

El futuro de los energéticos en la globalización

(Recibido: abril/08–aprobado: septiembre/08)

*Daniel Romo Rico**
*Sergio Galina Hidalgo**

Resumen

Este trabajo lleva a cabo un estudio sobre la importancias del sector energético en la economía a nivel mundial. Mediante un ejercicio de prospectiva hacia el año 2030 y el análisis acerca de la disponibilidad y los procesos de generación de energía internacional, se establecen algunas perspectivas del sector para el año mencionado. De manera particular se estudian las diferentes posibilidades en relación a las distintas variedades de combustibles empleados en la generación de energía primaria, subrayando las limitaciones y bondades de los mismos en cuanto a sus costos y demanda, todo ello contextualizado en los nuevos escenarios que plantea la globalización y encaminado a ofrecer una visión a futuro.

Palabras clave: consumo de energía, hidrocarburos, globalización.

Clasificación JEL: E21, F40, L71.

* Profesores del Departamento de Economía y Negocios de la Universidad del Caribe. Una versión preliminar de este trabajo fue presentado en el II Congreso Multidisciplinario sobre “Globalización, Comercio y Empresas Mexicana”.

Introducción

En el mundo actual, el proceso de desarrollo de la sociedad moderna está ligado a la disponibilidad de energía y su capacidad de generación sustentable. Los problemas en el suministro de energía vividos en Brasil (2001), Nueva York e Inglaterra (2003) y California (2000 y 2005) han propiciado una mayor conciencia de los gobiernos, familias y empresas con relación a la importancia e impacto de la energía en prácticamente todas las actividades del quehacer humano. Es por ello que el adecuado abastecimiento se considera en cada país como una parte fundamental de la estrategia de desarrollo y constituye para algunos gobiernos uno de los grandes temas de seguridad nacional.

Aunque en la actualidad se cuenta con distintas fuentes en el mundo, son las de origen fósil las que aportan la mayor parte de la energía que emplea el ser humano para realizar sus actividades. Sin embargo, dichas fuentes de generación tienen un periodo de vida finito y se desempeñan en mercados con estructuras de características especiales, que han propiciado efectos económicos y sociales de inestabilidad e incertidumbre. Esta situación ha motivado a empresas y gobiernos de los países más avanzados a financiar, desarrollar y experimentar con formas alternas de generación de energía renovables.

El presente trabajo tiene el objetivo de mostrar las perspectivas de comportamiento del sector internacional de energía, a fin de contribuir al análisis de los trabajos prospectivos. Se presentan tres apartados, en el primero, se realiza una introducción sobre la importancia del sector energético, particularmente en relación a las características propias de su proceso de generación y de formación de precios. En un segundo apartado, se establece un panorama general de la perspectiva de crecimiento de la economía mundial, para lo cual se analizan las principales tendencias previsibles hacia el 2030. En un último apartado, se realiza un diagnóstico del uso de los principales combustibles fuentes de la generación de energía primaria y su perspectiva de consumo en los próximos años. Con mayor detalle se revisan los casos de los no renovables, que se espera continuarán aportando el mayor porcentaje de energía primaria mundial. También se realiza un estudio general sobre el desempeño de las fuentes renovables, sobre todo de las que mayor aceptación han tenido en los últimos años, tal como es el caso de los biocombustibles y del potencial uso del hidrógeno.

1. Importancia del sector energía en la economía mundial

El nivel de desarrollo alcanzado por la sociedad en nuestros días tiene como base, entre otros aspectos, el uso de energía y de la infraestructura creada para su operación. Para generar la energía es necesario contar con los recursos económicos, financieros, y humanos apropiados, toda vez que es: una actividad altamente intensiva en capital; tiende a emplear economías de escala como forma de abatir costos; utiliza tecnología progresivamente, y por ende, destina elevados montos de recursos a la investigación y al desarrollo tecnológico; requiere de importantes inversiones para la construcción de infraestructura para su producción, transporte, almacenamiento y distribución, pero sobre todo, está vinculada con el problema de cambio climático y efecto invernadero.

La elección del combustible base para la generación de energía en un país depende de un sinnúmero de factores, como su disponibilidad, facilidad de transporte, costo de producción, intensidad en su consumo, de la capacidad de ingreso de los compradores, y con el tiempo, del efecto contaminante que se derive del uso que se haga de ella. También depende de las características de la estructura productiva que posee, sea en su sector transporte, residencial, comercial, industrial o agropecuario, y en particular, de su tecnología disponible, misma que es fundamental para reducir la demanda de energía y mejorar la eficiencia de los combustibles.

Los elevados precios de la energía influyen sobre el perfil de la demanda de los combustibles, porque los agentes económicos tratan de encontrar alternativas de generación a partir de combustibles que disminuyan sus costos, y en ciertos casos que no contaminen o sean de uso no peligroso.

Por otro lado, el desempeño del mercado de energía, genera impactos sociales y políticos derivados de algunos factores tales como: el conjunto de operaciones que se involucran su generación, transporte, distribución y consumo; la presión de la iniciativa privada nacional e internacional de participar en el sector, particularmente en las actividades reservadas tradicionalmente para el Estado; la visión social de establecer plantas de generación que representen peligro en su operación o contaminación; los efectos sobre la contaminación derivados de la combustión para la generación, o simplemente por la controversia existente en el mundo respecto a la propiedad y manejo de los productos ubicados en el subsuelo o en las zonas limitrofés de los países en el mar.

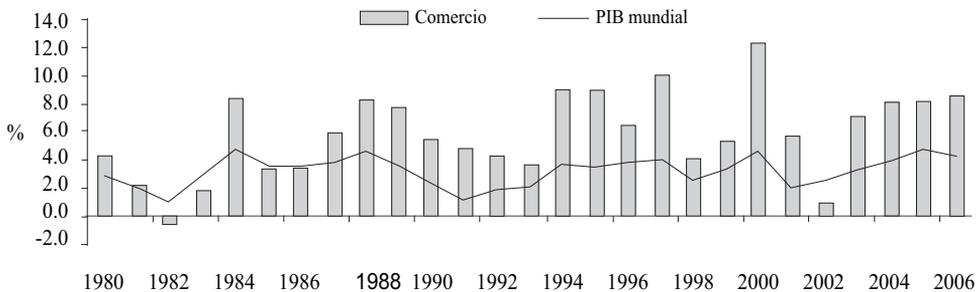
En fin, son múltiples los factores ligados al tema de la energía que en distintos momentos afectan el desempeño del mercado de cada uno de los combustibles empleados en su generación.

2. Hacia una visión prospectiva de la economía mundial al 2030

Desde inicios de la década de los noventa, la economía internacional se ha caracterizado por una creciente globalización e interdependencia que ha propiciado una ampliación del mercados de bienes y servicios, así como una rápida expedita movilidad de los capitales, tanto los dirigidos a la inversión productiva y como los de tipo especulativo o de portafolio. Este proceso de mayor interdependencia mundial impulsó el crecimiento económico, el cual promedió 3.2% durante la década de los noventa, elevándose a 4.3% entre el 2000 y 2006, e indujo un mayor dinamismo en el comercio internacional que se incrementó en promedio 6.6% anual en ese periodo (1990-2006) (Gráfica 1). Ello, a pesar de los problemas de terrorismo observados el 11 de septiembre del 2001, que marcaron un replanteamiento del tema de seguridad en el intercambio de bienes y servicios, y que en principio afectó dichos flujos comerciales.

