

Elementos Activadores de la Escena Energética

Un Informe del Consejo Mundial de la Energía

Diciembre 2003

Elementos Activadores de la Escena Energética

Copyright © 2003 Consejo Mundial de la Energía (World Energy Council)

Se reservan todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico, electrostático, magnético, mecánico, fotocopiado, registrado o cualquier otro, sin el permiso previo del propietario del copyright.

Publicado en Diciembre de 2003
Consejo Mundial de la Energía
5th Floor, Regency House
1-4 Warwick Street
London W1B 5LT
United Kingdom
www.worldenergy.org

AGRADECIMIENTOS

El Consejo Mundial de la Energía (CME) se ha involucrado en un cierto número de estudios energéticos globales, en particular, *Energía para el mundo del mañana (Energy for Tomorrow's World – ETW)* en 1993, *Perspectivas energéticas globales (Global Energy Perspectives)* realizado por IIASA/CME en 1998, su mensaje del Milenio, *Energía para el mundo del mañana—Actuar ya (Energy for Tomorrow's World -- Acting Now! (ETWAN))* y *la Evaluación de la Energía en el Mundo (World Energy Assessment)* realizado por CME/UNDP/UNDESA en 2001. Con ocasión del Congreso Mundial de la Energía de Buenos Aires del 2001, el CME publicó un libro sobre desarrollo energético sostenible para el gran público, titulado *Vivir en un sólo mundo (Living in One World)*. Todas estas publicaciones incorporaban implícitamente hipótesis sobre “Activadores”, tales como el futuro crecimiento económico, la demografía, la eficiencia energética, las preocupaciones medioambientales y las políticas energéticas. Sin embargo, estos estudios miraban hacia adelante y no intentaban determinar si los impactos de los “Activadores” en el futuro serían consistentes con las evoluciones pasadas y presentes en el mercado de servicios energéticos.

El objeto de *Elementos Activadores de la Escena Energética* es iniciar una reflexión sobre cómo ha trabajado en la práctica el sistema energético, cuál ha sido la dinámica de los mercados energéticos y cómo la disponibilidad de la energía ha impactado sobre el crecimiento del PIB y sobre la accesibilidad, ya sea positiva o negativamente. Este informe no propone otro “modelo” energético o diferentes proyecciones futuras sino que examina los retos a los que la escena energética se enfrenta hoy y cuáles son los efectos más importantes de la economía, la sociedad, el medioambiente o la tecnología.

El entendimiento de esta dinámica es una tarea ambiciosa para la que el CME, la única organización mundial multi-energía con 97 Comités Miembros en países desarrollados y en países en desarrollo, está especialmente bien preparada. Gracias a su amplia red, el CME decidió enfocar *Elementos Activadores* en el contexto de mercado actual y reunió a un grupo de reconocidos expertos de una amplia serie de países, organizaciones y empresas energéticas.

El CME expresa su agradecimiento al Dr. Majid Al-Moneef, Asesor del Ministro, Ministerio del Petróleo y Recursos Naturales de Arabia Saudita, que ha presidido el estudio, consiguiendo que se estableciera un debate fructífero entre los miembros del Grupo de Estudio y otros grupos de interés. El CME también agradece a los miembros del Grupo de Estudio y a los expertos invitados (ver Anexo A) que ayudaron a ampliar el alcance de los documentos iniciales de posición. Finalmente, el CME también agradece a sus Comités Miembros haber aportado nuevos puntos de vista en las reuniones regionales sobre *Activadores* y en el simposio especial que, sobre este tema, tuvo lugar durante la Asamblea Ejecutiva de 2002 en el Cairo.

Jean-Marie Bourdairé, Director de Estudios del CME, asumió la pesada tarea de Jefe de Proyecto para este estudio. Sus variados conocimientos en economía y política de la energía y su amplio abanico de contactos han sido muy apropiados para el estudio. El CME está en deuda con él por haber preparado los documentos de base para el estudio y por redactar el informe.

Dirigentes del Consejo Mundial de la Energía

| | |
|---|--|
| Antonio del Rosario <i>Presidente CME</i> | Norberto de Franco Medeiros <i>Presidente Comité de Programas</i> |
| Philip Aiken <i>Vicepresidente Sydney 2004</i> | Shige-etsu Miyahara <i>Vicepresidente Asia</i> |
| François Ailleret <i>Presidente Comité de Estudios</i> | Kieran O'Brien <i>Vicepresidente Europa</i> |
| Asger Bundgaard-Jensen <i>Vicepresidente Finanzas</i> | Fred Phaswana <i>Vicepresidente Africa</i> |
| John Derrick <i>Vicepresidente Norteamérica</i> | Carlos Pierro <i>Vicepresidente Latinoamérica/Caribe</i> |
| Alioune Fall <i>Vicepresidente Iniciativa GEIS</i> | Gerald Doucet <i>Secretario General</i> |

Comités Miembros del Consejo Mundial de la Energía

| | | |
|----------------------|----------------------|---------------------|
| Alemania | Gabón | Noruega |
| Angola | Georgia | Pakistán |
| Argelia | Gana | Paraguay |
| Argentina | Grecia | Perú |
| Australia | Holanda | Filipinas |
| Austria | Hong Kong, China | Polonia |
| Bangladesh | Hungría | Portugal |
| Bielorusia | India | Rumanía |
| Bélgica | Indonesia | Reino Unido |
| Bolivia | Irán (Rep. Islamic.) | República Checa |
| Botswana | Irlanda | Arabia Saudita |
| Brasil | Islandia | Senegal |
| Bulgaria | Israel | Serbia y Montenegro |
| Camerún | Italia | Singapur |
| Canadá | Japón | Siria (Rep. Arabe) |
| China (Rep. Popular) | Jordania | Sri Lanka |
| Congo (Rep. Dem..) | Kenia | Sudáfrica |
| Corea (Rep.) | Letonia | Suecia |
| Costa de Marfil | Líbano | Suiza |
| Croacia | Libia/GSPLAJ | Swazilandia |
| Dinamarca | Lituania | Taiwán, China |
| Ecuador | Luxemburgo | Tanzania |
| Egipto (Rep Arabe) | Macedonia (Rep) | Tailandia |
| El Salvador | Malí | Trinidad y Tobago |
| Eslovaquia | México | Túnez |
| Eslovenia | Mónaco | Turquía |
| España | Mongolia | Ucrania |
| Estados Unidos | Marruecos | Uruguay |
| Estonia | Namibia | Venezuela |
| Etiopia | Nepal | Yemen |
| Federación Rusa | Nueva Zelanda | |
| Finlandia | Níger | |
| Francia | Nigeria | |

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| RESUMEN EJECUTIVO | 1 |
| INTRODUCCION | 12 |
| PARTE I: PIB Y ENERGÍA | 14 |
| A. CRECIMIENTO DEL PIB: UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA | 14 |
| Los Problemas con las Metodologías del PIB | 17 |
| El Caso de los EE.UU | 17 |
| El Caso de China | 18 |
| El Caso de la FSU | 19 |
| Reparto del PIB entre Diferentes Regiones | 21 |
| B. FACTORES QUE AFECTAN AL CRECIMIENTO DEL PIB | 23 |
| La Demografía | 24 |
| La Innovación Técnica | 26 |
| La Importancia de la Capacidad Institucional | 27 |
| Los Factores Exógenos Relacionados con la Energía | 29 |
| Disponibilidad de Energía | 29 |
| Accesibilidad a la energía | 31 |
| Aceptabilidad de la Energía | 33 |
| C. CONCLUSIONES SOBRE EL “ACTIVADOR DEL PIB” | 35 |
| PARTE II: LA DEMANDA ENERGÉTICA | 37 |
| A. PARTE II: LA ESTRUCTURA DEL CONSUMO ENERGÉTICO | 37 |
| El Concepto de Servicios Relacionados con la Energía | 38 |
| Electricidad Final | 39 |
| Transporte: Petróleo para la Movilidad | 40 |
| Uso Final Estacionario de Combustibles Fósiles | 40 |
| Consumo Energético Intermedio: Transformación y Logística | 41 |
| B. ¿QUÉ INDICAN LAS TENDENCIAS REGIONALES? | 43 |
| Las Economías de Mercados Desarrollados | 43 |
| Las Economías de Mercados en Desarrollo | 44 |
| Las Economías en Transición | 45 |
| Comparación entre Regiones | 46 |
| C. POSIBLE DESPEGUE O SATURACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA | 47 |
| El Caso del Transporte | 47 |
| El Caso de la Electricidad | 50 |
| El Caso del Uso Final Estacionario de Combustibles Fósiles | 52 |
| D. EL PAPEL DE LOS PRECIOS FINALES DE LA ENERGÍA | 52 |
| Factores que Influyen en los Precios | 53 |
| Posibles Impactos de los Incrementos de los Precios | 55 |
| E. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CAMBIOS EN LOS PRECIOS | 57 |
| F. CONCLUSIONES SOBRE EL 'ACTIVADOR DE LA DEMANDA ENERGÉTICA' | 59 |

| | |
|---|-----------|
| PARTE III: OFERTA DE ENERGÍA PRIMARIA Y PAPEL DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO | 61 |
| A. TENDENCIAS HISTÓRICAS DE LA OFERTA MUNDIAL DE ENERGÍA | 61 |
| Ranking de las Energías Primarias y el Nuevo Papel del Petróleo | 62 |
| Hasta la Segunda Guerra Mundial | 62 |
| Desde la Segunda Guerra Mundial hasta 1973 | 63 |
| El cambio de 1973-74 en el Ranking de Energías Primarias | 63 |
| El desacoplamiento PIB – Energía tras 1974 | 65 |
| B. LA DINÁMICA DEL PRECIO DE LA ENERGÍA | 67 |
| Precios Históricos del Petróleo | 68 |
| Una Vista Ampliada de los Precios del Petróleo desde 1948 | 69 |
| ¿Hacia Nuevos Incrementos de Precios de la Energía Primaria? | 71 |
| ¿Es Posible que Alguien Nuevo Fije los Precios en el Futuro? | 72 |
| C. POSIBLES DESEQUILIBRIOS EN LA OFERTA ENERGÉTICA FUTURA | 73 |
| El Caso del Petróleo | 73 |
| Oferta de Petróleo fuera de la OPEP Oriente Medio | 74 |
| Petróleo no Convencional y la OPEP Oriente Medio | 75 |
| El Caso del Gas Natural Norteamericano | 76 |
| El Caso del Gas Natural de la Europa de la OCDE | 79 |
| Futuras Exportaciones de Gas de Rusia a Europa | 80 |
| Futuras Exportaciones de Gas desde Oriente Medio a Europa | 82 |
| Otras Fuentes Energéticas | 83 |
| Carbón | 83 |
| Energía Nuclear | 86 |
| Renovables Modernas | 87 |
| D. CONCLUSIONES SOBRE EL ACTIVADOR DE LA OFERTA ENERGÉTICA | 89 |
| ANEXOS: | |
| A MIEMBROS DEL GRUPO DE ESTUDIO Y EXPERTOS INVITADOS | |
| B LISTA DE ABREVIATURAS, GLOSARIO Y METODOLOGÍA | |
| C LISTA DE GRÁFICOS Y TABLAS | |

RESUMEN EJECUTIVO

A. ¿POR QUÉ ESTUDIAR LOS ACTIVADORES DE LA ENERGÍA?

Activadores de la Escena Energética es el primer informe del Programa de Trabajo 2002-2004 del Consejo Mundial de la Energía (CME). Su objeto es promover una reflexión sobre como ha funcionado en la práctica el sistema energético, **cuál** ha sido la dinámica de los mercados energéticos y cómo los conocidos objetivos del CME de accesibilidad, disponibilidad y aceptabilidad de la energía han influido en el crecimiento del PIB y viceversa.

El informe adopta un método diferente respecto a otros trabajos previos del CME sobre este tema porque no propone otro “modelo” energético u otras proyecciones distintas hacia el futuro en un contexto multi-energético. Más bien, se focaliza en las trayectorias pasadas del PIB y de la energía, examina los retos a los que se enfrenta hoy la escena energética y trata de cómo les afecta una serie de variables económicas, sociales, medioambientales o tecnológicas.

El informe se concentra sobre los mercados del petróleo y gas natural por su importancia en el suministro de energía y fijación de precios globales. Proporciona un contexto para un trabajo separado del Consejo Mundial de la Energía sobre carbón, calefacción urbana, renovables, reformas del mercado energético, tecnologías de uso final, cambio climático y análisis del ciclo de vida que serán publicadas cuando se celebre el 19 Congreso Mundial de la Energía en Sidney, Australia, en Septiembre de 2004.

B. ACTIVADORES Y OBJETIVOS ENERGÉTICOS

Las sociedades industriales modernas tienen tres características relacionadas con la energía que, en gran medida, determinan la economía global y la prosperidad de cada país: el papel de la energía en el desarrollo económico, la evolución de la demanda de servicios energéticos cada vez más sofisticados y aceptables, y la disponibilidad de energía primaria en términos tanto de cantidad como de calidad.

En este informe, dichas características se han estudiado bajo tres grupos de Activadores: el primero es el *Activador del PIB*, que estudia los impactos demográficos, institucionales y tecnológicos sobre el crecimiento del PIB; el segundo es el *Activador de la Demanda Energética* que trata de la naturaleza y evolución del consumo energético en los distintos servicios de calefacción, movilidad y electricidad y de su impacto sobre el medioambiente; el tercero es el *Activador de la Oferta Energética* que se refiere a la disponibilidad y coste de la energía y a su impacto sobre las perspectivas de crecimiento económico y sobre la demanda de energía.

No es por mera coincidencia que estos tres conjuntos de Activadores de la energía jueguen un papel clave en la consecución de la misión del CME de desarrollo energético sostenible para mayor beneficio de todo el mundo:

- Las tendencias del pasado revelan que la *accesibilidad a la energía* es primordial para el desarrollo económico, un proceso que comenzó con la Revolución Industrial

pero que parece haberse detenido o ralentizado en muchos países en desarrollo en los últimos 30 años;

- Las tendencias pasadas también revelan que la *aceptabilidad de la energía* es primordial para la demanda de la misma. La demanda evoluciona hacia usos de la energía más limpios y sofisticados, llevando así la evolución del suministro primario hacia combustibles más limpios y versátiles; y
- Las tendencias pasadas también muestran que la moderna *disponibilidad de energía* es clave para los dos primeros Activadores, porque las crisis energéticas prolongadas dificultan el desarrollo económico y fuerzan a la sociedad a adaptarse a un entorno energético más caro.

Desde los inicios de la Revolución Industrial (aproximadamente desde mediados del siglo XIX) hasta 1973, la trayectoria de la energía en el mundo, incluyendo la energía comercial y la tradicional, se fue acelerando:

- En la primera parte de este período, hasta el final de la segunda guerra mundial, la demanda de energía se aceleró lentamente por una combinación de acontecimientos externos (por ejemplo la grave crisis económica tras 1929 y las dos guerras mundiales) y por el predominio del carbón, un suministro energético abundante pero no versátil;
- En los “dorados” 50 y 60 hasta 1973, el crecimiento económico y la demanda de energía del mundo se aceleraron a una tasa elevada de aproximadamente el 5% anual. Entre las distintas razones que contribuyeron a este período de crecimiento excepcional cabe citar la ausencia de crisis políticas o económicas prolongadas en los mercados principales y la disponibilidad de petróleo – barato, abundante y versátil porque es líquido – que jugó un papel cada vez más esencial.

Desde 1974 ha existido un cambio diferenciado de perspectiva. El crecimiento energético global comenzó a ralentizarse gradualmente a causa del impacto combinado de un menor crecimiento económico global y un desacoplamiento entre el crecimiento del PIB y la demanda de energía primaria en el mundo. Las dudas acerca de los datos de crecimiento del PIB en los EE.UU., China y la Federación Rusa y de la intensidad energética del PIB se discuten en el informe porque pueden jugar un papel clave para establecer previsiones que pueden derivar en un trabajo que dé continuidad a *Activadores de la Escena Energética*.

Después del 2003, el crecimiento de las necesidades totales de energía primaria en términos de toneladas equivalentes de petróleo podría continuar desacelerándose o acelerándose. La mayoría de los escenarios sugieren aceleración, siendo la aceptabilidad de la energía (es decir, el medioambiente y las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en los países en desarrollo donde se espera que el crecimiento de la demanda sea muy grande) la restricción vinculante para los sistemas energéticos. Sin embargo hay factores de mercado y algunos efectos clave que sugieren que, a causa de las restricciones vinculantes de disponibilidad y accesibilidad de la energía así como de mayores precios reales de la misma, es posible una desaceleración de las necesidades de energía primaria (con concentraciones de gases de efecto invernadero que nunca pueden alcanzar las 550 partes por millón). *Activadores de la Escena Energética* arroja luz sobre cual de estas direcciones en demanda energética constituye la base más probable para colaboraciones entre los gobiernos y las empresas en materia de desarrollo sostenible en un futuro.

El informe resalta una serie de efectos sobre cada uno de los tres Activadores identificados anteriormente, pero algunos nos parecen particularmente importantes:

- Para el *Activador del PIB*, la capacidad institucional nacional (es decir, si un país puede hacer aflorar capital barato, doméstico o exterior, e incorporar nuevas tecnologías rápidamente);
- Para el *Activador de la Demanda Energética*, los precios finales que combinan el precio de la energía primaria (los costes fijos necesarios para hacer de él un servicio utilizable), los costes variables de transmisión y otros aguantados abajo, y las tasas o costes ocultos resultantes de la política y regulación de los gobiernos; y
- Para el *Activador de la Oferta Energética*, los costes de los combustibles primarios y de su entrega en los puntos en que son necesarios.

Estos Activadores no son independientes. No hay duda de que una mejor capacidad institucional favorecerá el crecimiento económico, pero no puede evitar una crisis económica si los precios se disparan. Las nuevas tecnologías pueden dar lugar a una mejor eficiencia de los servicios energéticos o a un abanico mayor de opciones de suministro, pero puede ser caro y requerir una costosa sustitución de capital.

De forma similar, se pueden explotar nuevas fuentes de energía, pero los costes totales pueden ser muy superiores a los de los combustibles existentes más baratos y abundantes. Finalmente, y no menos importante, los comportamientos individuales o colectivos juegan un papel importante, por ejemplo, favoreciendo los usos intensivos en energía tales como los coches deportivos u oponiéndose al desarrollo de ciertas opciones energéticas a favor de otras (tal como la percepción de la energía nuclear en ciertas regiones del mundo en comparación con las renovables).

C. EL “ACTIVADOR DEL PIB”

El Activador del PIB tiene tres componentes clave; tendencias demográficas, capacidad institucional y tecnología. Estos componentes se relacionan con la energía por medio de la oferta de energía primaria, los precios finales de los servicios energéticos y la calidad y versatilidad de los sistemas energéticos.

En el período desde 1850 hasta 1948, cuando el crecimiento medio global del PIB fue de aproximadamente el 1,7% anual, el crecimiento continuo de la población mundial desde 1,000 millones hasta 2,500 millones de personas permitió un crecimiento lento pero equilibrado. Las instituciones en distintos países, particularmente en Europa y Norteamérica, evolucionaron hacia la democracia, con derechos de propiedad y sistemas bancarios fiables, mientras la electrificación para motores e iluminación se extendió rápidamente. Los desarrollos tecnológicos fueron grandes, con la máquina de vapor, ferrocarriles y coches empezando a destacar, por nombrar sólo algunos que tienen implicaciones energéticas importantes. La energía primaria era barata, abundante y basada en el carbón, pero la versatilidad y la calidad de los sistemas energéticos sufrió por esta dependencia y por las emisiones locales y regionales del carbón.

En el período entre 1949 y 1973, la población que crecía rápidamente llegó a 4.000 millones de personas. Esto y una intensificación en los derechos de propiedad y en el ahorro, juntamente con un amplio progreso en el uso para movilidad y electricidad (por ejemplo, aviones y electrodomésticos), llevaron al PIB a un crecimiento excepcional medio del 5% anual. La oferta de energía primaria se expandió rápidamente y la dependencia del petróleo se incrementó espectacularmente gracias a su precio bajo y estable. Por ser más versátil que el carbón, el petróleo promovió una enorme expansión de todos los servicios relacionados con la energía. Al mismo tiempo, en los Estados Unidos, que habían sido unos importadores netos de petróleo desde finales de la segunda guerra mundial, el déficit entre

la oferta de petróleo doméstico y la demanda creció rápidamente, especialmente después de 1970 cuando su producción doméstica de petróleo alcanzó el máximo y empezó a declinar. Esto llevó a una dependencia creciente en el exceso de capacidad petrolífera de los países de Oriente Medio. La crisis del petróleo de 1973 supuso el final de la era de energía barata y una señal para que los suministradores energéticos buscaran nuevas fuentes de petróleo o de otras formas competitivas de energía para satisfacer la demanda.

Desde 1973, a causa de la mayor cuota del petróleo en el mix energético global (así como del gas natural, vinculado al petróleo en términos de precios), cada subida mantenida del precio del petróleo ha estado asociada a un menor crecimiento del PIB global y a una disminución de la intensidad energética durante los dos años siguientes. El petróleo se convirtió en la energía marginal (de referencia) sustituyendo al carbón y es la que, directa e indirectamente, determina hoy los precios de todos los servicios energéticos.

Durante el último cuarto del siglo XX también cambiaron muchos parámetros macroeconómicos:

- La población creció desde cuatro a más de seis mil millones de personas, y las tasas de envejecimiento y urbanización se aceleraron, pero el ritmo de crecimiento demográfico global comenzó a aflojar, indicando el comienzo de una transición;
- Con la disminución del crecimiento del PIB global a alrededor del 3% anual, serias crisis regionales condujeron a progresos más lentos en términos de reformas institucionales o de mercado en los países desarrollados y en los países en desarrollo;
- La nueva tecnología, en forma de equipos mejores o nuevos como respuesta a los precios de la energía, ha llevado a un nivel inferior de consumo energético por unidad de PIB;
- El progreso en facilitar el acceso a la energía comercial se ha estancado y la dependencia de la biomasa tradicional ha permanecido en un nivel bastante constante del 11% del total de energías primarias; y
- El enfoque primario de los responsables de la política energética se ha desplazado de la preocupación por la disponibilidad de energía a la de la aceptabilidad de la misma y al medio ambiente.

Al final del siglo XX, nuevos cambios importantes de los mercados del petróleo y del gas generaron efectos adicionales que deben ser tenidos en cuenta. Si se excluye el crecimiento de la nueva producción de petróleo consecuencia de las nuevas tecnologías de exploración y producción (tales como aguas profundas, petróleo del Caspio, y el agotamiento acelerado de los campos rusos), la producción de petróleo fuera del Oriente Medio comenzó a declinar a finales de los 90. Parece que la producción de gas natural en Norteamérica también ha alcanzado ya su máximo y lo mismo podría ocurrir pronto en Europa occidental.

En los primeros años del siglo XXI, cuando la OPEP está tratando de equilibrar los intereses de productores y consumidores, los precios del petróleo han subido y se han estabilizado en un rango de 25 US\$/barril, lo que podría inducir suministros adicionales de gas natural en la forma de GNL, pero a un precio mucho más alto, llevando así al gas natural a un papel de carga media/punta en el mix energético. Hay también señales de que el enfoque medioambiental de los últimos años del siglo XX está dando paso a un interés renovado por la disponibilidad de energía en todas partes y por la accesibilidad a la energía para las zonas más desfavorecidas aunque en un marco de mayores precios energéticos reales que podría tener impactos positivos para los objetivos de eficiencia y medioambiente.

El crecimiento del PIB no depende únicamente del comportamiento de los grupos de interés individuales – ellos siempre sacarán lo mejor de su ambiente empresarial e institucional. Ni es resultado sólo de los caprichos de la madre naturaleza, con desequilibrios energéticos temporales que podrían afectar negativamente al crecimiento del PIB. En nuestras complejas sociedades, también depende de los gobiernos. A menos que tengan el valor de empujar la amplia agenda de reformas institucionales, que van desde sistemas bancarios fiables y derechos de propiedad seguros en las naciones más pobres hasta la gestión de las pensiones, educación, sanidad e infraestructuras en las economías ricas, los beneficios de la tecnología y del espíritu emprendedor no llegarán a todo el mundo.

El análisis del informe de los problemas relativos a las metodologías del PIB, particularmente en EE.UU. China y la FSU, juntamente con las tendencias demográficas, los posibles mayores precios energéticos reales y el fallo en enfrentarse adecuadamente a las barreras institucionales que dificultan el acceso a la energía de los países en desarrollo, ha llevado a la conclusión de que el crecimiento anual del PIB mundial podría ser inferior al 2% durante unos pocos años. El informe no predice tal cosa, pero argumenta que, si fuera así, el impacto a la baja sobre la oferta y las necesidades energéticas totales podría ser considerable. Sin embargo, es importante revisar otros Activadores de la escena energética para determinar si se pueden producir otros efectos neutralizadores que deban ser tenidos en cuenta.

D. EL “ACTIVADOR DE LA DEMANDA ENERGÉTICA”

La demanda energética comprende los servicios para electricidad, movilidad y los combustibles fósiles para uso estacionario. Estos servicios han seguido tendencias diferentes, tanto en términos de crecimiento relativo como de sensibilidad a los precios energéticos, habiendo ocurrido los mayores cambios a partir de 1974.

El Grupo de Estudio ha encontrado que el consumo de electricidad muestra una tendencia de crecimiento regular comparada con el PIB en paridad de poder adquisitivo; es casi lineal, sin ningún impacto aparente de los acontecimientos energéticos que ocurrieron durante los períodos de crisis del petróleo. La razón es que el mercado eléctrico es “cautivo” y hay muy poco margen para que los usuarios vuelvan al uso directo de los combustibles fósiles, pero también que los precios finales reales de la electricidad han permanecido prácticamente inalterados durante un largo período de tiempo.

En el caso de la movilidad, la tendencia ha sido casi tan estable como en el de la electricidad. La movilidad es el sector “cautivo” del petróleo. Los precios finales reales de la gasolina han permanecido estables en muchas regiones con la excepción de Norteamérica porque los altos costes fijos (tales como transporte y refinado) y las tasas (que suponen hasta el 80% del precio final) han amortiguado cualquier impacto de las subidas de precios.

La tendencia en los usos finales estacionarios de los combustibles fósiles (como en la cocina y calefacción en edificios y en los procesos industriales) es completamente diferente de las de electricidad o movilidad; cada crisis del petróleo ha llevado a una caída en este servicio energético con el resultado de que el uso final estacionario está declinando en los países desarrollados pero se mantiene estable en el mundo en su conjunto. Esto se debe en parte a las mejoras en la eficiencia energética de los procesos de transformación e industriales. La “deslocalización” de las industrias más consumidoras de energía, tales como la del acero, de los países desarrollados a los países en desarrollo es también un factor importante para explicar la disminución en uso final estacionario de los combustibles fósiles en los países desarrollados.

Cuando se trata de los usos finales en electricidad y en uso estacionario de los combustibles fósiles, el estudio indica que pueden considerarse otros combustibles, por ejemplo, el desarrollo de la energía nuclear o la “vuelta” del carbón para generación de electricidad o la sustitución de otros productos petrolíferos por gas natural para calefacción y generación de electricidad, en este último caso, a menudo, por consideraciones medioambientales. Por otro lado, la movilidad, excluyendo los trenes eléctricos, esta rígidamente vinculada al sector del petróleo y supone un 60% del consumo total de petróleo. El informe identifica a los combustibles líquidos sintéticos y vehículos híbridos (o en el mañana) vehículos eléctricos o movidos por hidrógeno) como competidores potenciales del petróleo en un futuro.

Estas tendencias opuestas reflejan el papel de los precios finales y del PIB para dinamizar la demanda de servicios energéticos. La gente busca formas de reducir el consumo de energía cuando suben los precios y se mantienen en un nuevo nivel, pero si el PIB está creciendo y la gente siente que su bienestar ha mejorado, también encuentran nuevos usos de los servicios energéticos, dando lugar a un mayor consumo. Así, la eficiencia energética puede jugar papeles diferentes pero complementarios, estando ambos ligados a la tecnología: reducir el consumo energético cuando los precios suben mediante la utilización de nuevos materiales o nuevos equipos, o incrementar el valor de un nivel dado de servicio energético cuando los precios permanecen inalterados. La eficiencia energética y la tecnología son dos lados de la misma moneda, mientras que los precios finales y el PIB son los agentes que las unen, suponiendo naturalmente, en primer lugar, que las personas tienen acceso a los servicios energéticos y a las nuevas tecnologías asequibles (que decididamente no es el caso de muchos países en desarrollo).

El crecimiento de la demanda por movilidad y electricidad está en una etapa inicial en muchos países en desarrollo y se incrementará fuertemente en las próximas décadas. Las mejoras en el acceso a la energía – el facilitar servicios energéticos modernos a los dos mil millones de pobres del mundo --- tendrá un impacto relativamente pequeño en la demanda energética global pero podría contribuir a una tasa de crecimiento del PIB mundial mejor que la esperada, multiplicando de esta forma el impacto sobre las necesidades de energía primaria.

Muchos factores, tales como la reforma del mercado, los grandes avances tecnológicos, las restricciones medioambientales y otras políticas, tendrán una importante influencia sobre los precios de la energía primaria y sobre el coste de los servicios energéticos finales para los consumidores. Las reformas del mercado energético deberían introducir un mix de competencia para mejorar la eficiencia y el comercio, con reglas claras y estables para mantener los altos niveles de precios justos, fiabilidad y calidad del servicio. Si no lo hacen, tendrán un impacto negativo sobre el crecimiento futuro de la demanda de energía. El CME está finalizando un estudio sobre las reformas de las infraestructuras, de la capacidad y de la fijación de precios, que trata este tema, que se presentará en el Congreso Mundial de la Energía de Sidney, en Septiembre de 2004.

No obstante, la tecnología es, con diferencia, el factor más importante porque supone un impacto directo sobre el suministro o consumo de energía, bien para bajar el coste de proporcionar un nivel dado de servicios energéticos, bien para ayudar a reajustar la utilización de los servicios energéticos como respuesta a los cambios de los precios de la energía por cualquier causa. Los precios de la energía son, por tanto, un impulsor fundamental de las nuevas tecnologías. Por esta razón, el CME está también preparando un informe sobre tecnologías de uso final importantes para el siglo XXI que complementará el trabajo anterior sobre tecnologías de generación. A este respecto, el CME debe definir

mejor qué señales de precios serán necesarias para promover el amplio uso de nuevas tecnologías en todo el amplio espectro de suministros y usos de la energía.

La constancia de las tendencias de los servicios energéticos en el tiempo, en un contexto de precios finales estables, confirma que los consumidores actúan racionalmente, con un comportamiento agregado que sigue de cerca a los precios finales. En particular, las políticas de eficiencia energética que no afectan a los precios finales de la energía han tenido poco impacto sostenible sobre las tendencias reales del consumo energético pero incrementan el bienestar que acompaña al consumo energético.

E. EL “ACTIVADOR DE LA OFERTA ENERGÉTICA”

Las incertidumbres de los mercados energéticos, en particular con respecto a los traslados de suministros abundantes a los lugares donde se necesitan, junto con los largos tiempos de realización necesarios para que las nuevas inversiones en exploración y producción puedan satisfacer la demanda, refuerzan la opinión de que las fuerzas del mercado configuran el futuro con altibajos que reflejan la dimensión dinámica de la ecuación oferta-demanda. Esta dinámica espontánea puede ser muy violenta porque muchos suministros energéticos (en particular, pero no sólo, el petróleo y el gas) tienen costes marginales a corto plazo muy inferiores a los costes marginales a largo plazo. Por ello, y en lo referente a los mercados eléctricos competitivos, si las fuerzas de mercado fueran el único Activador, los precios serían muy bajos cuando existieran excesos de capacidad pero muy altos cuando tales excesos se hubieran eliminado, hasta que las nuevas inversiones en capacidad entraran en funcionamiento. Las nuevas inversiones realizadas en respuesta a los altos precios en tiempos de escasez prolongada son las que hacen cambiar el ranking de las energías primarias.

La dinámica de la oferta de petróleo y gas explica porqué su precio era muy volátil cuando no había un actor dominante controlando o gestionando el mercado. En tanto que el petróleo y el gas natural – cuyo precio está vinculado al del petróleo – representaron una pequeña parte de la oferta energética global y el mercado energético estuvo dominado por el carbón con precios más estables (movidos principalmente por los costes laborales), la volatilidad de los precios de petróleo y gas tuvo un pequeño impacto global macroeconómico. Esta situación cambió en los años 50 y 60 del siglo XX a causa del rápido crecimiento de las cuotas del petróleo y gas natural en el mix energético global pero pasó desapercibido porque, hasta 1959, el precio del petróleo estuvo bajo control de las principales compañías petrolíferas y de la Texas Railroad Commission antes de pasar bajo control de la OPEP y las “principales” después de 1960.

El control de las “principales” fue, con certeza, un factor que explica la estabilidad de los precios del petróleo antes de 1973, pero no es el único. La industria estaba integrada verticalmente y controlada por unos pocos “principales” (las siete hermanas) quienes en 1928 habían decidido compartir los prolíficos campos de Oriente Medio, bajo el acuerdo “Línea Roja”, así como los crecimientos de los mercados aguas abajo; fue un instrumento ideal para gestionar el suave crecimiento del mercado del petróleo. Con las nacionalizaciones de los años 70 y las diferentes estrategias adoptadas por los países consumidores este control desapareció, dejando sola a la OPEP para gestionar un mercado que se había hecho impredecible a causa del nuevo papel bisagra del petróleo y por el predominio creciente de las transacciones spot.

La nueva historia de la energía que se desarrolló después de 1973 tiene, por tanto, muy poco que ver con las dinámicas anteriores.

El precio del petróleo es gestionado hoy día por la OPEP siempre que existan márgenes de capacidad que permitan casar la demanda y la oferta: si el precio es demasiado alto, ello lleva a un menor PIB, a recesión económica y a un encogimiento de la demanda de petróleo junto con el desarrollo de otras alternativas, afectando principalmente a los países de la OPEP que son los productores bisagra de esta energía bisagra; si el precio es demasiado bajo, como a comienzos de los 70, los márgenes de capacidad para el productor desaparecen e intentan retener los suministros marginales y reducir la exploración de nuevos suministros, conduciendo eventualmente a una subida de precios, menor PIB y, finalmente, a una demanda más baja que antes. Por ello, lo importante es la capacidad de producción (llamada el "grifo", el "tap" en inglés) y no, excepto a un plazo muy largo, las reservas últimas (a menudo llamadas el "depósito", el "tank" en inglés). Por esta razón, este informe no insiste en el debate sobre cual puede ser el nivel de recursos para los tres combustibles fósiles, la nuclear e incluso las renovables. Como muestra el informe, el crecimiento o disminución en el tiempo de unas determinadas energías primarias no ha llevado en ningún caso al agotamiento total de sus reservas, porque con las señales de precio correctas y la colaboración internacional, emergen nuevas fuentes de energía más competitivas a tiempo para sustituirlas.

Si los suministros de energía barata y versátil fueron el principal motivo de las pasadas ganancias en productividad y del mayor crecimiento económico mundial, ¿cuáles son las perspectivas futuras? Existen restricciones de capacidad en los suministros de petróleo que no sea OPEP e incluso dentro de la misma OPEP. Nadie puede predecir cuando volverá el petróleo de Irak a los niveles previos a la guerra o llegará a su potencial total de 4 o 5 MB/día; nadie sabe cuanto y cuán rápido declinará la producción de los campos de Oriente Medio, cuya antigüedad media supera los 50 años, mientras que el papel del petróleo y gas rusos en los mercados globales también está cambiando drásticamente, por mencionar sólo tres áreas de grandes evoluciones impredecibles de la oferta.

Hay muchas otras restricciones que pueden impedir el desarrollo de la oferta energética de manera oportuna para satisfacer a la demanda.

- Los costes adicionales que afectarán a todos los combustibles fósiles a causa de las políticas que pretenden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Se mencionan costes de hasta 50 US\$/tCO₂, que podría suponer un coste adicional de 20 US\$ por barril de petróleo;
- Haber alcanzado el máximo de producción doméstica de gas natural en Norteamérica y Europa, que precisan importaciones adicionales, principalmente GNL, porque los altos costes de desarrollar nuevos gasoductos desde Rusia o Asia Central limita la posibilidad de exportaciones adicionales;
- Las limitaciones a la oferta de combustibles no-fósiles, sea por falta de aceptación pública, caso de la gran hidráulica y de la energía nuclear, sea por la naturaleza intermitente o dispersa de muchas de las energías renovables modernas.
- Las actitudes NIMBY (Not In My BackYard – no en mi jardín) que pueden impedir que se construya suficiente capacidad de regasificación del GNL, suficientes líneas de transporte de alta tensión, centrales eléctricas o redundancias adecuadas para incrementar la versatilidad y seguridad de los sistemas energéticos.

Tales restricciones a la oferta energética pueden jugar un papel importante como Activador negativo de la escena energética en los próximos años a pesar de todos los esfuerzos de gobiernos y empresas. No se originarán normalmente por una falta de recursos energéticos exclusivamente sino que serán iniciadas por dos efectos fundamentales, conjunta o separadamente: por una prolongada producción insuficiente de energía primaria o cuellos

de botella de suministro (tal como ocurrió con el petróleo en EE.UU en 1973 o con el carbón en China después de 1996 o podría ocurrir con el gas natural en Rusia en los próximos años) , o por un abandono más fundamental de una fuente importante de energía debido a cambios en los costes o precios relativos, a factores externos (por ejemplo guerras o revoluciones), a la opinión pública (por ejemplo “un accidente en cualquier parte es un accidente en todo el mundo”), o a políticas medioambientales restrictivas (por ejemplo: la amenaza de cambio climático). Es conveniente examinar cómo dichas restricciones a la oferta energética limitarán el crecimiento del PIB global en las próximas décadas.

Por el contrario, incrementar la oferta energética para proporcionar servicios energéticos asequibles a los que tienen poco o ningún acceso a la energía moderna podría ser un Activador positivo de la escena energética. Mientras que una demanda adicional para las capacidades de producción, incluso pequeña, puede suscitar preocupaciones de política y de negocio, tal acceso ampliado mejorará el sistema económico global y su flexibilidad para vencer nuevos retos, incluyendo posibles crisis económicas futuras. Podría haber más paz y seguridad en el mundo y, por consiguiente, una mayor fiabilidad de la oferta energética.

Dadas las consecuencias de gran alcance del cambio en la oferta de la energía marginal – carbón antes de la primera crisis del petróleo en 1973, y petróleo a partir de ese momento -- cabe preguntarse si tales cambios drásticos puede darse en el futuro previsible o si el petróleo continuará como combustible marginal durante las próximas décadas. Algunos analistas depositan una gran confianza en el gas natural que, sin intervencionismo, no es tan líquido como el petróleo, mientras otros hablan de la economía del hidrógeno. El informe resalta como hoy, el gas natural está repitiendo en alguna medida la experiencia con el petróleo en los 70. En cuanto a las esperanzas puestas en el hidrógeno, hay muchos obstáculos en su camino: la capacidad de producir hidrógeno de forma económica, el desarrollo de la nueva infraestructura y la disponibilidad de celdas de combustible a costes competitivos.

El informe apunta que la gasificación del carbón, el petróleo no convencional, o la biomasa pueden facilitar, gracias a los combustibles líquidos sintéticos, una transición hacia el hidrógeno puro. Tales combustibles sintéticos pueden utilizar las infraestructuras existentes y los dispositivos disponibles actualmente, están más próximos que la era del hidrógeno y podrían convertirse en los fijadores de los precios en los mercados energéticos. Existen muchas encrucijadas en términos del papel de la nueva tecnología tanto en el extremo de la producción como en el de utilización del sistema energético pero, en opinión del informe, el petróleo mantendrá su lugar en la oferta energética global (principalmente para movilidad y su cuota creciente en las necesidades energéticas mundiales) al lado del de los nuevos combustibles sintéticos y, más tarde, del hidrógeno.

F. CONCLUSIONES GENERALES

Objetivo del Estudio

Este informe no pretende presentar predicciones o escenarios sino resaltar las cuestiones que deben ser contestadas en cualquier trabajo futuro del CME. Las más importantes son las relacionadas con el futuro crecimiento económico global, las mejoras en la accesibilidad a la energía de los pobres, el manejo de la seguridad del suministro y la amenaza de las emisiones de efectos perjudiciales locales, regionales o globales, en particular las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero que tienen al sector energético como principal contribuyente. Cada una de estas cuestiones está vinculada, y sus respuestas dinamizarán la escena energética durante muchos años futuros.

Papel del PIB

¿Cuál va a ser la tasa probable de crecimiento del PIB dadas las barreras institucionales dentro de las economías y mercados energéticos, así como el posible impacto negativo de precios reales más altos de la energía? La mayoría de los escenarios suponen una tasa media de crecimiento del PIB global del 3% hasta el año 2030, que lleva a un alto nivel de demanda de energía (y a más altas emisiones de gases de efecto invernadero). Esto lleva a su vez a algunos analistas a predecir unas necesidades de inversión muy grandes para el desarrollo energético sostenible.

El informe resalta las tendencias e impactos económicos durante los últimos treinta años, que indica que el crecimiento anual medio futuro del PIB global será bastante inferior al 3% durante unos pocos años. Sin embargo, como también hemos visto, el *Activador del PIB* depende de los efectos provenientes de distintos orígenes. A este respecto, la dirección de los precios de la energía primaria y de la energía final, en términos reales, juega un papel importante.

