur	67	7.3
China	54	5.9
Estados Unidos	53	5.8
Canadá	30	3.3
Vietnam	30	3.3
Kazakhstan	23	2.5
Resto del Mundo	47	5.1
<b>Total Mundial</b>	<b>917</b>	<b>100.0</b>

Fuente: IEA, 2008.

**Cuadro 4**  
**Importaciones de Carbón Duro por País 2007**

<b>Importadores</b>	<b>Carbón Duro (Mt)</b>	<b>Porcentaje</b>
Japón	182	20.4
Corea del Sur	88	9.9
Taiwan	69	7.8
India	54	6.0
Reino Unido	50	5.6
China	48	5.4
Alemania	46	5.2
Estados Unidos	33	3.7
Italia	25	2.8
España	24	2.7
Resto del Mundo	273	30.6
<b>Total Mundial</b>	<b>892</b>	<b>100.0</b>

Fuente: IEA, 2008 (millones de toneladas métricas).

**Cuadro 5**  
**Participación de Energía Primaria Mundial Seleccionada**

Participación de Combustibles Más Importantes 1973 y 2006		
Combustible	1973	2006
Carbón/Turba	24.5%	26.0%
Petróleo	46.1	34.4
Gas	16.0	20.5
Total	86.6%	80.9%

**Cuadro 6**  
**Producción de Electricidad de Combustibles Fósiles (2006)**

<b>Carbón/Turba</b>	<b>%</b>	<b>Petróleo</b>	<b>%</b>	<b>Gas</b>	<b>%</b>
China	29.7	Japón	11.0	Estados Unidos	22.0
Estados Unidos	27.4	Arabia Saudita	8.6	Rusia	12.0
India	6.6	Estados Unidos	7.4	Japón	6.7
Alemania	3.9	México	4.9	Italia	4.1
Japón	3.9	China	4.7	Iran	3.9
África del Sur	3.0	Italia	4.2	Reino Unido	3.2
Australia	2.6	Indonesia	3.6	México	3.0
Rusia	2.3	Iran	3.2	Tailandia	2.5
Corea del Sur	2.0	Kuwait	3.2	España	2.4
Reino Unido	2.0	India	2.8	Arabia Saudita	2.3
Resto del Mundo	16.7	Resto del Mundo	46.4	Resto del Mundo	37.4
Mundo	100.0	Mundo	100.0	Mundo	100.0

Fuente: IEA, 2008.

**Cuadro 7**  
**Producción de Carbón en México (Millones de Toneladas Métricas)**  
**1981-2007**

<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>
3.0	3.7	4.6	5.1	5.2	5.6	6.2	5.6	6.0
<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>
6.9	6.5	6.1	6.6	8.9	9.3	10.3	10.4	11.2
<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
10.3	11.3	11.3	<b>11.1</b>	<b>9.6</b>	<b>9.9</b>	<b>10.8</b>	<b>11.5</b>	<b>12.2</b>

**Cuadro 8**  
**Importación de Carbón México**  
**(Millones de Toneladas Métricas 1999-2007)**

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
4.0	2.432	3.439	5.894	7.233	4.089	7.259	7.619	11.37(p)

Fuente: (p) preliminar [www.coalportal.com/production\\_trade\\_data.cfm?data type=Import](http://www.coalportal.com/production_trade_data.cfm?data type=Import).

**Cuadro 9**  
**Producción de Energía Primaria (en términos de petajoules) 2007**

Concepto	Porcentaje
Total	100.0
Carbón	2.4
Hydrocarburos	90.0
Petróleo Crudo	65.8
Condensados	1.0
Gas Natural	23.2
Electricidad Primaria	4.4
Energía Nuclear	1.1
Energía Hydo	2.5
Energía Geotermal	0.7
Energía Eólica	n.s
Biomasa	3.3
Caña de Azucar	0.9
Madera	2.3

Fuente: SENER.

n.s: no significante  
 ESCALA DE TIEMPO GEOLÓGICO

Era	Período	Época	Edad Absoluta (años)	
			0	
Cenozoica (edad de mamíferos)	Cuaternario	Holocena		
			10 thousand	
		Pleistocena		
				1.8 million
	Terciario	Pliocena		
			5.3 million	
		Miocena		
			24 million	
		Oligocena		
			34 million	
Eocena				
		55 million		
	Paleocena			
(La gran matanza)			65 million	
Mesozoica (edad de reptiles)  (La gran extinción)	Cretácico			
		144 million		
	Jurásico			
		206 million		
	Triásico			
		248 million		
Paleozoica	Pérmico			
		290 million		
	Pennsylvánico			
		323 million		
	Mississípico			
		354 million		
	Devónico			
		417 million		
	Silúrico			
		443 million		
	Ordovícico			
		490 million		
	Cámbrico			
		543 million		
Precámbrica				
			4.5 billion	