En este entorno, el crecimiento económico internacional podría estimarse en alrededor de 3.5% por año en las primeras tres décadas del siglo como resultado de dicha interdependencia y del impulso de la actividad económica de las naciones más industrializadas, particularmente de EUA, así como del efecto que se desprenderá del dinamismo en las regiones del sudeste y centro de Asia y del bloque Europa del Este. Los países en desarrollo podrían observar un mayor crecimiento que el promedio mundial, como efecto de los rezagos acumulados. La posibilidad de aprovechar sus potencialidades en términos de recursos naturales y ventajas competitivas en los mercados internacionales será la base de su dinamismo económico.

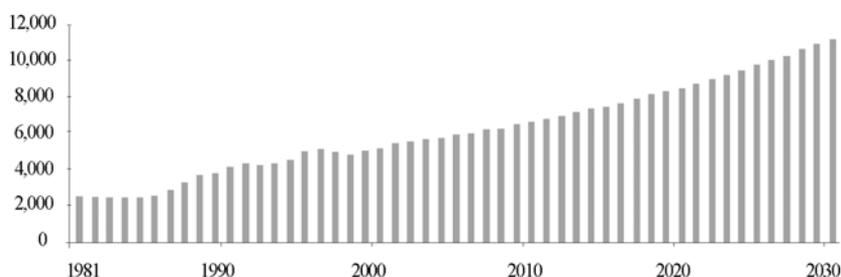
Gráfica 1
Crecimiento y comercio mundial, 1980-2006



Fuente: FMI.

El crecimiento económico en los próximos años, superará la tasa de aumento poblacional (UNCTAD, 2006) e implicará elevar el PIB per cápita mundial (Gráfica 2). Los países más desarrollados serán los que observen un mayor incremento en su PIB per cápita, originando una robustez creciente en la capacidad económica de su población, lo que agudizará la concentración de la riqueza y, por consiguiente, la inadecuada distribución del ingreso en el mundo.

Gráfica 2
PIB per cápita mundial al 2030



Fuente: Estimación propia con datos del FMI.

El impulso que mostrará la economía mundial tendrá como base fundamental, entre otros factores, los continuos desarrollos tecnológicos. Aunque no se pronóstica la introducción de tecnologías disruptivas en el primer tercio de este siglo, se continuarán observando progresos constantes en materia de comunicaciones, informática, biotecnología, medicina, energía, nuevos materiales y medio ambiente. Ante la limitada investigación y desarrollo tecnológico que se realiza en los países en desarrollo, la ampliación de la brecha tecnológica con relación a los más desarrollados se ahondará, particularmente en el caso de las naciones que no sean incorporadas al proceso de globalización, o sean incapaces de generar una capacidad económica suficiente para adquirir o desarrollar tecnología.

La agudización de la competencia inducirá a que los países busquen o desarrollen habilidades económicas, políticas, legales y tecnológicas que les permitan contar con ventajas competitivas en los mercados internacionales. Al mismo tiempo, los consumidores tendrán la posibilidad de elevar sus exigencias por productos de bajo costo y mayor calidad. De aquí, la importancia para las distintas

naciones y empresas de incorporarse de manera óptima a la producción de bienes con elevados estándares de eficiencia, o en su defecto, producir bienes y servicios de calidad para preservar la competitividad en sus mercados internos.

Las grandes empresas transnacionales continuarán jugando un papel notable en este escenario de globalización, lo cual puede constituirse en un factor de presión para algunas naciones por la capacidad económica y política que acumulan. Las empresas nacionales tenderán a complementar las actividades que realizan las compañías transnacionales y se enfocarán hacia áreas características de la nación en que se desempeñan.¹

3. Perspectivas del sector internacional de energía al 2030

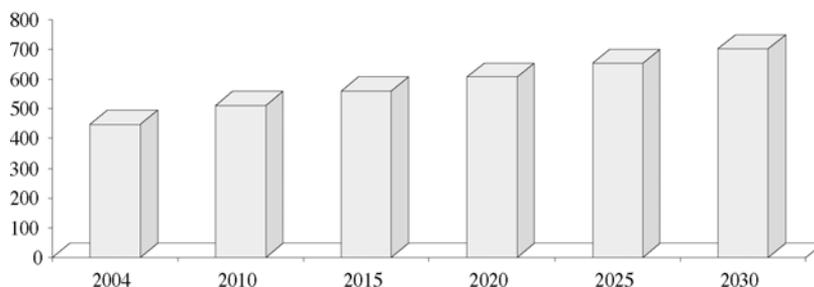
Aunque si bien los desarrollos tecnológicos, junto con el empleo de políticas de ahorro y conservación de energía, han logrado traducirse en mejor eficiencia del consumo, el crecimiento de las actividades del transporte, industriales y residenciales continuarán siendo fuente de mayor demanda de energía. Se pronostica que el consumo de energía primaria en el mundo entre 2004 y 2030 registre una tasa de crecimiento media anual de 1.8% de acuerdo a la Agencia de Información de Energía (AIE, 2007). El mayor crecimiento en el consumo se prevé en las naciones menos industrializadas (3.0%), por efecto de la demanda potencial que representa la población que no tiene acceso al suministro, y dadas las potenciales mejorías en el desempeño de su actividad económica.

En tanto, los países más industrializados preservarán su consumo de energía a tasas anuales promedio menores a las observadas hasta la década de los noventa, ello ante el creciente desarrollo de su aparato productivo, pero primordialmente debido al posible impulso del sector servicios y la creciente automatización de sus actividades, así como a la eficiencia energética alcanzada.

Uno de los sectores que mayor impulso observará en el futuro será el transporte, como efecto del consecutivo fortalecimiento del ingreso disponible en el mundo y del creciente avance del comercio internacional. Las naciones en desarrollo tendrán la necesidad de impulsar dicha actividad como base de su crecimiento. Al mismo tiempo será necesaria la creación de la infraestructura para su desarrollo como carreteras, puertos, aeropuertos y vías férreas.

¹ Las empresas transnacionales continuarán creciendo en el mundo, mediante la compra de empresas nacionales; utilizando asociaciones estratégicas o alianzas con empresarios nacionales, y por medio de la inversión directa en actividades con márgenes atractivos donde cuenten con ventajas competitivas.

Gráfica 3
Consumo mundial de energía, 2004-2030



Fuente: AIE.

En las naciones menos desarrolladas, la demanda de electricidad se prevé con mayor dinamismo por el déficit de cobertura existente, sobre todo para los grupos más empobrecidos, que tradicionalmente emplean leña como combustible.