La evolución probable estará cada vez más caracterizada por episodios de “parada y arranque”, cada uno de los cuales mostrará una disminución de los precios energéticos seguida de una subida importante, con efectos positivos y negativos sobre el crecimiento del PIB y con las nuevas tecnologías afectando a la capacidad de producción y a los usos finales. Cualquier ajuste prolongado al alza de los precios reales de la energía será beneficioso para la eficiencia energética y ayudará a alcanzar las metas medioambientales (objetivos de disponibilidad y aceptabilidad), mientras que la batalla para erradicar la pobreza energética (el objetivo de accesibilidad) sería más difícil sin políticas y programas que contrarrestaran dicho ajuste.

Accesibilidad

¿Cómo puede conseguirse un progreso real en la provisión de acceso a la energía comercial a los pobres, así como un servicio más fiable para aquellos que no lo disfrutaban hoy? y ¿qué significará esto en términos de crecimiento del PIB global? Las responsabilidades de los gobiernos nacionales para crear un ambiente favorable para los inversores, promover el comercio regional y favorecer otros lazos con la comunidad internacional son primordiales. Si la demanda de energía se ve reducida por unos precios reales más altos de la energía primaria, que se traducen en precios más altos de la energía final y menor PIB, existe la duda de que sea posible reducir la pobreza energética y el mundo perderá una gran oportunidad de establecer un ciclo virtual de crecimiento económico y estabilidad social.

Disponibilidad

Si los suministros de hidrocarburos no crecen mucho o pueden crecer sólo en un contexto de mayores costes por razones medioambientales o de otro tipo, ¿cuáles serán las fuentes de los nuevos de nuevos servicios energéticos? y, ¿cuán pronto pueden cambiar otra vez entre el petróleo, el gas natural, el carbón la energía nuclear, la hidráulica y otras renovables, o alguna fuente nueva y desconocida de energía? Las perspectivas para los suministros de hidrocarburos y para las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía impactarán sobre las perspectivas del PIB. El desarrollo tecnológico será crítico para determinar cuándo y qué nuevas opciones energéticas estarán disponibles.

Aceptabilidad

Finalmente, en un mundo de menor crecimiento económico global y mayores precios reales de la energía, ¿cuál es la naturaleza precisa de la amenaza de cambio climático? y si se requiere alguna acción adicional ¿cuáles son las estrategias de mitigación del carbono,

tecnologías y regulaciones menos costosas para afrontarla?. Se debe asegurar que el impacto de las políticas de desarrollo sostenible sea positivo para los países pobres en desarrollo al tiempo que se minimiza su potencial impacto negativo sobre los países ricos.

Será mejor estudiar algunas de estas cuestiones de nuevo en el contexto de un trabajo basado en un conjunto de supuestos y escenarios realistas que se adentren en el futuro. El Consejo Mundial de la Energía está considerando tal proyecto dentro de su Ciclo de Trabajo 2005-2007.

INTRODUCCIÓN

Las sociedades industriales modernas incorporan tres características relacionadas con la energía que definen las escenas económica y energética mundiales: el papel del desarrollo económico, la evolución de la demanda para servicios energéticos cada vez más modernos y la disponibilidad de energía primaria en términos tanto de cantidad como de calidad.

El desarrollo energético presenta varias facetas:

- Innovación tecnológica con el despegue y los posibles "saltos de rana" de los países menos desarrollados, y la creciente contribución de los países en vías de desarrollo a la producción industrial global;
- Factores institucionales tales como la educación, las infraestructuras públicas, los derechos de propiedad, unos sistemas judiciales justos, bancos y mercados de valores fiables y un sistema de toma de decisiones emprendedor; y
- Accesibilidad, disponibilidad y aceptabilidad de la energía como los tres elementos clave del desarrollo energético sostenible, pero también la desaceleración del desarrollo cuando el acceso se vea afectado durante un periodo prolongado en caso de crisis o de subidas acusadas en los precios de la energía.

La accesibilidad de la energía está muy ligada al desarrollo económico por tres vínculos diferentes:

- Aunque la provisión de una cantidad mínima de servicios energéticos comerciales fiables y a precio asequible para los dos mil millones de personas en el mundo que no tienen actualmente tal acceso supondría una aportación mínima a la demanda global, es un factor clave para el desarrollo y la equidad social en muchas partes del mundo;
- A medida que crecen las economías, experimentan el crecimiento más rápido de la electricidad, seguido por la movilidad, con la reducción en el tiempo de la cuota para usos finales estacionarios de los combustibles fósiles; y,
- La sustitución en los factores de producción -- mano de obra, capital y energía -- cuando sus precios relativos divergen para adaptar las inversiones de capital.

La disponibilidad y la aceptabilidad también juegan papeles esenciales en el desarrollo:

- Globalmente, unos precios de la energía sostenibles y estables son esenciales para el acceso y el crecimiento económico, pero no lo son necesariamente para la eficiencia o la aceptabilidad medioambiental. A largo plazo, unos precios más altos conducen a un uso de la energía más eficiente, pero la transición de precios baratos a más caros es dolorosa para las economías y los individuos, especialmente los pobres;
- En un clima de estabilidad, los avances tecnológicos y las economías de escala reducen los costes siguiendo una tendencia uniforme y permiten a los gobiernos establecer políticas que, al favorecer el acceso, mejoran el comportamiento económico de un país; y,
- La demanda de una energía de "calidad" o energía "moderna" incentiva la introducción de combustibles más limpios y sofisticados, que se producen y consumen tomando en consideración sus impactos sociales y medioambientales.

Este informe analiza todos estos aspectos. Se centra primordialmente en los desarrollos de los mercados de petróleo y de gas natural debido a su importancia para la fijación de

precios en su conjunto y para proporcionar un contexto para un trabajo separado del CME sobre el carbón, las renovables, la reforma de los mercados energéticos, las tecnologías y el cambio climático, que se publicará cuando tenga lugar el 19º Congreso Mundial de la Energía en Sydney, Australia, en septiembre de 2004. Puede que algunos lectores consideren el tono y visión globales del informe más pesimistas que los de la mayoría de los análisis publicados porque sugiere que algunos ‘Activadores’ -- el crecimiento futuro del PIB, las mejoras en la eficiencia energética autónoma y la disponibilidad de la energía primaria, por citar unos pocos -- pueden no ser lo suficientemente robustos como para proporcionar energía moderna a los dos mil millones de pobres que hoy en día carecen de ella. Sin embargo, no pueden proponerse medidas para conseguir un desarrollo energético sostenible (definido por el CME como un equilibrio entre los tres objetivos de accesibilidad de la energía, disponibilidad de la energía y aceptabilidad de la energía) sin identificar primero las restricciones presentes y futuras a la oferta y demanda de energía.

La mayoría de las previsiones que se hacen actualmente consideran que, ni la accesibilidad de la energía ni la disponibilidad de la energía serán las restricciones vinculantes para la prosperidad en términos globales en las décadas próximas. Esto ha llevado a los gobiernos nacionales y a las agencias de la ONU a concentrarse en la aceptabilidad medioambiental y en las acciones y cambios de política necesarios para abordar las emisiones de gases de efecto invernadero. Al contrario, tal y como sugiere este informe, los problemas a los que hoy se enfrenta la humanidad pueden más estar relacionados con el crecimiento económico inadecuado, particularmente en los países en desarrollo sin mejora alguna en el acceso a energías comerciales, y con la posible escasez temporal de energía en términos la disponibilidad de servicios, que con las emisiones locales, regionales y globales procedentes de la producción, transmisión y utilización de la energía.

En opinión del CME, estos temas están vinculados en términos de desarrollo sostenible. El CME también cree que existe un potencial real para abordar los serios temas de acceso y disponibilidad con tecnologías y normativas que reduzcan significativamente las emisiones locales, regionales y globales dañinas. Durante el transcurso del estudio *Activadores*, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, que tuvo lugar en Sudáfrica en 2002, se hizo eco de la necesidad de concentrarse en la erradicación de la pobreza y en el papel del acceso universal y asequible a la energía como los temas principales del desarrollo sostenible.

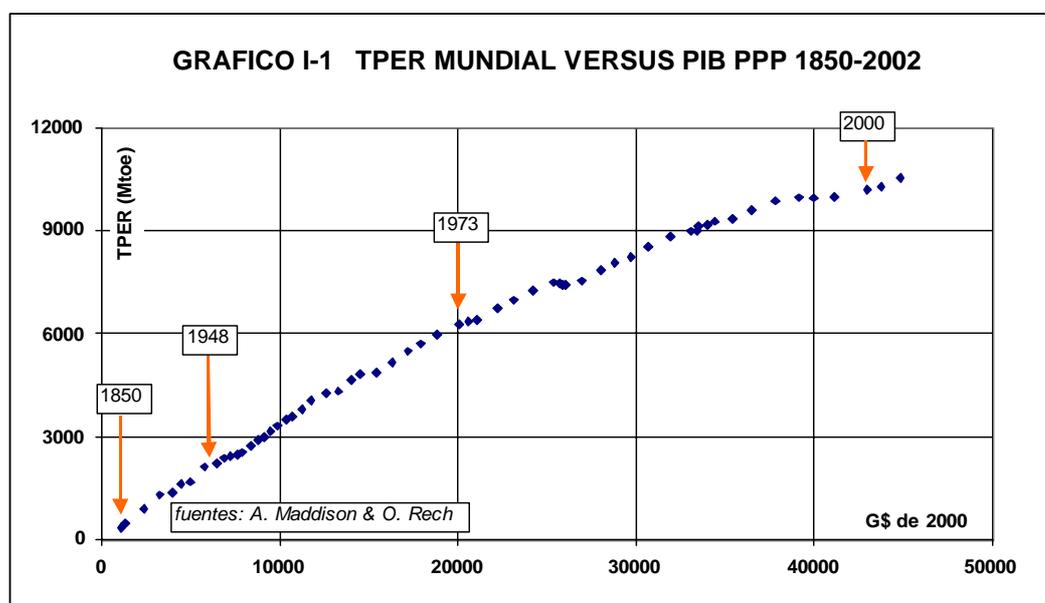
En pocas palabras, numerosos escenarios que cubren un amplio abanico de resultados tienden a enviar un mensaje uniforme acerca de la importancia de los desafíos medioambientales y de su urgencia. El informe *Activadores de la Escena Energética* toma una perspectiva diferente. Se concentra en las evoluciones de la oferta y la demanda energéticas en el pasado, identifica cuáles han sido los impactos positivos y negativos en el presente y determina hasta qué punto aportan nuevas luces sobre el futuro.

Aviso importante: Los gráficos incorporados en el cuerpo principal del texto se basan en datos reales en bruto sin tratamiento. Los datos sobre el PIB posteriores a 1960 proceden de la base de datos CEPII (Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales) - la misma que los empleados para ETWAN - y los datos históricos desde 1820, de Angus Maddison (OCDE). A no ser que se indique lo contrario, están expresados sistemáticamente en función de las paridades de poder adquisitivo (PPP) en US\$ de 2000, salvo que se indique otra cosa. Los datos energéticos proceden de tres fuentes principales: la AIE, el Informe Estadístico de BP y O. Rech (del Instituto Francés del Petróleo, que ha recabado datos históricos desde 1850). Los datos sobre energía primaria utilizan la metodología TPER (requisitos totales de energía primaria). Los servicios energéticos finales fueron recopilados por F. Birol (AIE). En el anexo B se proporciona una lista de Abreviaciones y un Glosario de Términos y Metodología. En el Anexo C se proporciona una lista de Gráficos y Tablas.

PARTE I: PIB Y ENERGÍA

A. CRECIMIENTO DEL PIB: UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

El Gráfico I-1 muestra la evolución de la demanda total de energía primaria y el Producto Interior Bruto (PIB) a lo largo de los últimos 150 años. Más allá de las pequeñas discrepancias ocasionadas por la pobreza de los datos históricos, este gráfico resalta el papel fundamental del PIB como Activador de la demanda de energía primaria. Sin embargo, incluso en los primeros momentos de la Revolución Industrial, este papel era más complejo que el que sugiere la buena correlación del periodo inicial. Más recientemente, los incrementos de los precios energéticos de 1973, 1979-80, 1990 y 2000 podrían explicar parcialmente el menor crecimiento del PIB y la caída de las intensidades energéticas durante los dos años siguientes a cada uno de estos sucesos. Por el contrario, a la “anti-crisis” de 1986 de precios energéticos más bajos, le siguieron dos años de crecimiento acelerado de PIB, de 1987 a 1988. Resumiendo, aparentemente el crecimiento del PIB reacciona de manera opuesta a los movimientos de los precios energéticos.

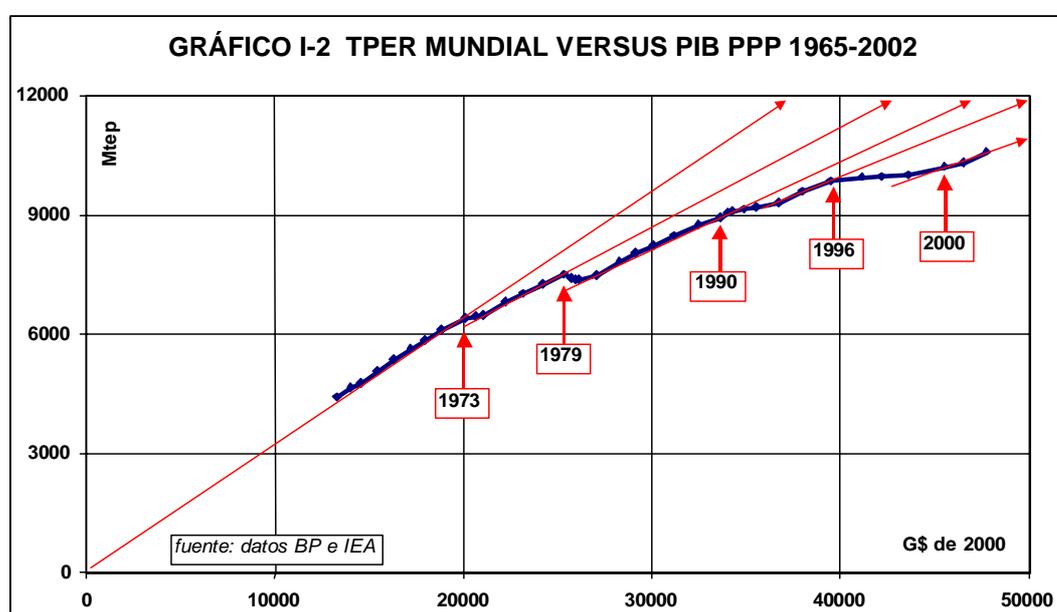


Con respecto al Gráfico I-1, merece la pena resaltar que:

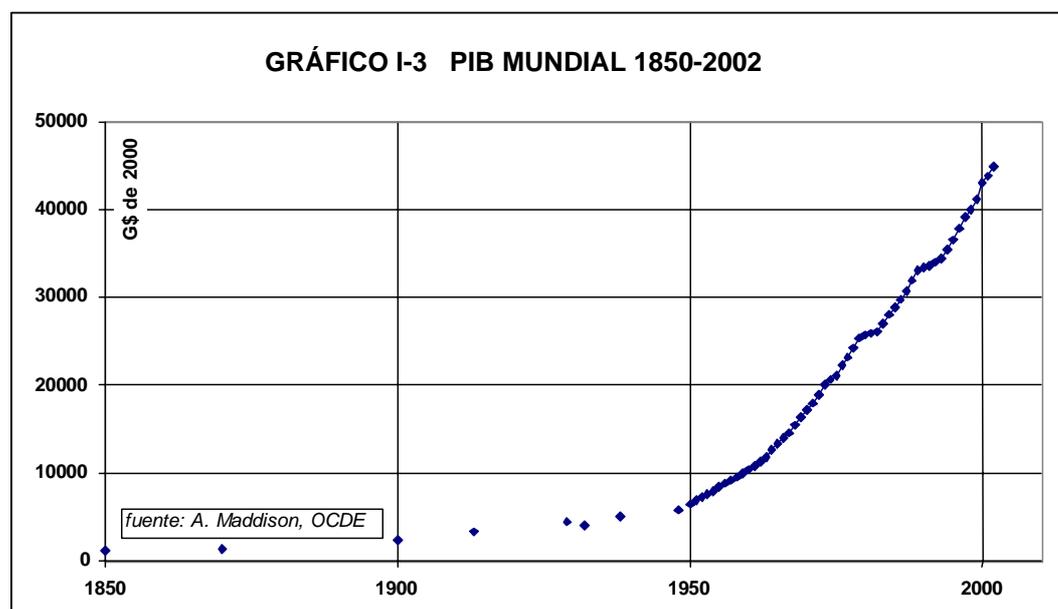
- Lo acontecido con anterioridad a 1850 carece de relevancia hoy en día. El PIB y el TPER (Total Primary Energy Requirements –Necesidades totales de energía primaria) mundiales eran inferiores al 3% de las cifras actuales, y en el TPER dominaban (más del 85%) los combustibles “tradicionales”, tales como la biomasa;
- Incluso lo acontecido entre 1850 y 1950 (cuando comenzaron a registrarse datos anuales) no tiene demasiada relevancia, porque el TPER de entonces representaba menos del 20% de las cifras actuales, y estaba principalmente dominado por el carbón;
- Hasta 1973, el TPER era proporcional al PIB (elasticidad uno), posiblemente como consecuencia de la estabilidad de los precios medios de la energía suministrada durante este periodo;
- Los movimientos de los precios energéticos son, o bien pequeños y parte de un proceso de volatilidad natural que no repercute sobre el PIB, o bien, si son

importantes, afectan a la mayor parte del “pool” energético y duran un periodo relativamente largo de tiempo, podrían afectar al crecimiento del PIB, al menos temporalmente.

El Gráfico I-2 muestra los mismos datos de manera ligeramente diferente con el fin de resaltar los periodos de estabilidad aparente comparados con los periodos en los que la tendencia ha cambiado. Los datos comienzan en 1965 para evitar las pequeñas discrepancias que existían en las primeras estimaciones de Maddison. Demuestra que el desacoplamiento progresivo entre la energía y el PIB es un fenómeno que coincide en términos generales con la deceleración en el crecimiento del PIB. Ambas evoluciones comenzaron a principios de 1970, pudiendo haber tenido el mismo origen, concretamente, la primera crisis del petróleo de 1973, lo cual sugiere la necesidad de prestar más atención a las estimaciones de Maddison (ver Tabla I-A).



El Gráfico I-3 ilustra la evolución del PIB mundial a lo largo del tiempo. Está basado en datos reales de PIB nacionales, con excepción de los datos de China, que fueron revisados (ver discusión más adelante en la Parte I). Muestra cómo el PIB (PPP) medio mundial ha crecido casi linealmente desde la primera crisis del petróleo. Si se eliminaran los países de la antigua Unión Soviética, teniendo en cuenta que el colapso de su economía en la década de los 90 es un fenómeno no recurrente, la tendencia mejoraría ligeramente, si bien seguiría siendo prácticamente lineal.



| TABLA I-A. INCREMENTO DEL PIB PER CÁPITA | | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Tasas anuales de crecimiento medio compuesto, porcentajes (1820-1998) | | | | | |
| Región | 1820-1870 | 1870-1913 | 1913-1950 | 1950-1973 | 1973-1998 |
| Europa Occidental | 0.95 | 1.32 | 0.76 | 4.08 | 1.78 |
| “Vástagos” Británicos | 1.42 | 1.81 | 1.55 | 2.44 | 1.94 |
| Japón | 0.19 | 1.48 | 0.89 | 8.05 | 2.34 |
| Europa Oriental y FSU | 0.64 | 1.15 | 1.50 | 3.49 | -1.10 |
| América Latina | 0.10 | 1.81 | 1.42 | 2.52 | 0.99 |
| Asia sin Japón | -0.11 | 0.38 | -0.02 | 2.92 | 3.54** |
| África | 0.12 | 0.64 | 1.02 | 2.07 | 0.01 |
| Mundo | 0.53 | 1.30 | 0.91 | 2.93 | 1.33 |

Fuente: *The World Economy, A Millennial Perspective*, Maddison, OECD

* Maddison llama vástagos Británicos a USA, Canadá, Australia y Nueva Zelanda

** Datos oficiales del PIB de China, puesto que el informe fue publicado antes de que revisara los datos chinos a la baja

La Tabla I-A resume las evoluciones regionales históricas a lo largo de los dos últimos siglos. Debería tenerse en cuenta que:

- En los comienzos de la Revolución Industrial (1820-1870), el crecimiento se concentraba en las regiones “occidentales” de Europa y sus “vástagos”.
- A lo largo del periodo comprendido entre 1870 y 1913, la experiencia occidental se extendió por todo el mundo, con la excepción de Asia, considerada durante mucho tiempo no “propensa al crecimiento”.
- Las bajas tasas de crecimiento de los países ahora desarrollados de 1913 a 1950 fueron consecuencia del impacto negativo de las dos Guerras Mundiales y de la Gran Depresión de los años 30.
- El comprendido entre 1950 y 1973 fue un período excepcional de paz relativa e instituciones estables. Por lo tanto, muchas regiones pudieron ponerse al día gracias al cúmulo de innovaciones técnicas de los años 30 y 40.

- De 1973 a 1998 se produjo una importante pero progresiva deceleración económica que será analizada con mayor detalle posteriormente en este informe;
- El mayor crecimiento durante el periodo que abarca desde 1973 a 1998 en Asia, sin contar a Japón, está sobrestimado. Maddison sitúa las tasas de crecimiento de China a un 70% de las cifras oficiales.

Los Problemas con las Metodologías del PIB

La elección de metodologías del PIB coherentes es importante puesto que existe la necesidad de establecer comparaciones objetivas tanto temporales, destacadas en la anterior discusión acerca de la ralentización del PIB mundial, como interregionales. Las paridades de poder adquisitivo (PPP) se utilizan para evitar la infravaloración del PIB en los países en vías de desarrollo provocada por los tipos de cambio del mercado (cuanto menos desarrollado sea el país, mayor es el riesgo percibido de acumular su moneda, y, por lo tanto, más se infravalora su moneda nacional).

Una vez elegido el PIB PPP, la conexión entre la energía y el PIB puede considerarse una relación causal puesto que se cumplen las condiciones necesarias y suficientes para establecer una correlación

La condición necesaria es tener una intuición *ex-ante* sobre el papel del PIB (esta es la razón por la que se escogió una escala de PIB en detrimento de la escala de calendario en los gráficos anteriores), y la condición suficiente es que se confirma *ex-post* que los datos brutos (aquellos que han sido utilizados en el estudio, aún cuando los datos anuales individuales no pueden verse fácilmente) siguen esta intuición. Con este punto de partida, se podrían utilizar los datos de PIB para discutir sobre la fiabilidad de los datos energéticos o, por el contrario, utilizar los datos energéticos para discutir los datos de PIB, lo cual se hace en uno de los párrafos siguientes.

En general, los niveles globales de PIB y de consumo de energía primaria están íntimamente relacionados, tal y como hemos visto. Los cambios que afectan a esta relación pueden explicarse a través de sucesos externos y relacionarse con tales sucesos, como fluctuaciones importantes en los precios. Sin embargo, tres grandes países muestran relaciones PIB-energía parcialmente en desacuerdo con el resto del mundo, concretamente, EE.UU, China y los países de la antigua Unión Soviética.

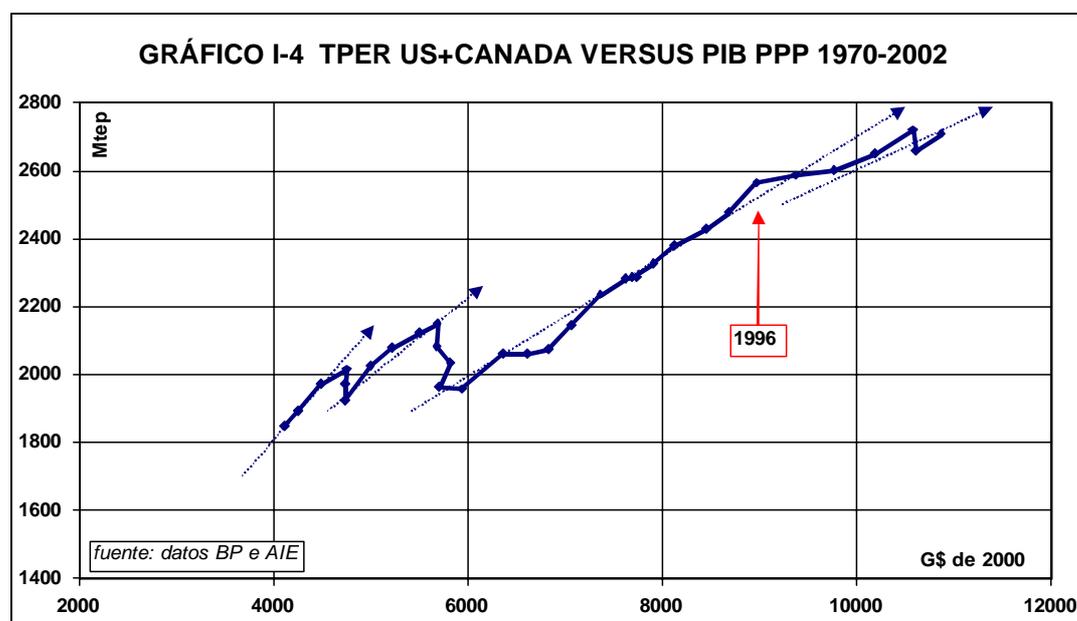
El Caso de EE.UU.

La discontinuidad de 1970 en las series estadísticas de la relación PIB-energía de EE.UU. se produce por el cambio de datos consecuencia de la necesidad de que todos los países de la AIE facilitaran datos energéticos coherentes a partir de 1970. Sin embargo, el giro descendente del TPER en EE.UU. y Canadá no puede ser explicado por los cambios de datos del PIB como ocurrió en 1970 ni por las crisis petrolíferas de 1973-75 y 1979-82. Puesto que es improbable que corresponda a una saturación de la demanda energética, hay tres explicaciones que vienen a la mente que podrían, por separado o combinadas, explicar el cambio descendente desde 1996:

- Primero, podrían haber sido causadas por los suaves inviernos de 1996-97, 1997-98, 1998-99 y 1999-2000, que fueron, respectivamente, alrededor de un 4%, 10%, 8% y 9% más cálidos que los inviernos normales.

- Segundo, podría ser consecuencia de haberse inflado artificialmente las cifras de PIB, reflejando la manera en que el rápido incremento del rendimiento de los ordenadores fabricados en EE.UU. fue imputado como “PIB hedonista”¹; y/o
- Tercero, podría corresponder a un incremento artificial del PIB y de la productividad, originado en el sector de la distribución como consecuencia del incremento de los márgenes sobre importaciones baratas².

El Gráfico I-4 (ver también el Gráfico II-10 de servicios energéticos en la Parte II de este informe) sugiere que el crecimiento del PIB en EE.UU. entre 1996 y 2000 (desde el final del ciclo empresarial hasta el final de las preocupaciones por el efecto del año 2000) podría estar exagerado. Averiguar si ha sido sobrestimado, y, si es el caso, cuantificar la sobrestimación, excede el propósito de este estudio. Basta con señalar que el problema existe, que podría afectar a la calidad del análisis PIB y, por lo tanto, a la relación entre el PIB y el TPER global. Datos anuales futuros y estudios más detallados podrían proporcionar más consistencia a este problema, pero en lo que al análisis de este estudio afecta, se ha decidido no modificar los datos reales del PIB de EE.UU..



El Caso de China

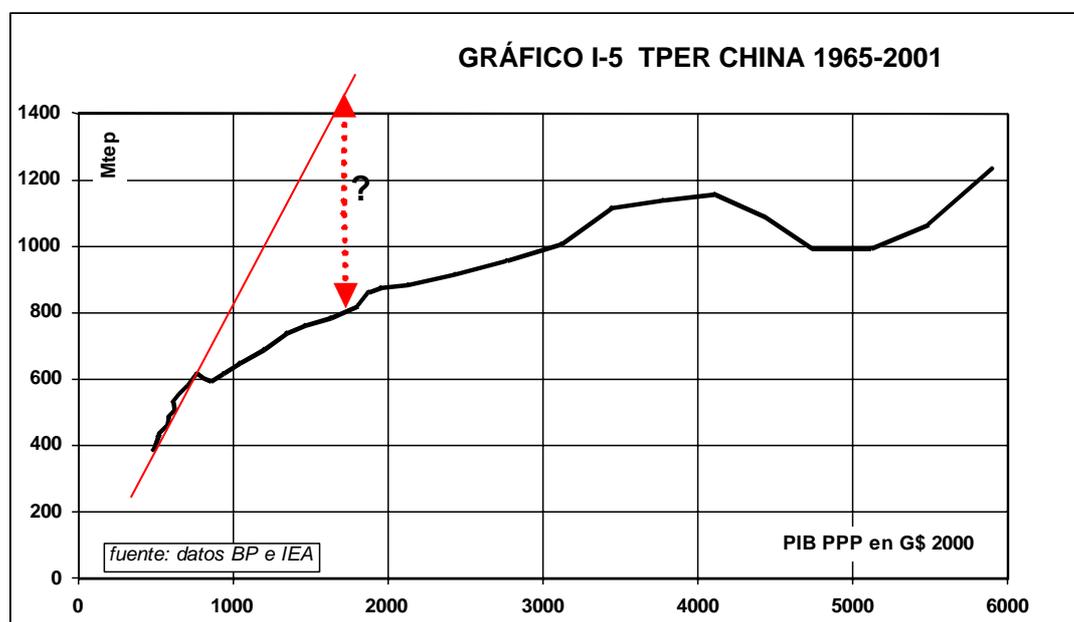
Comparado con otras regiones, se podría esperar una correlación lineal entre el PIB y el TPER chinos, similar a la existente hasta 1979. Sin embargo la serie se rompe a finales de los 70 y vuelve a hacerlo en 1996-1999, cuando se cerraron numerosas minas locales de carbón. La elasticidad de la renta frente al consumo de energía primaria fue alrededor de uno hasta el final de los 1970, después cayó, situación que, en forma sostenida, nunca ha sido observada en ninguna otra región del mundo. Algunos observadores han llegado a la conclusión de que China está progresando considerablemente en la mejora de su intensidad

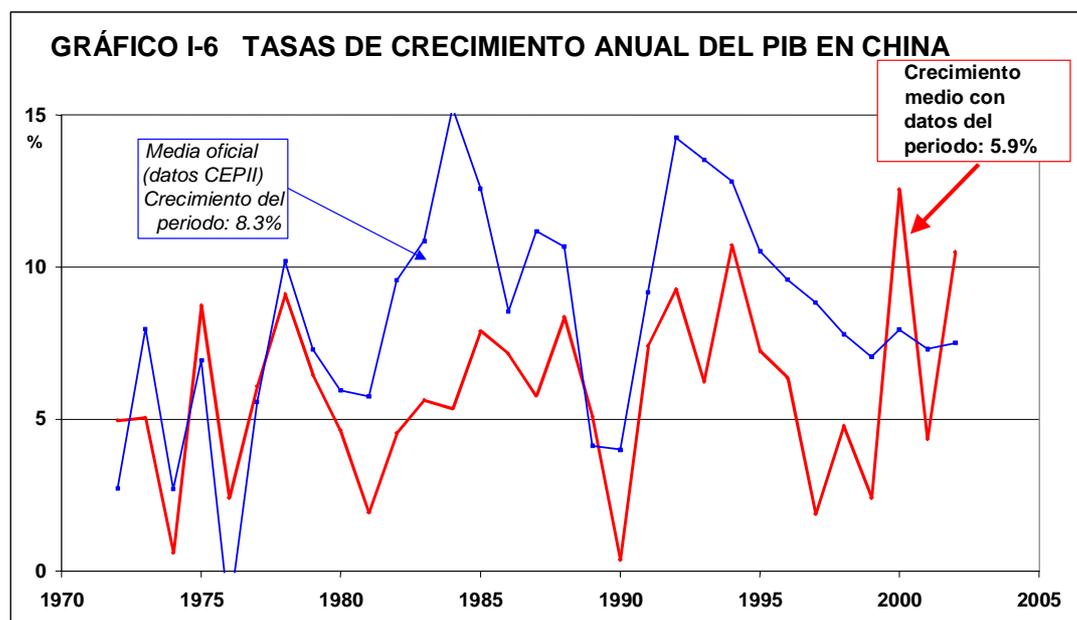
¹ Se considera que un ordenador vendido en 2000 por 1.000\$ USA con, digamos, el triple de potencia que un ordenador vendido por 1.000\$ USA en 1996 genera un valor de 3.000\$ USA, lo que resulta en un beneficio contabilizado en el PIB con la metodología “hedonística” de 2.000\$ USA. Aún cuando todas las series históricas han sido acordemente transformadas, el impacto fue especialmente importante en el periodo 1996-2000 por el gran nivel de inversión en TI, amplificado por el miedo al efecto 2000 durante este período. Por esta razón, el crecimiento del PIB en USA podría estar exagerado en un 30%. El cambio de tratamiento contable de las compras de software, que pasa de gasto a inversión, también ha tenido efectos obviamente beneficiosos, aunque temporales, sobre el PIB USA.

² El déficit comercial de USA, ahora cercano a los 500G\$/año, es importante.

energética. Esto es verdad, porque en el pasado se incrementaron los precios energéticos, por ejemplo, los de la electricidad, y en muchos sectores y aparatos se aplican rigurosos estándares de eficiencia. Sin embargo, el brutal desacoplamiento que viene produciéndose desde finales de los 70 no corresponde únicamente a un cambio de políticas (el final de la Revolución Cultural) sino también a una ruptura en las series energéticas. Dado que este desacoplamiento no se ha producido nunca en ningún otro lugar, parece lógico investigar si la metodología PIB utilizada en China desde finales de los 70 es comparable a la de las economías de mercado. Los Gráficos I-5 y I-6 ilustran estas cuestiones.

Dado que la tendencia lineal más coherente de las economías de mercado es la de la electricidad, se han extrapolado los datos de China para el periodo 1965-1980 y se ha vuelto a medir el PIB de acuerdo con esta nueva tendencia. Con esta premisa, el crecimiento anual chino fue del 5,9%, un tercio por debajo de la media oficial del 8,3%. Puesto que las nuevas estimaciones revisadas de crecimiento anual son similares a los resultados que Maddison obtuvo revisando los datos PIB de China, se tomaron como buenas para este estudio. Una cuestión adicional es si, una vez revisado el crecimiento del PIB, los nuevos valores del PIB de China deberían basarse en las estimaciones del PIB recientes de los últimos años o en las de los primeros años. En el primer caso, las tasas del PIB revisadas correspondientes a los 70 son el doble, mientras que, en el segundo caso, las tasas del PIB revisadas de los años más recientes están reducidas a la mitad. La elección no es demasiado obvia, tal y como se verá más adelante en el informe, y podría encontrarse entre los dos extremos. En este caso, sin embargo, el CME ha elegido mantener el PIB PPP de los 70 para China, ocasionando valores PIB para la década del 2000 ligeramente superiores a los 3.000 G\$, situando el PIB chino por debajo del japonés.





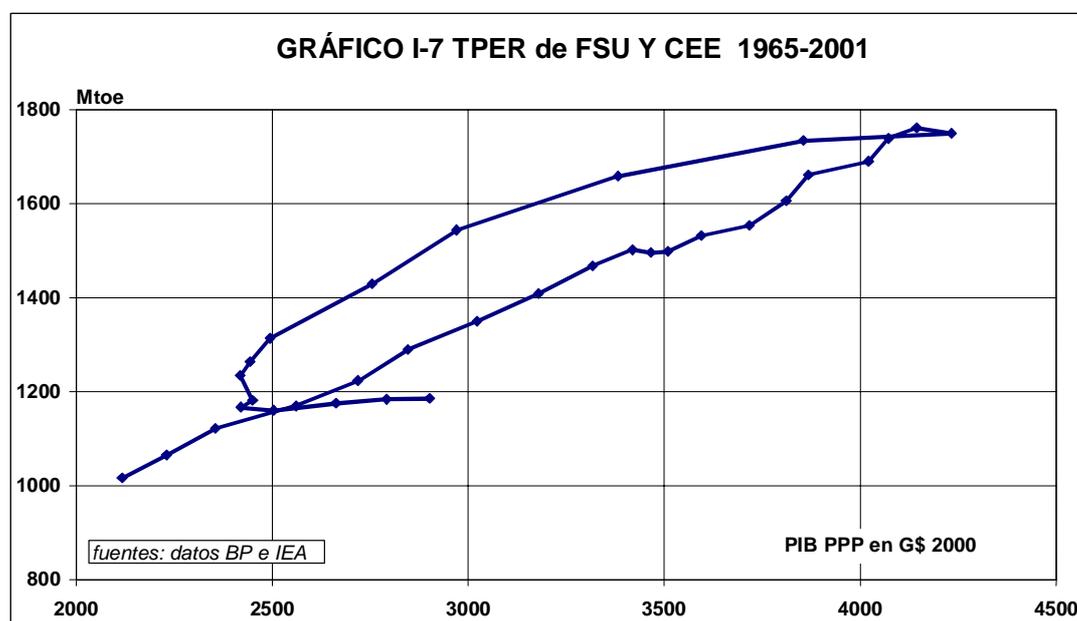
Este informe se base en los datos revisados puesto que varias fuentes los confirman. No sólo los datos energéticos y las revisiones propuestas por Maddison están muy en línea, sino que la anterior metodología utilizada en China estaba basada en el concepto de producto material neto, un concepto que ignora los “servicios” y su menor productividad. El crecimiento revisado cercano al 6% ya es un rendimiento impresionante para un país tan grande con tantas empresas públicas ineficientes.

El Caso de la FSU

En todos los países hay partes de la actividad económica que están pobremente, es decir, parcial o en forma alguna, registradas en las cifras oficiales de PIB. El problema de la FSU (Antigua URSS) mostrado en el Gráfico I-7, es el contrario que el de China; al asociar datos del PIB infravalorados con datos correctos de consumo de energía física, existe un gran potencial para exagerar el TPER por unidad PIB.

Este sesgo es difícil, si no imposible, de evaluar cuando se produce de manera más o menos constante en el tiempo. El único caso que muestra claramente indicios de crecimiento de un mercado “negro o gris” no oficial en la FSU es que, a partir de 1989, cuando el PIB declinaba, el consumo de energía crece por encima de lo que la anterior tendencia hubiera sugerido para el PIB declarado.

Si se comparan las cifras oficiales de 1978 (un PIB de 2.719 G\$ y un TPER de 1.505 Mtep) y 1993 (un PIB de 2.234 G\$ y un TPER de 1.477 Mtep), se observa que en 1993, a un TPER similar le corresponde un PIB de unos 400 G\$ menos que en 1978. Una posible explicación sería la evolución de una economía no registrada del tamaño de esta diferencia. Los servicios energéticos ratifican esta explicación, puesto que no existe evidencia alguna de cambios en los precios de los servicios energéticos. Sin embargo, al igual que con EE.UU., el propósito de la discusión sobre el caso FSU es el de alertar sobre incoherencias que podrían llevar a conclusiones erróneas acerca de la demanda energética o las emisiones. Al igual que con los datos EE.UU., en lo que al objeto de este estudio se refiere, se ha decidido no cambiar los datos PIB oficiales para la FSU.



Reparto del PIB entre Diferentes Regiones

La Tabla I-B se basa en datos del PIB PPP oficiales para todos los países excepto China, para la que los datos del PIB son los oficiales hasta 1980 y los revisados desde 1980 hasta hoy, tal y como se ha argumentado anteriormente (con una reducción media de las tasas de crecimiento anual de un tercio, situándola en torno al 5,9%).

La Tabla I-B resalta los tres periodos de 14 años, desde los dorados 60 hasta la primera crisis del petróleo de 1973, desde 1974 hasta 1988 y desde 1988 hasta nuestros días. Debería tenerse en cuenta que:

- El peso de los países ricos ha disminuido constantemente a lo largo del periodo (desde el 59,4% en 1960 hasta el 54,5% en 2002) pero EE.UU. y Canadá³ han incrementado su participación durante el último sub-periodo, mientras que Europa y Japón la han visto disminuida;
- El peso de los países en desarrollo se ha incrementado constantemente a lo largo del período (desde el 24,4% en 1960 hasta el 54,5% en 2003) pero con resultados dispares, como el dinámico crecimiento en Asia: la cuota latinoamericana apenas ha crecido (desde el 7,8% en 1960 hasta el 8,7% en 2002) y la de África y Oriente Medio ha disminuido (desde el 8,7% en 1960 hasta el 8,0% en 2002, tras haber alcanzado el 10% en 1980 gracias al incremento de los precios del petróleo el año anterior).
- Los resultados de China desde el fin de la Revolución Cultural son impresionantes, aún con las revisiones a la baja de las cifras oficiales de crecimiento PIB. Su PIB PPP era tan sólo el 3% del mundial, pero creció hasta el 7,2% en 2002.
- La FSU-CEE muestra una evolución caótica. El peso de su PIB PPP comparado con el del mundo pasa del 12,5% en 1960 al 13,2% en 1974 y al 13% en 1988 antes de caer hasta el 6,5% en 2002. A partir de ahora debería recuperarse

³ Si se corrigieran los PIB de EEUU para permitir que el TPER mantuviera la tendencia que prevaleció hasta 1996, el PIB de EEUU/Canadá sería de tan sólo 9.500 G\$ en vez de 10.023 G\$ en 2002, y no hubiera incrementado su cuota de PIB mundial.