El creciente consumo de energía continuará fortaleciendo la integración de los mercados regionales en el planeta, lo que constituirá la creación o ampliación de acuerdos sobre los marcos regulatorios entre países. El principal fin será propiciar un aprovisionamiento adecuado y evitar interrupciones en el suministro, pues existe la percepción sobre el agotamiento de las fuentes de generación de energías fósiles, y en particular, sobre la terminación de las reservas de petróleo y gas natural.²

En el consumo de energía, la eficiencia energética es un tema de amplia preocupación, especialmente en los países más industrializados. Un indicador de tal eficiencia es el concepto de intensidad energética, que mide el consumo por unidad de dólar del PIB. Las naciones más industrializadas tienden a mejorar su

² Algunos autores señalan que la era "del petróleo barato" está por terminar -lo cual se constata en los años recientes-. Aunque por otra parte existen opiniones contrarias que afirman que las reservas del crudo aún tienen un enorme potencial (Holtberg, 2003). Lo cierto es que la incertidumbre por la insuficiente exploración en algunos países en desarrollo y en regiones de elevada complejidad no permite realizar alguna aseveración precisa. En efecto, las reservas de hidrocarburos se ubican en zonas de mayor profundidad, complejidad geológica y su extracción es un proceso complejo que requiere la incorporación de métodos de recuperación mejorada, así como del uso de tecnología de mayor automatización y precisión (Matthew, 2002).

eficiencia, en tanto las naciones en desarrollo no, pues en la medida que crece su actividad económica van consumiendo más energía. No obstante, existen casos excepcionales que tienden a mejorar su eficiencia como es el caso de China (Cuadro 1).

Cuadro 1
Intensidad de energía, años seleccionados
Consumo de energía primaria por PIB
(BTU por dólar de 2000)

<i>País</i>	<i>1980</i>	<i>1985</i>	<i>1990</i>	<i>1995</i>	<i>2000</i>	<i>2004</i>	<i>TMCA</i> <i>%</i>
Irán	44,656	53,197	64,929	66,885	70,255	71,757	2.0
Brasil	10,197	10,969	12,480	13,083	14,262	13,845	1.3
Sudáfrica	27,964	33,745	31,718	35,444	34,230	33,935	0.8
Hong Kog	4,884	5,014	4,763	4,503	4,766	5,651	0.6
México	10,884	11,910	12,218	12,188	10,891	10,686	-0.1
India	26,828	29,303	29,447	32,729	29,152	25,989	-0.1
Japón	5,426	4,808	4,439	4,646	4,720	4,577	-0.7
Francia	9,665	8,882	8,372	8,716	8,186	7,957	-0.8
Canadá	23,551	21,614	20,487	20,639	18,008	17,032	-1.3
EUA	15,172	12,647	11,904	11,355	10,082	9,336	-2.0
Inglaterra	10,131	9,061	8,198	7,675	6,705	6,305	-2.0
China	103,065	77,860	65,383	48,365	35,900	39,760	-3.9

Asimismo, con el objetivo de propiciar la autosuficiencia de energía, financiar las actividades del sector y captar los avances tecnológicos, algunas naciones seguirán abriendo espacios a la iniciativa privada en el sector energético, en paralelo con la instrumentación de proceso de desregulación de sus mercados. Lo anterior, permitirá el creciente afianzamiento de empresas energéticas internacionales, entre las que destacan las grandes petroleras trasnacionales.

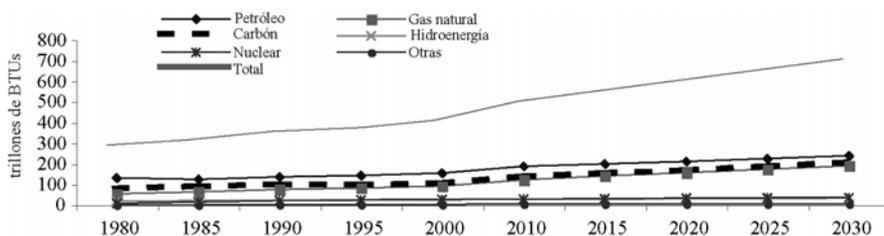
Por otra parte, el crecimiento esperado en el consumo de energía en el mundo, conlleva el aumento de la preocupación sobre la contaminación y los efectos ambientales derivados de utilizar combustibles convencionales.³ El mejor nivel

³ En distintas naciones se están realizando esfuerzos para reducir las emisiones derivadas de la combustión de los autos, impulsados por medidas como las contenidas en el Protocolo de Kyoto. En EUA, que es un país que no ha apoyado tal Protocolo, se han realizado algunos esfuerzos al respecto, particularmente en California a partir del 2004.

educativo de la población y la mayor conciencia de la sociedad, generarán presiones orientadas a preservar el equilibrio ecológico mundial por medio de la adecuación y mejoramiento de los marcos legales en la materia, y de un seguimiento más preciso sobre los eventos o acciones que pudiesen afectar el ambiente. Ello motivará que los gobiernos nacionales promuevan sistemas legales en materia ambiental cada vez más estrictos o bien impulsen, mediante subsidios o apoyos directos, el desarrollo de otras formas de generación de energía. El reto de los países en proceso de industrialización será cumplir con las reglas ambientales, similares a las existentes en los países desarrollados como Europa, o adoptar esquemas progresivos de políticas anticontaminantes a fin de aligerar las presiones de los grupos ecologistas nacionales e internacionales, tal como sucede actualmente con el Protocolo de Kyoto.

La variedad de combustibles empleados en la generación de energía primaria presentará en el futuro distintos retos y comportamientos hacia los años siguientes, dadas las características propias de su oferta, derivado de lo cual a continuación se estudia un panorama general en cada caso.

Gráfica 4
Consumo de combustibles para la generación de energía primaria al 2030



Fuente: AIE.

Petróleo

Es un combustible base para la generación de energía, que aportó cerca de 37% de la energía primaria consumida en el mundo en el 2006 (BP, 2007). Su mercado es de alcance internacional, pues es comercializado a lo largo y ancho de los cinco continentes mediante oleoductos y en buquetanques. Por su importancia como combustible, el petróleo es comercializado con base en precios de referencia internacional negociados en los mercados de derivados más importantes.

Las reservas existentes en el planeta sumaron al 1 de enero del 2007, un total de 1,293 miles de millones de barriles,⁴ lo que significa una disponibilidad del energético por un poco más de 40 años con relación al nivel de producción actual, ello sin contar las reservas de arenas bituminosas que posee Canadá, ni la incorporación de reservas por descubrir en una parte del mar profundo y ultraprofundo. Sin embargo, la distribución de las reservas reconocidas en el mundo está concentrada en más de 65% en el Medio Oriente, región tradicionalmente enfrentada con algunas naciones de occidente, principalmente con EUA. Además, se espera encontrar con una mayor proporción de crudos pesados que requieren procesos tecnológicos más sofisticados para obtener los derivados del petróleo, tales como las gasolinas, diesel, turbosinas y el coque de petróleo, entre otros.⁵

La producción mundial de petróleo se lleva a cabo por el cártel de la OPEP en alrededor de 40% y en cerca de 14% por cinco empresas transnacionales, en la que participan inversionistas de distintas naciones: Exxonmobil y ChevronTexaco (EUA), Total (Francia) e British Petroleum (Inglaterra) y Royal Ducht Shell (Inglaterra-Holanda).

En general, los países más industrializados son los principales consumidores del petróleo y los más grandes importadores de ese energético. Resalta el caso de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que consumen cerca de dos terceras partes del petróleo comercializado en el mundo o el caso de EUA, que emplea más de la cuarta parte del total de hidrocarburos consumidos mundialmente. De hecho, este último país tiene que importar más de la mitad del petróleo crudo que consume, con el agravante de registrar una tendencia ascendente en su consumo hacia los próximos años, que contrasta con la reducción de su nivel de producción esperada.

El petróleo reducirá paulatinamente su contribución en el consumo mundial de energía primaria en los próximos años, pues se estima que pasará a contribuir con aproximadamente una tercera parte de la energía primaria total consumida hacia el año 2030. Alrededor de tres cuartas partes del incremento en la demanda de petróleo en el mundo provendría del consumo del sector transporte, una sexta parte del sector industrial y el resto de otros, entre el que se destaca la generación de electricidad (Birl Fatih, 2002). Se considera que el mayor crecimiento en la demanda de petróleo provendrá de China, India y los países en desarrollo debido, entre otros

⁴ G. Michael (2005: 20).

⁵ Derivado de que se encuentra cada vez más petróleo pesado, es posible que por su bajo costo, el coque de petróleo se use de manera creciente como combustible para la generación de energía eléctrica, véase Chistopje y Shafer (2006: 28).

factores, a la propensión para estimular su sector de autotransportes como base del fomento de la actividad productiva y comercial, reflejo de un mejor nivel de vida de su población, y la oportunidad de incorporar el auto como medida de progreso familiar.

En los últimos años, la incapacidad de los productores para elevar la producción de petróleo, derivado de factores tanto estructurales como políticos, se ha conjugado con el incremento en la demanda del aceite en el mundo, situación que ha redundado en un incremento en los precios internacionales en términos nominales, pues aún no alcanzan los niveles de 1973 en términos reales.⁶

El petróleo no convencional (arenas bituminosas, crudos sintéticos y aceites ultrapesados), podría incrementar su contribución como fuente proveedora de energía en un futuro no muy lejano. Las reservas probadas y probables del petróleo no convencional más importantes se ubican en países como Canadá, Australia y Venezuela. En el primero se han realizado notables esfuerzos de producción de petróleo sintético, que alcanzan niveles cercanos al millón de barriles diarios. Sin embargo, será necesario realizar notables esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico para alcanzar una atractiva rentabilidad, y hacer de ese hidrocarburo no convencional, una alternativa masiva de generación de energía y en donde una de sus debilidades constituye la gran cantidad de gas natural requerida para convertir los depósitos en petróleo transportable.

Gas Natural

Es una mezcla de gases que se encuentra frecuentemente en yacimientos fósiles, solo o acompañando al petróleo o a los depósitos de carbón. No es tóxico. Al ser más liviano que el aire, se desvanece en la atmósfera disminuyendo el peligro de asfixia y explosión. Es uno de los combustibles que puede ser utilizado en la generación de electricidad, el consumo doméstico y en menor medida en el sector autotransporte. Es vital en las industrias petrolera, petroquímica, siderúrgica, en la del acero y el vidrio, entre otras. Debido a sus características de combustión de baja emisión de contaminación, en comparación con otros combustibles fósiles –como el petróleo y el carbón–, es el que mayor crecimiento ha registrado en su consumo durante los últimos años, alcanzando un poco más de 23% de la energía primaria demanda en el planeta en el 2006 desde 19% en 1980.

La disponibilidad del gas natural en el mundo se estima en un poco más de 60 años, aunque también se considera la posibilidad de yacimientos en hidrato

⁶ Véase Romo y Galina (2006).

de metano a grandes profundidades, que podrían alargar la disponibilidad mundial de este hidrocarburo. Al igual que en el caso del petróleo, un factor que opera en contra del gas natural es la distribución de las reservas, toda vez que en el Medio Oriente y en la ex URSS –o Comunidad de Estados Independientes- se concentran más de dos terceras partes del total. Su demanda se concentra fundamentalmente en las naciones que conforman la OCDE, Rusia y Ucrania con casi tres quintas partes del total mundial. Pero a diferencia del petróleo, el gas natural presenta mayores problemas de transporte, situación que ha propiciado la existencia de grandes mercados regionales.⁷

Cuatro países concentran más de la mitad de la producción mundial de gas natural, Rusia, EUA, Canadá y Gran Bretaña, situación que contrasta con la producción del Medio Oriente que sólo participa en la actualidad con alrededor de 10% del total producido.

Ante la creciente demanda en el mundo y las limitaciones de la oferta en sus mercados regionales, que podría agudizarse en el futuro próximo en algunas regiones como Norteamérica, se prevé un amplio incremento del volumen negociado del Gas Natural Licuado, así como la investigación y desarrollo de las tecnologías de conversión de gas a líquidos.⁸ Es evidente que para ello será necesario construir una infraestructura adecuada para su licuefacción, descongelación, transportación y distribución, lo que implica enfrentar potenciales problemas ambientales, sociales y hasta políticos para instalar esa infraestructura.

La demanda de gas natural se elevará más que el consumo de petróleo en los próximos años, en virtud de las citadas características ambientales y de eficiencia, y en el largo plazo, porque puede constituirse en origen de tecnologías para la obtención de hidrógeno.⁹ La AIE estima que el crecimiento medio anual en el consumo de gas natural será de 1.9% entre el año 2004 y 2030, hasta representar alrededor de 24% de la energía primaria total consumida en el planeta. La generación de electricidad continuará siendo una de las actividades más demandantes del gas natural por sus cualidades ambientales, de eficiencia energética y de viabilidad financiera.

⁷ Estos mercados son: el de Europea oriental-occidental que opera básicamente a través de gasoductos; el de Asia-Pacífico que se desarrolla mediante el movimiento de gas natural licuado; el mercado de Norteamérica que emplea también gasoductos, y en el que participa México, Canadá y EUA; el mercado de América Latina que se encuentra en pleno desarrollo por medio del transporte del combustible a través de gasoductos.

⁸ La tecnología de conversión de gas a líquidos es un proceso químico que permite un manejo y transporte más accesible del gas natural. Existen varios trabajos en el mundo desarrollados por las empresas transnacionales y algunas naciones como EUA y Rusia.

⁹ British Petroleum está desarrollando un proyecto a escala para generar electricidad usando hidrógeno manufacturado de gas natural para producir combustibles decarbonizado (BP, 2006).

Carbón

Según las presiones y temperaturas que los hayan formado se puede distinguir distintos tipos de carbón: turba, lignito, hulla (carbón bituminoso) y antracita. Cuanto más altas son las presiones y temperaturas, se origina un carbón más compacto y rico en carbono y con mayor poder calorífico.¹⁰ Su uso es fundamentalmente en la generación de electricidad y en el sector industrial.