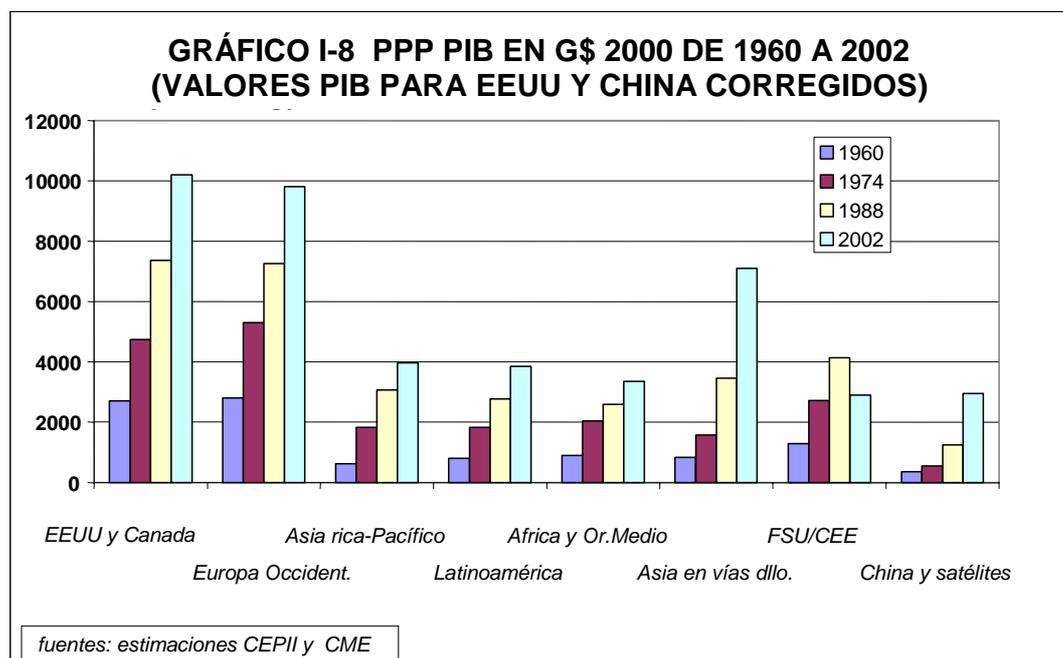
progresivamente gracias a las reformas de mercado que han sido implantadas desde la crisis del rublo en 1998.

| TABLA I-B TASAS REGIONALES DE CRECIMIENTO DEL PIB | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|
| | PIB Anual (G\$ 1995) | | | | Incremento anual medio PIB | | |
| | 1960 | 1974 | 1988 | 2002 | 60-74 | 74-88 | 88-02 |
| EE.UU. y Canadá | 2523 | 4411 | 6859 | 10023 | 4.1 | 3.2 | 2.7 |
| Europa Occidental | 2618 | 4930 | 6764 | 9089 | 4.6 | 2.3 | 2.1 |
| Asia-Pacífico rica | 582 | 1709 | 2867 | 3668 | 8.0 | 3.8 | 1.8 |
| Países ricos | 5724 | 11050 | 16491 | 22780 | 4.8 | 2.9 | 2.3 |
| | | | | | | | |
| América Latina | 755 | 1705 | 2582 | 3638 | 6.0 | 3.0 | 2.5 |
| Africa/Oriente Medio | 836 | 1912 | 2420 | 3359 | 6.1 | 1.7 | 2.4 |
| Asia en vías de desarrollo | 758 | 1434 | 3146 | 6302 | 4.7 | 5.8 | 5.1 |
| Países en vías de desarrollo | 2349 | 5051 | 8149 | 13299 | 5.6 | 3.5 | 3.6 |
| | | | | | | | |
| FSU/CEE | 1208 | 2531 | 3859 | 2699 | 5.4 | 3.1 | -2.5 |
| China/Hong Kong | 363 | 583 | 1754 | 5653 | 3.4 | 8.2 | 8.7 |
| China/Hong Kong revisada | 363 | 569 | 1283 | 3028 | 3.3 | 6.0 | 6.3 |
| Economías en Transición (EET) | 1571 | 3114 | 5613 | 8352 | 5.0 | 4.3 | 2.9 |
| EET revisadas | 1571 | 3100 | 5142 | 5727 | 5.0 | 3.7 | 0.8 |
| | | | | | | | |
| Mundo | 9644 | 19215 | 30252 | 44432 | 5.0 | 3.3 | 2.8 |
| Mundo revisado | 9644 | 19201 | 29781 | 41807 | 5.0 | 3.2 | 2.5 |

Resumiendo, la distribución del PIB mundial cambió poco durante el periodo de gran crecimiento mundial, 1960-1974, pero desde entonces ha cambiado drásticamente; la participación de los países en desarrollo se ha incrementado.

Aún cuando el incremento es impresionante, se ha producido junto con una serie de crisis que han impactado gravemente en el crecimiento potencial de los países en desarrollo. Según *World Capital Markets – Challenges to the G10* (Mercados Financieros Mundiales – Retos al G10), por Wendy Dobson y Gary Clyde Hufbauer, Institute for International Economics (2001), las crisis del sector bancario y del mercado de divisas provocaron una pérdida de tasa de crecimiento anual del 0,6% en los 80 (concentrada, sobre todo, en Latinoamérica, que perdió un 2,2% anual) y un 0,7% en los 90, (sobre todo en Asia, que perdió un 1,4% mientras que Latinoamérica perdió otro 0,7%). África y Oriente Medio obtuvieron aún peores resultados, dado que esta región nunca consiguió “despegar” realmente (no hubo crecimiento medio per cápita).

El desarrollo económico se ha extendido a todas las regiones del planeta, pero tal y como muestra el Gráfico I-8, el crecimiento del PIB se ha ralentizado desde “los dorados 50 y 60”. Esto explica porqué las predicciones de la demanda energética hechas durante los últimos treinta años, más o menos, han superado invariablemente a la realidad, en algunos casos, incluso, por un factor 2, como ocurrió en el estudio de 1970 de la AFTP Francesa, pronosticando la demanda energética de 1990. Resulta interesante que, en ese caso, las crisis energéticas de 1973 y 1979-80 sólo son responsables de un quinto de las discrepancias, mientras que el resto se derivan de un crecimiento económico inferior a lo esperado. De manera similar, cuando el ETWAN revisó las anteriores hipótesis del antiguo ETW, dedujo que habían sido demasiado optimistas.



Con la propagación del crecimiento económico a todas las regiones y el avance de algunas de las economías en vías de desarrollo, el centro de gravedad de la economía mundial se ha visto desplazado. No sólo las regiones en vías de desarrollo han incrementado su peso, de un 24% en 1960 hasta el 32% actual (del 28% al 39% si se incluye a China) sino que, en el ámbito de la economía mundial, las contribuciones de estas regiones también han evolucionado. América ha mantenido su cuota de 1/3 de la economía mundial, y Asia-Pacífico ha crecido desde el 18% al 31% a costa del declive de Europa, FSU y África-Oriente Medio. Por lo tanto, el centro de gravedad económico mundial está desplazándose del Atlántico a la cuenca Pacífica, tal y como muestra la Tabla I-C.

| | 1960 | 1974 | 1988 | 2002 |
|------------------------|------|------|------|------|
| Europa, FSU, África-OM | 48 | 49 | 44 | 36 |
| América | 34 | 32 | 32 | 33 |
| Asia, China, Pacífico | 18 | 19 | 24 | 31 |

En otras palabras, las regiones con cierta rigidez a la hora de afrontar reformas económicas y estructurales han perdido terreno; aquellas con elasticidad han mantenido su cuota, mientras que las áreas más dinámicas han incrementado su participación.

B. FACTORES QUE AFECTAN AL CRECIMIENTO DEL PIB.

Dado que el PIB es un Activador clave de la escena energética, cabe preguntarse qué es lo que empuja al PIB: No existe una respuesta definitiva a esta pregunta, porque no existe consenso en la “teoría endógena del crecimiento” más que a la hora de decir que el crecimiento del PIB parece depender, sobre todo, de tres parámetros: población, progreso técnico y naturaleza acumulativa que podría ser resumida como “capacidad institucional”.

- La población engloba diferentes aspectos, no sólo el número de seres humanos y su distribución rural o urbana, sino también su edad, esperanza de vida y la proporción de jóvenes, personas en edad de trabajar y ancianos.
- El progreso técnico combina dos elementos: el conjunto de innovaciones que pueden introducirse en el mercado y la medida en que las barreras psicológicas e institucionales pueden evitar una rápida penetración;
- La capacidad institucional abarca conocimiento humano, ética, infraestructura pública y desarrollo institucional (derechos sobre la propiedad, finanzas, sistemas judiciales, prácticas culturales, etc.).

Por lo tanto, a escala regional o mundial, el crecimiento del PIB es el reflejo de una combinación de varios factores:

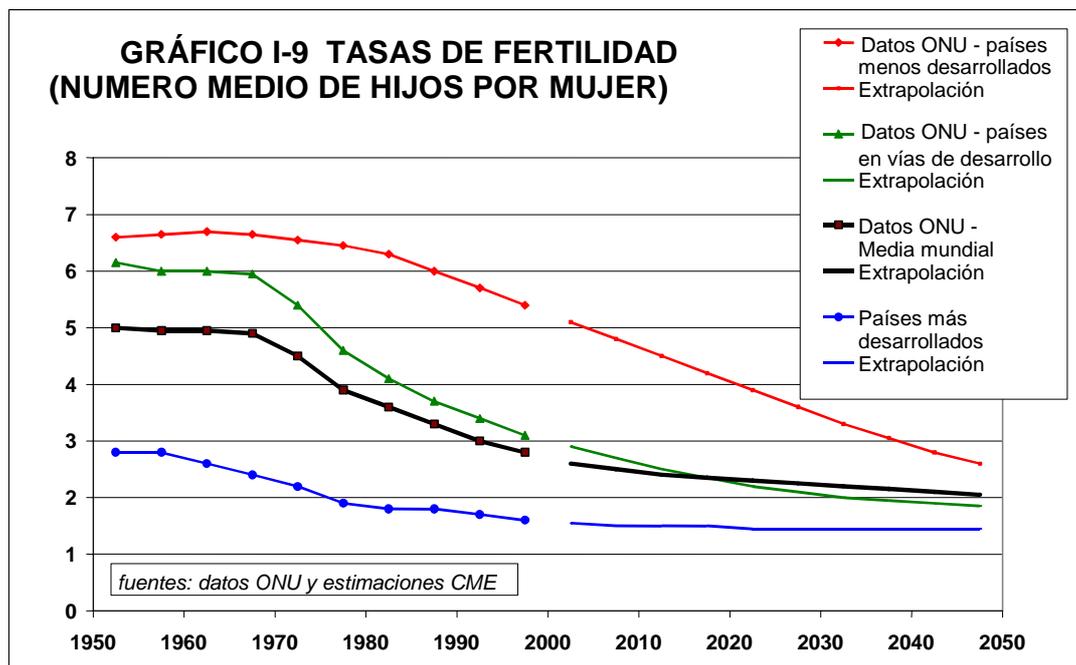
- La demografía que describe la concentración, hábitat (urbano o rural) y la edad de la población;
- La innovación técnica potencial, que nunca ha sido el factor limitante;
- Instituciones que permiten la implementación real de la tecnología; y,
- Factores externos relacionados con la accesibilidad, disponibilidad y aceptabilidad de la energía.

Aún cuando todos estos factores juegan su papel, más o menos, en todas las regiones, su importancia e interacción varía considerablemente de una a otra. Esto es particularmente acusado con los factures institucionales. Como ha demostrado el dramático ejemplo de la FSU, unas buenas instituciones en cierta fase de desarrollo no garantizan eternamente la prosperidad.

La Demografía

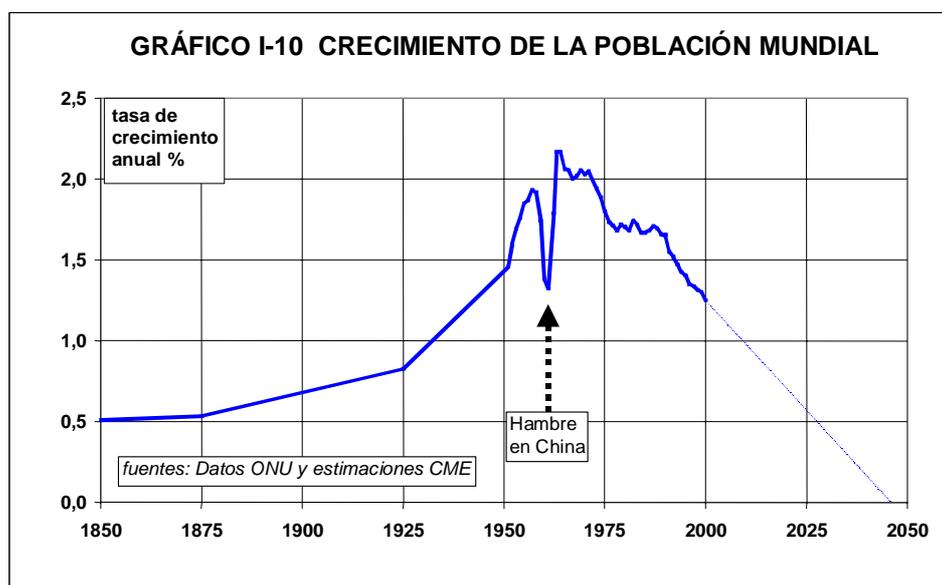
Tal y como ilustra el Gráfico I-9, el crecimiento demográfico se ha ido ralentizando a un ritmo superior al esperado, originando el creciente consenso de que en torno a 2050, o bien el crecimiento de la población alcanzará su máximo antes de comenzar a declinar, o se estancará en un nivel inferior y antes de lo previsto en anteriores predicciones. Todas las predicciones de población realizadas durante los cuatro o cinco últimos años han pronosticado una marcada deceleración en el ritmo de crecimiento de la población. Como consecuencia de ello, todas las regiones tendrán que soportar el coste creciente de sus mayores (no sólo por el cambio en la pirámide generacional, sino por la extensión de la esperanza de vida) y hacer frente a una sociedad menos dinámica.

Aun cuando el declive en la tasa de crecimiento de la población y el envejecimiento no son los únicos problemas a los que la humanidad tendrá que enfrentarse, sí que ejercerán una poderosa influencia sobre las tasas futuras de crecimiento económico. La extrapolación del Gráfico I-9 es lo más simple y directa posible; sugiere que la tasa media de fertilidad descenderá por debajo del umbral de estabilidad (2,1 hijos por mujer) en la década del 2030. Otros aspectos que también tendrán influencia son la aceleración de la urbanización y las políticas de control de natalidad (en la práctica, favoreciendo con frecuencia a los niños) que crean desequilibrios potenciales y podrían acelerar el declive de la población.

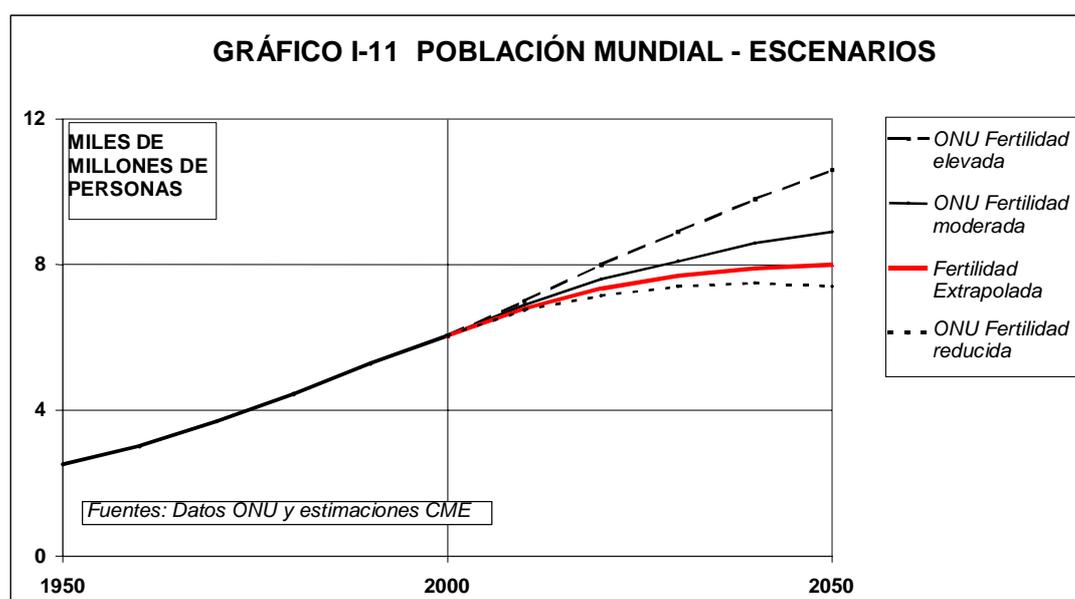


Desde este punto de vista, el crecimiento de la población mundial se ralentiza progresivamente, y se alcanzará el máximo de la población entre los años 2040-2050 (2040 si la esperanza media de vida no cambia, algo más tarde si continúa creciendo como lo ha hecho en el pasado), siempre y cuando no haya una distorsión en la estructura de sexos – una hipótesis que podría no ser válida para China y la India.

El Gráfico I-10 corresponde a la extrapolación de las tendencias de fertilidad y está comparada con las hipótesis de la ONU de 2000. EL Gráfico I-11 muestra el crecimiento progresivo de la población mundial y los cambios demográficos que comenzaron durante la 2ª Guerra Mundial. Este cambio se produce como resultado de la disponibilidad de antibióticos para reducir la mortandad infantil y de las leyes que favorecen a las familias promulgadas en muchos países a finales de los años 30.



Aún cuando se puedan tener percepciones diferentes sobre las tasas de crecimiento demográfico dado el incremento de la inmigración en los países ricos (Europa Occidental, USA y Canadá) que provocan rebotes temporales de la fertilidad en estas regiones, el declive general proporciona información poderosa, incluyendo la caída general de la fertilidad que se suma al impacto de los controles de natalidad. Por ello, sea cual sea el método de extrapolación escogido, el basado en las tendencias de fertilidad o en las tasas de crecimiento anual, es probable que la población mundial alcance su máximo en torno a la década del 2040-50. Esta extrapolación sintetiza la visión más probable y consistente que transmiten las tendencias históricas en términos del “Activador demográfico”.



La Innovación Técnica

La “productividad” combina la capacidad del hombre y de la sociedad humana para innovar e incorporar, a mayor o menor ritmo, las innovaciones en el tejido socioeconómico de las regiones en las que viven y trabajan. En el pasado, el factor que ha limitado el crecimiento de la productividad nunca ha sido el volumen de innovaciones dispuestas para ser utilizadas, sino más bien, la existencia de un entorno empresarial adecuado. Hoy se disponen de nuevas tecnologías, nuevos procesos y nuevas técnicas de gestión y, tal y como se argumenta más adelante, existen fundamentos suficientes como para predecir la continuidad del proceso de innovación, haciendo difícil imaginar la ausencia de avances tecnológicos como un factor limitador del desarrollo económico futuro.

Hay multitud de ejemplos de innovaciones técnicas y grandes avances tecnológicos en el sector energético, incluso en los 30 últimos años:

- Para el petróleo y el gas, los estudios sísmicos en 3D (los conceptos básicos como “wide line profiling” fueron imaginados y aplicados a principios de los 70), la perforación horizontal que permite reducir costes de producción y alcanzar nuevos objetivos (permitiendo, por ejemplo, explotar el anillo petrolífero de Troll);
- En generación eléctrica, la introducción de turbinas de gas fiables, gracias a las innovaciones militares para aviones a reacción y su combinación con turbinas de vapor y ciclo combinado para incrementar la eficiencia;

- La reducción de costes superior al 3% anual gracias a las economías de escala, mejoras de diseño e innovaciones técnicas, por ejemplo, el desarrollo de nuevo acero de alto grado (para conductos, procesos de licuefacción de gas natural);
- El uso generalizado de Tecnología de la Información y ordenadores personales en la exploración, producción, control de procesos (para procesos energéticos, incluyendo la optimización del rendimiento de motores de automóviles, operaciones y mantenimiento en centrales eléctricas, sistemas de calefacción y refrigeración de edificios), gestión de datos técnicos, etc.
- Se espera que los avances futuros permitan incrementar la recuperación de carburantes, controlar o limpiar la polución accidental, separar y secuestrar el carbono, incrementar la seguridad de los reactores nucleares.

Sin embargo, estos avances se han producido progresivamente en cambios incrementales. Es probable que esta tendencia continúe durante los próximos 50 años; cabe esperar que nuevas tecnologías viables penetren en el tejido económico lenta y progresivamente, si bien el secuestro de carbono o los combustibles sintéticos, por nombrar dos áreas de gran interés, podrían tener un impacto cumulativo de considerable importancia.

La importancia de la capacidad institucional.

Los aspectos legales (tales como derechos de propiedad, cumplimiento de la ley, estabilidad de las instituciones, democracia, igualdad de sexos), físicos (tales como empresas de servicios públicos y tecnología de sistemas) o intangibles (tales como sistemas educativos, seguros, mercados financieros) son difíciles de cuantificar como parámetros del PIB. La Tabla I-D es el resultado de un tratamiento cualitativo al análisis (demográfico, tecnológico, de contexto político global, financiero, energético y de instituciones básicas) que podría utilizarse para comprender mejor el crecimiento económico de los diferentes sub-periodos examinados anteriormente.

Todos estos diferentes factores contribuyen a la dinámica del PIB de diferentes maneras:

- Las tendencias demográficas tienen una gran inercia y pueden afectar a la capacidad emprendedora.
- La disponibilidad tecnológica y las nuevas innovaciones nunca han sido factores limitadores;
- La globalización y el comercio internacional han favorecido el crecimiento económico;
- La confianza en las instituciones financieras (bancos centrales, bolsas, etc.) es fundamental para el crecimiento;
- La disponibilidad de energía y el crecimiento del petróleo han contribuido enormemente al desarrollo económico; y,
- La reforma de los mercados y el coraje político son indispensables para fortalecer las instituciones.

En este contexto, es importante recordar el nexo entre la accesibilidad a la energía y las perspectivas de crecimiento económico. El acceso a servicios energéticos modernos es un subconjunto de las condiciones institucionales que deben ser satisfechas para que un país pueda “despegar”. Tal acceso, por ejemplo, es el que ha hecho posible la impresionante

trayectoria de crecimiento de China; de una población que supera los 1.300 millones de habitantes, tan sólo 20 carecen de acceso a la electricidad.⁴

TABLA I-D CONDICIONES MARCO (1820-2050)

| Periodo | Demografía | Tecnología | Contexto | Finanzas | Energía | Instituciones |
|------------------|---|--|---|---|---|--|
| 1820-1913 | Crecimiento equilibrado pero lento | Máquinas de vapor y ferrocarriles | Propagación del modelo "Occidental" | Altos niveles de ahorro en los países ricos | Predominan combustibles tradicionales y carbón | Desarrollo de los derechos de propiedad |
| 1913-1950 | Muy lento a consecuencia de las Guerras Mundiales | Automóviles en Norteamérica, electricidad | Dos guerras mundiales, depresión autarquías puntuales | Inflación en Europa | Sobre todo carbón, desarrollo del petróleo, aparece el gas | Consolidación de los derechos sobre la propiedad |
| 1950-1973 | Rápido en los países ricos (baby boom) | Automóviles en los países ricos, aviones | Periodo de estabilidad relativa | Patrón oro, inversión de los grandes ahorros | Crecimiento del petróleo a la sombra del carbón | Instituciones adecuadas en los países ricos |
| 1973-2003 | Rápido en los países en desarrollo (DC). Lento en el resto. | Plásticos, TI, electrificación, automóviles, en todas partes | Caída de los telones de acero y bambú | Intereses variables e inflación | El precio del petróleo favorece un escenario multi-energético | Algunos países en desarrollo mejoran sus instituciones |
| 2003-?? | Ralentización y Envejecimiento OCDE, urbanización | TI, bio y micro/nano-tecnologías | ¿Proteccionismo y antiglobalización? | ¿Deflación? Falta de confianza en las compañías financieras | ¿Transición a combustibles no convencionales? | ¿Deficiencia de derechos de propiedad en países en desarrollo? |

¿Cómo integrar las innovaciones, entonces? En la época "moderna" era relativamente fácil, cuando el principal objetivo de la industria y los servicios era fabricar productos en masa (Ford Modelo T, teléfonos estándar, refrigeradores, cocinas). Es mucho más difícil en la época "post-moderna", cuando los consumidores tienen unos gustos que cambian rápidamente demandando productos y servicios hechos a medida. Desafortunadamente, muchos países en vías de desarrollo carecen incluso del marco institucional de una "economía moderna", no tienen los derechos de propiedad adecuados, juzgados imparciales accesibles para todos, sistemas financieros y bancarios seguros, etc. En los países ricos, la situación también es preocupante porque algunos han sido incapaces de implantar las reformas de mercado que la era "post-moderna" requiere. Algunos países se han comprometido con tales reformas, pero en muchos casos, las decisiones poco afortunadas o postergadas han conducido a un empeoramiento de la situación económica actual.

Hace falta entender cómo los consumidores contemplan su futuro en términos del "pastel económico": ¿crecerá? y, ¿cómo se repartirá? El principal problema es la confianza de los ahorradores potenciales en su futuro y en el de su propio país, tal y como ilustra la situación de ahorro actual. Los ahorros anuales mundiales ascienden a 5.000 G\$, de los cuales 1.000 G\$ fluyen internacionalmente. Estos 1.000 G\$ crean grandes desequilibrios en términos de

⁴ Comentarios realizados por Zhou Dadi, Director General del ERI (Instituto de Investigaciones Energéticas), Comisión Nacional para el Desarrollo y la Reforma, durante su presentación en el seminario "Energía Montreux", Junio de 2003, Ginebra. A este respecto, También es interesante destacar que la Comisión Nacional para el Desarrollo y la Reforma, antes conocida como la Comisión Estatal para la Planificación del Desarrollo, cambió su nombre para enfatizar la necesidad de acometer reformas estructurales para mantener el desarrollo económico.

reservas de moneda extranjera, con más del 55% de las reservas en moneda extranjera radicadas en Asia⁵. La mitad de aquellos (500 G\$) se destinan a financiar el déficit por cuenta corriente de EE.UU., respaldando la teoría de que los consumidores de EE.UU. tienen tal nivel de confianza en su economía que no necesitan niveles altos de ahorro. Por otro lado, se podría suponer que los consumidores de los países asiáticos tienen menos confianza en sus propios países que en EE.UU., dado que prefieren, de cara a asegurar su futuro, invertir gran parte de sus ahorros en los Estados Unidos.

Muchos informes de países en vías de desarrollo resaltan sus debilidades estructurales. En Asia, por ejemplo, no hay análisis que predigan que se vayan a mantener los elevados niveles de crecimiento recientes en las grandes economías regionales, China incluida, aún cuando algunos de los desequilibrios estructurales que provocaron la crisis de 1987 hayan sido solucionados. De manera similar, los informes sobre Latinoamérica son, en el mejor de los casos, moderadamente positivos, cuando no negativos. Por último, pero no por eso menos importante, no existen expectativas de mejoría rápida en África y Oriente Medio. Con esto, no se pretende decir que los analistas tienen razón, sino alertar contra predicciones demasiado optimistas sobre el crecimiento del PIB y, por lo tanto, de la demanda energética.

En los países desarrollados, la perspectiva a largo plazo para Europa Occidental y Japón es incierta, consecuencia de las reformas de mercado demandadas por la nueva situación mundial que, con frecuencia, los gobiernos no se atreven a acometer o les resultan demasiado difíciles de implantar como consecuencia de la existencia de intereses contrarios a cambios en el statu quo. Las perspectivas para Norteamérica son más halagüeñas porque algunas de las reformas de mercado se acometieron en los 80, si bien el “milagro de la productividad” quizás no sea tan grande como sugieren los datos oficiales, y los problemas temporales (el demasiado elevado déficit comercial de USA, en particular) podrían mermar el potencial de crecimiento al menos durante algunos años.

Los Factores Exógenos Relacionados con la Energía

En este informe se han tomado en cuenta tres factores exógenos:

- Falta de disponibilidad de energía: ha emergido cada cierto tiempo desde 1973 y podría volver a suceder;
- Falta de accesibilidad a la energía: además de la dimensión humana y social, contribuye a limitar el desarrollo económico de los países más pobres;
- Falta de aceptabilidad de la energía: comienza a destacar por el calentamiento global y la amenaza del cambio climático.

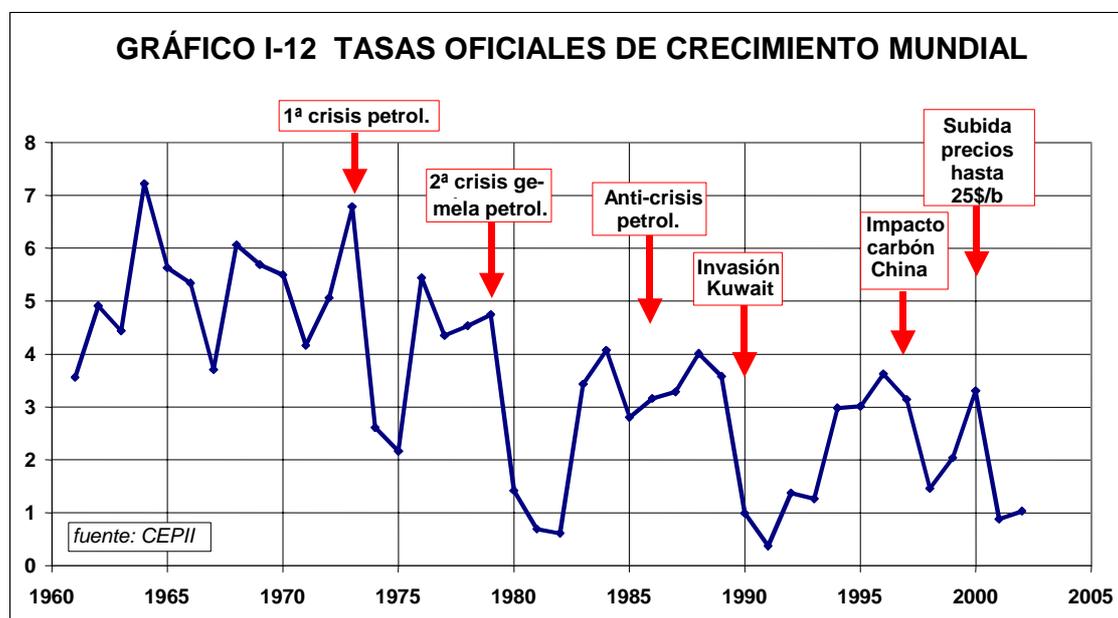
Disponibilidad de Energía

Los precios bajos y estables de la energía han contribuido al excepcional crecimiento mundial de la década de los 50 y los 60. Este entorno estable también explica el rápido crecimiento de la cuota de pobres que reciben energía moderna, un factor de equidad social que a su vez ha ayudado a los resultados económicos de los países en vías de desarrollo. De igual manera, se puede comprender que, tras el fuerte rebote del PIB de 1983-84, el mundo se encaminaba a una ralentización económica en 1985 y 86, pero la reducción a la mitad de los precios del petróleo de 1986 lo transformó en el gran crecimiento de 1987-88.

⁵ Japón posee cerca de 450 G\$ en reservas en moneda extranjera, el 19,3% del total mundial. Le siguen China (11,3%), Taiwán (6.8%), Corea del Sur (5.1%), Hong Kong (4.8%), India (2.6%), Tailandia (1.6%), Malasia (1.4%), Indonesia (1.3%), Filipinas (0.6%), etc., sumando más del 55% del total en Asia sólo.

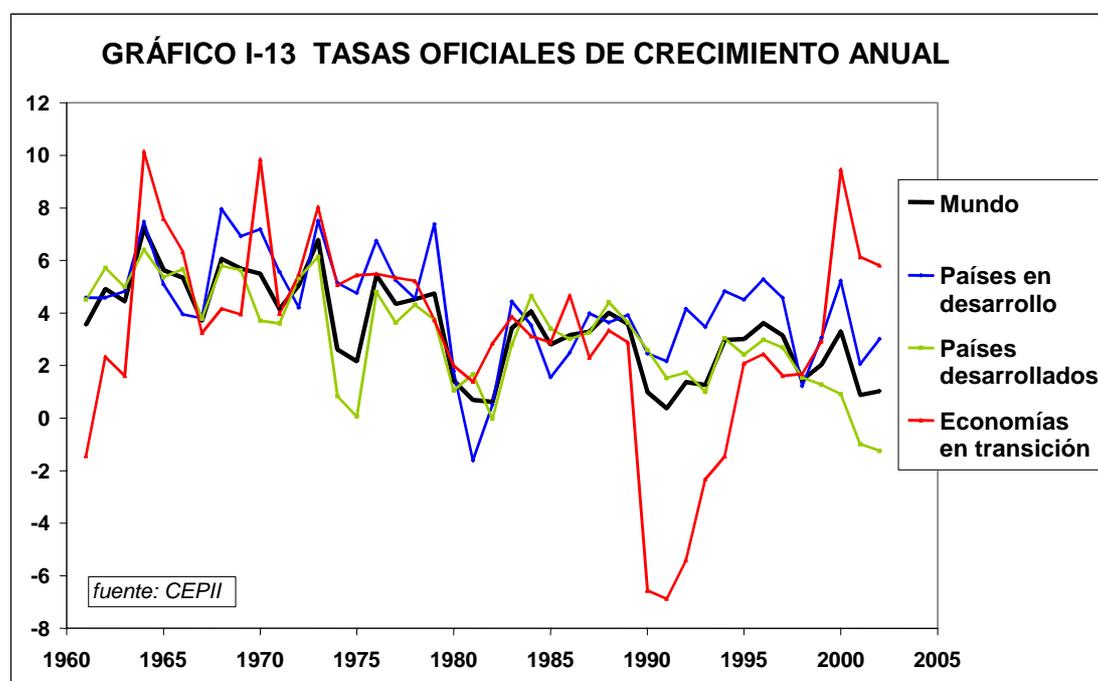
Por el contrario, los desequilibrios energéticos repercutieron negativamente sobre el crecimiento del PIB mundial, tal y como muestra el Gráfico I-12:

- Reducción del 6% (crecimiento mundial del 2% en 1974 y del 1% en 1975, comparado con la tendencia del 4,5%) en 1974-75 tras la crisis del petróleo de 1973.
- Reducción de, aproximadamente, el 7,5% (crecimiento mundial del 2% en 1980, 2% en 1981, y 0,5 en 1982, comparado con la tendencia del 4%) en 1980-82, tras las crisis gemelas del petróleo de 1979 (revolución en Irán) y 1980 (Guerra Irán-Irak).
- Impacto incierto en 1990 cuando Irak invadió Kuwait. La economía mundial venía frenando como consecuencia del fin del ciclo económico y la llegada de la crisis financiera, en particular la debacle de ahorros y préstamos de EE.UU.;
- De nuevo, impacto incierto en 1997 en China. El PIB revisado cayó un 8% (crecimientos rondando el 3% de 1997 al 99, comparados con la tendencia del 5-6%) cuando el suministro del carbón disminuyó un 30%. Sin embargo, otras reformas (reducción de la masa laboral en algunos ministerios) y las crisis asiáticas también contribuyeron a la ralentización;
- De nuevo, impacto incierto en 2000 como consecuencia de los desarrollos energéticos (el barril de crudo alcanzó los 25 \$ USA y la crisis del gas en Norteamérica) que fueron tan sólo una parte de la historia, con el fin de la burbuja bursátil (el NASDAQ principalmente), contribuyendo también a finalizar el ciclo económico.



La economía mundial mostró menor volatilidad, sin embargo, que la de sus tres componentes regionales, tal y como muestra el Gráfico I-13. La volatilidad del crecimiento económico es 1,1 veces superior a la del mundo para los países desarrollados, 1,8 veces superior para los países en vías de desarrollo y 3,8 veces superior para las economías en transición. El elevado valor para las economías de transición no puede atribuirse a los precios energéticos, puesto que en estas regiones, los precios no han variado tanto. Por el contrario, en las economías de mercado, existe un vínculo entre la volatilidad del crecimiento económico y los cambios en los precios energéticos. Las recesiones de 1974-75

y 1979-82 pueden atribuirse en su mayor parte a las crisis del petróleo, y el sector energético contribuyó a empeorar las recesiones de 1991-1992 (incrementos del precio del petróleo), 1997-98 (declive del suministro de carbón en China) y 2001-03 (de nuevo, incremento en el precio del petróleo).

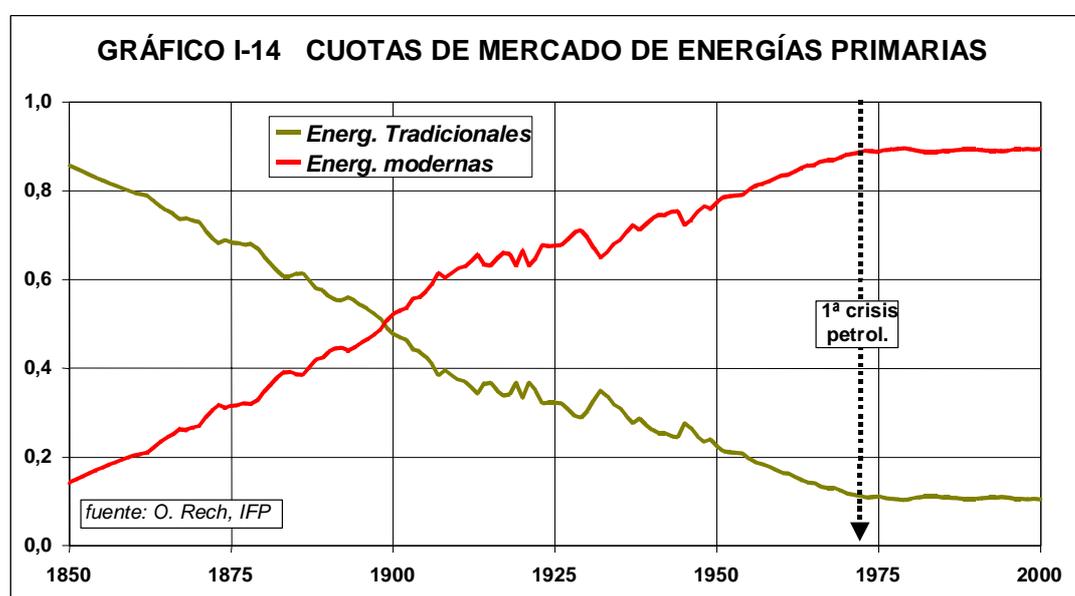


Para el CME, esto seguirá siendo verdad en el futuro. Si las condiciones de la oferta energética se mantienen, permitiendo que los precios de la energía disminuyan lentamente en dinero constante, contribuirán a un mayor crecimiento económico. Sin embargo, si la disponibilidad energética se ve mermada cada cierto tiempo (por la inadecuación de las infraestructuras, por ejemplo), podría producirse, o al menos favorecería, frenazos temporales del crecimiento del PIB mundial. Aun cuando resulta tentador descontar el impacto de las carencias de oferta energética futuras con la premisa de que los costes energéticos suponen un porcentaje mucho menor del PIB que en los años 70 y 80, la realidad podría demostrar lo contrario, porque, siendo otras cosas iguales, el declive del crecimiento del PIB que provocaría la reducción en el consumo energético requerido por el desabastecimiento energético podría ser mayor ahora que la redundancia, flexibilidad y el margen de maniobra en el sector energético han disminuido.

Accesibilidad a la Energía

El desarrollo sostenible depende de una combinación de factores de crecimiento económico, equidad social y factores medioambientales. Existe evidencia que demuestra que la equidad social y el desarrollo económico están íntimamente relacionados. Las sociedades con grandes desigualdades tienen resultados económicos inferiores a los de las sociedades con mayor igualdad. Por tanto, lograr una mayor igualdad social tiene consecuencias económicas, no sólo morales. Este concepto tiene muchas dimensiones, como igualdad de sexos, educación básica e infraestructuras rurales adecuadas (el hincapié que el gobierno Coreano hizo en este último punto decididamente ayudó al despegue del país en la década de los 80) y es clave para el desarrollo energético sostenible.

Para la energía, el desarrollo sostenible implica la provisión de energía comercial⁶ moderna, incluyendo tanto la distribución por red (por ejemplo, electricidad) como por otros medios (por ejemplo, GPL). Tal y como ilustra el Gráfico I-14, utilizando la tendencia de dependencia de la energía tradicional no comercial como referencia, la accesibilidad a la energía moderna ha mejorado constantemente desde 1850, cuando el 85% del consumo total de energía provenía de combustibles tradicionales (renovables combustibles, es decir, biomasa y residuos) hasta la segunda crisis petrolífera, cuando suponían el 11%. Sin embargo, desde entonces, la cuota de los combustibles tradicionales no ha cambiado, lo cual significa que la población creciente ha tenido que confiar en estos combustibles tradicionales más que en los servicios modernos de energía. La mayoría de esta gente se encuentra en países en vías de desarrollo, con frecuencia en áreas rurales o remotas, lo cual les impide integrarse plenamente en sus sociedades y repercute negativamente en su desarrollo económico.⁷



De la misma manera que las reformas del mercado pueden tener un gran impacto en el crecimiento económico, creando un entorno empresarial que permita el desarrollo de nuevas tecnologías, las reformas de mercado también forman parte de la agenda de “acceso”. Tal y como se sugiere en ETWAN, aplicar subsidios a los costes hundidos no contradice la reforma del mercado siempre y cuando las tarifas comerciales cubran los costes de funcionamiento, mantenimiento y extensión de las redes de electricidad o gas natural y sean realmente costeadas por el consumidor.

En ETWAN se calculó el orden de magnitud de los costes necesarios para proporcionar un acceso universal en 2020 a aquellos que hoy en día carecen de acceso, o es insuficiente. Para suministrar 500 kWh por persona y año a los 600 millones de consumidores más bajos de los países en vías de desarrollo que utilizan en la actualidad 340 kWh y a los 1.600 millones que carecen de acceso hoy en día, harían falta 900 TWh (alrededor de un 6% adicional a los 16.000 TWh de consumo global actual). Para ello haría falta una capacidad adicional instalada de 200GW, con una inversión total de, más o menos, 2.000 US\$/kW

⁶ La IEA ofrece una excelente descripción y análisis de este desafío en el *World Energy Outlook* (Capítulo 13 – Energía y pobreza)

⁷ La contribución de los pobres puede ser directa, gracias a la mayor cantidad y a la mejora de la calidad de su trabajo, o indirecta, puesto que defienden y difunden sólidos valores sociales que a su vez contribuyen al despegue económico y a la industrialización del país.