Las reservas mundiales de carbón podrían alcanzar para más de 147 años a los niveles actuales de producción y se ubican en 76.5% en seis naciones (EUA, Rusia, China, India, Australia y Alemania). Los principales consumidores son China, EUA y la India, que en conjunto suman casi la mitad del consumo mundial. Dichas naciones acelerarán el consumo de este combustible para la generación de energía eléctrica, pero requerirán contar con la tecnología adecuada que limite la contaminación, como las técnicas de secuestro de gases, y particularmente en los países desarrollados, de la voluntad política de las regiones que cuentan con los yacimientos de ese combustible para que sean explotados. De otra manera tendrán que seguir recurriendo a otros combustibles fósiles o emplear otra fuente de energía alterna.¹¹

El proceso de uso del carbón en la generación de energía produce daños ambientales al quemarlo, pues se liberan gases que se convierten en óxidos de azufre y en otros gases tóxicos, responsables de efectos nocivos como la lluvia ácida, el efecto invernadero y la formación de smog. Por lo anterior, su consumo ha sido limitado, pues puede generar hasta 50% más de bióxido de carbono que el petróleo. Después de contribuir con cerca de 40% de la energía primaria total consumida en el mundo en 1965, el carbón aportó cerca de 26% del total en el 2004, y se espera que para el año 2030, aumente su contribución en el total de energía primaria consumida a alrededor de 28.4%.

A diferencia del petróleo y el gas, el transporte del carbón es complicado, por lo que el volumen del comercio internacional representó sólo 7% del consumo mundial. Los cambios en el futuro de la explotación del carbón no serán muchos en reservas por descubrir, pero sí en la maximización de su eficiencia extractiva, calidad, disminu-

¹⁰ La turba es poco rica en carbono y muy mal combustible. El lignito viene a continuación en la escala de riqueza, pero sigue siendo mal combustible, aunque se usa en algunas centrales térmicas. La hulla es mucho más rica en carbono y tiene un alto poder calorífico por lo que es muy usada, por ejemplo, en las plantas de producción de energía. Está impregnada de sustancias bituminosas de cuya destilación se obtienen interesantes hidrocarburos aromáticos y un tipo de carbón muy usado en siderurgia llamado coque, pero también contiene elevadas cantidades de azufre que son fuente importante de contaminación del aire. La antracita es el mejor de los carbones, muy poco contaminante y de alto poder calorífico.

¹¹ En algunos países desarrollados, los pobladores no están de acuerdo en que se exploten los yacimientos de carbón en sus regiones, en virtud de los efectos no deseables. Véase Lee (2006: 24-25).

ción de los costos de transportación, combustión y control de la contaminación generada. El principal sector demandante será en la generación de energía eléctrica.

Energía nuclear

La base de generación de energía primaria con energía nuclear es a través del empleo de Uranio, el cual se cuenta en cantidades suficientes en el planeta. Por algunos años se consideró a la energía nuclear como una alternativa viable de generación –particularmente en los setenta después del embargo petrolero a EUA–, sin embargo en 2006 únicamente contribuyó con 6.2% de la energía primaria consumida en el planeta. De ese total, 84.5% fue demandado en los países de la OCDE. El desarrollo principal de la energía nuclear se ubica en generación de electricidad (Shock, 2002)¹² y para propulsar algunas embarcaciones navales, no obstante su potencialidad en materia bélica le resta méritos para ser empleada en el mundo, particularmente por efecto de la política de algunas naciones desarrolladas como EUA y Francia.

La capacidad instalada para la generación de energía eléctrica a partir de la nuclear se ubica en más de la mitad mundial sólo en tres países: EUA, Francia y Japón. Los reactores nucleares no emiten gases de efecto invernadero, ni azufre. No se espera un incremento significativo en las próximas dos décadas, debido a la limitada construcción de nuevas plantas, a los pocos proyectos de nueva capacidad y al retiro de los reactores existentes, pero particularmente a los problemas para almacenar los residuos nucleares, así como a los temores que tiene la sociedad sobre su uso, derivado de los accidentes ocurridos en Three Mile Island (1979), el de Chernobyl (1986) y más recientemente el de Japón (2007), en donde afortunadamente no se complicó como en el caso de los dos accidentes anteriores.

No es fácil el obtener sitios para la construcción de nuevas plantas y es complicado convencer a la sociedad sobre las condiciones generales de seguridad en la operación de dichas plantas nucleares. Además, ante la amenaza terrorista, y la potencialidad bélica que representa el manejo de la energía nuclear, resulta difícil su introducción generalizada en el mundo, porque no sería aceptada por los EUA ni por sus aliados.

Pese a lo anterior, y a los avances tecnológicos esperados,¹³ la energía nuclear continuará contribuyendo a la generación de electricidad por varias déca-

¹² Antes de 2020, la energía nuclear convencional, el carbón estándar, el ciclo combinado integrado de la gasificación del carbón, el gas natural, el ciclo combinado de gas natural, y el hidropoder pueden ser los mayores apoyos para la generación eléctrica.

¹³ Los reactores más prometedores de fisión se encuentran en etapa todavía de investigación (los llamados reactores de 4ª. generación).

das, más aún si se toma en cuenta que las autoridades nucleares han autorizado extensiones de la vida de las plantas hasta por sesenta años (Echavarrí, 2003), además, de estar realizando trabajos para desarrollar la fusión nuclear.¹⁴

Hydroenergía

El empleo de plantas hidroeléctricas es una alternativa con potencialidad en los países con caudales de ríos. Estas plantas deben ser localizadas en sitios en donde existe una diferencia de altura entre la central eléctrica y el suministro de agua.

La contribución en el mundo de esta forma de generación de energía es de alrededor de 6.3% del total de energía primaria consumida. No se prevé un cambio en la tendencia del uso de esta fuente, por los elevados montos iniciales de inversión para su desarrollo y la necesidad de contar con caudales de agua suficientes en tiempo y en forma, así como por los impactos ambientales y sociales derivado de la construcción de las presas.

Cuatro países (China, EUA, Cánada y Brasil) concentran más de dos quintas partes de la capacidad total de hidroeléctricas en el mundo, y se estima que China e India serán los que mayor incremento presentarán en su capacidad de generación en la materia.

Además, no se considera óptimo para un país el basarse ampliamente en la generación de la hidroenergía, principalmente en el caso de dependencia de las lluvias. Experiencias vividas con los denominados efectos climáticos globales “del Niño”, que influyeron sobre la disponibilidad de agua en las presas y en la posibilidad de continuar usando la hidrogenación de energía, generan incertidumbre respecto al potencial de desarrollo de infraestructura adicional.¹⁵

Fuentes alternas de energía

En conjunto, las fuentes de energía renovables eólica, solar, geotérmica y biomasa aportaron únicamente 0.8% de la energía total primaria consumida en el planeta en el 2003. A pesar de mostrar un crecimiento superior al de la mayoría de las fuentes de energía en los próximos años, su participación en el total de energía primaria

¹⁴ Un grupo de países –China, la Unión Europea, Suiza, Japón, Rusia y Corea del Sur– se encuentran trabajando en el desarrollo del Reactor Termonuclear Experimental, que permitirá el uso del poder de la fusión. Los resultados se esperan a mediados de la década siguiente (Woloski, 2006: 40).