(para la generación, transporte y distribución), es decir, una inversión suplementaria total de 400G\$. Ello supone de 20 a 30 G\$/año hasta el 2020, siempre y cuando los usuarios pagaran la tarifa adecuada. ETWAN reconoció que, en casos especiales, esta tarifa podría requerir subsidios temporales al consumo, transparentes y localizados, pero insistió en que la tarifa debía reflejar el coste real y recaer realmente sobre el cliente, bien individualmente o, al menos, a escala de pueblo o municipio.

Este análisis vincula firmemente el acceso a la energía con el crecimiento económico, pilar del desarrollo sostenible. No sólo se obtiene el beneficio que el acceso a la energía comercial conlleva en lo que se refiere a calidad de vida y productividad de aquellos que lo disfrutan, sino que mejorará la salud de las propias empresas que suministren la energía comercial, aportando puestos de trabajo e investigación a toda la nación. Tal y como ya se ha mencionado, el ejemplo de los “tigres” asiáticos, que ahora sigue China, confirma que las reformas adecuadas que permiten mayor acceso a la energía es una receta para el crecimiento económico.

La Aceptabilidad de la Energía

Entre los factores que pueden afectar negativamente al crecimiento del PIB, se encuentra la cuestión medioambiental. Dejando de lado el grave asunto de la polución local y regional y su fuerte impacto sobre la salud de las madres, niños y otros en las economías en desarrollo o transición, el cambio climático ha pasado a ser un problema tanto político como científico, como consecuencia del calentamiento global, el fenómeno que se produce cuando la atmósfera no puede reciclar todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero. Dado que la mayor parte de estas emisiones proviene de la producción y uso de la energía, principalmente del consumo de combustibles fósiles y de la liberación directa de gases como el metano, existe la posibilidad de que de los objetivos de emisión nacional o global se deriven medidas impositivas y reguladoras que provoquen fuertes aumentos en los precios de la energía, posiblemente equiparables o mayores que los que provocaron las crisis del petróleo.

A pesar de las grandes lagunas del Protocolo de Kioto (por ejemplo, no haber abordado las emisiones de gases de efecto invernadero con objetivos realmente globales que abarcaran tanto a los países desarrollados como a los países en vías de desarrollo, la flexibilidad adicional que proporcionan los créditos de emisión imprevistos para la FSU y Europa del Este, o no haber tratado las emisiones de gases de efecto invernadero que ocurren antes de la entrega del servicio energético en la frontera de los países importadores desarrollados, esto es, no medirlas en función del ciclo de vida), no parece que los objetivos del Protocolo de Kioto de reducción media del 5% por debajo de las emisiones totales de GHG de 1990 vayan a ser alcanzados.

Algunos responsables de formular políticas han puesto todas sus esperanzas en los cambios de combustibles, esto es, que se pase de la generación eléctrica con carbón y petróleo a una fuerte dependencia del gas natural. Sin embargo, el gas marginal tampoco es mucho mejor (en términos de emisiones GHG) que el petróleo o el carbón marginal, dado su origen remoto y su uso relativamente ineficiente como combustible para cargas medias o punta de generación eléctrica; las ventajas de un cambio de carbón o petróleo a gas natural son escasas y no pueden tomarse como base de políticas cuyo objetivo es la reducción drástica de emisiones GHG. A tal respecto, debería tenerse en cuenta que, con mucho, la influencia más significativa sobre las emisiones de GHG de combustibles fósiles es el comportamiento individual en el consumo final a escala industrial, comercial y residencial.

Otros reclaman una reducción constante o acelerada del uso de los combustibles fósiles en el mix de energía mundial, a favor de energías renovables modernas o de la nuclear. La

reducción del uso de combustible fósiles exige combinar políticas de incrementar dramática y arbitrariamente sus precios o de favorecer las fuentes no fósiles. Tales políticas no parecen probables ni adecuadas en el contexto de lograr el acceso universal a la energía y la tendencia mundial de demanda de combustibles para el transporte y de electricidad. En cualquier caso, el precio es un instrumento difícil, puesto que hace recaer demasiado responsabilidad sobre los gobiernos y las mejoras de eficiencia energética (la reducción del 20% de intensidad energética resultante de las dos crisis petrolíferas de la década de los 70, comentada en la Parte III, tuvo un gran coste macroeconómico). ¡El orden de magnitud de los incrementos de precios para liberar al mundo de su dependencia de combustibles fósiles sería equivalente, como mínimo, a sufrir dos crisis petrolíferas como las de los 70 cada 10 años! Las políticas de eficiencia energética tienen su función pero no pueden alcanzar la aceptabilidad por sí mismas.

Centrar la atención en combustibles no fósiles implica hablar de energía nuclear, porque, dejando de lado el lastre de los elevadísimos costes y restricciones que acompañan a las energías renovables modernas (que no sean grandes proyectos hidrológicos, que encuentran fuerte oposición regional o local en los lugares donde aún pueden llevarse a cabo) es imposible que en estos momentos gestionen su intermitencia más allá de un, aproximadamente, 10% del mercado. Por supuesto, la energía nuclear no es la respuesta para el sector del transporte, si bien el advenimiento de la economía del hidrógeno basada en la energía nuclear entra dentro de lo posible, en un plazo de 30 a 40 años.

La consecuencia es que el único medio a largo plazo para afrontar seriamente la cuestión de las emisiones de GHG relacionadas con la energía es introducir tecnologías limpias de combustible fósil, acompañadas con la captura y secuestro de carbono, para reducir las emisiones de GHG consecuencia de su producción, transmisión y utilización. Desde el punto de vista del CME, centrarse sobre las mejores prácticas de funcionamiento de las centrales y sistemas limpios de combustible fósil es lo que permitirá reducir las emisiones de GHG de la manera menos costosa y más efectiva en un plazo razonable de tiempo. El CME ha propuesto que los costes adicionales de dichos sistemas y prácticas repercutan sobre los precios de los servicios energéticos basados en combustibles fósiles. Hoy, por ejemplo, el coste estimado del secuestro del carbón es de 150-250 US\$/tC, esto es, de 3 a 5 veces el coste del suministro de carbón o el doble que el del petróleo. Sin embargo, si dichos costes se repercutieran en los precios de los combustibles fósiles, tendría los efectos equivalentes a una gran crisis y reduciría el crecimiento del PIB en los porcentajes comentados anteriormente. Obviamente, deben reducirse los costes y juzgarse las tecnologías de mitigación del carbono de menor coste, de cualquier tipo, en un contexto de un mercado competitivo.

Por lo tanto, a pesar de que el medioambiente o la aceptabilidad de la energía no han sido grandes Activadores de la escena energética hasta ahora, podrían convertirse en factores claves en el futuro, repercutiendo negativamente en el crecimiento del PIB al menos en el orden de magnitud con el que lo haría una serie de crisis energéticas graves. Por lo tanto, el coste de la gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero se relaciona directamente con el pilar del desarrollo sostenible que es el crecimiento económico y podría repercutir sobre la disponibilidad energética, al menos en términos de asequibilidad. Sin embargo, quizás el vínculo más serio es con el pilar del desarrollo sostenible de la accesibilidad de la energía; si las políticas, regulaciones o fijación de precios de los gobiernos orientadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero encarecen excesivamente los servicios energéticos, el medioambiente se vería beneficiado al tiempo que se dificultaría la solución al problema de la energía comercial universal. Irónicamente, lo único que se conseguiría haciéndolo sería prolongar el uso de combustibles tradicionales

en los países en vías de desarrollo, exacerbando el nivel global de emisiones de gases de efecto invernadero.

Por esta razón, a la hora de tratar la aceptabilidad de la energía, el CME ha optado por centrar su atención, primero y sobre todo, en el objetivo de acceso universal a la energía comercial, utilizando las últimas y más limpias tecnologías para afrontar las emisiones locales, regionales o globales dañinas. Se trata de una situación beneficiosa para todos, respaldada firmemente por este análisis del PIB y de los requisitos totales de energía primaria.

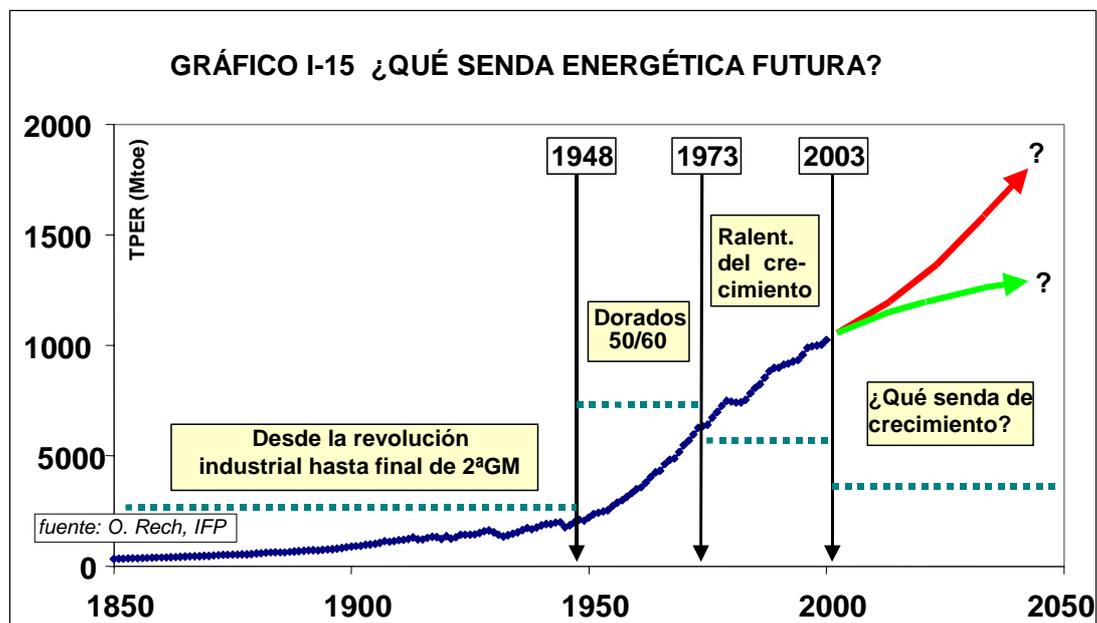
C. CONCLUSIONES SOBRE EL “ACTIVADOR DEL PIB”

El análisis en la Parte I puede reducirse a una pregunta y un hecho. La pregunta que suscita el Gráfico I-15 en términos de PIB futuro y el sendero energético⁸. El hecho es que los humanos – su creciente número, especialmente en los países en desarrollo, su capacidad para cambiar y mejorar las cosas, su afán competitivo y de progreso social, y también su disposición para trabajar con otros – son la base de lo que el futuro deparará.

Hubo tiempos en los que el hombre creía que las cosas tenían que seguir siendo como habían sido hasta entonces, que el hijo debía arar la tierra que su padre había arado antes. Esta visión cambió radicalmente en la Edad Media. El hombre desencadenó el Renacimiento y la primera revolución agrícola, seguida de la Revolución Industrial de los siglos XVIII y XIX amplificada adicionalmente por la difusión de estas nuevas ideas, primero del Mediterráneo al Atlántico, después al resto del mundo. Hoy en día, es más probable que hablemos de una madre encargada de una tienda, con su hija decidiendo hacer un doctorado.

Estos cambios no hubieran tenido lugar sin una profunda evolución en la sociedad humana, en la manera en que la gente interactúa. Los derechos dictados por las costumbres en el limitado entorno familiar o tribal de las primeras etapas de desarrollo eran suficientes pero tuvieron que ser sustituidos progresivamente por los derechos formales que acompañan a grupos humanos más amplios y complejos. El hombre permaneció en el centro, pero las instituciones y el proceso de reformas del mercado para adaptarse continuamente a las nuevas necesidades que surgen del desarrollo también pasaron a ser fundamentales para el crecimiento del PIB. La manera en que evolucionará este proceso, acelerando, evolucionando constantemente o ralentizándose en las próximas décadas es la clave para el futuro del PIB y del desarrollo energético sostenible.

⁸ La mayoría de las proyecciones o escenarios (.IIASA, US-DOE-EIA, IEA/OCDE, OPEP, etc.) se muestran optimistas con respecto a las tendencias futuras, generalmente cóncavas, con tasas exponenciales superiores al 3% anual, mientras que la extrapolación directa sugiere una ralentización convexa.



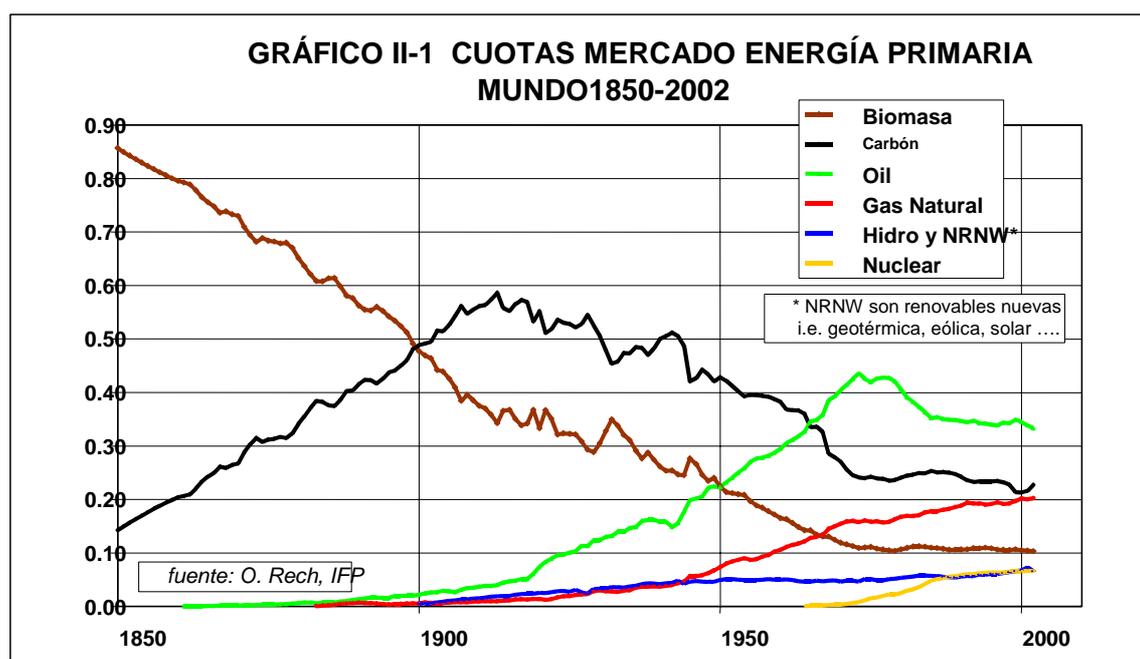
El crecimiento del PIB no depende únicamente del comportamiento de los grupos de interés individuales siempre sacarán lo mejor de su entorno empresarial e institucional. En parte depende de los impredecibles caprichos de la Madre Naturaleza, con desequilibrios energéticos temporales que podrían afectar negativamente al crecimiento del PIB. Finalmente, a menos que los gobiernos muestren el coraje para impulsar las reformas del mercado en forma de competencia y elección por el cliente o de apoyar programas de electrificación nacional, que contemplen el acceso a infraestructuras energéticas modernas, el crecimiento económico nacional sufrirá y el PIB medio global podría declinar, con importantes implicaciones para los requisitos de energía primaria.

PARTE II: LA DEMANDA ENERGÉTICA

A. LA ESTRUCTURA DEL CONSUMO ENERGÉTICO

La Parte I analizó el PIB y su conexión con los requisitos totales de energía primaria a escala global. Proporciona una panorámica general de cuánto servicio energético se necesita para generar un cierto nivel de PIB y cómo cambia esta relación con los movimientos importantes en los precios de la energía. Sin embargo, el conocimiento de cuánta energía se necesita para soportar el PIB no dice nada sobre qué tipo de energía es necesaria, el servicio que aporta o cómo evolucionan con el tiempo los servicios energéticos y, en particular, si cada servicio mantiene su contribución al consumo energético total.

El mundo ha experimentado una transformación significativa, tanto antes de la primera crisis del petróleo, cuando el consumo de energía primaria estaba muy ligado a la evolución del PIB en términos de la paridad de poder adquisitivo, como, más aún, tras 1973, cuando los requisitos de energía y el PIB comenzaron a desacoplarse. Esta profunda transformación viene reflejada por los cambios en la cartera mundial de energías primarias representada en el Gráfico II-1.



- Los combustibles tradicionales, tales como la biomasa, perdieron terreno hasta la primera crisis del petróleo y desde entonces se han mantenido aproximadamente en un 11%. Por tanto, el acceso a la energía moderna mejoró rápidamente hasta 1973 para ralentizarse después considerablemente;
- Otros combustibles no fósiles conservan una cuota estable (tal como la hidráulica), han crecido rápidamente antes de llegar a estancarse en un nivel importante (tal como con la nuclear) o se han expandido rápidamente desde un valor base muy pequeño hasta alcanzar una participación que todavía es bastante reducida (tal como las renovables);

- El carbón ha seguido una trayectoria parecida a la de los combustibles tradicionales -- un declive seguido por una meseta mucho más baja -- con otra caída después de 1996 que refleja los grandes cambios en la situación del carbón en China;
- El gas natural, tras su rápido crecimiento inicial en los 50 y los 60, está aumentando más lentamente ahora, con un crecimiento de su cuota de mercado aún más lento en los 90;
- El petróleo fue el 'rey' hasta 1973, en sentido de oferta marginal y de fijación de precios como sustituto del carbón, antes de declinar por las inversiones post-1973 en otras energías (nuclear, gas y ahora de nuevo carbón). Sin embargo, la cuota del petróleo se ha estabilizado recientemente. Esto se trata con más detalle en la Parte III.

El consumo energético depende de lo que los consumidores quieran en términos de valor para ellos de los servicios energéticos finales. En esta valoración existen esencialmente tres elementos:

- Lo que está de moda y es asequible en la sociedad en términos de estilo de vida y de consumo, por ejemplo, un VW escarabajo o un vehículo todo terreno con tracción a las cuatro ruedas, un apartamento en el centro de la ciudad o un chalet en las afueras;
- El nivel de renta personal, reflejado en la tendencia del PIB PPP, y la manera en que los servicios energéticos mejoran en calidad y fiabilidad a igualdad de coste gracias a los avances tecnológicos.
- El precio final de los servicios energéticos, que incorpora el coste de la energía primaria, el capital fijo, los costes de operación de estos servicios y los impuestos o subsidios que entren en juego.

Hoy en día, algunos analistas añadirían que los consumidores también valoran los aspectos 'verdes' de los servicios energéticos y, de hecho, algunos gobiernos basan sus políticas y gravámenes energéticos en este componente. Sin embargo, existe una gran evidencia de que este tipo de valoración no es de naturaleza iterativa ni es ampliamente compartido. Los consumidores en los mercados desarrollados, en los que el acceso a la energía moderna es casi universal y los pagos se miden y cobran, actúan con decisión cuando su presupuesto total para servicios energéticos sobrepasa una porción intuitiva de su renta personal disponible, mientras que los consumidores en los países en desarrollo captan subsidios para tener acceso a la energía y están muy presionados para renunciar a ellos o no tienen otra elección que la energía no comercial tradicional.

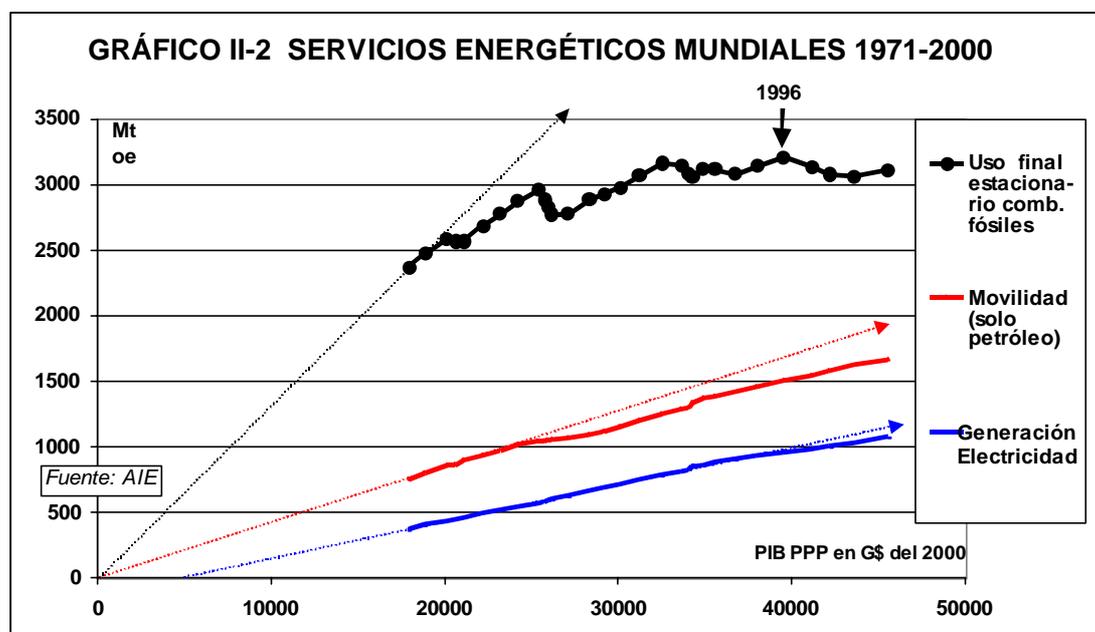
El Concepto de Servicios Relacionados con la Energía

En las cuentas nacionales, la demanda energética se divide con frecuencia entre el consumo residencial (hogares), comercial (servicios, incluyendo el transporte) e industrial (industrias y el sector de transformación). Este enfoque presenta dos desventajas:

- Es difícil realizar una división correcta entre servicios e industria porque ahora la mayor parte de las industrias venden 'paquetes' que incluyen bienes de capital y componentes de servicios; y,
- No tiene mucho sentido agregar servicios energéticos que no son de la misma naturaleza, por ejemplo, un servicio de calefacción, el funcionamiento de un dispositivo electrónico o el desplazamiento de un coche.

De hecho, se invierte poco esfuerzo en dividir la función de movilidad en lo que se emplea para el ocio, el comercio o la industria. Esto sugiere que es preferible diseccionar transversalmente los sectores tradicionales y enfocar la demanda en los servicios

específicos relacionados con la energía que los consumidores necesitan, concretamente la electricidad, la movilidad y los usos finales estacionarios de los combustibles fósiles, y estudiar el modo en que evolucionan en el tiempo. Una categorización así permite estudiar con más exactitud los servicios energéticos al usuario final que la categorización convencional.



Basándose en este último concepto, el Gráfico II-2 muestra el consumo final de servicios energéticos, desglosando los tres servicios en función del PIB mundial (PPP en dólares de 1990). La mayor parte de las regiones del mundo han experimentado un desarrollo evidente y constante de los tres componentes de los servicios energéticos desde el final del impacto de la segunda crisis del petróleo en 1982, pero para algunas fue más caótico: los EE.UU. desde 1996, con el desacoplamiento aparente entre el PIB y el consumo de energía; China, donde las tasas de variación del PIB deben revisarse para reconciliar el PIB con las necesidades energéticas; y la antigua Unión Soviética (FSU) y los países del centro y este europeo (CEE), donde la reestructuración que ha habido desde 1989 ha conducido a una caída masiva del PIB y a la aparición de una economía grisácea/negra.

Pero concentrarse tan sólo en los usos finales tiene otros problemas. Ignora lo que pasa en el sector de transformación:

- Las centrales eléctricas para generar electricidad;
- Las centrales combinadas para producir calor y energía (Cogeneración);
- Las refinerías, coquerías, plantas de gas, etc.;
- El transporte y la logística para llevar la energía a los usuarios finales.

Aunque la eficiencia de los sectores iniciales e intermedios del uso energético está en general bien correlacionada con la de los usos finales, no se puede ignorar su impacto sobre las necesidades totales de energía primaria porque juegan un papel importante en la generación y despacho de los recursos energéticos disponibles hasta los servicios energéticos finales demandados por los clientes residenciales, comerciales e industriales.

Electricidad final

El consumo de electricidad, es decir, la electricidad total producida (incluyendo las pérdidas como parte del 'consumo'), presenta una tendencia muy uniforme, casi lineal, sin impacto aparente de los sucesos energéticos que se produjeron durante el periodo de las crisis del petróleo. Esta constancia en el tiempo tiene dos explicaciones. En primer lugar, el mercado eléctrico está 'cautivo', con muy poco margen para volver a las fuentes primarias de energía. En segundo lugar, los precios finales reales han permanecido apenas sin cambios durante un largo periodo de tiempo porque:

- Los precios finales incluyen unos costes fijos elevados (los costes de capital de las centrales eléctricas, de la red de transporte y de los sistemas de distribución, y los costes de personal) y unos costes de combustible reducidos;
- Dentro de los costes de combustible, los del petróleo y del gas natural tuvieron variaciones, pero los costes de otras energías primarias tales como la hidráulica, la nuclear y el carbón fueron más estables;
- Cuando se produjeron las crisis, las empresas eléctricas se encontraban bajo control público y sus tarifas no podían subir demasiado por las políticas antiinflacionistas de sus gobiernos.

Con la liberalización, los precios de la electricidad se han vuelto más volátiles y pueden afectar al consumo industrial, bien porque se percibe la volatilidad como una fuente de incertidumbre y riesgo, bien porque unos precios elevados y sostenidos durante unos pocos años pueden desalentar algunas inversiones industriales (por ejemplo, fábricas de aluminio) y provocar la 'deslocalización' de instalaciones (véase la exposición más adelante en esta Parte II) que de otra manera hubiesen permanecido en el país. Los usuarios cautivos desconocen la volatilidad porque, incluso con el advenimiento de la posibilidad de cambio en el comercio al por menor, sus contratos se basan en su mayor parte en tarifas fijas.

Transporte: Petróleo para la Movilidad

El término movilidad se emplea aquí para sistemas autónomos que emplean energía transportada en el vehículo (energía embarcada). Los trenes quedan excluidos de este servicio cuando dependen de un suministro de energía que no se encuentra a bordo, tal como es el caso de los trenes eléctricos, pero se incluyen junto con los coches, aviones y barcos si dependen de su propio combustible embarcado. Por razones obvias de conveniencia (energía concentrada, fácil de transportar, distribuir y almacenar), los combustibles líquidos, derivados en su mayor parte del petróleo (gasolina, diesel, GLP, queroseno, combustibles para buques), dominan este servicio de energía en un 98%, estando el resto representado por gas natural comprimido, carbón y baterías eléctricas.

La tendencia en el consumo de servicios energéticos de movilidad ha sido, por razones similares, casi tan constante como la de la electricidad. Es un sector 'cautivo', y los precios finales reales de la gasolina han permanecido casi sin cambios en la mayoría de las regiones porque unos costes fijos elevados (transporte de petróleo crudo, su refinado y la entrega de los productos) y unos impuestos que suponen hasta un 80% de los precios finales 'amortiguaron' el impacto de cualquier subida en el precio del petróleo. Ciertamente, el impacto de las subidas del precio real del petróleo, si lo ha habido, ha sido más que 'compensado' por la presión inflacionista general de la mayoría de los mercados. Una excepción importante a la tendencia estable de la demanda energética de movilidad frente al PIB PPP en el mercado estadounidense, precisamente debido a sus impuestos mucho menores. Los cambios en el consumo energético de movilidad de los EE.UU. son el origen del leve cambio que puede observarse en la tendencia global en el uso final de movilidad.

Uso Final Estacionario de Combustibles Fósiles

La mayor parte de los combustibles fósiles utilizados para este servicio energético son para calentamiento y cocina en edificios y para procesos industriales, pero también se emplean como materias primas (usos 'no energéticos' tales como materia prima petroquímica, lubricantes, asfalto, etc.) Los datos no incluyen el calor secundario (ya que este calor se contabilizaría dos veces, primero como calor y luego a través de las energías primarias empleadas para generarlo, ocultando así la eficiencia energética mejorada lograda por las plantas de cogeneración) ni tampoco la biomasa ni los residuos (una parte pequeña del consumo en los países industrializados pero una cuota de grande a muy grande en los países en desarrollo).

La tendencia en el consumo de combustibles fósiles para uso final estacionario es totalmente diferente a las de la electricidad y la movilidad. Se rompe varias veces, estando cada ruptura asociada con una caída en la demanda y un descenso de la pendiente de la tendencia gracias a una mejora de la eficiencia. En el gráfico pueden identificarse cuatro episodios de ruptura:

- La primera crisis del petróleo, con la caída de 1973-75;
- La segunda crisis gemela del petróleo, con la caída de 1979-82;
- El comienzo de la reestructuración de la FSU y la crisis de 1990, con la caída de 1990-92;
- El declive de la producción china de carbón y el cambio de la tendencia de EE.UU. desde 1996 en adelante.

La reacción de 1986 a la crisis (bajada de los precios) no modificó la tendencia porque los cambios en los precios tienen efectos asimétricos sobre el consumo energético (casi no existe impacto alguno si el precio cae, mientras que una subida sostenida del precio provoca la compra de equipos nuevos y más eficientes). El impacto del incremento del precio del petróleo en 2000 sólo quedará reflejado en los nuevos datos de 2001 en adelante.

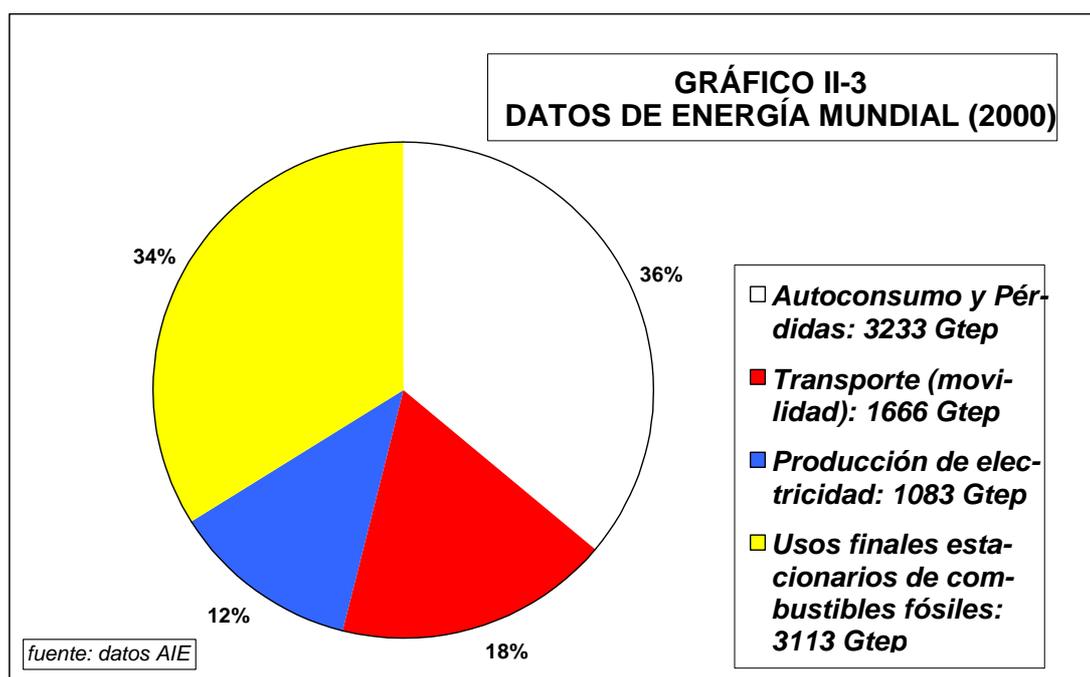
Debe apreciarse que las energías tradicionales, tales como la biomasa y los residuos animales, no están reflejados en el análisis de este servicio debido a la poca fiabilidad de los datos correspondientes (por ejemplo, BP no los menciona en su Informe Estadístico anual). Sin embargo, se reconoce que en algunos países, las energías tradicionales juegan un papel importante en la calefacción y los procesos industriales.

Consumo Energético Intermedio: Transformación y Logística

El término consumo energético intermedio se refiere principalmente a las pérdidas cuando las energías primarias modernas se transforman en electricidad, productos petrolíferos finales o gas natural y carbón utilizables y se transportan para sus usos finales. Tales pérdidas podrían alcanzar aproximadamente un 65% para electricidad, un 25% para productos petrolíferos y un 15% para el gas natural y el carbón.

Este consumo energético intermedio supone la cuota más grande de la demanda total de energía primaria. Las cifras para el año 2000 mostradas en el gráfico II-3 son: TPER = 9,1 Gtep (excluyendo la energía tradicional), con la electricidad = 1,1 Gtep, la movilidad = 1,7 Gtep, los usos finales estacionarios de los combustibles fósiles = 3,1 Gtep, y todas las pérdidas = 3,2 Gtep. Si se asignase el consumo intermedio, o pérdidas, al consumo final, la clasificación de los tres servicios energéticos sería muy distinta:

- La electricidad aparecería como el servicio energético de crecimiento más rápido (elasticidad con relación a la renta próxima a 1) y de mayor tamaño, representando aproximadamente un 39% del TPER (~3,6 Gtep/año);
- La movilidad aparecería como el segundo servicio energético de mayor crecimiento (elasticidad con relación a la renta próxima a 0,8) pero el más pequeño, representando aproximadamente un 23% del TPER (~2,1 Gtep/año);
- El uso final estacionario de combustibles fósiles aparecería como el servicio energético de crecimiento más lento (elasticidad reciente con relación a la renta próxima a 0,2) pero el segundo más grande, representando aproximadamente un 38% del TPER (~3,4 Gtep/año);



Otra cuestión importante relacionada con el sector intermedio, en particular para la generación eléctrica y las emisiones de gases de efecto invernadero, es qué energías primarias se emplean. Debe recalcar que:

- Los diferentes combustibles fósiles tienen, en el margen, emisiones similares de gases de efecto invernadero sobre la base del análisis de ciclo de vida (LCA); y,
- Las fuentes de combustibles no fósiles (nuclear, hidráulica y otras renovables modernas) no emiten directamente gases de efecto invernadero (aunque la inundación de ciertas zonas o la energía de respaldo de ciertas renovables intermitentes podría tener como resultado unas emisiones adicionales de dichos gases).

Uno de los factores contribuyentes al impacto de la primera crisis del petróleo de 1973 fue la gran dependencia del fuel-oil de la generación eléctrica. Aún así, diez años después, muchos países habían reemplazado el fuelóleo con carbón o con nuclear sin ningún impacto significativo sobre el precio a largo plazo de la electricidad. En otras palabras, la tendencia estable de la electricidad dice poco sobre las energías primarias utilizadas para la generación eléctrica. Si la preocupación política o científica por el cambio climático condujese a políticas o normativas que desalentasen el uso de combustibles fósiles, podría

producirse un cambio similar con grandes impactos en términos de precios de las energías primarias y pequeños en cuanto a los precios finales y a la demanda de electricidad.

Por tanto, aunque puede que haya indicaciones de que, por una variedad de razones, el mundo está dejando atrás una era de precios baratos de las energías primarias, esto no tiene que traducirse necesariamente en precios finales de la electricidad más elevados. El método de servicios energéticos desagregados empleado en *Activadores de la Escena Energética* sugiere que, en lo que respecta a la generación eléctrica, hay sitio para un cambio de combustibles basado en la fiabilidad, en cuestiones técnicas y en emisiones de sus ciclos de vida. Esto arroja luz adicional sobre el análisis de la Parte I sobre si el objetivo de la aceptabilidad de la energía es compatible con la disponibilidad energética o la accesibilidad de la energía. La opinión del CME es que los tres objetivos del CME para el desarrollo energético sostenible están vinculados y que, con el tiempo, podrían alcanzarse juntos.

Por otra parte, el margen para el cambio de combustibles para movilidad y usos finales estacionarios de combustibles fósiles es muy limitado o inexistente en la actualidad. Para la movilidad tal y como se define aquí, es decir, la que emplea combustibles embarcados, el servicio energético depende esencialmente de productos petrolíferos y es muy probable que lo siga haciendo durante muchas décadas. Aunque hay señales de cooperación entre el sector automovilístico y el del petróleo para conseguir vehículos híbridos más eficientes (el CME se alegra de ello), probablemente incluso los escenarios más optimistas podrían muy bien requerir suministros significativos de gasolina reformada o de combustibles sintéticos basados en la biomasa, gas natural o carbón; además, en el sector aeronáutico, que hasta hace poco era uno de los componentes de la demanda de movilidad de crecimiento más rápido, no existe alternativa real alguna al queroseno.

Los combustibles empleados para el uso final estacionario no son sólo similares en términos de emisiones de gases de efecto invernadero sobre la base del análisis de ciclo de vida, sino que no existen incentivos puramente medioambientales para cambiar los patrones de consumo, dado que la cuota del carbón se encuentra en una tendencia a la baja, y los precios del gas, cuando está disponible, se fijan de una manera tal que hace que sea preferido sistemáticamente a los productos petrolíferos.

B. ¿QUÉ INDICAN LAS TENDENCIAS REGIONALES?

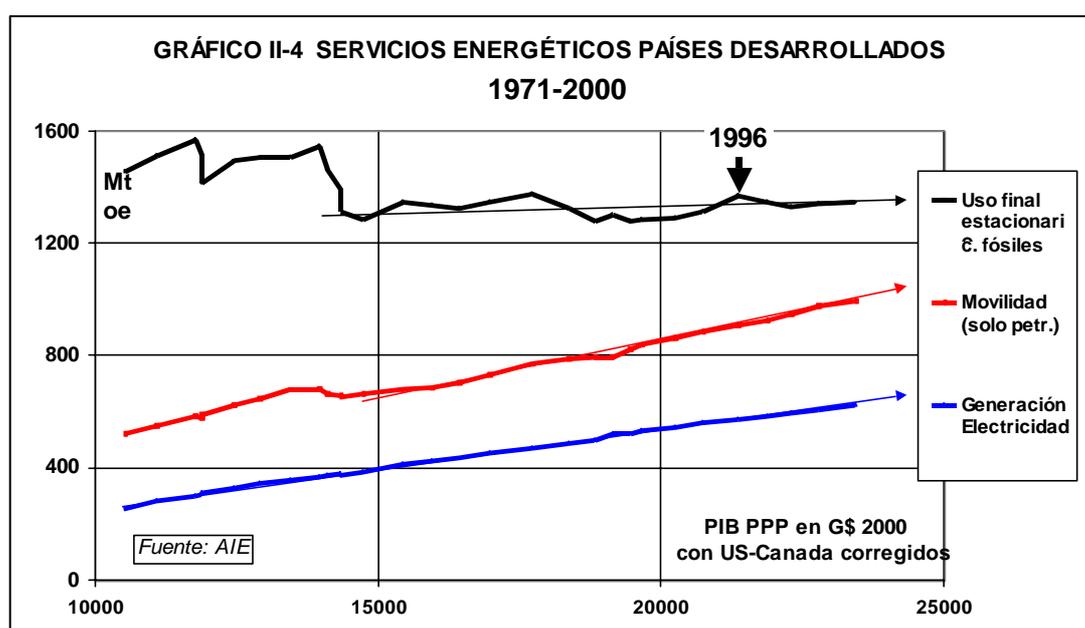
Las tendencias mundiales no dicen nada sobre las dinámicas regionales de la demanda. Existen importantes diferencias que merece la pena señalar.

Las Economías de los Mercados Desarrollado

Tal como se muestra en la Parte I, la primera crisis del petróleo detuvo el crecimiento económico en 1974 y 1975 en los países desarrollados, pero tuvo un impacto más reducido sobre su consumo energético que la segunda crisis del petróleo. Una razón para ello es que el mercado energético de los EE.UU. se encontraba aislado de los movimientos de los precios internacionales antes de la primera crisis del petróleo. Otra es el periodo de realización, de quizás cinco años o más, que hubo antes de que entrasen en funcionamiento las nuevas inversiones motivadas por la crisis petrolífera de 1973. En el Gráfico II-4 se muestra un desglose de los impactos sobre los servicios energéticos en las últimas décadas del siglo XX.

Debido a sus importantes consecuencias, este periodo de realización no puede ignorarse. Tras 1973, la nueva riqueza de los países productores de petróleo se recicló en

'petrodólares', que los países en desarrollo tomaron prestados para construir nuevas plantas industriales. Estas plantas se construyeron en los 70 pero se pusieron en marcha a finales de la década o a principios de los 80, cuando se produjo la segunda crisis del petróleo. Como eran nuevas y tenían buena logística, estas plantas eran más competitivas que las antiguas plantas de la OCDE, que por lo general no eran competitivas en un contexto de altos precios de la energía y de exceso de capacidad debido a la recesión mundial. Por ello, el aparente impacto más fuerte de la segunda crisis petrolífera combinó sus propios efectos directos con las consecuencias retardadas de la primera crisis del petróleo en términos de 'deslocalización' de la industria y los cambios en las energías primarias empleadas para la generación de energía.