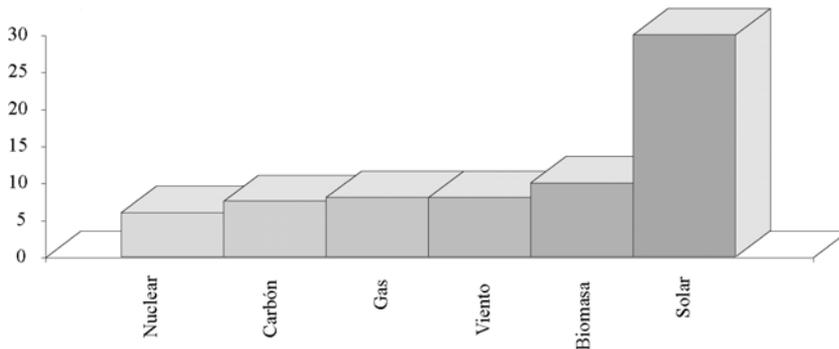
¹⁵ Si llueve es necesario desfogar las presas, originándose inundaciones en zonas pobladas. En tanto que las precipitaciones no sucedan por temporadas amplias, el nivel de las presas cae, ocasionando problemas de abasto de agua para la generación de energía, tal como sucedió en Brasil.

consumida continuará siendo baja en las primeras tres décadas del siglo. En la actualidad se han realizado esfuerzos para incorporar estas formas de generación a fin de disminuir la dependencia de las fuentes de origen fósil, sobre todo cuando los precios de los combustibles se elevan, como ha sido el caso desde 2004 en cuanto al petróleo y el carbón. Así, algunos gobiernos de países industrializados han ofrecido subsidios para el apoyo de actividades en el sector¹⁶ o mecanismos para fomentar la oferta segura de energía, como sucedió en San Francisco, California donde se emitieron bonos para financiar el desarrollo de sistemas de energía a partir de fuentes renovables (Wright, 2003).

Pocas naciones han concentrado sus esfuerzos en el impulso de las fuentes alternas de energía, entre ellas destacan EUA, España y Alemania. En particular, los norteamericanos contribuyen con alrededor de una cuarta parte del consumo mundial de fuentes alternas de energía, situación que ha sido apuntalada con el programa aprobado en agosto del 2005 por el presidente Bush.¹⁷

Es indudable que los esfuerzos en materia de investigación y desarrollo tendrán como reto fundamental disminuir los costos de generación de energía de las fuentes renovables para incorporarlas comercialmente al mercado (Gráfica 5).

Gráfica 5
Costo de la electricidad (normalizado a 20 años)
(dólares por millón de BTU)



Fuente: Kreniki (2007).

¹⁶ De hecho, derivado del apagón de Nueva York, algunas empresas y ciudades han evaluado la posibilidad de contar con una fuente de generación de energía alterna, aun cuando resultara costosa. La discusión se centra en evaluar el costo-beneficio de contar o no con la energía requerida.

¹⁷ En agosto del 2005, la administración Bush firmó un programa de apoyo por 14.5 miles de millones de dólares en incentivos hasta el 2007 para la mejora de la infraestructura de energía y conservación de energía, y en particular, para el desarrollo de energía renovable.

Por una parte, la luz del día representa prácticamente una alternativa infinita de suministro para la generación de energía solar cerca de los centros de consumo en casi todo el mundo, ya sea a partir de celdas fotovoltaicas o de los sistemas solares térmicos. El desarrollo tecnológico alcanzado en ambos casos es limitado, pues en el primer caso se han logrado avances en pequeña escala (calculadoras, teléfonos celulares, entre otros) y en prototipos de automóviles (Emmaus, 2001). En el segundo caso, los sistemas solares térmicos han permitido captar energía para la calefacción del agua en casas habitación, y selectivamente en actividades industriales, pero dichos sistemas resultan, en general, aún costosos en comparación con las fuentes de generación fósiles. La generación de energía solar es la que mayor potencialidad podrá presentar en el caso de reducir el costo de la tecnología para producirla, particularmente si es posible hacer accesible la tecnología que emplea silicio. Algunos analistas creen que a mediados de este siglo, una fracción muy importante de las necesidades de energía eléctrica en el mundo, podrían ser resueltas con celdas solares, sin embargo, para ello su costo necesitaría abatirse entre 50% o 60% (Mauk, 2003).

En cuanto a la energía eólica, se tienen avances a escala mundial en la generación de energía eléctrica, pero existen limitaciones severas, debido a que la fuerza del viento no existe de manera suficiente en tiempo y lugar en la mayor parte del mundo. Se ha observado un crecimiento en el uso de ellas en países europeos durante los últimos años, como Alemania, Dinamarca y España (Cabal, 2002). Se estima que los países más desarrollados tratarán de inducir esta alternativa de generación no contaminante en los próximos años, pero su contribución a la generación de energía primaria será marginal.

La generación de energía eléctrica a partir de geotermia es obtenida de yacimientos subterráneos de vapor, agua caliente y en el calor seco alojado en rocas calientes. Aún cuando se han logrado notables avances tecnológicos en las técnicas de perforación que facilitarían las operaciones, su potencial de crecimiento en el mundo es limitado, porque los costos de producción resultan elevados.

Una de las fuentes de generación de energía utilizadas por años en el mundo, y que mantiene una presencia por arriba del uso de la energía eólica, solar y geotérmica, es la biomasa. Se obtiene de la combustión de la leña, desperdicios y alcoholes combustibles. En el caso de la leña, el reto será limitar la destrucción de los bosques, pues independientemente de ser una fuente generadora de oxígeno, se considera que la tala indiscriminada generará efectos sobre el calentamiento global y el cambio climático. No obstante, en lugares marginados y alejados de los centros urbanos su empleo no es fácil de desplazar, debido a la inequitativa distribu-

ción del ingreso que neutraliza la capacidad para consumir algún combustible fósil o simplemente la energía eléctrica.

Cuadro 2
Capacidad total de energía eólica instalada
(fin de año y últimas estimaciones)

<i>Posición</i>	<i>País</i>	<i>2006</i>	<i>2005</i>	<i>2004</i>
1	Alemania	20.622	18.428	16.629
2	España	11.615	10.028	8.504
3	EUA	11.603	9.149	6.725
4	India	6.270	4.430	3.000
5	Dinamarca	3.136	3.128	3.124
6	China	2.405	1.260	764
7	Italia	2.123	1.717	1.265
8	Reino Unido	1.963	1.353	888
9	Portugal	1.716	1.022	522
10	Francia	1.567	757	386
	Total mundial	73.904MW	58.982	47.671

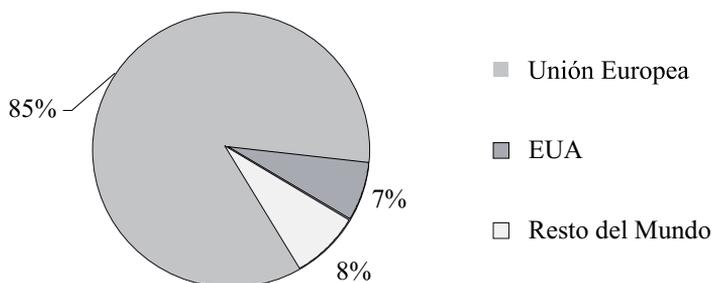
Fuente: Wind World Energy, WWEA e.V.