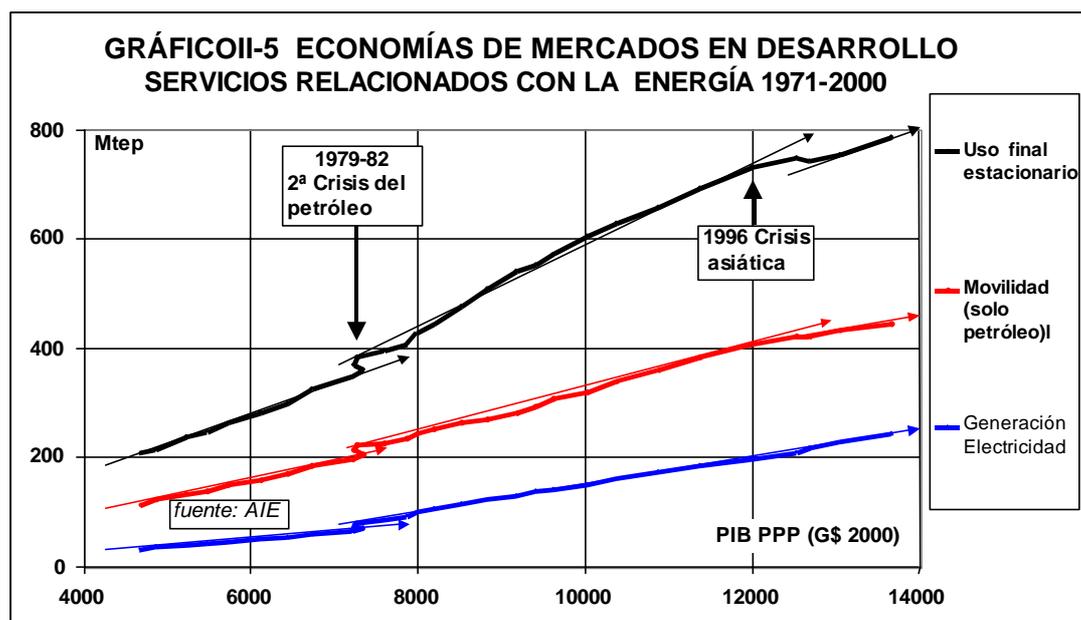
No debería contemplarse la palabra 'deslocalización' como la transferencia física de fábricas desde las regiones desarrolladas a las regiones en desarrollo. Aunque la apertura de nuevas plantas en los países en desarrollo aparente ser la consecuencia del cierre de aquellas en los países de la OCDE, la realidad es la inversa: la apertura de nuevas fábricas competitivas en los países en desarrollo con costes laborales más bajos durante una época de exceso de capacidad, ocasionó el cierre de las plantas de la OCDE. En términos de energía, la correspondiente demanda energética cayó en la OCDE y subió en los países en desarrollo.

Las Economías de los Mercados en Desarrollo

Hoy en día, la 'deslocalización' es un proceso en curso, y sin embargo, más uniforme y menos intenso de lo que ocurrió en 1979-1982, cuando las nuevas plantas entraron en funcionamiento en los países en desarrollo. Esto explica porque ahora estos países reaccionan frente a las crisis de una manera similar, en vez de contraria, a la reacción de los países ricos como pasó en 1979-1982 (véase por ejemplo el impacto de la subida de precios de 1996 en Asia debido al descenso de sus divisas locales).

La primera crisis del petróleo no tuvo impacto alguno sobre el PIB de los países en desarrollo o sobre sus necesidades energéticas, posiblemente porque en aquellos tiempos

consumían poco petróleo, subvencionado en su mayor parte. El Gráfico II-5 muestra los impactos sobre los servicios energéticos en las economías de mercado en desarrollo desde 1971. Aún sin ningún impacto directo, la primera crisis atenuó temporalmente las restricciones financieras sobre aquellos países en desarrollo con petróleo exportable y dio lugar al reciclado de 'petrodólares'. Es bajo esta perspectiva con la que debe considerarse y solventarse la aparente paradoja de un PIB que no creció de 1979 a 1982 y un consumo energético que aumentó ('relocalización' industrial, simétrica a la 'deslocalización' en los países desarrollados).



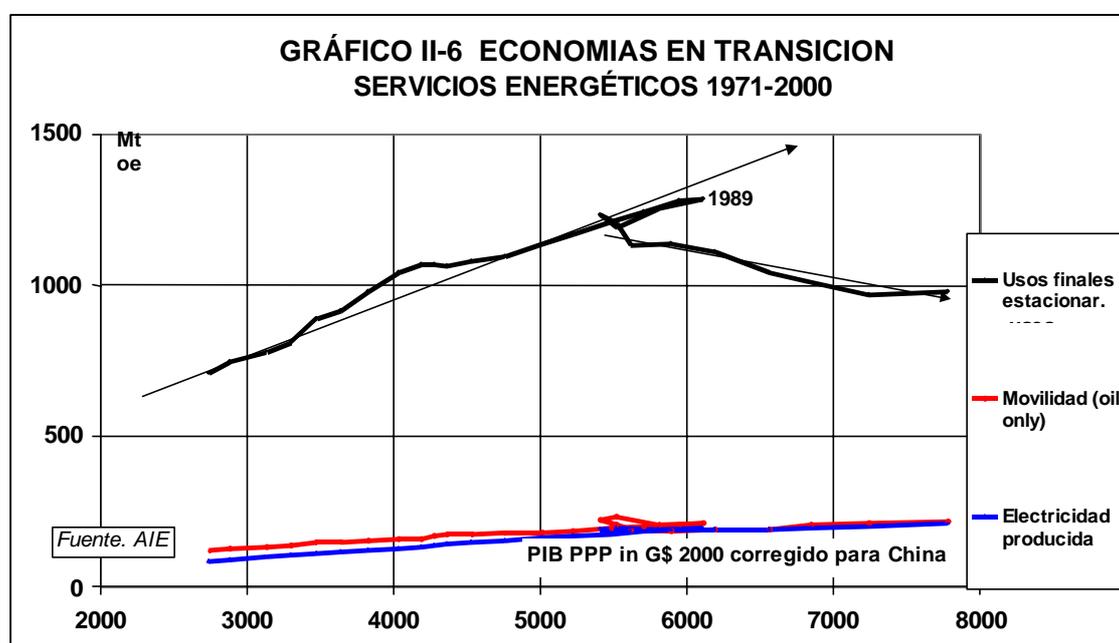
En cuanto a los servicios energéticos, los patrones más significativos que comparten los países en desarrollo y los desarrollados son:

- Para los usos finales estacionarios de los combustibles fósiles, la gran sensibilidad a los precios que manifiesta este servicio, porque los combustibles fósiles, especialmente para uso industrial, no se gravan (o sólo levemente). La demanda de tales servicios ha alcanzado actualmente una meseta en los países desarrollados, y puede que descienda pronto debido a impuestos o gravámenes más elevados a medida que se introduzcan políticas medioambientales más estrictas. En los países en desarrollo, estos servicios siguen creciendo vigorosamente, pero fueron frenados por la crisis asiática de 1997-98;
- Para la movilidad, la fuerte inercia de las tendencias, apenas rota aunque desplazada hacia abajo durante la época de la segunda crisis del petróleo en los países desarrollados o cuando se produjo la crisis asiática de 1997 (cuando los precios locales de la gasolina se dispararon como resultado de la caída de las divisas locales y de las políticas dirigidas a reducir las importaciones en monedas fuertes), sin que haya evidencia alguna de saturación.
- Para la electricidad, la inercia aún más intensa de la demanda, evidenciada por la constancia de las tendencias en el tiempo, con la única excepción de los EE.UU., donde la tendencia ha estado cayendo desde 1996, un fenómeno extraordinario que sigue sin explicación hasta el momento (a no ser que se considere que las estimaciones del PIB estadounidense son demasiado elevadas, tal como se analiza en la Parte I). En los países en desarrollo, el desplazamiento hacia arriba de la demanda de electricidad durante la época de la segunda crisis petrolífera se debe a

la 'deslocalización' de algunas industrias, por ejemplo, la producción de aluminio en Venezuela y Qatar o de pulpa y papel en Indonesia.

Las Economías en Transición

En el Gráfico II-6 se muestran los impactos sobre los servicios energéticos en las economías en transición. Se pueden hacer comentarios parecidos acerca de la estabilidad de las tendencias de la movilidad y de la electricidad y sobre la caída de los usos finales estacionarios de combustibles fósiles en comparación con la tendencia antes de 1989. Debido a la naturaleza cerrada de estas economías, las crisis petrolíferas occidentales no tuvieron impacto alguno sobre ellas. Por razones políticas, se impidió o no se favoreció la movilidad individual, y es mucho menor que en otras partes del mundo. Por otra parte, el desarrollo de la electricidad ha sido mucho más rápido porque se consideró como una prioridad que representaba 'modernidad' y expansión económica.



Comparaciones entre Regiones

Las economías en transición también difieren mucho de las economías de mercado en otros aspectos. En primer lugar, tal como muestra la tabla II-A, sus intensidades energéticas son mayores de lo que cabría esperar, posiblemente porque las estimaciones actuales del PIB PPP todavía subestiman sus PIB reales. En segundo lugar, la intensidad de los usos finales estacionarios de combustibles fósiles en las economías en transición es muy elevada debido a la presencia de industrias pesadas y de calefacción urbana sin medir o pagar. En tercer lugar, la movilidad y la electricidad tienen las mismas intensidades, lo que sugiere que la intensidad eléctrica es mayor que lo que podría esperarse, aunque con la movilidad se produce lo contrario.

De entre los países desarrollados, EE.UU. tiene las mayores intensidades eléctrica y de movilidad, seguido por Japón-Pacífico y Europa Occidental. Aunque esto parece estar correlacionado con el ranking económico de las tres regiones, la razón principal se debe a los diferentes entornos de precios de estas regiones. En particular, esto también explica la

intensidad de la movilidad excepcionalmente elevada en Norteamérica. Por otro lado, las parecidas y relativamente bajas intensidades en los usos finales estacionarios de combustibles fósiles de las tres regiones desarrolladas caracterizan la tendencia hacia una cuota decreciente en la era post-industrial.

En los países en desarrollo, la característica más interesante es la intensidad relativamente baja de América Latina en términos de usos finales estacionarios de combustibles fósiles. La razón para ello es que el carbón no es abundante en la región y, donde existe, se desarrolla con fines de exportación; en América Latina también ha existido una dependencia importante de la gran hidráulica para producir electricidad barata. Otra característica interesante de Latinoamérica es la alta intensidad de la movilidad debido a que la gasolina y el diesel están subvencionados en algunos países grandes de la región.

En general, en los países en desarrollo la razón entre las intensidades energéticas de la movilidad y de la electricidad está cerca de 2, mayor que en los países desarrollados (1,7 en América del Norte, 1,5 en Europa y 1,3 en Asia-Pacífico), y probablemente podría reducirse con políticas de precios adecuadas.

| Región | Electricidad (producción total) | Movilidad (combust. embarcados) | Uso Final Estacionario c. fósiles |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Regiones Desarrolladas | 26 | 42 | 56 |
| EE.UU y Canadá | 32 | 55 | 62 |
| Europa Occidental | 20 | 31 | 57 |
| Japon-Pacífico | 25 | 33 | 51 |
| Regiones en Desarrollo | 18 | 33 | 58 |
| Latinoamérica | 19 | 38 | 44 |
| Africa y Oriente Medio | 20 | 36 | 79 |
| Asia en desarrollo | 17 | 28 | 55 |
| Todas (economías de merc.) | 23 | 38 | 57 |
| Economías en Transición | 39 | 40 | 179 |
| FSU & CEE | 46 | 55 | 214 |
| China/Hong Kong | 32 | 26 | 145 |
| MUNDO | 25 | 39 | 73 |

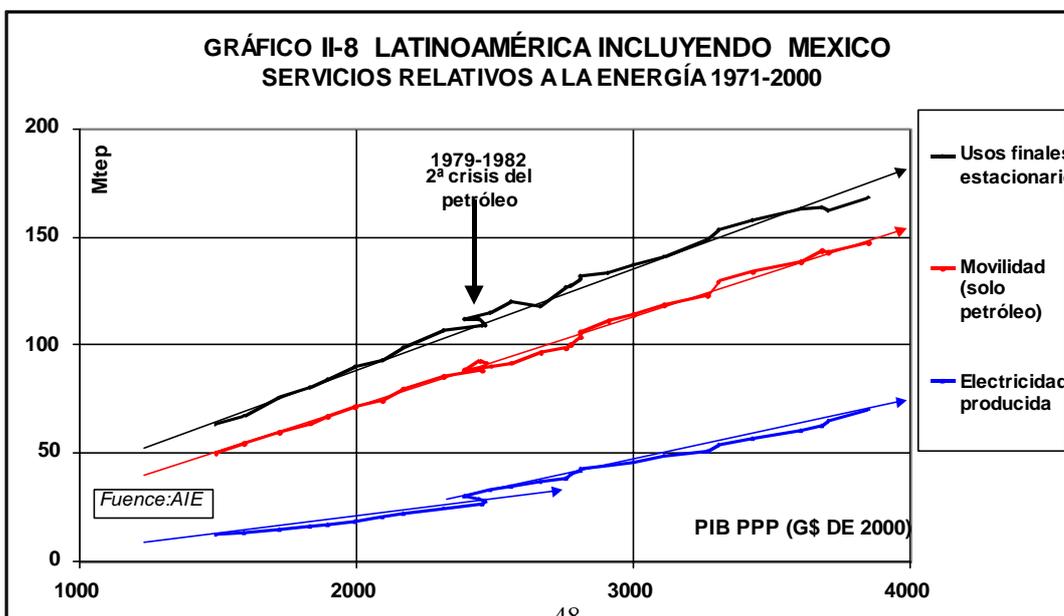
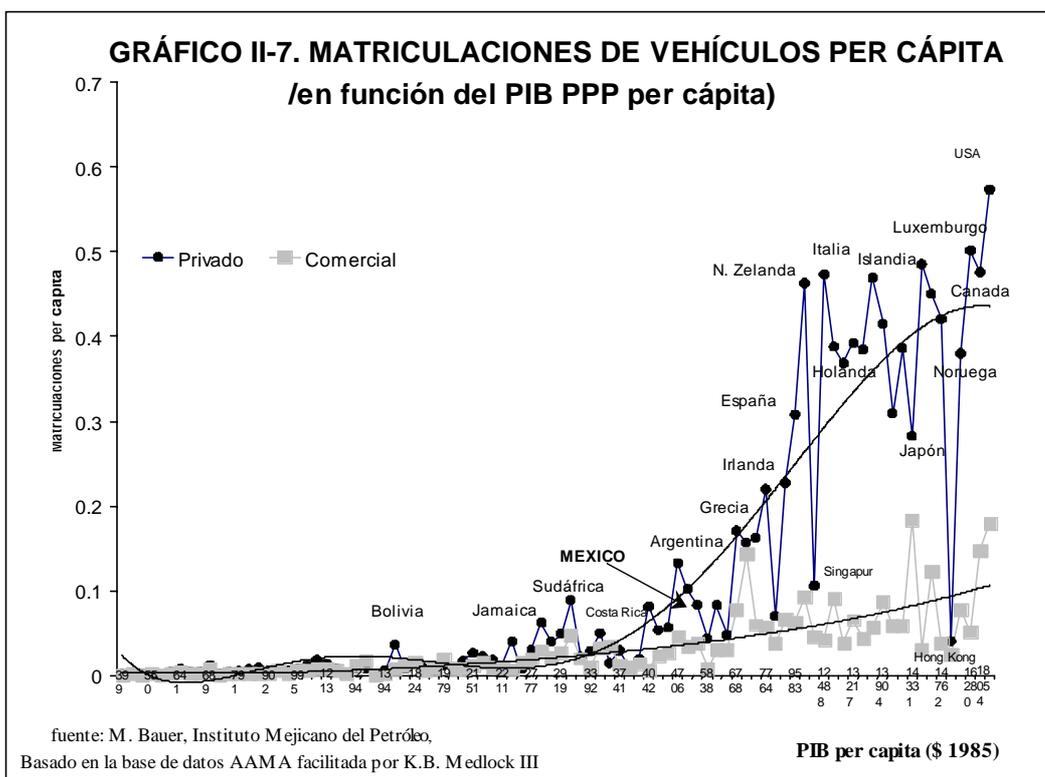
C. POSIBLES DESPEGUES O SATURACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

El Caso del Transporte

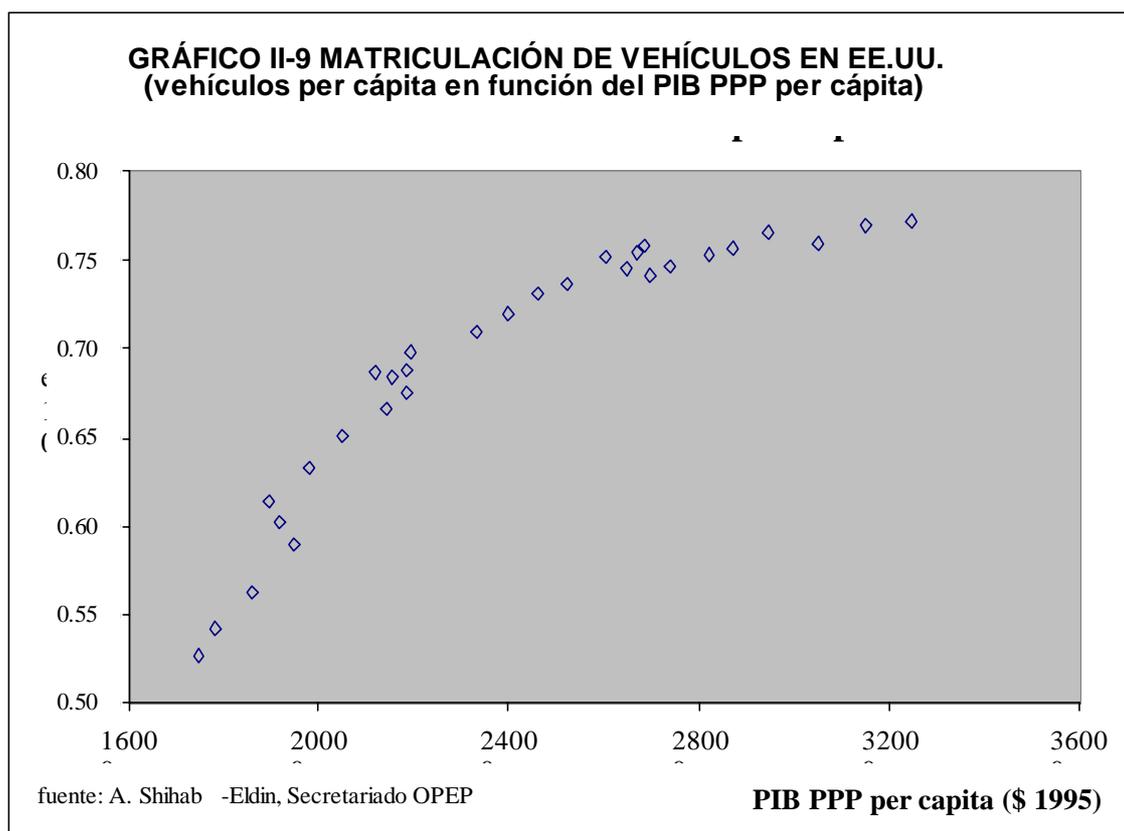
La linealidad del consumo de los servicios energéticos de movilidad como función del PIB contrasta con las matriculaciones reales de vehículos, que no evolucionan de una manera lineal. Tal como se muestra en el Gráfico II-7, el número de coches per cápita es muy bajo hasta un PIB PPP en torno a los 3.000 US\$ (1985) o aproximadamente 5.000 US\$ en dólares de 2000, tras lo cual despegua rápidamente antes de moderarse para un PIB PPP per cápita de unos 15.000 US\$ (1985) o aproximadamente 25.000 US\$ en dólares de 2000. Entre los países en desarrollo, por ejemplo, Méjico parece encontrarse en el umbral de un

tremendo crecimiento del parque de vehículos en los próximos años, y podría ser seguido por grandes mercados como China o la India.

Sin embargo, es interesante advertir en el Gráfico II-8 que el consumo energético de Latinoamérica en el sector del transporte, como función del PIB PPP total, no muestra evidencia alguna de un despegue, como tampoco muestra un despegue así el Gráfico II-2 para servicios energéticos mundiales, aunque el PIB per cápita subió desde menos de 4.000 US\$ en 1971 hasta aproximadamente 6.000 US\$ en 2000. El crecimiento de los servicios energéticos de movilidad en los países en desarrollo es constante, probablemente porque se utilizan autobuses cuando hay pocos coches disponibles y/o porque el consumo individual de los nuevos consumidores es muy bajo.



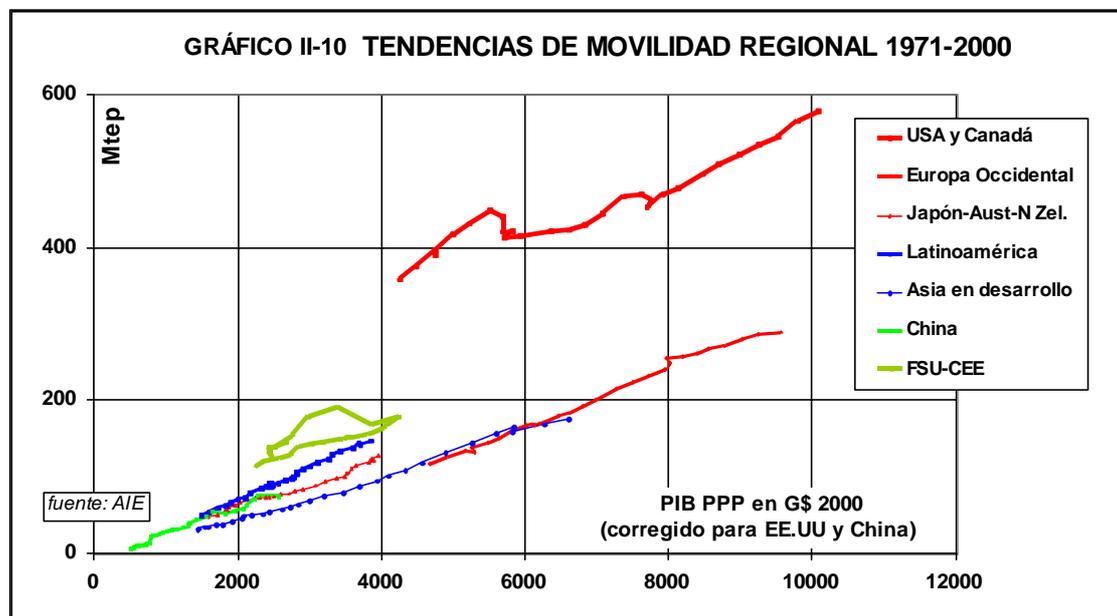
El gráfico II-9 muestra las matriculaciones de vehículos en los EE.UU. Complementa el gráfico II-7 para valores elevados del PIB PPP per cápita y confirma que el número de coches per cápita se ralentiza tendiendo hacia un nivel de saturación más allá de un PIB PPP en torno a 20.000 US\$ (dólares de 1995), pero se puede decir que en cada país existen niveles de saturación diferentes en función de las circunstancias nacionales (que dependen principalmente de los precios finales de los combustibles, del nivel de impuestos y, en menor medida, de la densidad de población). Por ejemplo, Japón presenta un nivel de saturación mucho menor que los EE.UU.



El Gráfico II-10 compara las tendencias de los servicios de movilidad en varias regiones del mundo. La tendencia de EE.UU./Canadá, que fue bastante sacudida por el incremento de los precios de la segunda crisis del petróleo, ha continuado siendo lineal incluso para un PIB PPP per cápita que ahora sobrepasa los 30.000 US\$ (dólares de 2000), a pesar de la progresiva saturación del número de vehículos por persona en los EE.UU. El incremento continuo del consumo sugiere que las personas en los EE.UU. y Canadá pueden, con mayores ingresos, pasarse a vehículos más grandes y menos eficientes (por ejemplo, vehículos todo terreno) o utilizar vehículos en una gama más amplia de actividades. También puede observarse que, en entornos similares de precios de combustibles, existe una continuidad lineal, por ejemplo, desde menores a mayores ingresos, con las tendencias de los países asiáticos en desarrollo y de Europa occidental.

No parece existir evidencia alguna de saturación de la movilidad en los países desarrollados en su conjunto. Si se cree que 'los consumidores utilizarán tanta energía como puedan permitirse', esto únicamente significa que mientras una persona no pueda conducir dos coches a la vez, esta puede escoger un coche más grande y conducirlo durante más kilómetros. Hasta ahora, y posiblemente durante algún tiempo más, las limitaciones físicas

a la movilidad - propiedad, número de kilómetros viajados, congestión - se verán compensadas por el tamaño o la potencia de los coches y su uso en las proximidades de las ciudades donde el transporte es la variable de ajuste de una baja urbanización.



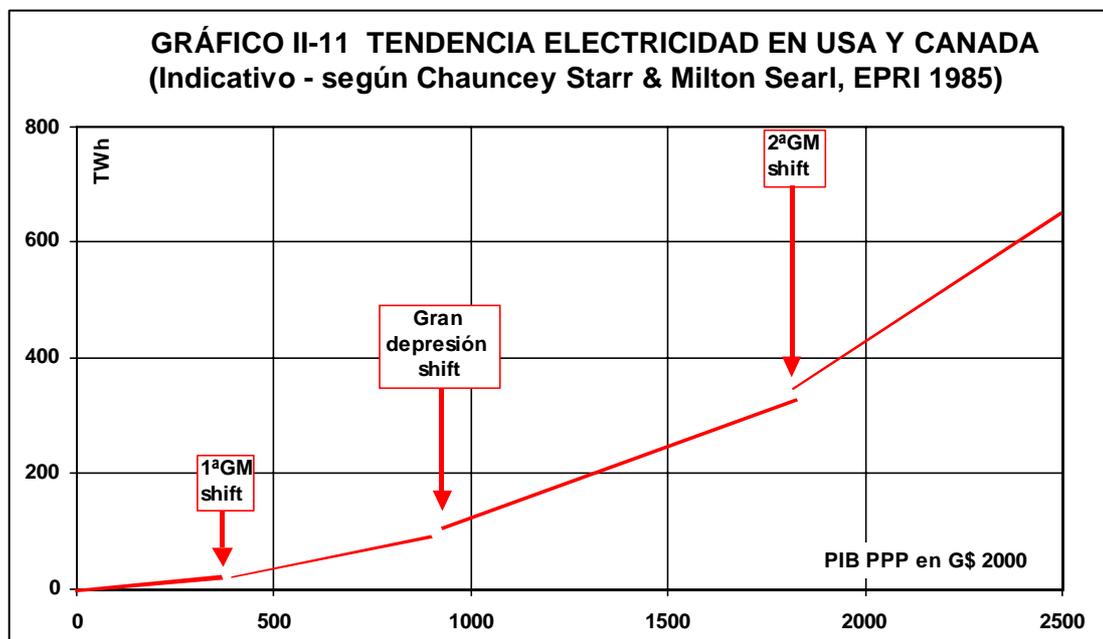
El caso de China se ha destacado muchas veces en este informe, de manera que merece la pena considerar el efecto futuro de la actual política gubernamental de fomento de la propiedad privada de coches. Según Lin Gan en una publicación reciente sobre política energética, China pone el énfasis en un incremento de la propiedad privada de coches como un medio para estimular el consumo personal y el crecimiento económico a través del crecimiento del sector de la automoción y el desarrollo de infraestructuras. Así los las existencias de vehículos casi se cuadruplicaron desde 1985 a 1995, con un crecimiento anual medio superior a un 14%. Según Dongquan He y Michael Wang del Centro para la Investigación del Transporte del Laboratorio Nacional de Argonne, el consumo total de carburantes y las emisiones de CO₂ de China para el 2030 podría llegar a los niveles estadounidenses actuales.

El Caso de la Electricidad

Cualquiera que sea el incremento del rendimiento de electrodomésticos tales como los refrigeradores, la misma regla básica parece aplicarse a la electricidad, es decir que 'los consumidores utilizarán tanta energía como puedan permitirse'. De hecho, con la única excepción de los EE.UU. (tal como ya se ha mencionado), las tendencias de la electricidad frente al PIB muestran una relación lineal. El consumo eléctrico va de la mano de la innovación tecnológica porque muchos aparatos nuevos necesitan un suministro de electricidad, particularmente todos los desarrollos basados en las tecnologías de la información.

Los avances tecnológicos muy grandes y las innovaciones más importantes desplazan la tendencia de la electricidad hacia arriba, como si, de repente, a la electricidad se le ofreciesen nuevos mercados en los que penetrar. Esto queda resaltado en el Gráfico II-11. Cabe preguntarse si la revolución TI seguirá provocando tal discontinuidad en el futuro. Si esto ocurriese, el fenómeno afectaría primero a los EE.UU., la economía más avanzada y flexible del mundo. Sin embargo, el mayor crecimiento de la productividad estadounidense

desde 1996 tuvo lugar en el contexto de un desplazamiento a la baja de la demanda eléctrica, con el consumo de electricidad yendo por detrás de la tendencia lineal anterior de consumo.



La conclusión es que no parece probable un crecimiento de la demanda eléctrica por encima o por debajo de las tendencias pasadas. El único país que muestra una tendencia nueva e inferior es EE.UU., pero este cambio aparente de tendencia desde 1996 precisa de un escrutinio adicional, porque va en contra de lo que la nueva revolución TI normalmente habría generado.

Los acontecimientos recientes han mostrado que los mercados competitivos de la electricidad no siempre funcionan tan bien como cabría esperarse. La fragilidad de la red de suministro eléctrico se puso de manifiesto en Canadá con la tormenta de hielo de 1998 y en Francia con los fuertes vientos de 1999, con graves consecuencias económicas. Sin embargo, los problemas de capacidad y las pérdidas técnicas que han dado lugar a apagones y bajadas de tensión, que las reformas del mercado pretenden abordar, han sido un hecho común en los países en desarrollo; ciertamente, en el Reino Unido el número de fallos en el sistema ha descendido en un 10% en la última década, y su duración ha caído radicalmente. Sin embargo, ahora existen preguntas sobre si está apareciendo algo de naturaleza más fundamental que pueda afectar al PIB y por tanto a la demanda energética. El primer indicio se produjo en el mercado estadounidense con la crisis de California de 2000, seguida por la experiencia de Brasil en 2001. En un caso, hubo una falta de inversión en nueva capacidad de generación, que no pudo combinarse con unos menores suministros de origen hidráulico o basados en el gas de los mercados colindantes, mientras que en el segundo, hubo una falta de infraestructura de transporte entre las dos cuencas hidráulicas principales junto con una sequía importante en una gran parte del país. En 2002, la ola de frío en Noruega y Suecia podría haber desencadenado una gran crisis de suministro si la hidráulica no hubiese estado un 20% por encima de lo normal. Más recientemente, en 2003, el gran apagón en la costa este de Norteamérica, el apagón parcial de Londres y el apagón en el este de Dinamarca y Suecia se encuentran bajo un profundo escrutinio técnico y económico para determinar sus implicaciones a más largo plazo.

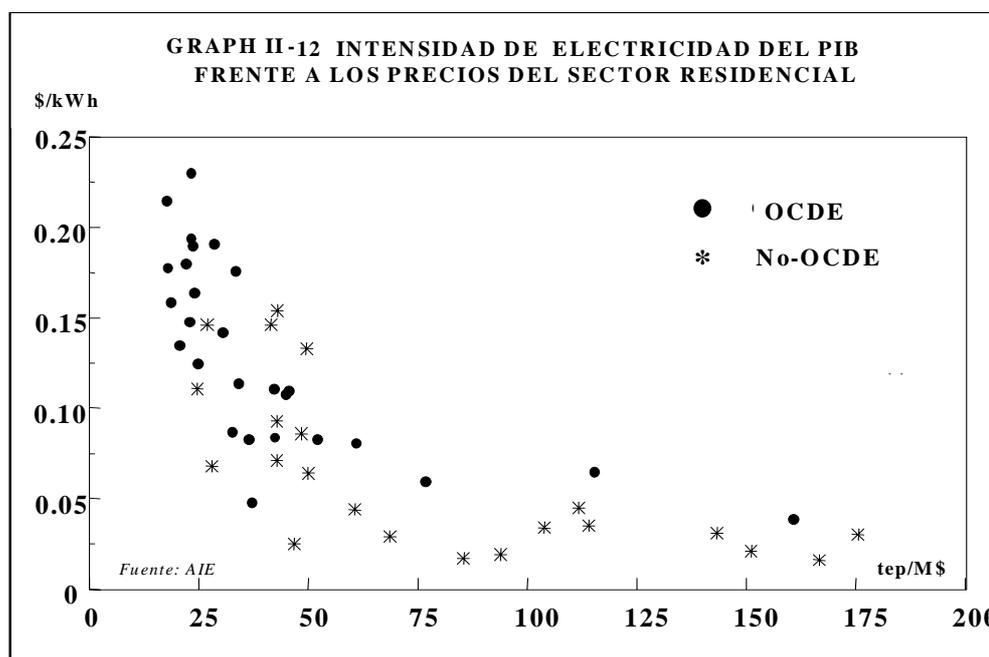
El Caso del Uso Final Estacionario de los Combustibles Fósiles

El progresivo crecimiento de la electricidad está asociado con elasticidades en función de la renta superiores a la unidad, e incluso mucho mayores -- hasta dos --, durante las primeras fases de crecimiento de los países en desarrollo. Este crecimiento tiene lugar a costa de los usos finales estacionarios de los combustibles fósiles, y no sorprende encontrar que este servicio ya estaba creciendo más lentamente que el PIB antes de la primera crisis del petróleo, ni que este crecimiento se haya desacelerado mucho más debido a los impactos de los incrementos del precio de la energía ocurridos desde entonces. Los usos finales estacionarios de combustibles fósiles apenas están creciendo en los países desarrollados, pero incluso en los países en desarrollo, el ritmo de crecimiento ha comenzado a ralentizarse.

C. EL PAPEL DE LOS PRECIOS FINALES DE LA ENERGÍA

Independientemente del servicio o subservicio relacionado con la energía, sistemáticamente se obtiene el mismo tipo de relación hiperbólica, siendo las intensidades energéticas más o menos inversamente proporcionales a los precios finales (elasticidad de precio -1). Tales elasticidades de precio pueden parecer grandes, pero en el caso de la electricidad, y en menor grado de la movilidad, aplican a los precios finales que incluyen muchos elementos de costes: los costes de capital de la generación de energía, los costes de transporte y distribución y los impuestos o costes ocultos asociados con restricciones políticas (medioambiente, seguridad del suministro, servicio universal, la carga de los subsidios, etc.).

El coste de los combustibles de energía primaria representa tan sólo una pequeña parte del precio final, y dentro de ese grupo, la parte del petróleo y del gas natural es incluso menor. La consecuencia es que los precios de la electricidad no son muy sensibles a los precios de los combustibles más volátiles, concretamente el petróleo y el gas, porque los grandes costes fijos amortiguan su impacto. El gráfico II-12 compara las tendencias de la electricidad frente al PIB según las diferentes regiones mundiales.

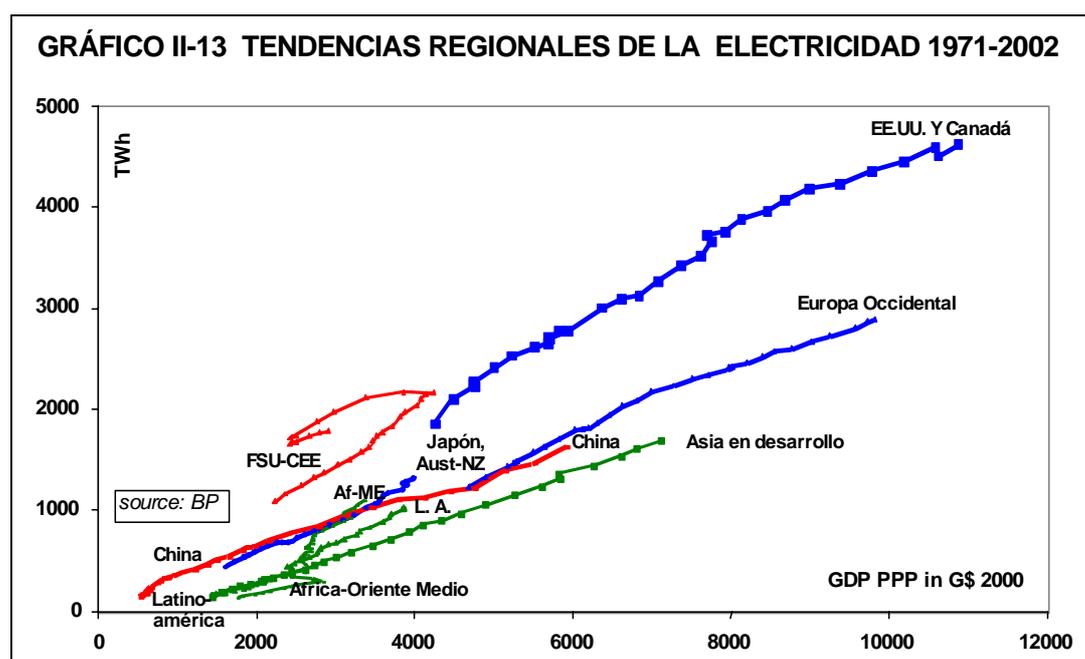


El gráfico II-13 muestra:

- Tres regiones desarrolladas (EE.UU.-Canadá, Europa Occidental y Japón-Pacífico);
- Tres regiones en vías de desarrollo (América Latina, Asia excluyendo a China, África y Oriente Medio); y
- Dos regiones con economías en transición (FSU y CEE, y China).

Se encuentran tendencias lineales con pendientes que reflejan a la inversa el precio medio de la electricidad:

- Precios bajos e intensidades elevadas para las economías en transición (puede advertirse que la tendencia en China fue coherente con la de la FSU y los CEE hasta finales de los 70);
- Precios bajos e intensidades bajas en los EE.UU. frente a precios más elevados e intensidades menores en Europa y Japón-Pacífico (los elevados costes de Japón están ligeramente contrarrestados por los precios en Australia/Nueva Zelanda);
- Precios diferentes en los países en desarrollo (que no son directamente comparables con los de las otras regiones), yendo de mayor a menor desde los más altos en África, luego los países asiáticos en desarrollo, Latinoamérica y Oriente Medio.



Factores que Influyen en los Precios

Tal como se ha mencionado anteriormente, los precios finales de los servicios energéticos dependen de los costes de los combustibles primarios y de los costes fijos, tal como los costes de capital de la infraestructura energética y los impuestos y restricciones políticas. La parte de los costes fijos añadida al componente de la energía primaria varía. Por tanto, la influencia de los precios de la energía primaria también varía:

- Es grande para los usos finales industriales de los combustibles fósiles;
- Es intermedia para los usos finales residenciales/comerciales de los combustibles fósiles, generación eléctrica y movilidad en las regiones con costes fijos reducidos (impuestos bajos tal como en los EE.UU., Latinoamérica o África/Oriente Medio);

- Es pequeña para la electricidad empleada en la industria; y
- Es muy pequeña para la movilidad basada en el petróleo en la mayoría de las otras regiones o para el uso final residencial o comercial de la electricidad.

Los tres factores que pueden contribuir a cambiar los precios finales son:

- Desequilibrios energéticos que afecten al componente de energía primaria;
- Las reformas de mercado que puedan influir tanto sobre los costes fijos como sobre los de los combustibles;
- Las restricciones medioambientales que influyan sobre los costes fijos y la elección de energía primaria.

Los *desequilibrios energéticos* se analizan en la tercera parte de este informe, que se dedica a la 'oferta'. Desencadenan incrementos de los precios, y la experiencia de las primeras dos crisis petrolíferas muestra que el incremento de los precios debe ser suficientemente alto para frenar el PIB a fin de reajustar el nivel de la demanda a las capacidades de producción disponibles. Cuanto más pequeña sea la parte de usos cautivos que tienen una elevada elasticidad de precio (desafortunadamente, es más el caso hoy en día que en la época de las crisis del petróleo), mayor será la subida de los precios y el descenso del PIB que serán necesarios para reajustar la demanda a la oferta.

Para simplificar, con respecto al petróleo, las pérdidas en refinería, los edificios y la movilidad se tomarán como usos inelásticos a los precios, cuyo consumo no es sensible al precio del crudo, y los usos en las centrales eléctricas y en la industria como los únicos sensibles al precio. Según la tabla II-B, la cuota de la demanda de petróleo sensible al precio ha caído de un 34% (primera y segunda crisis del petróleo, es decir, antes de los cambios estructurales que comenzaron únicamente después de 1979 debido a los largos plazos de realización de las nuevas inversiones) a un 26% en la actualidad (una reducción del 30%). Dado que la cuota de los sectores sensibles a los precios ha declinado, el incremento del precio necesario para obtener el mismo tipo de reducción de la demanda de petróleo que para las crisis previas es, probablemente, mayor que la triplicación de los precios que tuvo lugar durante estas crisis. Por tanto, siendo otros factores iguales, si apareciese un desequilibrio en el mercado del petróleo, podría requerirse un incremento cuádruple, hasta 100 US\$/barril, para conseguir la 'corrección' necesaria en la demanda. Afortunadamente, la acumulación de reservas estratégicas en los países de la AIE amortiguaría, al menos a corto plazo si fuesen utilizadas, tal incremento potencial del precio.

| | Consumo total mundial | Pérdidas de refinería | Generación electricidad | Industria | Edificios | Transporte (incl. bunkers) |
|------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------|-----------|----------------------------|
| 1973 | 2753 | 165 | 392 | 557 | 666 | 973 |
| 1979 | 3105 | 160 | 412 | 616 | 747 | 1170 |
| 2000 | 3519 | 183 | 360 | 570 | 643 | 1763 |

Las *reformas del mercado* dan lugar a un incremento de la competencia y de la volatilidad de los precios y, para la electricidad, a un incremento de la sensibilidad a los precios del petróleo y del gas natural. Anteriormente, los precios de la electricidad estaban bajo control de las autoridades estatales, y por tanto se basaban en un promedio de todos los costes, de los cuales los costes de los productos petrolíferos y del gas natural eran sólo una pequeña parte; estos precios eran apenas susceptibles al cambio. Ahora, en un mercado competitivo, los precios están fijados en el margen, es decir, por las últimas centrales en el orden de

méritos, que son aquéllas que emplean productos derivados del petróleo o gas natural. Adicionalmente, los costes fijos pueden contribuir a la volatilidad si no se pagan en periodos de exceso de capacidad y se recuperan mediante picos de precios durante los períodos de escasez.