A partir del año 2005, EUA se sumó al fomento en el uso de los biocombustibles, ethanol y biodiesel. Con los procesos de fermentación de alcohol y su destilación es posible obtener etanol. Se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de maíz y caña de azúcar. Sin embargo, los actuales métodos de producción de bio-etanol utilizan una cantidad significativa de energía comparada al valor de la energía del combustible producido. Su poder energético es 30-40% menor que el de la gasolina. Se emplea en la sustitución de la gasolina o mezclado con ella, principalmente de dos maneras: 1) en vehículos de gasolina (90% gasolina y 10% etanol en volumen) gasoil, esto se practica sin ninguna modificación al motor; 2) etanol como sustituto de la gasolina. Una mezcla de 85% etanol y 15% gasolina (E85) produce un combustible viable para vehículos ligeros. Algunos autobuses y camiones a motor diesel, pueden operar con etanol casi puro.

Un inconveniente es que requiere de tierras con potencial para la siembra de alimentos. el Biodiesel puede producirse a partir de aceites vegetales de diferentes orígenes, como soya, algas, cacahuete. Es bio-degradable; reduce partículas en más de 50% y las emisiones de CO₂; libres de sulfuro, benceno y aromatizantes

potencialmente cancerígenos y posee productos derivados del residuo de su proceso como glicerina y fertilizantes orgánicos. En 2005, la producción de biocombustibles superó los 670 mil barriles por día el equivalente a 1% de mercado de combustibles para el transporte.¹⁸

Gráfica 6
Consumo mundial de biocombustibles, 2005



Fuente: International News on Fats (2006).

El uso de desperdicios como fuente de generación de energía es una de las alternativas que está tomando importancia en el mundo, por efecto de su volumen generado, principalmente en los grandes centros urbanos. Tiene potencial de crecimiento, ya que es una opción para destruir los desechos y evitar la acumulación de basura. Por su parte, el uso de los alcoholes combustibles es una alternativa ya empleada en países como Brasil y EUA, particularmente en el transporte, donde es aplicado en la oxigenación de gasolinas. Su capacidad de producción está en función del volumen de cosecha de la caña de azúcar y maíz. No se espera una mayor penetración de esta alternativa de generación de energía, en virtud de los problemas estructurales que presenta la producción mundial de ambos bienes agrícolas, tales como las limitaciones existentes en la disponibilidad de áreas cultivables y la insuficiencia tecnológica en materia de infraestructura, entre otros.

El hidrógeno además de ser el elemento más abundante en la naturaleza, es más liviano y limpio en la combustión. Normalmente no está libre sino combinado con el oxígeno en las partículas de agua. Si bien existen una serie de retos por superar, las cualidades y características de este elemento lo hacen aparecer como una opción atractiva para la generación de energía en el largo plazo.

¹⁸ International News on Fats (2006).

Puede ser empleado en la economía para distintas actividades. En el transporte, su utilización es familiar en la propulsión de transbordadores y tiene potencial como combustible en la industria aérea por sus ventajas frente al queroseno, tanto en términos de poder energético como de menor contaminación, pues produce vapor de agua.¹⁹ Han sido probados vehículos que combinan una máquina de gasolina con un motor eléctrico con éxito –autos híbridos–, pero su precio es aún elevado en relación a los autos convencionales. El hidrógeno tiene aplicaciones no energéticas en la industria, y más intensivamente en refinación, petroquímica, química e industria alimentaria. Su mercado se ampliará en la medida en que se incorporen avances tecnológicos.

Se ha empleado de manera constante en el proceso de generación de energía, particularmente en los sectores transporte y eléctrico. Aunque este uso es relativamente escaso, no se desacarta su empleo comercial hacia la tercera década de este siglo.²⁰ La viabilidad de operación masiva con hidrógeno estará determinada por un conjunto de factores. Uno de ellos será la reducción de los costos de producción para la generación de energía, particularmente con relación a los de las fuentes fósiles.

La dificultad de su transporte y almacenamiento representa otro gran reto para incorporarlo como base para la generación de energía, debido a su condición de gas a temperatura atmosférica y a su flammabilidad que implican la creación de una infraestructura especial para ello. Esto implica la realización de grandes inversiones, y por supuesto, tiempo y la aceptación social de la nueva tecnología ante las consabidas cualidades de los hidrocarburos.²¹ Pero además conllevaría la necesidad de desplazar y/o adaptar toda la infraestructura empleada en la generación de energía a través de las fuentes fósiles y de sus productos derivados, tales como gasolineras, redes de distribución de gas natural y gas LP, entre otras. En suma,

¹⁹ Se han realizado investigaciones en los países desarrollados a fin de disminuir los obstáculos que se presentan para emplear de manera intensiva al hidrógeno como base para la generación de energía. EUA contaba en 2002 con un programa de desarrollo en materia de infraestructura de hidrógeno durante cinco años por 1,700 millones de dólares en celdas de combustible y tecnologías alrededor de un vehículo híbrido. Adicionalmente, la Unión Europea ha comprometido más de 2 mil millones de Euros en el mismo periodo, tanto para la investigación y desarrollo de energías renovables, como de tecnologías de hidrógeno como energético. Otros países incluyendo Australia, Italia, Inglaterra, Singapur y Canadá, también han desarrollado celdas de combustible e investigación de tecnología de hidrógeno y programas de desarrollo en algunos lugares. Los programas en Japón han estado creciendo desde 1995 y China ha organizado un programa para construir y operar celdas de combustible vehiculares.

²⁰ Algunos autores señalan que los vehículos impulsados con celdas de hidrógeno entrarán al mercado alrededor del 2025, y llegarían a representar cerca del 30% del total de vehículos en el mundo (Leblond, 2005: 40).

²¹ Bajo condiciones de objetivos económicos y de reducción de CO₂, el vapor reformado de gas, la gasificación de carbón y la electrólisis de la electricidad derivada de energía renovable se consideran las opciones más adecuadas para desarrollar la infraestructura de hidrógeno (Wietschel y Arend de Groot, 2006).

sería necesario modificar la infraestructura usada en una economía basada en los hidrocarburos a una impulsada por el hidrógeno.

En general, el proceso de producción de energía mediante el empleo de hidrógeno puede no ser contaminante, a excepción de casos específicos si se deriva del procesamiento del gas natural o del empleo de energía nuclear. En conclusión, introducir el hidrógeno como una base para la generación de energía es una posibilidad latente y tecnológicamente factible en los próximos diez años de manera experimental. Sin embargo, la utilización masiva en el sector energético podría iniciarse hasta la tercera década de este siglo.