Es probable que la mayor parte de la volatilidad acrecentada de los precios de la electricidad bajo reformas de mercado provenga de desequilibrios entre la oferta y la demanda. Algunas de estos desequilibrios son el resultado de reformas de mercado inapropiadas (orientadas a reducciones de los precios a corto plazo a costa de la inversión a largo plazo). Algunas se hubiesen producido independientemente del marco institucional (por ejemplo, la caída del suministro doméstico de gas natural en los EE.UU. y Europa). A largo plazo, el CME opina que la combinación de la competencia y de la posibilidad de elección por los consumidores que promueve la reforma de los mercados, junto con una normativa apropiada que también aborde los temas de infraestructura y de capacidad a largo plazo de manera atractiva para los inversores, permitirán que las señales de precio generen una inversión adecuada, aunque es de esperar que el nuevo mercado esté mejor integrado y por tanto sea menos volátil.

Las *emisiones de gases de efecto invernadero* pueden convertirse en una preocupación tal, debido a la amenaza del cambio climático, que den lugar a políticas fuertes en favor de la disminución del carbono. El sector energético, que es el mayor contribuidor a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, será el primero en verse afectado. Una vez que se hayan conseguido las reducciones fáciles (por ejemplo, por comercio de emisiones, cambio de combustibles, reducción del quemado en antorcha del gas natural) para cumplir con los objetivos impuestos por los gobiernos, la siguiente fase podría ser mucho más difícil, con impuestos o cargas que podrían aproximarse a la importancia de las crisis petrolíferas anteriores.

Sin embargo, aunque todos los escenarios publicados hasta ahora prevén unas emisiones de gases de efecto invernadero elevadas y crecientes y una fuerte focalización sobre la accesibilidad a la energía, esto no debería darse absolutamente por sentado. Tal como se muestra en este estudio, también pueden imaginarse dinámicas de mercado con menor crecimiento económico y con mayor desacoplamiento energía-economía que den como resultado que las emisiones de gases de efecto invernadero alcancen su máximo en torno a 2050 antes de declinar. Si se produjese este escenario, las concentraciones de gases de efecto invernadero permanecerían por debajo de las 550 ppm, o aproximadamente el doble de la concentración preindustrial en la atmósfera. Esto permitiría que el foco de la política energética y de las negociaciones internacionales siguiese siendo la erradicación de la pobreza y la mitigación del carbono de menor coste para conseguir un acceso y una disponibilidad de la energía universal y asequible.

Posibles Impactos de los Incrementos de los Precios

La tabla II-C es indicativa y cualitativa. Es un intento de resumir el posible impacto de un precio real más elevado para el petróleo y el gas natural.

Es imposible anticipar hasta qué punto los tres factores de los desequilibrios energéticos, las reformas de los mercados o las emisiones de gases de efecto invernadero influirán en los precios futuros de la energía en términos netos. Sin embargo, suponer un mundo de precios reales más altos del petróleo y del gas natural, tendría un impacto en las regiones donde actualmente el transporte no se grava (o sólo levemente): Norteamérica, Latinoamérica y Africa/Oriente Medio. También cabría imaginar que el precio de la electricidad sólo subiría

un poco gracias al amortiguamiento de los costes fijos que sirven para absorber el incremento en los costes de los combustibles, especialmente para los usuarios residenciales/comerciales.

| TABLA II-C | | | | | |
|---|------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|--|
| IMPACTOS REGIONALES Y SECTORIALES DE PRECIOS REALES MÁS ALTOS DEL PETRÓLEO Y DEL GAS | | | | | |
| | Movilidad | Electricidad para la industria | Electricidad para otros | Usos finales estacionarios comb-fósiles (industria) | Usos finales estacionarios comb-fósiles (otros) |
| EE.UU. | Fuerte | Medio | Muy pequeño | Fuerte | Pequeño |
| Otros países ricos | Pequeño | Pequeño | Muy pequeño | Fuerte | Pequeño |
| Países en desarrollo | Medio | Pequeño | Pequeño | Medio | Pequeño |
| FSU-CEE | Ninguno | Medio | Pequeño | Muy fuerte | Muy fuerte |
| China | Medio | Pequeño | Ninguno | Muy fuerte | Medio |
| World | Pequeño | Pequeño | Muy pequeño | Fuerte | Medio |

Además, es probable que continúe el descenso de los usos finales estacionarios de los combustibles fósiles, gracias a mejores aislamientos, recuperación de calor en sistemas de cogeneración, y mejores eficiencias, pero unos precios más altos del petróleo y del gas natural podrían conducir a una caída más rápida del consumo de energía en los procesos industriales en contraposición a los sectores residenciales y comerciales, que soportan costes fijos más elevados (distribución e impuestos).

Puede que la movilidad represente una oportunidad mayor para un cambio significativo. La tabla II-D incluye una variedad de opciones tecnológicas radicalmente diferentes. Sin embargo, los costes económicos, en comparación con los derivados del petróleo, son, o equivalentes (gas natural), o más elevados (combustibles líquidos sintéticos), o mucho más elevados (hidrógeno). Los beneficios medioambientales, si se calculasen sobre la base del análisis del ciclo de vida, no serían muy convincentes excepto para el hidrógeno producido a partir de la energía nuclear. Adicionalmente, existen enormes barreras tecnológicas, tal como la conversión de la flota, la adecuación de las infraestructuras, etc.

Otra opción radical, y sin embargo sencilla, para cambiar los patrones energéticos de la movilidad sería emplear más trenes eléctricos que dependen de una infraestructura fija y de electricidad que puede producirse sin emisiones perjudiciales. Estos son los medios de transporte más eficientes y flexibles energéticamente que jamás tendrá el mundo. Mientras que los coches sólo pueden conseguir transportar de 25 a 50 toneladas brutas-milla por galón, los aviones comerciales, de 60 a 65 toneladas millas brutas por galón, los autobuses, de 110 a 120 toneladas millas brutas por galón y los camiones, de 120 a 200 toneladas millas brutas por galón, los trenes eléctricos pueden lograr 750 toneladas millas brutas por galón.

El paso desde los coches, camiones y, posiblemente aviones comerciales para vuelos cortos, a trenes eléctricos podría parecer obvio, pero el pasado revela lo contrario, con un descenso de la cuota de mercado ferroviario a favor de otros medios: coches para movilidad individual y camiones para mover mercancías. La tecnología puede hacer mucho, pero queda inerte si las señales de los precios son incorrectas. Dada su importancia y la necesidad de reflejar los costes totales soportados por la sociedad, los gobiernos tienen un papel clave que jugar. Aunque algunos hábitos estén arraigados tan profundamente que parezca imposible modificarlos, hay margen para el cambio, especialmente en los mismos

momentos en que sucesos externos, por ejemplo, una subida del precio de la energía, pueden actuar como desencadenantes.

| TABLA II-D | | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|
| EMISIONES DE CO₂ PARA DIFERENTES MOTORES-COMBUSTIBLES PARA TRANSPORTE POR CARRETERA | | | | | | |
| Energía | Origen | Motor | CO₂ g/kWh | Eficiencia kWh/km | CO₂ g/km | CO₂ g/km comparación |
| Diesel | Petróleo | Diesel | 308 | 0.54 | 166 | 1.00 |
| Diesel GTL | Gas natural | Diesel | 376 | 0.54 | 203 | 1.22 |
| Éster dimetilico | Biomasa | Diesel | 201 | 0.54 | 110 | 0.60 |
| Gasolina | Petróleo | Enc. por chispa | 327 | 0.66 | 216 | 1.30 |
| ETBE | Maíz, remolacha + petróleo | Encendido por chispa | 278 | 0.66 | 183 | 1.10 |
| Etanol | Maíz, remolacha | Enc. por chispa | 169 | 0.66 | 111 | 0.70 |
| Gas natural | Gas natural | Enc. por chispa | 224 | 0.54 | 121 | 0.73 |
| GLP | Petróleo, Gas natural | Enc. por chispa | 276 | 0.66 | 183 | 1.10 |
| Comp. H ₂ | Nuclear+electricidad | Pila combustib. | 151 | 0.40 | 60 | 0.36 |
| Comp. H ₂ | Gas + electricidad | Pila combustib. | 388 | 0.40 | 155 | 0.93 |
| H ₂ líquido | Gas + electricidad | Pila combustib. | 627 | 0.40 | 251 | 1.51 |

Fuente: Instituto Francés del Petróleo

E. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CAMBIOS EN LOS PRECIOS

Si los precios se hubiesen mantenido estables en cada región, cabría haber imaginado que los servicios finales relacionados con la energía hubiesen evolucionado regularmente con un rápido crecimiento de la electricidad (satisface nuevas necesidades y reemplaza a los combustibles fósiles), un crecimiento estable de la movilidad y una tendencia de los usos finales de los combustibles fósiles que reflejase la sustitución de los combustibles tradicionales por los combustibles fósiles, y los combustibles fósiles por la electricidad.

Esta evolución sigue la de toda la economía, de la industria a los servicios, y ha existido desde la Revolución Industrial, aunque no sea evidente a partir de la relación uno a uno entre el TPER y el PIB hasta 1973 y no está estimulada por los precios sino por los cambios técnicos y un movimiento general hacia una economía más eficiente.

Sin embargo, los cambios de los precios asociados con las crisis analizados en este informe (subidas del petróleo o reformas reguladoras, tales como las relacionadas con el cierre de las minas locales de carbón en China) han cambiado esta pauta.

El mayor impacto se da sobre los usos finales industriales de los combustibles fósiles (impuestos o costes fijos bajos para suavizar el impacto de unos precios de la energía más altos), exacerbado además por el cierre de una serie de viejas plantas industriales que se habían vuelto poco competitivas frente a competidoras recientemente construidas en países en vías de desarrollo, tales como Brasil o Corea. Los cambios en los precios también han tenido un impacto -- aunque más pequeño -- sobre el sector de los edificios porque unos impuestos y costes fijos más elevados 'atenuaron' la subida de los costes de la energía primaria. Por otra parte, los precios y las tendencias finales de la movilidad han cambiado poco, y la electricidad nada en absoluto.

Entre las crisis importantes, cuando los precios eran estables, las tendencias establecidas han sido lineales. Nunca volvieron a su forma anterior, como si la mejora de la eficiencia quedase incorporada a la economía, ni siguieron descendiendo debido a las políticas de eficiencia.

La eficiencia energética ha mejorado considerablemente en los últimos 30 años, por ejemplo, cortándose por la mitad el consumo medio de un refrigerador o una lavadora y mejorándose casi otro tanto la eficiencia media del combustible de los coches. Aún con todo, el consumo global en los dos sectores aparentemente ha evolucionado independientemente de estos avances tecnológicos. Similarmente, unas mejores normas de construcción no han tenido un impacto evidente permanente sobre la tendencia en el consumo de energía de este sector. Se encuentran resultados similares para la calefacción, la electricidad y la movilidad. En otras palabras, las mejoras en la eficiencia energética parecen haber sido 'capturadas' por los consumidores para incrementar su bienestar pero no para reducir su consumo de energía, como si los consumidores estuviesen manteniendo sus presupuestos energéticos como una parte constante de su gasto, sea cual fuere el precio final de la energía. Estas cuestiones tienen una importancia tal para el CME que en 2004 se finalizará un estudio especial sobre *Las tecnologías energéticas para el siglo XXI*, que tratará sobre la movilidad, los edificios, los procesos industriales y las tecnologías transversales.

Anteriormente se mencionaron los impactos de los estilos de vida como uno de los elementos de la demanda de los servicios energéticos. Sin embargo, existe una falta de evidencia acerca de que los estilos de vida sean actualmente un factor discriminante a través de las regiones. Con la excepción de las economías en transición antes de 1989, que en esa época eran 'economías cerradas' que ponían el énfasis en el crecimiento de la electricidad y en una movilidad limitada, todas las demás regiones del mundo siguen la misma pauta básica, como si el estilo de vida estuviese 'normalizado'. Además, varios enfoques consistentes, que incluyen tanto datos empíricos como teoría económica, apoyan la idea de que no hay forma sostenible de reducir rápida y económicamente la intensidad energética basándose únicamente en estándares o en avances tecnológicos.

La constancia en el tiempo de las tendencias de los servicios energéticos en un contexto de precios finales estables confirma, en primer lugar, que los consumidores se comportan de manera racional (algunos pueden consumir energía en exceso o en defecto, pero su comportamiento agregado sigue fielmente el nivel de los precios finales), y en segundo lugar, que las políticas de 'eficiencia energética' han tenido un impacto muy pequeño, si acaso, sobre el consumo de energía (siempre y cuando no hayan afectado a los precios finales de la energía, bien directamente a través de impuestos, bien de manera indirecta a través de normativas obligatorias).

La teoría dice que, para una economía en equilibrio, todos los factores económicos (capital, mano de obra, energía) tienen la misma productividad económica marginal. Esto significa que el beneficio de bienestar obtenido del gasto de una unidad extra de dinero es el mismo independientemente del factor económico en la que se gasta. Dada esta regla obvia (nadie esperaría obtener beneficios mucho mayores en gastar un dólar adicional en, por ejemplo, energía en vez de en otros factores y no actuar en consecuencia), si el precio de la energía es elevado, se empleará una mezcla de factores con más capital y otros factores y menos energía. A la inversa, un bajo precio de la energía dará lugar a una mayor demanda de servicios energéticos a costa de otros factores económicos.

El impacto negativo de una subida de precios o el impacto positivo de una bajada de precios sobre la demanda energética no deberían llevar a la conclusión de que es mejor tener

precios bajos de la energía. Sobre la base de una situación estable, el crecimiento económico puede existir con precios de la energía bajos o altos, siempre que los factores económicos puedan sustituirse entre sí y crear una mezcla óptima. Sin embargo, en una situación de transición, una subida del precio de la energía dará lugar a ajustes que reducirán la productividad y los niveles del PIB en comparación a la situación estable anterior (tal como ocurrió en 1973 y de nuevo en 1979-80), del mismo modo que una caída del precio de la energía incrementará la productividad de los factores y dará lugar a un PIB mayor (tal como ocurrió en 1987-88 tras el descenso del precio de petróleo de 1986).

El mecanismo de ajuste a una subida de precios es el siguiente:

- Una subida de precios de la energía reduce la productividad económica marginal de la energía;
- Es entonces provechoso usar una energía menos costosa para limitar la caída de la productividad, y
- Utilizar capital y mano de obra más baratos (es decir, invertir en eficiencia energética); pero, por el contrario,
- El capital y la mano de obra adicionales estarán asociados a una menor productividad hasta una fase en la que
- Las productividades marginales de todos los factores económicos vuelven al equilibrio, esto es, a un nivel más bajo del PIB.

Para completar este modelo, también es necesario tomar en consideración los efectos asimétricos, es decir, los costes de los ajustes que se producen cualquiera que sea el cambio de precio. Si los precios de la energía suben, estos costes son los de los equipos nuevos y más eficientes y la pérdida correspondiente a la vida más corta de los equipos anteriores. Si los precios de la energía caen, el coste de los ajustes procede de un uso continuado de equipo que es 'demasiado eficientes', es decir, que cuesta más de lo que sería preciso en ese nivel de precios de la energía.

F. CONCLUSIONES SOBRE EL 'ACTIVADOR DE LA DEMANDA ENERGÉTICA'

La demanda energética está formada por servicios para electricidad, movilidad y 'calentamiento' (un término para resumir los usos finales estacionarios de combustibles fósiles aunque este sector incluye algo de consumo 'no energético'). Entre estos servicios están aquellos para los que las tecnologías existentes o las nuevas podrían volverse más activas en el futuro.

Dicho de manera sencilla, el mundo utilizará tanta energía como la gente o las industrias puedan pagar. Depende del poder de compra de los usuarios, por tanto sobre una base agregada, del PIB de la región considerada o del PIB global. Pero además, depende de los precios finales, porque cuanto mayor sea el precio para el usuario, menor será la cantidad de energía que podrá permitirse. También influye la eficiencia con la que se emplea o transforma la energía, porque cuanto mejor sea la eficiencia, mayor será el beneficio que proporcionará la misma cantidad de energía

Muchos factores, tales como la reforma del mercado, los grandes adelantos tecnológicos, las restricciones medioambientales y otras políticas, tendrán una influencia muy importante sobre la fijación de los precios de la energía primaria y el coste de los servicios energéticos finales para los usuarios. La demanda de movilidad y de electricidad se encuentra en una fase temprana en la mayoría de los países en desarrollo y se espera que se incremente en los

años venideros dependiendo de su progreso económico; sin embargo, los esfuerzos para proporcionar servicios energéticos modernos al tercio de la población mundial que no tiene actualmente tal acceso también tendrán un impacto sobre la demanda global total y estimularán el crecimiento del PIB.

Los usos finales estacionarios de los combustibles fósiles ya se encuentran en descenso gracias a la penetración de la electricidad y al uso de sistemas de cogeneración más eficientes. En lo referente a la electricidad, se ha descubierto que podrían considerarse distintos combustibles por razones diferentes al coste, tal como se analizará en la Parte III.

Los impactos tecnológicos también son importantes, y aunque se ha hecho referencia a algunos de ellos, frecuentemente es difícil separar el Activador de la tecnología de los impactos de los precios. ¿Es la nueva tecnología la que ha impulsado la demanda o es la disponibilidad de energía barata la que ha impulsado la tecnología?. En cualquier caso, el CME está terminando en 2004 un estudio separado sobre importantes tecnologías de uso final para el siglo XXI que complementará su trabajo anterior sobre tecnologías de generación.

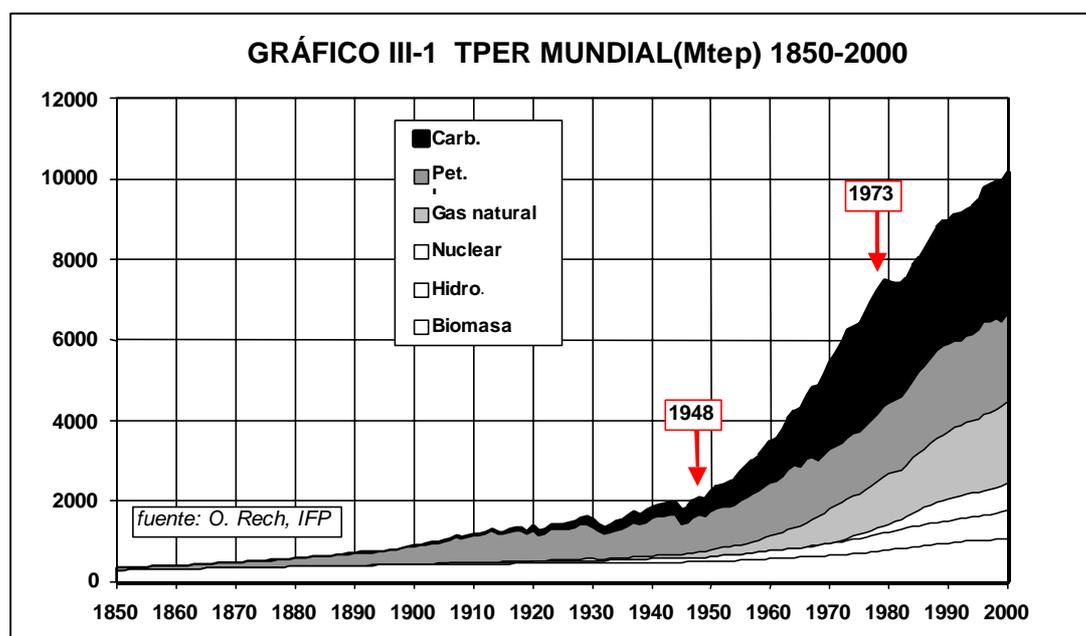
PARTE III: OFERTA DE ENERGÍA PRIMARIA Y PAPEL DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO

A. TENDENCIAS HISTÓRICAS DE LA OFERTA MUNDIAL DE ENERGÍA

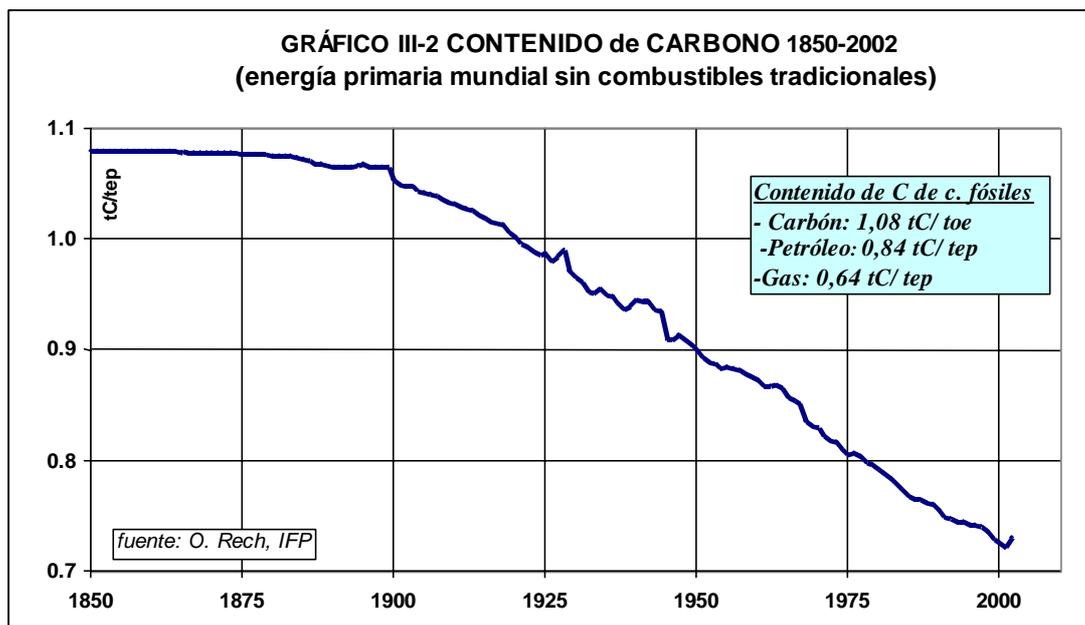
Las llamadas crisis energéticas de la actualidad no son señal de una escasez absoluta de energía sino que más bien apuntan a un desequilibrio temporal entre la demanda y las capacidades de producción, generalmente de carácter regional debidas a cuellos de botella en las infraestructuras, a la Madre Naturaleza o a factores políticos. El problema no es el tamaño del 'depósito' (es decir la cantidad de 'reservas', e incluso menos, la de 'recursos') sino el tamaño del 'grifo'.

En todo este informe, el CME utiliza el término 'crisis' para describir un incremento fuerte, rápido y prolongado de los precios del petróleo, pero se reconoce que, para los productores de petróleo de Oriente Medio y otros países en desarrollo que disponen de petróleo también es una crisis para sus economías el experimentar un ajuste rápido a la baja del precio del petróleo tal como los que han experimentado en ciertos momentos, por ejemplo en 1986 y a finales de la década de 1990.

El Gráfico III-1 muestra las necesidades totales de energía primaria (TPER- Total Primary Energy Requirements) del mundo apilando las energías de acuerdo con su contenido en carbono fósil, es decir desde las renovables (biomasa y residuos combustibles, es decir, los combustibles tradicionales) a la hidráulica y otras renovables modernas, hasta la nuclear, gas natural, petróleo y carbón.



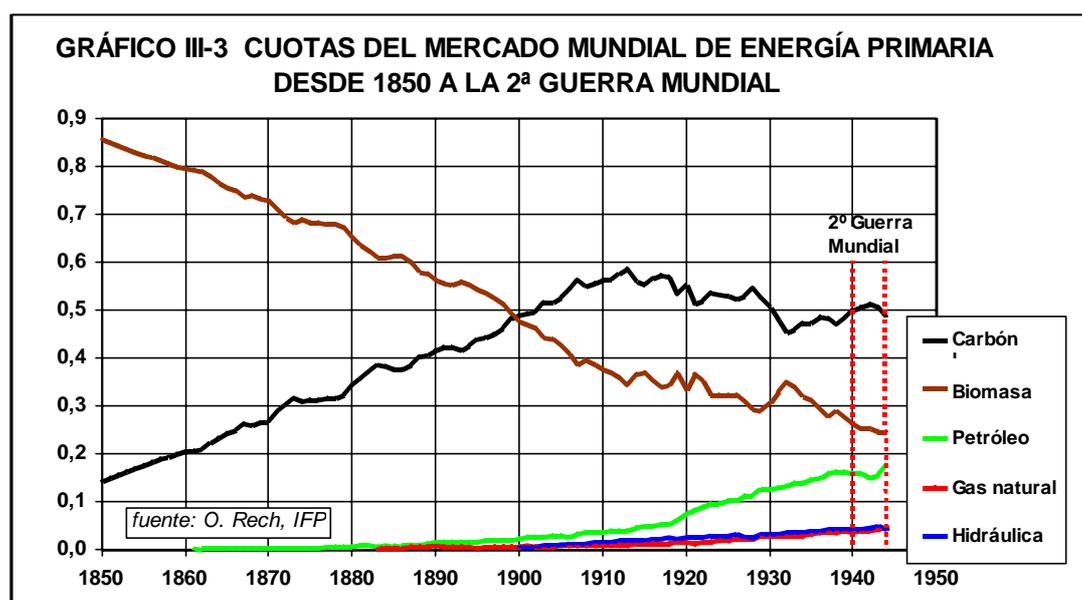
Como muestra el Gráfico III-2, la evolución de la oferta energética ha mostrado una reducción progresiva del contenido en carbono gracias a la introducción de la hidráulica, la nuclear y ahora el gas natural. Las renovables modernas están creciendo rápidamente pero su cuota de mercado es tan pequeña que todavía no tienen influencia práctica en el contenido en carbono por tonelada de petróleo equivalente de la oferta.



Ranking de Energías Primarias y el Nuevo Papel del Petróleo

Hasta la Segunda Guerra Mundial

El Gráfico III-3 muestra que hasta la Revolución Industrial el mundo estuvo dominado por los combustibles tradicionales tales como la biomasa, con una contribución muy pequeña de otras energías (carbón, molinos de viento o de agua), mientras que el mundo del siglo XIX y primera parte del XX estuvo dominado por el carbón, aún teniendo en cuenta que el petróleo, la hidroelectricidad y el gas natural aparecen ya durante este período. Se puede llamar a la primera parte del siglo XX la era de la energía moderna, basada en el carbón con otras energías suministrando a pequeños nichos de mercado.



Durante este primer período de ‘energía moderna’, los pobres continuaron utilizando los combustibles tradicionales (biomasa y residuos combustibles) aunque su cuota de mercado disminuyó progresivamente. La energía hidroeléctrica llenó un nicho de mercado porque no podía ser transportada. El petróleo se utilizó primero en iluminación antes de comenzar a utilizarse en el nascente sector del transporte (principalmente en EE.UU.). El gas natural se extendió progresivamente, también en EE.UU., gracias al desarrollo de gasoductos. Competía con el carbón y el fuel oil y su precio se fijaba para encontrar salidas.

Por ello, el mercado energético moderno inicial estuvo dominado por el carbón y el precio del carbón. Como el carbón tiene costes de capital relativamente pequeños y grandes costes variables, principalmente costes laborales, su precio evolucionó gradualmente durante el período, y los beneficios técnicos de las economías de escala y de las nuevas tecnologías fueron contrarrestados por las subidas de los costes laborales. Los precios del carbón ayudaron a estabilizar el precio medio de la energía mundial y ello a su vez permitió la relación uno a uno entre el crecimiento del PIB y el crecimiento del consumo energético durante el período.

Desde la Segunda Guerra Mundial hasta 1973

Al comienzo de la segunda guerra mundial, en 1939, el petróleo y gas natural solo suponían el 20% de la oferta energética (carbón 48%, hidráulica 4%, combustibles tradicionales 28%). En 1948, la cuota de petróleo y gas había crecido hasta el 28% y la del carbón descendió hasta el 43% de la oferta mundial. Esta rápida evolución continuó hasta la primera crisis del petróleo en 1973, en cuyo momento las respectivas cuotas de mercado eran: petróleo y gas 60% (44% para el petróleo, 16% para el gas), carbón 24%, otros 16%. La rápida penetración del petróleo en el mercado energético en detrimento del carbón fue el resultado del incremento de su demanda para movilidad y de la ventaja competitiva de los derivados del petróleo frente al carbón en la mayoría de los mercados (industria, generación eléctrica, residencial y comercial).

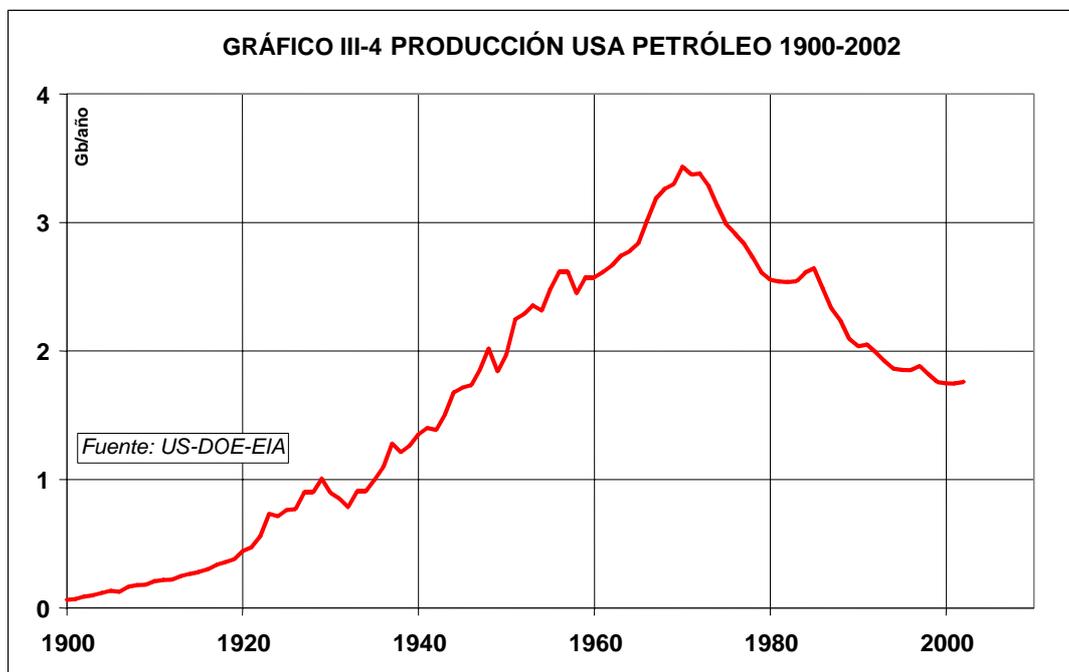
El crecimiento de la demanda de petróleo y gas natural (cuyo precio se fijaba para que resultara atractivo frente a los derivados del petróleo) se vio ciertamente facilitado por el precio bajo y estable del petróleo. Como los precios del carbón estaban dominados por los costes laborales, resultaba atractivo tomar decisiones a largo plazo de sustitución del carbón por los productos derivados del petróleo.

El cambio de 1973-74 en el Ranking de Energías Primarias

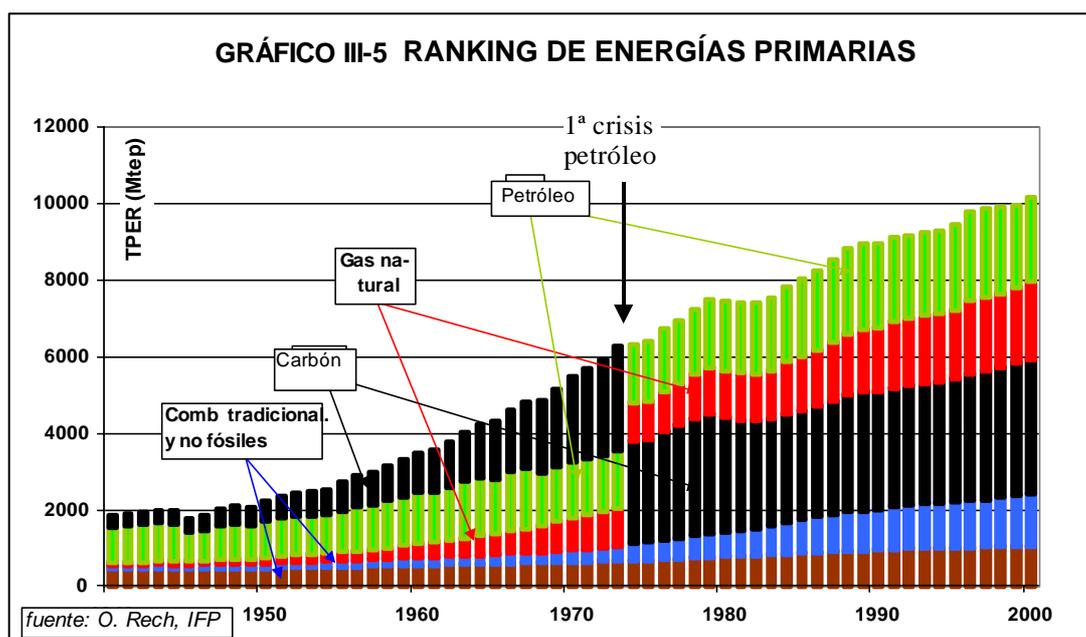
El Gráfico III-4 muestra los cambios en la producción de petróleo en Estados Unidos durante el siglo pasado. Entre 1948, año en que EE.UU. pasó a ser un importador neto de crudo de petróleo, y 1970, la producción de EE.UU. continuó creciendo y el Oriente Medio se convirtió en el suministrador marginal de petróleo mundial y el precio de referencia del petróleo se desplazó desde el Golfo de Méjico a las costas del Golfo Pérsico. La tasa de crecimiento anual medio en EE.UU. alcanzó los 0,4 Mb/día al final del período. Después disminuyó simétricamente en 0,4 Mb/día por año, abriendo un hueco de suministro de 0,8 Mb/día cada año y absorbiendo una gran parte del exceso de capacidad disponible en los países suministradores de la OPEP. La primera crisis de precio del petróleo de 1973 fue iniciada por la reducción de la oferta de petróleo mundial (en gran parte debida al cambio hacia menos de la producción doméstica de EE.UU. que alcanzó su máximo en 1970).

El mundo se enfrentó entonces a una situación en la que la oferta de petróleo de bajo precio no fue capaz de satisfacer la demanda. Hubo necesidad de suministros adicionales para llenar el déficit creciente de EE.UU. y, por consiguiente, una necesidad de precios de petróleo más altos. Debido a los largos plazos necesarios para desarrollar nuevos

suministros, el precio del petróleo subió drásticamente en octubre de 1973, iniciado, pero no causado, por la guerra árabe-israelí.



Mientras que en términos de recursos conocidos explotables, el petróleo era aún extremadamente abundante en 1973, hecho confirmado por la experiencia de los 30 años siguientes y el crecimiento espectacular de la producción fuera de la OPEP, el impacto de la primera crisis del petróleo fue enorme. Produjo un cambio drástico, que ha permanecido, en la posición relativa del petróleo frente al carbón y en la fijación de precios del mercado energético tal como muestra el Gráfico III-5.



Hasta la primera crisis del petróleo, éste era menos caro que el carbón, por lo que estaba sustituyéndole paulatinamente mientras que el carbón seguía como suministrador marginal. Este papel ‘en el margen’ viene indicado por las importantes oscilaciones del suministro de carbón durante la Segunda Guerra Mundial y en la última parte de la década de 1960, mientras que los datos de suministro de petróleo ofrecen un patrón uniforme. Por el contrario, después de 1973 los precios del petróleo permanecieron más altos que los del carbón (excepto en los EE.UU. durante unas pocas semanas del verano de 1986). Por ello el petróleo se convirtió en la energía ‘bisagra’ que colmaba la demanda no satisfecha, mientras que el carbón se utilizó en la mayor medida que permitían las capacidades existentes. Es en este sentido que el CME llama al petróleo el ‘rey de la oferta energética’.

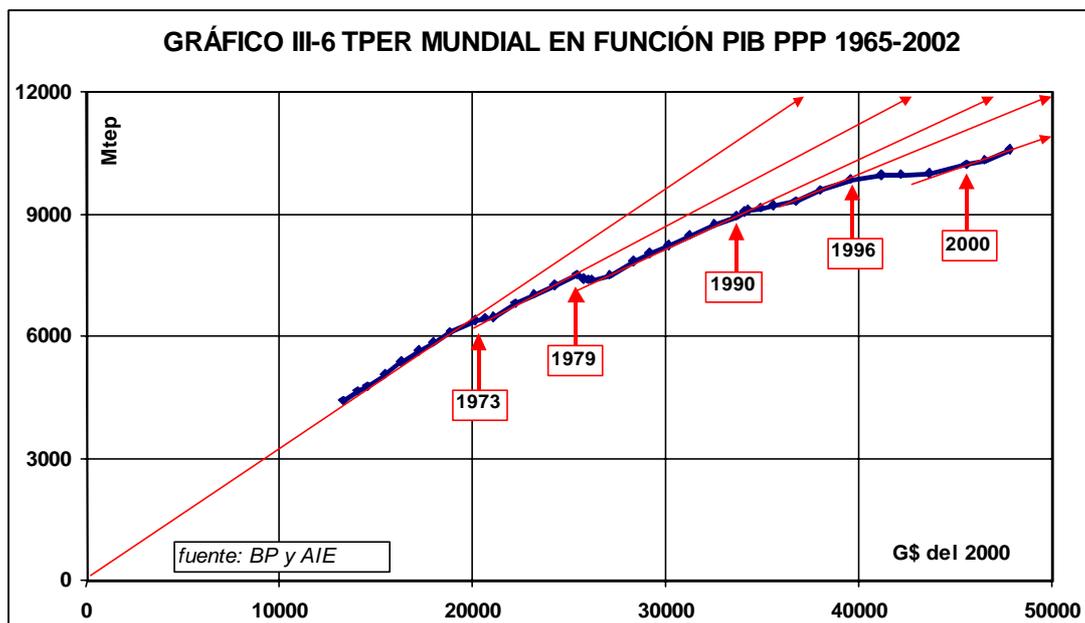
El Gráfico III-5 ilustra el cambio en el ranking de los tres combustibles fósiles. Antes de la primera crisis del petróleo, el gas se utilizaba primero y su precio se fijaba con relación a los derivados del petróleo por los monopolios de gas de aquel momento, seguido por el petróleo y el carbón en la parte más alta; este último era el suministrador ‘bisagra’, con una cuota de mercado igual a la que le dejaban las otras energías primarias. Después de la primera crisis del petróleo, el carbón se desplazó a la primera posición entre los combustibles fósiles porque era más barato que ambos, gas y petróleo. El gas natural venía después y el petróleo se situaba en lo más alto de la serie como el suministro marginal, con una cuota de mercado igual a la que le habían dejado las otras energías primarias.

El desacoplamiento PIB – Energía tras 1974

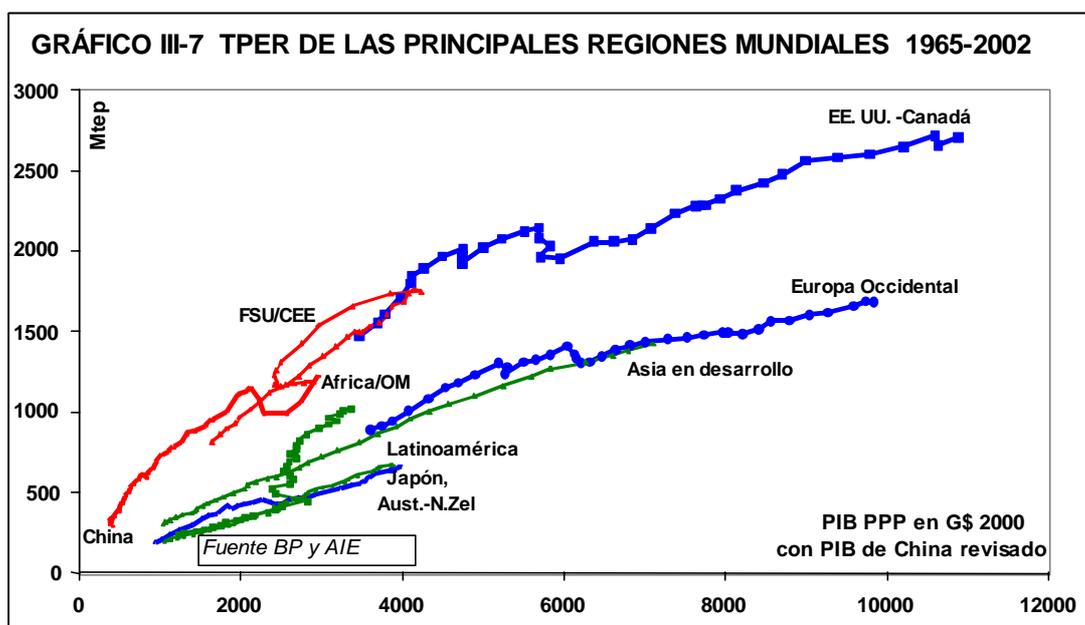
La primera crisis del petróleo y el cambio en los mecanismos de fijación de precios produjeron otra diferencia fundamental antes, durante y después de 1973-74: la transición desde un fuerte acoplamiento entre PIB y energía antes de este período a un progresivo desacoplamiento posteriormente.

- Hasta 1973, los precios del petróleo no tenían influencia en el precio mundial de la energía porque en los primeros tiempos (hasta los años 20) la cuota de mercado del petróleo era muy pequeña y, porque después, y hasta 1973, los precios del petróleo eran más bajos que los del carbón. Por ello, durante todo el período anterior a 1974, el precio de la energía era determinado por el precio del carbón, dando como resultado un precio muy estable que reforzó el acoplamiento uno a uno entre la demanda energética y el PIB.
- Después de 1973, el petróleo se convirtió en la energía marginal y el determinante de los precios de todos los mercados energéticos. Como determinante de los precios, el papel del petróleo fue casar la oferta energética global con la demanda. Las subidas mantenidas del precio del petróleo daban la señal de necesidad de suministros adicionales de energía, bien de petróleo o de otras energías primarias, pero también creaban incentivos para usar menos energía y más otros factores económicos, como mano de obra o capital. Las subidas del precio del petróleo iniciaron y posteriormente reforzaron el desacoplamiento progresivo entre consumo de energía primaria y PIB. Esto se muestra en el Gráfico III-6.

Siendo la energía determinante del precio, el precio del petróleo puede ser considerado como el coste marginal de suministro de todas las energías. Sin embargo, en términos de fijación de precios del petróleo, el petróleo ‘marginal’ no es el fácilmente disponible de los países de la OPEP Oriente Medio, que tiene con diferencia los costes de producción más bajos, sino más bien el petróleo no convencional de mayor precio de aguas profundas o del Ártico, o el petróleo de los países no OPEP Oriente Medio que tiene costes de producción mucho más altos. Esta desconexión entre el precio marginal del petróleo hoy y el coste total de producción en el Oriente Medio supone una rotura con la experiencia que había antes de la primera crisis del petróleo.



El análisis para distintas regiones del mundo que se refleja en el Gráfico III-7 muestra la misma discontinuidad con un acoplamiento entre energía y PIB antes de 1973-74 (las quiebras en las series de EE.UU. y Europa antes de la primera crisis del petróleo son fallos estadísticos debidos al cambio de datos en EE.UU. en 1970 que se discutió en la parte primera o a la incorporación de los datos de la RDA a Europa Occidental después de 1970) y un desacoplamiento progresivo después de la primera crisis del petróleo.



La consistencia de las tendencias es notable. Cuanto más alta es la pendiente, más bajo es el precio (por ejemplo, EE.UU., FSU-CEE y China hasta los primeros 80). Existen dos tendencias divergentes: la región de África y Oriente Medio tras la primera crisis del petróleo, porque su PIB está muy vinculado a las subidas y bajadas de las exportaciones de

petróleo, y China después de 1978-80 debido a las cuestionables estimaciones del PIB, ya discutidas en la primera parte del informe.

Se puede ver que todas las tendencias antes de la primera crisis del petróleo, o antes de 1980 para China y 1989 para FSU-CEE, convergen hacia el origen de coordenadas, que es coherente con una relación uno a uno entre energía y PIB, (elasticidad con relación a la renta igual a uno). Después de las crisis, las tendencias redujeron sus pendientes, excepto en África y Oriente Medio donde la demanda de energía se incrementó por las nuevas refinerías, plantas petroquímicas y otras industrias intensivas en energía que se relocalizaron en la región a causa de sus precios energéticos más baratos.

B. LA DINÁMICA DEL PRECIO DE LA ENERGÍA

Las subidas mantenidas del precio de la energía primaria tienen tres impactos diferentes:

- Cambian el comportamiento de los consumidores en la medida que el cambio en los precios de la energía primaria se vean más o menos reflejados en los precios de los servicios energéticos de los que dependen. Esto se examinó en la Parte II del informe. Como se vio allí, los supuestos acerca del impacto de los cambios de precio de la energía primaria sobre los precios de los usos finales debe hacerse con cuidado.
- Provocan nuevas inversiones porque un precio más alto hará competitivos algunos suministros adicionales para cada energía primaria (carbón, nuclear, renovables, gas natural y petróleo). Sin embargo, muchos suministros solo llegarán después de 6-10 años a causa de los tiempos de realización necesarios para las nuevas infraestructuras.
- Impactan negativamente sobre el crecimiento económico dando lugar a dos años de crecimiento mundial más lento tras la subida de precios. Este retraso corresponde aparentemente al tiempo que se necesita para que las productividades económicas marginales de todos los factores económicos (energía, mano de obra, capital, etc.) se reajusten a un nuevo equilibrio donde todas sean iguales, tal y como se discutió anteriormente.

En términos de la dinámica del precio de la energía, la escena energética estuvo dominada largo tiempo por el carbón, que todavía tiene importancia hoy día en el sector de la generación eléctrica juntamente con la nuclear, gas natural y la gran hidráulica. Con la excepción del período inestable de finales de los 70 y comienzos de los 80, cuando la demanda de carbón se incrementó substancialmente debido a la vuelta al funcionamiento de antiguas centrales de carbón que habían sido convertidas al petróleo en los 60 antes de la primera crisis del petróleo, los precios del carbón han sido estables gracias al importante y predecible componente de los costes laborales. Esto ha jugado un papel positivo para el desarrollo económico de muchos países sin crear ‘dolor macroeconómico’ a causa de variaciones repentinas en los precios de la energía. De forma similar, la energía hidroeléctrica contribuyó al crecimiento sólido durante este período aunque su estructura de costes es diferente a la del carbón (costes iniciales muy altos y costes variables pequeños).

Desde 1974, las fluctuaciones de los precios de la energía en el mundo han sido determinadas por el precio del petróleo y su hermano, el gas natural, cuyo precio ha seguido generalmente al del petróleo porque compiten en los mismos mercados de generación eléctrica o de calentamiento. En términos de impacto sobre los mercados energéticos, que se discute más abajo, lo que es importante no es sólo las variaciones de precios del petróleo

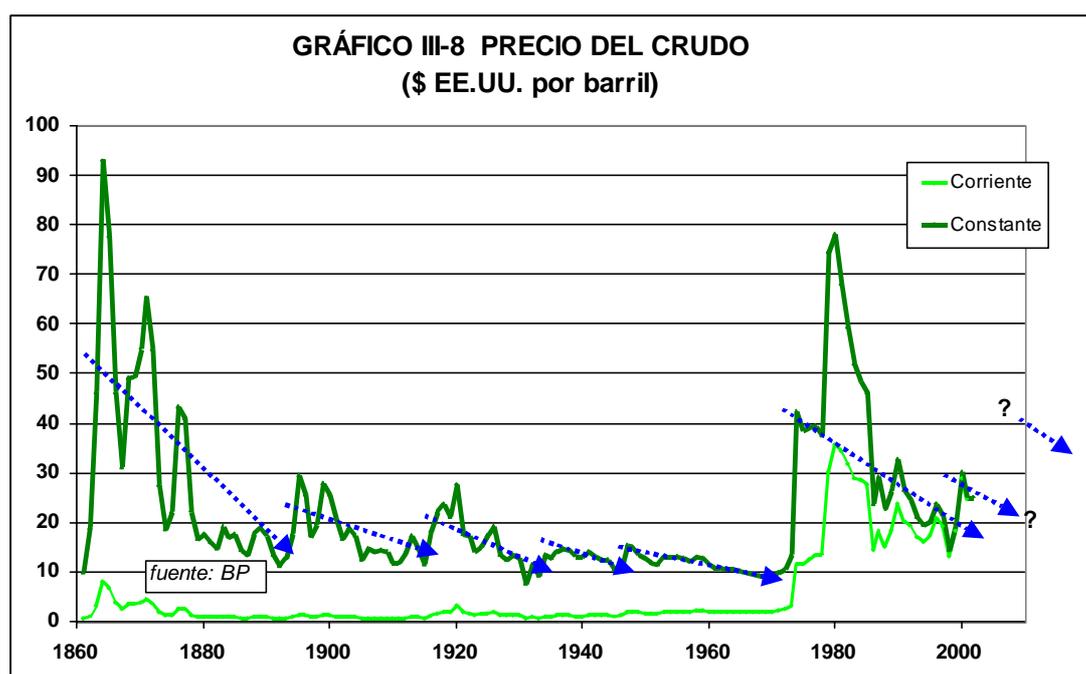
y gas natural consideradas conjuntamente, sino también el volumen de estas dos energías en el mercado total.

Precios Históricos del Petróleo

La producción mundial de petróleo era insignificante hasta el descubrimiento de Drake en 1859 en Pensilvania pero se incrementó rápidamente después, desde 6000 b en 1859 a más de 0,5 Mb en 1860, 2 Mb en 1861, 10 Mb en 1978 y 100 Mb en 1903. Esto ocurrió en un contexto de grandes fluctuaciones de precios que comenzaron ya en 1860 y continuaron durante largo tiempo, como se muestra en el Gráfico III-8. Existe una relación fundamental entre los altos costes fijos y bajos costes variables de la producción del petróleo (los altos costes fijos exigen altos precios para lanzar nuevas inversiones y que se utilicen a plena capacidad una vez que empiecen a funcionar, mientras que los bajos costes variables tiran de los precios hacia abajo siempre que exista exceso de capacidad) y cómo esto conduce a una enorme volatilidad en los mercados no gestionados.

Como se muestra en el Gráfico III-8:

- La volatilidad de los precios del petróleo ha existido siempre pero en diferentes grados: muy alta hasta finales de la década de 1870, alta en las décadas 1910-1920, muy baja en 1947-73 y media desde 1973;
- Cuando no existen restricciones de oferta, los precios reales del petróleo han tendido a disminuir aproximadamente un 3% por año (moneda constante). Esto refleja el progreso tecnológico y las economías de escala en la exploración y producción de petróleo;
- Cuando existe una restricción de oferta, los precios del petróleo suben para señalar la escasez y demandar nuevos suministros adicionales, más caros para complementar el pool existente.
- Por ello la historia es una de mayor o menor volatilidad en los precios del petróleo dependiendo del grado de control de un actor dominante, y muestra un perfil asimétrico con rápidas subidas y lentas bajadas.



Para abordar la volatilidad de los precios del petróleo, que tiene impactos muy diferentes dependiendo de si un país es un productor de petróleo o tiene alternativas, las herramientas elegidas son:

- Instrumentos de mercado (los mercados spot basados en ‘certificados de oleoducto’ aparecieron en Titusville en 1871 y en Oil City en 1873 y fueron seguidos por 20 estados adyacentes, desde Illinois (Chicago) hasta Nueva York, donde la Bolsa del Petróleo abrió en 1877). Los instrumentos de mercado fueron también usados entre 1911 y 1928 y de nuevo desde finales de la década de 1970.
- Control del mercado por un agente dominante, por ejemplo: desde finales de la década de 1870 hasta 1911 por Standard Oil, desde 1928 a 1941 por la Texas Railroad Commission, desde 1942 a 1947 por el gobierno de EE.UU. desde 1948 a 1959 de nuevo por TRC y desde su fundación en 1960 por la OPEP, que se discute con mayor detalle más adelante.

En resumen, los incrementos importantes de los precios del petróleo no son nuevos, pero los más tempranos, hasta la Segunda Guerra Mundial, no tuvieron impacto en el vínculo energía-PIB porque el petróleo era un pequeño componente del portafolio energético mundial en términos de cantidades (dedicadas a unos pocos usos finales tales como iluminación o el transporte) y la concentración geográfica de la demanda se centraba en los EE.UU. Los primeros incrementos de precios indicaron escaseces locales (por ejemplo, en las décadas de 1890 y 1910) que se revelaron temporales e insignificantes en términos de la disponibilidad global de recursos. Esto se confirma por la disminución media global de la tendencia del precio, en moneda constante, entre 1860 y 1970.

Una Vista Ampliada de los Precios del Petróleo desde 1948

En 1948, tal y como se discutió anteriormente, los EE.UU. pasaron a ser un importador neto de petróleo y la fijación global de precios se desplazó del Golfo de Méjico al Golfo Pérsico, con un salto desde 1,40 US\$/barril hasta 2,40 US\$/barril por el correspondiente coste adicional de 1 US\$/b de transporte marítimo. Una vez más, no hubo escasez porque el petróleo se hizo aún más abundante en el mundo gracias a los enormes descubrimientos que hubo en el resto del mundo en las décadas de 1950 y 1960.

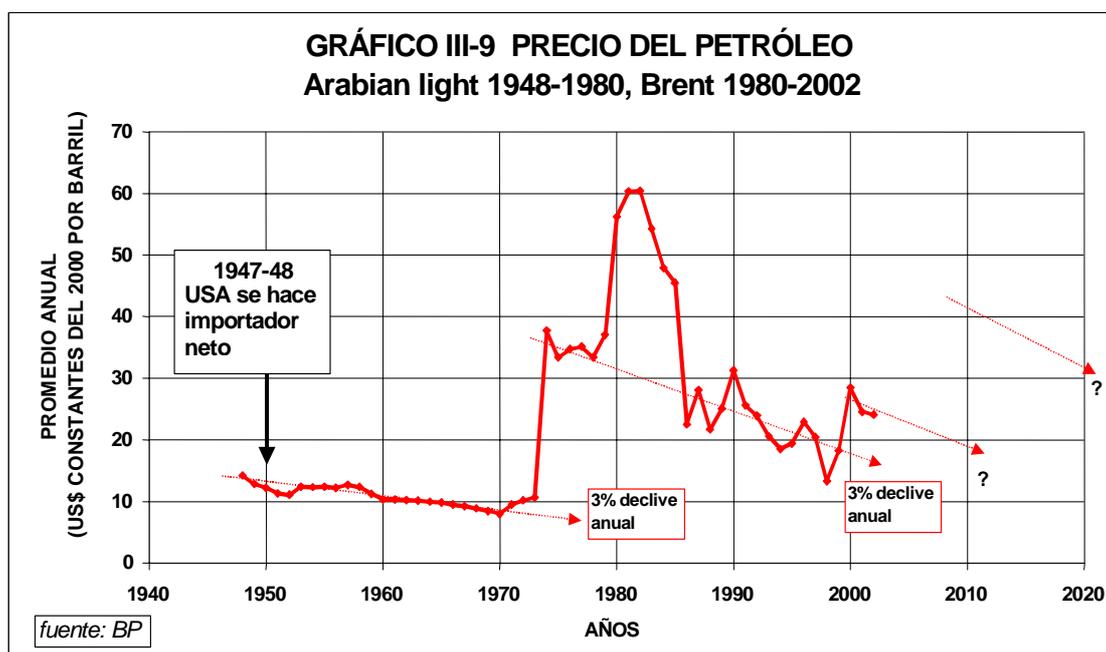
En 1960, la administración del Presidente Eisenhower de EE.UU. creó la cuota obligatoria de petróleo que dio lugar al cierre de hecho del mercado de petróleo de Estados Unidos. Este cierre significó que el papel anterior de la TRC como actor dominante en la fijación de precios no era ya necesaria en EE.UU. (en el mercado cerrado, las compañías petrolíferas nacionales podían producir y vender tanto petróleo como fueran capaces) y no estuvo disponible para el resto del mundo. Por ello, el mercado mundial se quedó sin un actor dominante. La creación de la OPEP en 1960 puede por tanto ser vista, en este contexto, como una respuesta a este vacío que hizo de los mayores exportadores los nuevos actores dominantes en el mercado mundial del petróleo.

Desde 1960 a 1973, la OPEP estuvo “ayudada” por tres características especiales del mercado del petróleo:

- La integración vertical del mercado, en el sentido de que para producir petróleo rentablemente era necesario disponer de las correspondientes salidas garantizadas aguas abajo.

- El dominio de las principales compañías, también llamadas las "siete hermanas" (Esso, Mobil, Chevron, Texaco, Gulf, Shell, BP) que estaban asociadas mediante un acuerdo de reparto del mercado que establecieron entre ellas por primera vez en Achnacarry, Escocia, en 1928.
- La capacidad de deshacerse del petróleo residual destinándolo a la generación eléctrica, contribuyendo de este modo a la dinámica de crecimiento que fue clave para la estabilidad del mercado y para su notable baja volatilidad.

Como en anteriores subidas importantes del precio, la primera crisis del petróleo de 1973 no indicó una escasez absoluta de petróleo sino un desequilibrio que crecía rápidamente en la disponibilidad y que hacía necesarios nuevos suministros primarios, de petróleo o de otras energías. Hay todavía una diferencia fundamental entre lo que ocurrió en el pasado y 1973: antes de 1973, o la cuota de mercado del petróleo era pequeña (es el caso hasta la Segunda Guerra Mundial) o, cuando subió (el caso desde dicha guerra), los precios permanecieron estables. La primera crisis del petróleo inició una nueva era en que la cuota del petróleo (y gas) en el mix energético era grande y los precios del petróleo eran volátiles y proclives a desplazamientos significativos como se muestra en el Gráfico III-9. Esta combinación explica la nueva importancia del petróleo y del gas después de 1973 que, comparada con los esquemas anteriores de contratos gestionados, fue anunciada como la liberación de los mercados del petróleo, un incremento en la flexibilidad spot y contractual y el comienzo de nuevas vías de financiación más robustas y variadas.



Cuando la OPEP emergió en 1974 como único “actor dominante”, también cambió el papel del petróleo en el mix energético. El petróleo se convirtió en la energía “en el margen”, y surgió una incertidumbre inevitable. El petróleo tuvo que rellenar un mercado que no se conocía por adelantado puesto que representaba el vacío entre una demanda incierta que dependía de un crecimiento económico incierto y de una oferta de energía rígida, exceptuando la de Oriente Medio, dependiente de decisiones de inversión realizadas de 6 a 10 años antes. Evaluar este vacío y abordarlo correctamente en tiempo real ha sido difícil para la OPEP; frecuentemente parece que no ha acertado al equilibrar oferta y demanda, pero un análisis en mayor profundidad de su comportamiento resulta provechoso.

Desde 1974, ha vuelto la volatilidad de precios del petróleo porque dos factores suavizadores, la integración vertical y la dinámica del crecimiento, han desaparecido. Sin embargo, la influencia de la OPEP es evidente porque después del proceso de aprendizaje basado en prueba y error de sus primeros años de existencia, la consistencia de la trayectoria del precio real a lo largo del período 1974-1999 es notable. El período 1979-1985 fue parte de este proceso de aprendizaje de prueba y error; fue iniciado por sucesos políticos – la revolución iraní y la guerra Irán-Iraq, que perturbó los fundamentos⁹ y se paró cuando la OPEP volvió a un régimen de precios coherente con los fundamentos del mercado energético en 1986.

El último elemento de la serie de precios de petróleo examinado aquí es el incremento de precios del petróleo que tuvo lugar en el 2000. Esta evolución es reciente y sucedió en un contexto de alta volatilidad lo que dificulta su análisis. Sin embargo se pueden distinguir tres rasgos:

- Primero, la tendencia del precio medio era de 17 US\$/b antes del 2000, mientras que desde entonces es de unos 25 US\$/b, el punto medio de la nueva banda de precios objetivo de la OPEP y 50% más alta que la tendencia anterior;
- Segundo, el momento parece excelente porque había necesidad de nuevos suministros¹⁰, en particular GNL en Norteamérica, que no habrían estado asegurados con el anterior nivel de precio del petróleo; y
- Tercero, la consistencia de este nivel de precios en los tres últimos 3- 4 años, con precios medios anuales similares en 2000, 2001, 2002 y los primeros meses de 2003.

¿Hacia Nuevos Incrementos de Precios de la Energía Primaria?

El precio del petróleo corresponde a un equilibrio entre la oferta y la demanda de energía en él que la demanda potencial evoluciona con el PIB y la oferta puede rezagarse de la demanda. Por ello hay una necesidad de centrarse en el lado de la oferta y las restricciones que supone para todas las energías primarias porque, al final, cualquier retraimiento en la oferta distinta del petróleo tendrá un impacto sobre la oferta del petróleo marginal del Oriente Medio OPEP y, por ello, imponer un nuevo precio del petróleo de equilibrio; si fuera demasiado alto, provocaría demasiada oferta nueva, y si fuera demasiado bajo, no traería suficiente oferta nueva.

Dados estos mecanismos de fijación de precios del petróleo cuando se hacen necesarios nuevos suministros de energía marginal, como en el claro ejemplo del vacío creciente en 1973-1974 creado por la disminución de la producción de EE.UU., cabe preguntarse si pueden darse de nuevo situaciones similares en el futuro. Para contestar a esta pregunta es útil examinar todas las fuentes de energía primaria en mayor detalle.

No hay certeza de que la OPEP sea capaz de alcanzar el equilibrio entre la oferta y la demanda energética a largo plazo por medio de incrementos de precios bien gestionados como los del 2000. Para que tal estrategia tenga éxito, habría que afrontar la posibilidad de que la oferta de una energía clave pueda caer inesperadamente (considerando los largos

⁹ Los aspectos fundamentales del petróleo iban dirigidos a una reducción de la demanda de petróleo, primero, por la entrada en funcionamiento de inversiones lanzadas después de 1973 para apartarse del petróleo, tal como el programa nuclear en Europa o las centrales de carbón en Norteamérica, y segundo, por el incremento de la producción no-OPEP. Ambos desarrollos sugerían una erosión de los precios, no un “shock”.

¹⁰ Otros factores que contribuían a esta necesidad modificada de nueva oferta fueron las limitadas capacidades ociosas que quedaban en Oriente Medio, el aplanamiento de la producción doméstica de gas en Europa y el pequeño crecimiento de la oferta no-OPEP de los últimos años.

tiempos de realización necesarios para que empiecen a funcionar las nuevas inversiones, mucho antes de se conozca realmente la demanda). También existe el disparate de Man, que puede interrumpir los planes mejor trazados y hacer anticuado o minar cualquier análisis de suministros OPEP y no-OPEP.

Cabe preguntarse si, a pesar de la presión a la baja sobre los precios reales del petróleo de alrededor del 3% anual producida por los avances tecnológicos como se indicó anteriormente, la era posterior a 1973 (no sólo los pasados 30 años, sino también las próximas décadas) no mostrará una tendencia al alza de los precios reales medios similar en magnitud a la disminución media en el período 1859-1948. Los decenios de 1950 y 1960 podrían, en este contexto, ser recordados como el período de precio de la energía más bajo entre dos períodos simétricos de precios cambiantes, bajando desde el siglo XIX hasta la Segunda Guerra Mundial y subiendo desde los años 70 hasta 2030-2050 posiblemente. Ciertamente, si el objetivo de la OPEP de 25 US\$/b se consiguiera y mantuviera durante un cierto tiempo, la tendencia del precio real del petróleo sería ascendente, superando el impacto descendente de la tecnología.

Una vez más, no hay certeza, porque la tendencia del precio medio dependerá de la intensidad de los futuros incrementos de precio del petróleo y en el período de tiempo comprendido entre estos saltos de precio durante los cuales los precios deberían bajar normalmente gracias al progreso tecnológico y a la economía de escala. Existen dos rasgos a considerar:

- *Ceteris Paribus*, los futuros incrementos de los precios del petróleo pueden ser más importantes que los de 1973 porque la demanda de petróleo se concentra hoy en unos sectores muy inelásticos donde las requeridas reducciones de la demanda energética en respuesta a las señales de precio supondrán importantes reducciones del PIB, mientras que era relativamente fácil cortar el consumo de fuel oil pesado en las centrales eléctricas y plantas industriales durante la década de 1970;
- Además, los períodos de precios estables o de bajada pueden ser más cortos que el de 1974 a 1999 (25 años) porque el mundo depende mucho del petróleo para la movilidad, y la oferta de petróleo puede encontrarse en una situación comprometida cuando el petróleo de fuera de Oriente Medio empieza a declinar, especialmente si esta disminución es demasiado rápida para ser compensada con las capacidades marginales de Oriente Próximo.

En conclusión, en tanto que el petróleo sea la energía “bisagra”, su precio será un indicador fundamental para el mercado energético. Aunque el historial reciente de la OPEP es bueno, ha sido incapaz de prevenir la crisis de 1973, la segunda crisis del petróleo en 1979-80, o la alta volatilidad de 1990-91 y la de los últimos cinco años. Por ello, y por muchos esfuerzos y experiencia acumulada por la OPEP como actor dominante en la fijación de precios del petróleo y gas natural, no se puede asegurar una suave evolución de los precios en el futuro.

¿Es Posible que Alguien Nuevo fije los Precios en el Futuro?

Dadas las consecuencias de gran alcance del cambio de la oferta de energía marginal, el carbón hasta la primera crisis del petróleo y el petróleo desde entonces, cabe preguntarse si en el futuro previsible pueden aparecer cambios drásticos similares o si el petróleo va a ser siempre el combustible marginal. El petróleo es líquido y está concentrado, que no es el caso (sin intervención) del gas natural; el petróleo es fácil de almacenar y transportar, lo que le hace el combustible ideal para el transporte (excluyendo los trenes eléctricos que se basan en una infraestructura eléctrica, pero incluyendo los coches, camiones, trenes diesel,

aeroplanos y barcos). El petróleo podría ser útil para fines no imaginados en términos de nuevas tecnologías y nuevos servicios.

Si la economía del hidrógeno fuera a sustituir algún día a la economía del petróleo, tendría que ser producido a partir de otras energías primarias. La llegada de la “era del hidrógeno” necesitará solventar tres retos técnicos:

- Primero, y sobre todo, la posibilidad de producir hidrógeno económicamente partiendo de la nuclear, las renovables o de los combustibles fósiles, que requeriría el secuestro de su carbono.
- Segundo, el desarrollo de una infraestructura totalmente nueva para almacenar, transportar y entregar el hidrógeno, aunque hay alguna oportunidad para utilizar los gasoductos de gas natural para su transporte.
- Tercero, la disponibilidad de pilas de combustible a costes competitivos con los del motor alternativo.

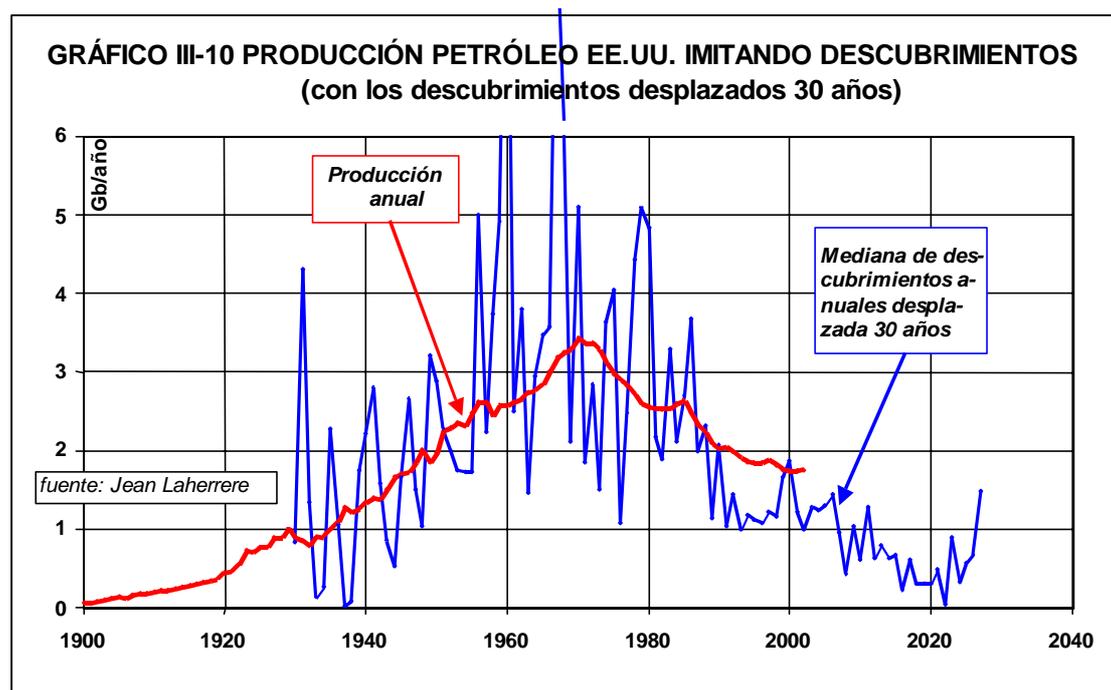
Esto puede parecer una combinación improbable, especialmente si uno cree que la Madre Naturaleza todavía puede facilitar mucho petróleo en el futuro. Otra posibilidad próxima al concepto “hidrógeno”, pero con la adición de pequeñas cantidades de carbono, es hacer líquidos sintéticos partiendo de fuentes de energía primaria sólidas o gaseosas existentes que se añadirían al conjunto existente de combustibles líquidos y dependerían de las mismas infraestructuras y los mismos dispositivos que hoy (turbinas, calentadores, motores de explosión). De hecho la tendencia hacia más combustibles ‘sintéticos’ ya es evidente hoy en día. Es posible, por ejemplo, que los combustibles líquidos sintéticos producidos por un proceso tipo Fisher-Tropsch basado en el carbón/gas/biomasa se conviertan en el nuevo fijador de precios de los líquidos.

Si los próximos en fijar los precios fueran los combustibles líquidos sintéticos obtenidos a partir del carbón, gas natural o biomasa por un proceso semejante al Fisher-Tropsch, el papel del petróleo como ‘rey de la energía’ podría cambiar junto con el papel de la OPEP como actor dominante que es hoy. Esto traería con certeza una nueva estabilidad al mercado energético mundial que entraría en un largo período de bajada de los precios de la energía primaria. Sin embargo, entre el momento actual y la llegada hipotética de esta ‘era de los combustibles líquidos sintéticos’ pueden aparecer muchas bifurcaciones gracias a avances muy importantes en las tecnologías de producción y en las de uso final que pondrían al mundo en una trayectoria completamente diferente.

C. POSIBLES DESEQUILIBRIOS EN LA OFERTA ENERGÉTICA FUTURA

El Caso del Petróleo

El Gráfico III-10 muestra que el descenso de la producción de petróleo de EE.UU. era previsible. De hecho, había sido prevista por algunos geólogos (Hubbert, en particular) basándose en los datos de nuevos descubrimientos. Ningún experto discute que la evolución de los nuevos descubrimientos en áreas bien exploradas es un precursor de la forma del perfil de producción, pero no hay acuerdo más allá, por ejemplo para determinar que la curva de producción debería tener forma de campana simétrica y ser usada para estimar las reservas últimas.



Oferta de Petróleo Fuera de la OPEP Oriente Medio

Las mismas clases de fundamentos se muestran en el Gráfico III-11. De acuerdo con el perfil de descubrimientos pasados, la oferta de combustible fuera de la OPEP Oriente Medio debería ser más o menos plana entre 1985 y 2010. Sin embargo, los descubrimientos pasados pueden dar sólo una indicación cualitativa y no una predicción precisa. La realidad es diferente, y la producción de petróleo se ha incrementado súbitamente desde 1985 por el que puede ser llamado “petróleo de nueva tecnología”, principalmente de la antigua URSS y aguas profundas. Merece ser mencionado que:

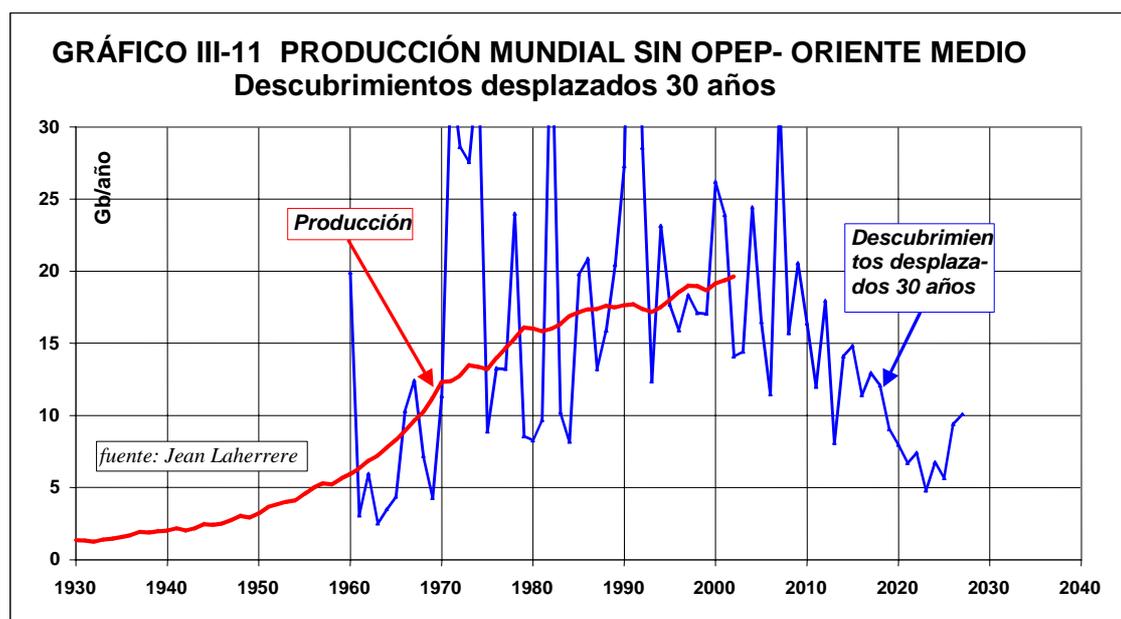
- La introducción de tecnologías modernas en Rusia ha incrementado la productividad de los campos existentes en comparación con el perfil que habrían tenido en la era soviética;
- La tecnología occidental ha permitido también la explotación de las reservas de alto contenido en azufre y alta presión del mar Caspio y el descubrimiento de nuevos campos, por ejemplo, Kashagan.
- La producción de petróleo en aguas profundas es una nueva y costosa frontera. Su economía es atractiva si el petróleo se produce muy rápidamente, y algunos de los descubrimientos de finales de la década de los 80 y de la década de 1990 están produciendo cantidades significativas de petróleo.

Aunque no hay duda de que estas nuevas contribuciones tendrán un impacto creciente hasta al menos el 2010, cabe preguntarse si serán suficientes después de esa fecha para prevenir el declive que sugiere el perfil de descubrimientos anteriores. De hecho dos elementos sugieren que el declive puede ser rápido:

- Los nuevos descubrimientos en la FSU (principalmente en la región del Caspio) y la producción de aguas profundas pueden suponer sólo 100 Gb;
- La tecnología es una espada de doble filo: primero acelera la producción, luego acelera el declive.

En *Energy Strategy for Russia until 2020 (Estrategia Energética de Rusia hasta el 2020)* publicada por el Gobierno en agosto del 2003, se predice que el petróleo de Rusia disminuya por una serie de razones, bajando desde 75 millones de toneladas en 2002 a 30 – 50 millones de toneladas en 2020.

Si el declive fuera tan pronunciado como sugiere el ritmo de descubrimientos, habría necesidad de otra subida del precio del petróleo para generar inversiones en nuevos suministros de energía primaria



Petróleo no Convencional y la OPEP Oriente Medio

No es probable que el *petróleo no convencional* llene el vacío. Aunque la base de recursos es grande y el progreso tecnológico ha hecho que los precios bajen hasta niveles competitivos, la dinámica no sugiere un incremento rápido de este suministro sino, más bien, un largo y lento crecimiento durante varias décadas. Dos ejemplos son dignos de mención:

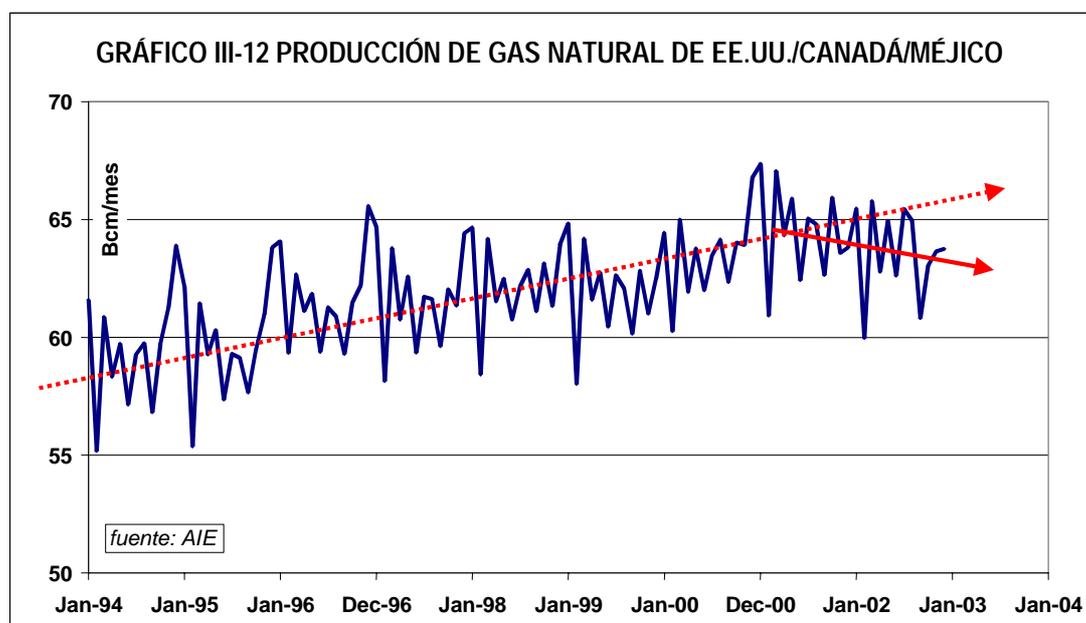
- En el Orinoco, Venezuela, con un marco geológico favorable, TOTAL espera la recuperación de un 8% en 30 años en su área de concesión. Si este valor se promediase para marcos geológicos menos favorables y extrapolase a todo el cinturón del Orinoco, las reservas totales hoy sólo serían de ~ 60 Gb en 30 años, permitiendo en el mejor de los casos una producción de 6 Mb/día en el 2030 si toda la zona se pusiera en producción.
- Las arenas petrolíferas de Canadá se anuncian ahora con una base de reservas de 170 Gb, pero el desarrollo de estas reservas ha estado plagado de dificultades que llevará tiempo resolver – exceso de coste, necesidades de agua, coste del gas natural para el gas de proceso. Las estimaciones actuales sitúan la producción adicional de Canadá en menos de 2 Mb/día en 2015-2025, en comparación con 2,12 Mb/día en el 2000.

Los campos en producción en la OPEP-Oriente Medio superan los 50 años de antigüedad (el número de años desde que comenzó la producción ponderado con la producción actual). Cualesquiera que sean las reservas últimas, llegarán a declinar algún día. ¿Cuándo? No hay consenso y es un tema delicado dada la importancia del petróleo tanto para los países

productores como para los consumidores, algo que el nuevo Foro Internacional de la Energía, radicado en Riyadh, abordará seguramente. Baste con decir que incluso si esta región puede continuar produciendo durante décadas, no se puede dar por sentado que estos campos antiguos serán capaces de ‘hinchar’ su producción hasta los niveles necesarios para llenar el vacío creado por la posible disminución de la producción de petróleo en el resto del mundo.

El Caso del Gas Natural Norteamericano

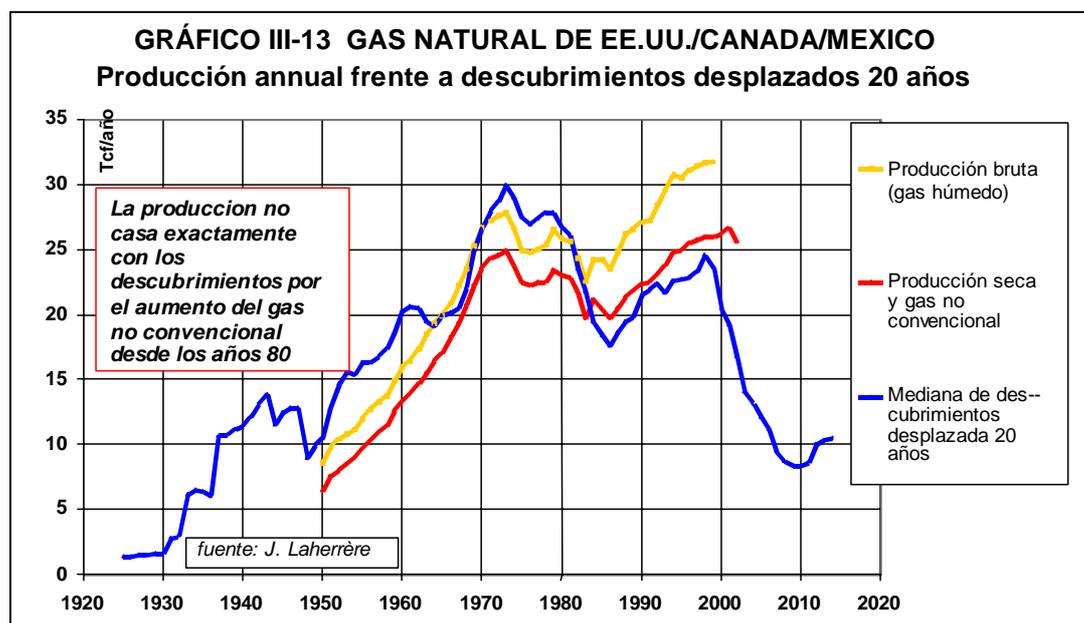
Hoy en día, el gas natural norteamericano supone el 7% de la oferta energética mundial. Después de haberse incrementado anualmente alrededor de un 1,3%, la producción ha comenzado ahora a disminuir de forma simétrica como puede verse en el Gráfico III-12. A efectos comparativos, el petróleo de EE.UU. representaba a comienzos de la década de 1970 el 8% de la oferta energética mundial y estaba creciendo al 4% anual antes de empezar a disminuir de forma simétrica. Por eso el vacío a llenar era 3-4 veces mayor que el del gas norteamericano actualmente¹¹.



Como se muestra en el Gráfico III-13, si se amplía la perspectiva anterior a corto plazo y se muestran los ‘aspectos fundamentales del gas’, se ve que este declive era previsible por la relación entre los descubrimientos pasados y el perfil de producción. Extrapolando esta relación sobre la base del declive de los descubrimientos hace 20 años se anticipa un cambio de tendencia en la oferta de gas de Norteamérica, que es lo que realmente ocurrió.