En este proceso, las acciones de impulso que instrumenten los gobiernos mediante incentivos impositivos y programas de subsidios jugarán un papel importante. Pero aún más importante, es deseable que el proceso de incorporación del hidrógeno en la generación de energía, sea paulatino, con el objeto de evitar alteraciones abruptas en la economía mundial, dados los intereses económicos, políticos y sociales involucrados.

Conclusiones

La energía es base para realizar cualquier actividad económica. Su disponibilidad es de vital importancia en el mundo. Para su generación es necesario destinar elevados montos financieros, investigación y desarrollos tecnológicos, y en general, crear la infraestructura necesaria para su transporte, particularmente, porque la demanda de energía continuará aumentando en los próximos años.

La base para generar energía hasta el año 2030 continuarán siendo los combustibles: el petróleo, gas natural y carbón, que a pesar de los niveles de contaminación que ocasionan, tienen un bajo costo de generación y relativa disponibilidad. La energía nuclear presenta aún problemas de seguridad y conflictos políticos que limitan su desarrollo. No se prevé por lo menos en las primeras tres décadas del siglo una mayor penetración de las fuentes no renovables, sin embargo su potencial dependerá de distintos factores, como: la incorporación de tecnología competitiva, un mayor aprovechamiento del potencial de generación, o bien, del desarrollo de algunos mercados regionales en donde se aprovechen las potencialidades de algunas zonas.

El hidrógeno se considera como una de estas posibilidades hacia los próximos veinte años, por su disponibilidad y sus cualidades poco contaminantes. Los principales retos a enfrentar para acceder a su uso serán: abatir los costos para que dicha alternativa se consolide, crear la infraestructura para su consumo, afrontar una serie de estructuras de mercado que operan en la economía, como es el de hidrocarburos, automotriz y eléctrico.

El papel que jueguen los gobiernos, particularmente de las naciones más industrializadas, y la posibilidad de que existan las condiciones para impulsar el uso de alternativas de generación, será fundamental en el desenvolvimiento del sector energético mundial.

Referencias bibliográficas

- Anonymous (2002). "To grow briskly to 2030", *Oil & Gas Journal*, Oct. 14, Vol. 100, No. 42.
- Birl, Fatih (2002). "World Oil Outlook to 2030", International Energy Agency.
- Cabal, Custa *et al.* (2002). "Factores de éxito en proyectos de Energía Eólica", *Informes Técnicos*, Ministerio de Ciencia y Tecnología y Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, España, diciembre.
- Chistopje, Aubertot, Harry E. Shafer (2006). "Petroleum Coke: The Fuel of the Future?", *Ceramic Industry*, August, Vol. 156, No. 8, p. 28.
- Echavarri, Luis (2003). "Economic competitiveness is Key for Renaissance", *Nuclear Plant Journal*, Mar/Apr.
- Emmau (2001). "The business of making sup efficient cars", *Business*, summer.
- Ethisham Ahmad (2002). "Oil Revenue Assignments: Country Experiences and Issues", *IMF Working Paper*, WP/02/203 November.
- G. Michael, Mauk (2003). JOM: Wilson Applied Science & Technology Abstracts Vol.55, issue 5, May.
- (2005). "Global reserves, oil production show small increases for 2005", *Oil & Gas Journal*, Dec. 19, Vol. 103, No. 47.
- Gordon, Wright (2003). "San Francisco savors solar energy", *Building Design & Construction*, Vol. 44, Issue 5, May.
- Hobbs, G Warfield (1995). "Energy minerals-2: oil, gas, coal, uranium, tar sand resource trends on rise", *Oil & Gas Journal*, Vol. 93, Iss. 36, September 4.
- Holtberg, Paul and Robert Hirsch (2003). "Can we identify limits to worldwide energy resources?", *Oil & Gas Journal*, Vol. 101, Issue 25, Jun 30.
- International News on Fats (2006). *Oils and Related Materials*, Aug.
- Kreniki, John (2007). Senate Finance Committee, March 29.
- Landwehr, Michael and Céline Marie-Lilliu (2002). "Transportation projections in OECD regions", *International Energy Agency*, May.
- Leblond, Doris (2005). "IEA: Hydrogen fuel, fuel cells for transport face costly hurdles", *Oil & Gas Journal*, Tulsa, Dec 19, Tomo 103, No. 47.
- Lee, Hibbert (2006). "Capturing a future for coal", *Professional Engineering*. Bury St. Edmunds, Feb 8, Tomo 19, No. 3.

- Marilyn, Radler (2003). "Nuking´ hydrogen", *Oil & Gas Journal*, Jul 7, Vol. 101, Issue 26.
- Matthew, R. Simmons (2002). "Depletion & US Energy Policy", *International Workshop on Oil Depletion*, Uppsala, Sweden May 23.
- N. Rober, Schock (2002). "Key technologies for the development of fossil Fuels in the 21st Century", U.S. Department of Energy, November 22.
- National Energy Policy Development (2001). National Energy Policy, EUA.
- Romo, Daniel, S. Galina y A. Perez (2005). "Could Mexico Be an Important Source of Uncertainty for Oil Market?", *The Journal of Energy and Development*, Vol. XXXI, Autumn, No. 1.
- y S. Galina (2006). "El mercado petrolero internacional, situación actual y perspectivas", Congreso de la Asociación Mexicana de Economía de la Energía, octubre.
- Stouffer Rick (2002). "Federal study sees 74,000 MW of new coal-fired plants by 2025", *ENR*, New York, Dec. 2, Vol. 249, Issue 23.
- Wietschel, Martin and Ulrike Hasenauer, Arend de Groot (2006). "Development of European hydrogen infrastructure scenarios-CO2 reduction potential and infrastructure investment", *Energy Policy*, Kidlington, Jul., Tomo 34, No. 11.
- Williams, Peggy (2002). "Growing percentage of world oil supply will come from depth water", *Oil & Gas Journal*, Denver, Oct., Vol. 22, Issue 10.
- Woloski, Andrea (2006). "Fuel of the Future: A Global Push Toward New Energy", *Harvard International Review*, Winter, Vol. 27, No. 4.

Recursos electrónicos

- British Petroleum (BP). *Statistical Review of World Energy*, June 2007 (<http://www.bp.com/statisticalreview>).
- (http://www.bpalternativenergy.com/liveassets/bp_internet/alternativenergy/press_30_06_05.html) 8 de octubre de 2006.
- AIE (Energy Information Administration), *World Energy Outlook*, July 2007 (<http://www.eia.doe.gov/>).
- (<http://www.conapo.gob.mx/00cifras/5.htm>) octubre del 2006.
- (<http://esa.un.org/unpp>) octubre del 2006.
- Phaal, Robert (s.f). "Foresight Vehicle Technology Roadmap", Centre for Technology Management, Institute for Manufacturing, University of Cambridge (www.ifm.eng.cam.ac.uk).