Lo que resulta chocante es que el perfil de producción de gas de Norteamérica refleja en líneas generales la pauta de los anteriores descubrimientos. Pero cuanto más se aproxima el valor de reservas descubiertas al valor último esperado, mejor es el acuerdo. El concepto de ‘valor esperado de últimas reservas’, o las ‘reservas medias’, está relacionado con el proceso de estimación de reservas de un descubrimiento.

¹¹ En octubre de 2002, el Credit Suisse First Boston estimaba una producción adicional de 1,38 Mb/día en el 2010 que se incrementaría hasta 1,71 Mb/día en el 2015. En febrero de 2003, el National Energy Board (NEB) de Canadá sugirió que la producción adicional podría elevarse en el mejor escenario (“Empujón del suministro”) hasta 1,83 Mb/día en 2013 antes de declinar hasta 1,65 Mb/día en 2025, y que estos números serían inferiores en 0,4-0,5 Mb/día en el otro escenario (Verde técnico)



Las reservas se declaran sobre la base de juicios que dependen de la información disponible y se comunican de acuerdo con las reglas financieras de información establecidas para proteger a los accionistas. El resultado del proceso es que las reservas declaradas:

- Son muy conservadoras en el momento del descubrimiento (las incertidumbres son muy grandes);
- “Crecen” cuando progresivamente se va recibiendo información adicional sobre el campo; y
- Sólo se conocen con certeza al final de la vida del campo que entonces igualan a la producción acumulada a lo largo del tiempo.

Si se promedia este conocimiento progresivo y el correspondiente crecimiento de reservas para todos los campos conocidos, se obtiene una función de crecimiento medio que puede ser aplicada a los campos recién descubiertos. El resultado es una estimación del valor de reservas “esperado” o “medio”, es decir, lo que se espera en términos de producción acumulada en toda la vida del campo.

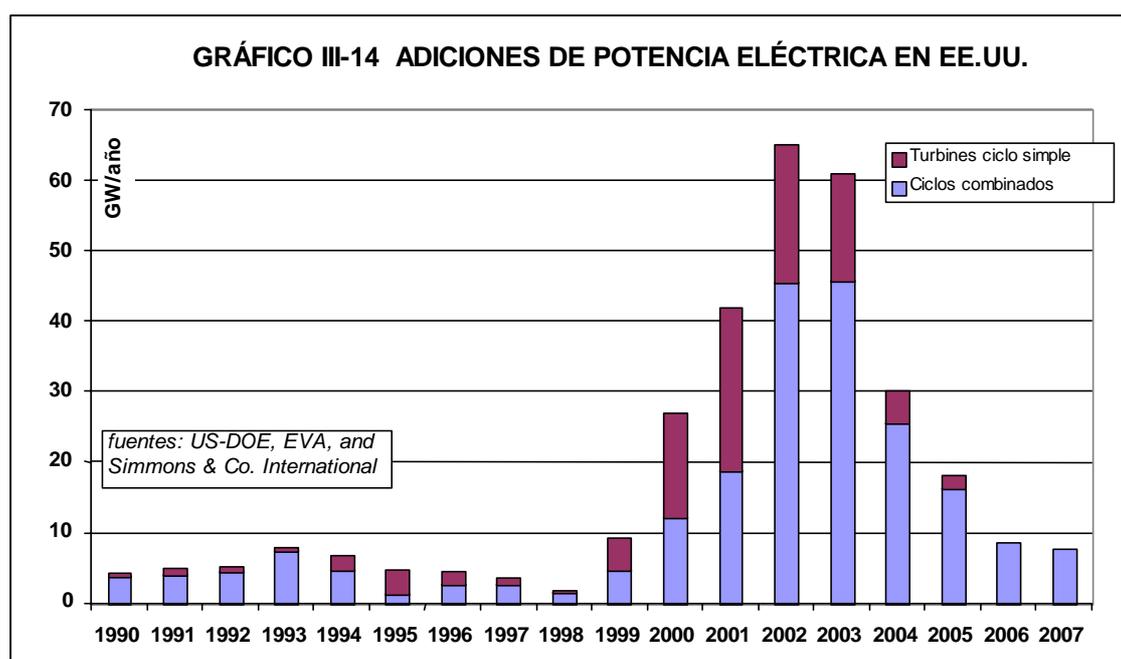
El desplazamiento de 20 años se soporta por la calidad de la correlación. Puesto que la misma metodología aplicada separadamente a tres sub-regiones –EE.UU., Canadá y Méjico – revela el mismo retardo de 20 años para cada una de ellas, se confirma que la correlación es sólida, al menos en términos cualitativos. El ir más allá y utilizar la extrapolación como una predicción verdadera podría ser engañoso porque los tiempos de puesta en producción y las tasas de declive individuales han cambiado en el tiempo debido a las mejoras en la tecnología. Por ejemplo, el gas representa hoy cinco Tcf/año que no están registradas como descubrimientos, y el gas de aguas profundas que ha sido descubierto desde finales de la década de 1980 está ya en producción.

El problema de Norteamérica es la situación tensa que se desarrolla entre un suministro doméstico que está disminuyendo y la aparición de nuevas demandas en el sector energético. Dada la posible cancelación de centrales eléctricas en construcción en Norteamérica, el número final de nuevas centrales puede estar más cerca de 200-250 GW que de los 300 GW esperados que se reflejan en el Gráfico III-14. Aún así, como la mayor

parte de esta capacidad corresponde a centrales de gas, la demanda potencial de gas es todavía muy grande.

Se espera que la demanda de electricidad en Norteamérica crezca a una tasa del 2,5% anual, que supone 100 TWh adicionales por año de los que 50 TWh, como máximo, serán aportados por un mejor factor de carga de las centrales de carbón y aproximadamente 50 TWh por centrales de gas. Suponiendo un rendimiento medio del 50% (es decir un consumo calorífico de 6800 BTU/kWh, un valor alto para centrales de carga media/punta, pero se supone que algunas centrales antiguas serán cerradas y sustituidas por centrales nuevas más eficientes) los 50 o más TWh de gas natural requieren 1Bcf/día por año de nuevo suministro de gas natural.

Tal valor resulta conservador si se compara con valores históricos recientes. La demanda de gas en EE.UU. para electricidad (empresas eléctricas y otras¹², es decir, cogeneración industrial) era 5,75, 6,33, 6,67 Bcf/día en 1999, 2000 y 2001, respectivamente. Además, lo que es verdad para EE.UU. también lo es para Méjico y el nordeste de Canadá que tienen necesidad de aire acondicionado durante el verano. Por tanto, el suministro de gas real para satisfacer el incremento de la demanda eléctrica en Norteamérica puede necesitar ser incrementado en 1,5 Bcf/día cada año, a corto plazo.



Combinando la reducción de producción doméstica de 1 Bcf/día con los 1,5 Bcf/día de demanda adicional en el sector de generación eléctrica dan lugar a un vacío de suministro anual de 2,5 Bcf/día. Hasta el 2010, en que pueden estar disponibles el gas Ártico de Prudhoe Bay y del delta del Mackenzie, la única fuente para este gas son las importaciones de GNL, en particular desde África y Oriente Medio, aunque Bolivia y algunos otros países también están vigilando este vacío en el mercado. Sin embargo, como es improbable que el

¹² Los datos de EE.UU. son confusos porque existen dos sectores: compañías eléctricas (utilities) y otros (non-utilities):

- Las centrales de otros proporcionan un suministro de carga base porque las necesidades de electricidad y calor de la industria son más o menos constantes a lo largo del año. La tendencia de esta demanda es ligeramente creciente pero puede variar rápidamente si algunos sectores industriales dejan de ser competitivos (por ejemplo: hornos de aluminio)
- Las plantas de las empresas eléctricas suministran la carga media/punta durante el verano cuando las demandas residenciales y comerciales son bajas. Esta demanda ha crecido rápidamente en los últimos tiempos y se espera que continúe con un crecimiento fuerte.

GNL pueda crecer a este ritmo, equivalente a 2 terminales nuevas de GNL al año, se producirá un déficit potencia que empujará los precios al alza para limitar la demanda, especialmente en el sector industrial.

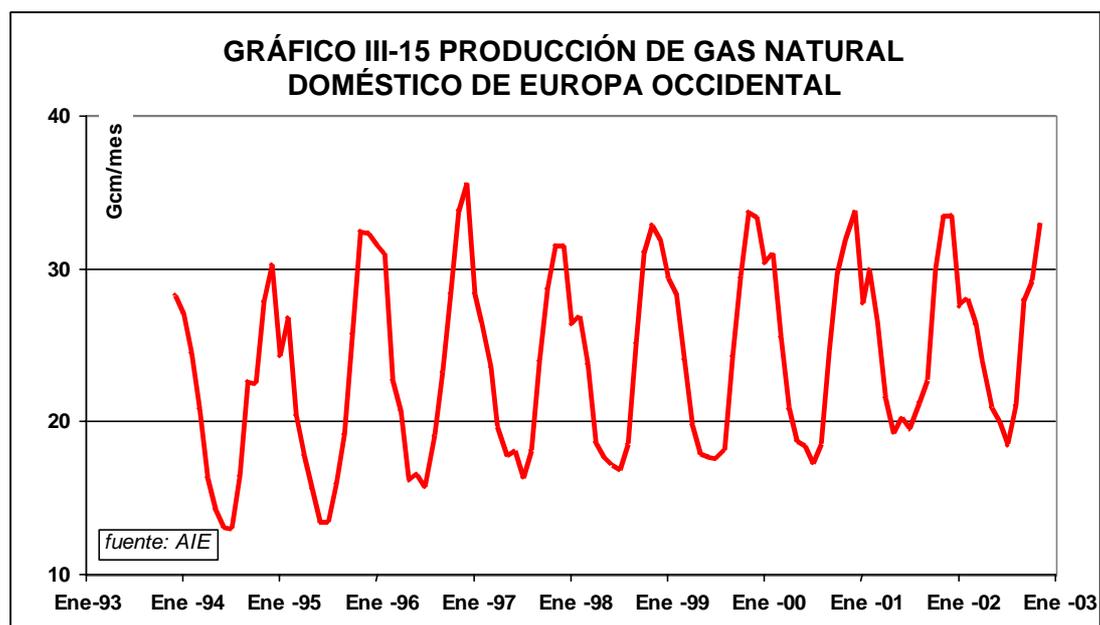
A su vez, la creciente importancia del GNL en Norteamérica desencadena un cambio fundamental en el mundo del GNL.

- Hasta ahora, el GNL ha estado dominado por Europa y Asia, integrado verticalmente y basado en contratos a largo plazo cuyo precio y flexibilidad están fijados por adelantado. Los precios en Europa eran de alrededor de 2,5 US\$/MBtu (en línea con un precio del petróleo de 17 US\$/barril)
- El nuevo mundo del GNL incorpora el enorme mercado Norteamericano que es profundo, competitivo, flexible, basado en las transacciones spot, y bien dotado de capacidad de almacenamiento. Con un nuevo precio del petróleo 25 US\$/barril, los precios base de gas spot que se ofrecen son suficientemente altos para atraer grandes suministros de GNL. Norteamérica esta así preparada para convertirse en el mercado de balance para el mercado mundial de GNL.

Mientras que en el anterior mundo verticalmente integrado de GNL, antes de 1999-2000, no había necesidad de arbitrajes spot excepto los que resultaban de una producción mejor de la esperada de las cadenas de GNL, la nueva era del gas se caracteriza por la desintegración vertical de las cadenas de GNL y el progresivo dominio de los arbitrajes a corto plazo. Esta evolución se acelerará por las reformas del mercado europeo que abre el acceso a las infraestructuras y favorece la competencia gas a gas. Esto se confirma por el incremento de las transacciones “spot” y “swap” de GNL desde 2Mt/año anteriormente a 1998 hasta 4,7, 7,6 y 11,4 Mt en los años 1999-2001 respectivamente. Este es un cambio drástico, comparable al cambio de un mercado de petróleo verticalmente integrado a un mercado dominado por las transacciones spot, que ocurrió después de 1973.

El Caso del Gas Natural de la Europa de la OCDE

El mar del Norte es una región madura, y la producción de gas natural en los principales países productores de Europa occidental está lista para empezar su declive, rápidamente en Alemania, lentamente ahora en el Reino Unido, pronto comenzará en los Países Bajos y Dinamarca y probablemente la próxima década en Noruega. En conjunto, tal como se muestra en el Gráfico III-15, la producción doméstica europea de invierno puede haber alcanzado su pico en 2001-2002, casi al mismo tiempo que Norteamérica (2000). La producción anual está todavía creciendo porque, paradójicamente, la madurez de los campos no les permite oscilar entre verano e invierno tanto como hacían en los 90 manteniendo, por consiguiente, alta la producción del verano.



Aunque la situación de la oferta no es alarmante a corto plazo porque la demanda no está creciendo mucho tampoco (el exceso de capacidad actual en el sector energético no hace necesario recurrir masivamente al gas como en Norteamérica – con la sola excepción de los países mediterráneos y en particular España), el tema de nuevos suministros exteriores es pertinente para el futuro de los precios europeos. La importancia para Europa de los países exportadores, en particular la FSU, fue recientemente recalcado por el Libro Verde sobre la Energía de la Comisión Europea. De forma similar, en su reciente Libro Blanco sobre la Energía, el gobierno del Reino Unido se muestra preocupado por su cambio de status a importador neto de energía alrededor del 2006 ya que, al mismo tiempo, se ha impuesto un ambicioso plan de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La nueva oferta para Europa vendrá de África (por ejemplo, Argelia, Egipto, Libia y Nigeria), pero en el margen, la principal elección será entre Rusia y Oriente Medio.

Futuras Exportaciones de Gas de Rusia a Europa

Rusia ha sido un suministrador importante y fiable de gas natural en Europa, pero la reestructuración de la economía y el colapso del consumo de energía, incluyendo el de gas natural, han ocultado en alguna medida la situación de la oferta en esta región. El enorme tamaño de las reservas oficiales de gas natural fue percibido como una garantía en términos de abundancia de suministro barato, pero Rusia ahora se enfrenta a un cierto número de problemas.

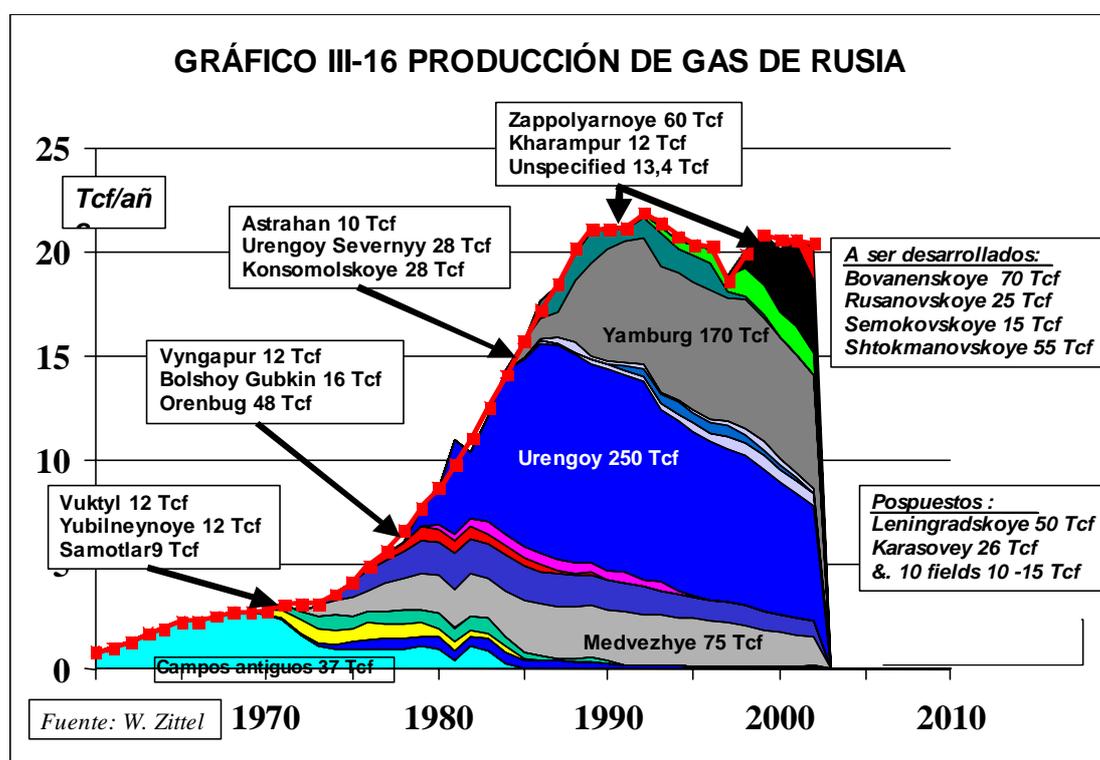
Primero, hay una enorme necesidad de nuevas inversiones privadas en la infraestructura del gas natural ruso. En el documento *Energy Strategy for Russia until 2020*, citado anteriormente, se espera que las exportaciones crezcan desde 185.000 millones de metros cúbicos año en el 2002 hasta 275.000 millones de metros cúbicos en 2020. Para conseguir tal incremento, se estima que es necesario invertir 200.000 millones de US\$ en infraestructura y campos de gas en Siberia, el Lejano Este y Yamal.

Segundo, el consumo doméstico en Rusia es mayor que el que debiera ser, gastando así recursos que podrían ser exportados, porque los precios domésticos son muy bajos y no

reflejan el coste del suministro y la competencia marginal que debiera existir normalmente entre uso interno y exportación. El gobierno ruso es consciente del problema pero ha preferido limitar las subidas de precio para contener las presiones inflacionistas sobre la economía rusa.

El precio¹³ del gas al por mayor hoy día en Rusia es seis veces menor que en EE.UU. o Europa, y el consumo doméstico es de 370 – 380 Bcm/año. Los bajos precios tienen también un impacto en lo que Rusia podría sacar de las repúblicas del Caspio. Ellos exigen tarifas en línea con los precios de exportación, mientras que Gazprom sólo puede ofrecer precios "netback" basados en la media ponderada entre sus exportaciones y su mercado doméstico.

Tercero, también existe preocupación por el declive de los campos grandes que alimentaron el crecimiento de la oferta durante la era soviética. Como se refleja en el Gráfico III-16, los importantes campos de Medvezhye, Urengoy y Yangurg están agotados en un 78%, 67% y 46% y ahora disminuyen al ritmo de 30 – 40.000 millones m³/año. Actualmente, el 80% de las inversiones de Gazprom son para mantener el nivel actual de producción de gas. Zappolyaroye en Siberia occidental es el último campo de gas que ha entrado en funcionamiento (2002) y debería alcanzar su plena capacidad de 100 Bcm/año en el 2004, contribuyendo a contrarrestar el declive de los viejos campos de Urengoy, Yamburg, Medvezhye y Orenburg.



¹³ El precio en 2001 era sólo 0,40 – 0,45 \$/MBtu. El gobierno aprobó una subida del 15% sólo a partir del 1 de julio de 2002 para las tarifas industriales y residenciales. Esta es una subida demasiado pequeña para reducir la demanda interna de gas y para permitir a Gazprom contar con los ingresos domésticos para financiar alguno de sus mega-proyectos. Y aunque la deuda de los consumidores a las compañías de gas se ha reducido a casi la mitad en los dos últimos años, los usuarios rusos todavía deben 44.900 millones de rublos (1,44 G\$) por entregas pasadas; es más, sólo 29 de las 89 regiones de la Federación Rusa están al día en el pago de sus facturas de gas.

Tras el desarrollo de Zappolyaroye y sus satélites viene el desarrollo de los campos de gas supergigantes de la península de Yamal (Bovanenkovskoye, Novoportovskoye y Kharassavey) y la construcción de un nuevo gasoducto entre Yamal y Kassel, Alemania) donde se conectará a la red gasista europea. Los principales gasoductos del proyecto exigirán alrededor de 10.900 km de tubería de 56 pulgadas, diseñadas para presiones de operación sin precedentes de 83 bar. De las cinco secciones más importantes del proyecto, solo los tramos bielorruso y polaco han sido terminados hasta ahora (y se utilizan para transportar gas ruso que no procede de Yamal hacia occidente). Mientras que la construcción de la sección alemana no supondrá grandes problemas, los 3.000 km de la ruta rusa principal se presentan como un reto importante, especialmente la parte norte desde Yamal a Ukhta (unos 1.220 km) muchos de los cuales transcurren sobre territorios permanentemente helados. El coste total de la inversión del proyecto Yamal – Europa se estima en 45 –50.000 millones de US\$ para una capacidad final de diseño de la red de 67 Bcm/año. Tales estimaciones de coste explican porqué muchas de las estimaciones más frecuentemente citadas de precios del gas natural suministrado a Europa por este proyecto son más altas que 4 o 5 US\$/MBtu.

El panorama para el Mar de Barents del Norte puede no ser mejor. Primero, Gazprom tendrá que esperar que haya una legislación adecuada sobre acuerdos de compartir producción (PSA) porque la ley rusa actual adolece de “incompatibilidad orgánica” con tales acuerdos y las empresas extranjeras de petróleo y gas insisten, naturalmente, en tener un acuerdo claro antes de entrar en la fase de ejecución del proyecto. Segundo, incluso sobre el papel, el coste de desarrollar el campo supergigante de Shtokmanovskoye es grande llevando el precio planificado para entregas en Europa a más de 4 \$/MBtu.

Para terminar, en el momento en que se produzca un vacío de suministro en Europa occidental, el objetivo declarado por Gazprom es mantener su nivel de producción estable en alrededor de 530 Bcm/año durante las dos próximas décadas, objetivo que ya parece ambicioso. Y la nueva relación energética entre EE.UU. y Rusia así como el interés ruso en los mercados de gas natural de Asia, pueden alterar la dinámica de las negociaciones Europa occidental – Rusia para futuros proyectos.

Futuras Exportaciones de Gas desde Oriente Medio a Europa

El gas de Oriente Medio podría llegar a Europa bien como GNL, que ya ha empezado, o por gasoductos. El coste del GNL entregado en Europa es 3 \$/MBtu o menos, que, vistos los precios europeos actuales, es competitivo pero tiene dos limitaciones: el crecimiento de la disponibilidad de GNL y la necesidad de compartirlo con Norteamérica donde los precios ya resultan atractivos y la capacidad de recepción está creciendo rápidamente.

La construcción de gasoductos por una posible ruta sur – desde Oriente Medio a Turquía, Bulgaria y ya directamente, o a través de Yugoslavia, a Grecia e Italia – debe afrontar dos clases de restricciones: la necesidad de tener muchos acuerdos transfronterizos (un problema que el tratado de la Carta Europea debería facilitar, y la situación turca, donde la crisis económica y el crecimiento más lento de lo previsto de la demanda de gas ha llevado a la decisión de interrumpir los suministros desde Irán o desde Rusia, en particular por el gasoducto de nueva construcción de aguas profundas Blue Stream. Esta decisión tendrá un impacto sobre los suministradores potenciales y ralentizarán los proyectos para extender los gasoductos actuales hacia el oeste.

La postura positiva de Turquía, que ve favorablemente este proyecto como medio de evitar tener exceso de suministro en el futuro como el que ahora están experimentando y obtener gas más barato (un precio "netback" más bajo basado en el gas entregado a Europa), puede

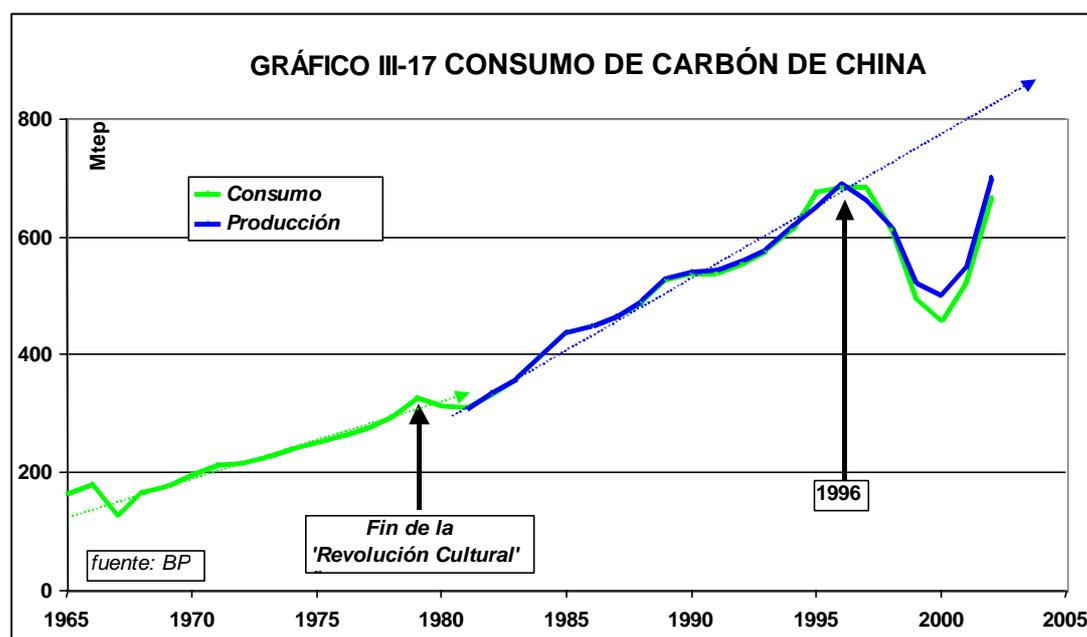
no ser suficiente para convencer a los suministradores de que la extensión hacia el oeste tiene sentido.

Otras Fuentes Energéticas

El análisis de la oferta de energía se ha concentrado principalmente en los mercados de petróleo y gas natural y en la forma en que el petróleo continúa impactando muchas decisiones de la política y negocios energéticos. Sin embargo, hay otras fuentes energéticas importantes, algunas de las cuales suponen suministros abundantes y compiten en la generación eléctrica de carga base. El siguiente análisis no es una revisión sistemática sino una breve descripción de unos pocos Activadores de la oferta que pueden desempeñar un papel en el futuro.

Carbón

El carbón es tan importante en tantos mercados que el CME ha emprendido un estudio especial sobre el carbón global que será dado a conocer en el Congreso Mundial de la Energía de Sidney en septiembre de 2004. El consumo de carbón está aumentando en todo el mundo excepto en la FSU y China (donde tanto la producción como el consumo cayeron después de 1996 como consecuencia de la importante reestructuración que tuvo lugar). El Gráfico III-17 presenta los datos del *BP Statistical Review of World Energy (2003)*.



Los mensajes que surgen sobre el carbón de China son los siguientes:

- La producción y el consumo de carbón fueron muy similares hasta 1996, cuando empezó un importante declive que se prolongó hasta 2000 (producción un 30% inferior a la de 1996);
- Desde 1996 al 2000, la producción de carbón superó al consumo, resultando en un gran crecimiento del almacenamiento (100 –200 Mt en 1996);
- Una mejor logística del transporte por ferrocarril ha permitido el embarque de parte de estos suministros para el mercado de exportación. Las exportaciones de carbón

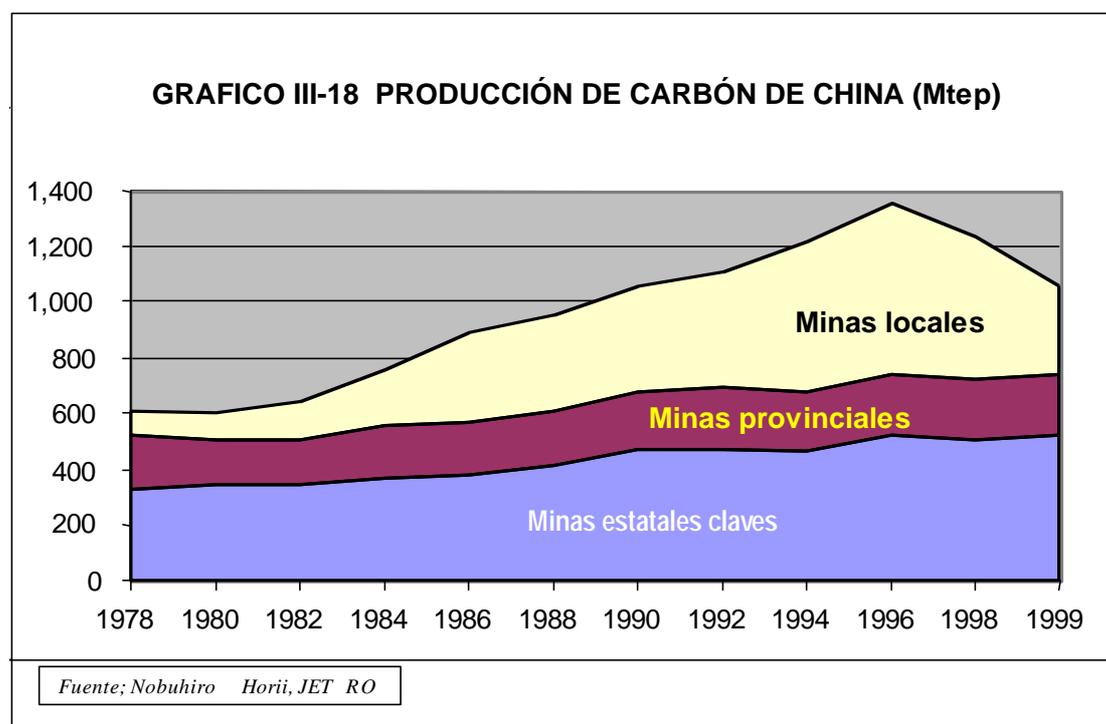
de China crecieron desde 32 Mt en 1998 hasta más de 90 Mt en 2001. Las exportaciones en 2002 fueron de alrededor de 84 Mt;

- La producción y consumo de carbón en China parecen haberse relanzado vigorosamente desde 2001 y mantiene la subida pero, como se indica más abajo, no está totalmente claro que pueda sostenerse.

El gobierno chino estaba preocupado por el crecimiento de las baratas pero inseguras minas locales que estaban “descremando” los depósitos de carbón, estropeando la economía de las reservas sin explotar y compitiendo con las minas oficiales estatales; por ello, el gobierno introdujo duras regulaciones y cerró muchas minas locales (31.000 minas en 1998 y 1999 que dio lugar a una producción en 1999 de 1.044 Mt, es decir, 280 Mt o 24% menos que en 1996) con una producción planificada de 890 Mt en el 2000 (Gráfico III-18).

Los datos sobre el carbón chino no son enteramente fiables y las interpretaciones se centran solo en unos pocos aspectos:

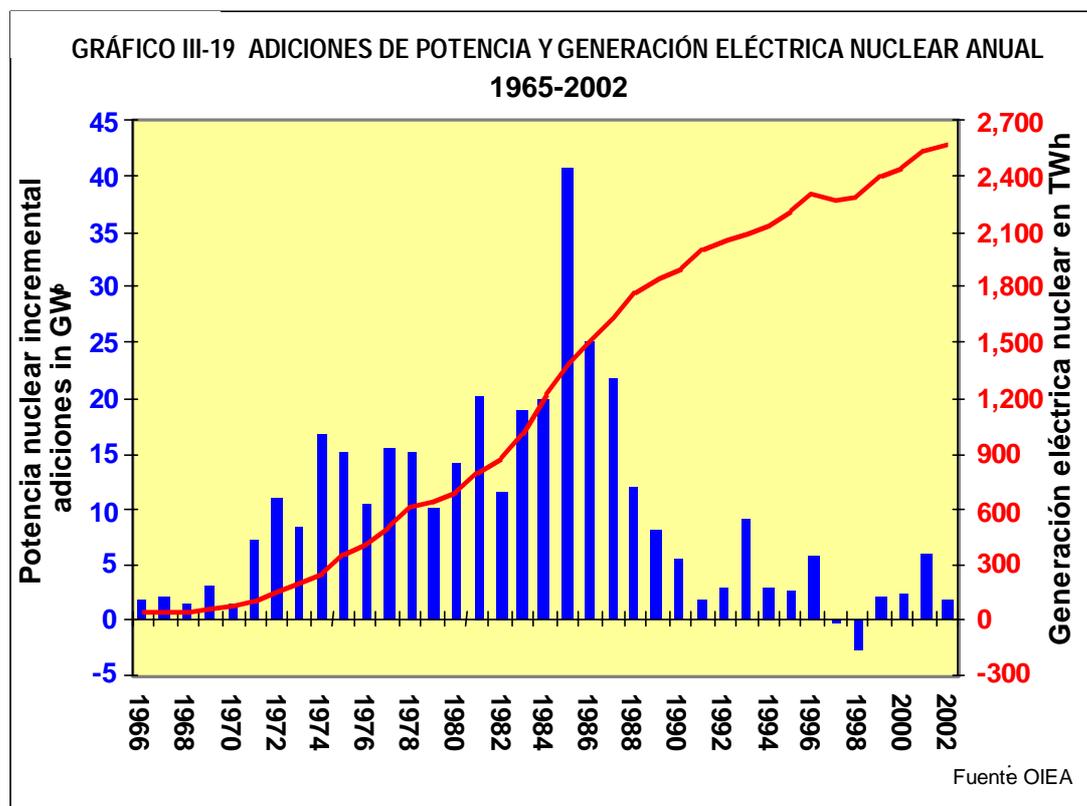
- ABARE (Australian Bureau of Agricultural Resources and Energy), en su informe *China's Changing Coal Industry – Implications and Outlook (La cambiante industria china del carbón – Implicaciones y perspectivas)*, se concentra en el potencial chino de incrementar sus exportaciones de carbón a expensas del carbón australiano. Según ABARE: “la caída relativamente rápida e importante del consumo de carbón en 1996 fue resultado de varios factores. Un Activador clave han sido las reformas económicas en todo el ámbito económico, incluyendo el cierre o fusión de algunas grandes e ineficientes empresas propiedad del estado y el cierre de pequeñas plantas en sectores clave de la industria. Estas reformas han dado lugar a notables mejoras de la eficiencia energética en industrias importantes que utilizan carbón, incluyendo la reducción del 16% en el carbón utilizado por tonelada de producción de arrabio entre 1996 y 2000;
- JETRO (Japan External Trade Organization – Organización japonesa de comercio exterior) examinó el sector minero chino en detalle y confirma el papel clave desempeñado por el cierre de muchas minas locales (ver Gráfico III-18). Muchas de estas minas se abrieron sin licencia y tenían niveles muy bajos de seguridad y de gestión de las reservas. Su cierre (al menos oficialmente) es, por consiguiente, parte de las amplias reformas emprendidas por el gobierno chino y coincidió con la necesidad de fortalecer la economía en el momento en que se estaba desarrollando la crisis asiática y haciendo bajar las exportaciones chinas.
- Finalmente y no menos importante, diferentes mensajes emergen de China referentes a la disponibilidad futura de carbón. Mientras que la Academia de Ciencias Geológicas de China publicó un informe en marzo 2003 declarando que había vastas y en gran parte no descubiertas reservas de carbón, algunos responsables chinos plantearon dudas sobre la capacidad del carbón chino de proporcionar el suministro necesario. Un informe de la industria del carbón hecho público en la décima sesión del Congreso Nacional del Pueblo en noviembre 2003, declaraba que con la demanda creciendo a una tasa de 20 Mt al año, la diferencia entre oferta y demanda para el carbón podría llegar a 200 Mt en el año 2005, cuando las reservas de carbón explotables estarían en 25,6 Gt en lugar de las 55 Gt necesarias



Muchos factores están haciendo subir el precio del carbón en China (costes salariales, mejoras de la seguridad, instalaciones de lavado y otras tecnologías limpias, extensión de la logística, la necesidad de buscar depósitos más difíciles), una evolución que también aplica a otros mercados grandes consumidores de carbón tales como India, Polonia y Rusia. Las colaboraciones gobierno-industria en tecnologías limpias del carbón, incluyendo la captura y secuestro del carbono, darán fruto seguramente en los próximos años. Merece ser mencionado, en este contexto, la reciente creación del Foro de Liderazgo para el Secuestro del Carbono por una serie de países desarrollados y en vías de desarrollo con importantes intereses en el carbón, petróleo y gas natural. La mayor eficiencia en la producción y utilización del carbón por un gran uso de las tecnologías limpias de carbón podría eliminar alguna de las preocupaciones sobre suministros inciertos en lugares como China. Si los países del Anexo 1 invierten y aceleran la transferencia de tales tecnologías a China para ganar créditos por la reducción de gases de efecto invernadero, el carbón podría jugar un papel más importante como Activador de la oferta energética global en el futuro.

Energía Nuclear

El Gráfico III-19 muestra el rápido crecimiento de la potencia nuclear instalada mundial en las décadas de 1970 y 1980, seguido por un crecimiento mucho más lento desde entonces. Sin embargo, debido al continuo crecimiento de los factores de carga de las centrales, la producción total de electricidad nuclear continuó creciendo después de 1990.



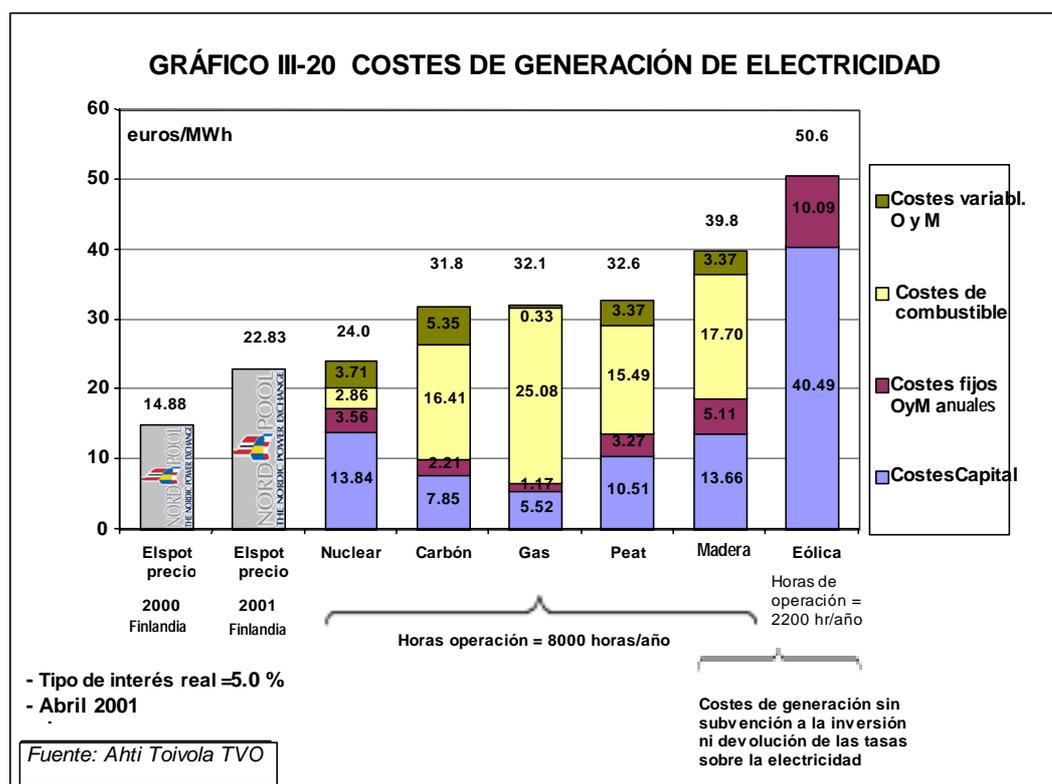
La desregulación ha conducido a un exceso de capacidad, especialmente en Europa, que reduce los incentivos para la construcción de nuevas centrales de cualquier tipo. La estructura de costes de la energía nuclear, con altos costes de capital y bajos costes de operación, es también una desventaja en los mercados desregulados que valoran las ganancias rápidas. Además las inversiones nucleares tienen un riesgo financiero extra debido a la oposición política de distinta intensidad en algunos países, principalmente en Europa occidental.

La energía nuclear no emite virtualmente gases de efecto invernadero y si las restricciones sobre estos gases se pusieran ampliamente en práctica – ya sea a través del Protocolo de Kioto y acuerdo que le sucedan, tasas generalizadas sobre el carbono, límites obligatorios con sistema de multas, sistemas regionales de tope y comercio (“cap-and-trade”) o alguna combinación de los anteriores -el atractivo de la energía nuclear aumentará con relación a sus alternativas de mayor contenido en carbono. En un mundo futuro con restricciones al carbono, los más probables competidores a largo plazo para producción de electricidad serán la energía nuclear, otras opciones con bajas emisiones como la energía eólica y la solar, y centrales de carbón con captura y almacenamiento del carbono. A más largo plazo, la fusión nuclear y otras opciones menos previsibles pueden llegar a ser alternativas serias.

El Gráfico III-20 presenta una comparación de costes de generación para Finlandia. Junto con el beneficio de la seguridad del suministro y el consenso nacional para un almacenamiento final de los residuos nucleares de alta actividad, ilustra por qué la opción de construir una nueva central nuclear ha sido aceptada por el público y ratificada por el Parlamento finlandés. Naturalmente, los costes de la energía nuclear dependen del país y muestran amplias variaciones. La decisión finlandesa puede ser imitada por otros países industrializados o en vías de desarrollo, aunque se conoce que algunos países clave, tales

como Alemania, tienen planes específicos para su cierre, mientras que en EE.UU., el mayor mercado mundial de energía nuclear, prevalecen opiniones fuertes opuestas a construir nuevas centrales.

La energía nuclear es una importante fuente de electricidad en algunos mercados relevantes de distintas partes del mundo. Sin embargo, a menos que mejore la opinión de los consumidores sobre su aceptabilidad, es improbable que desempeñe un papel como Activador de la oferta energética superior al que tiene hoy día.



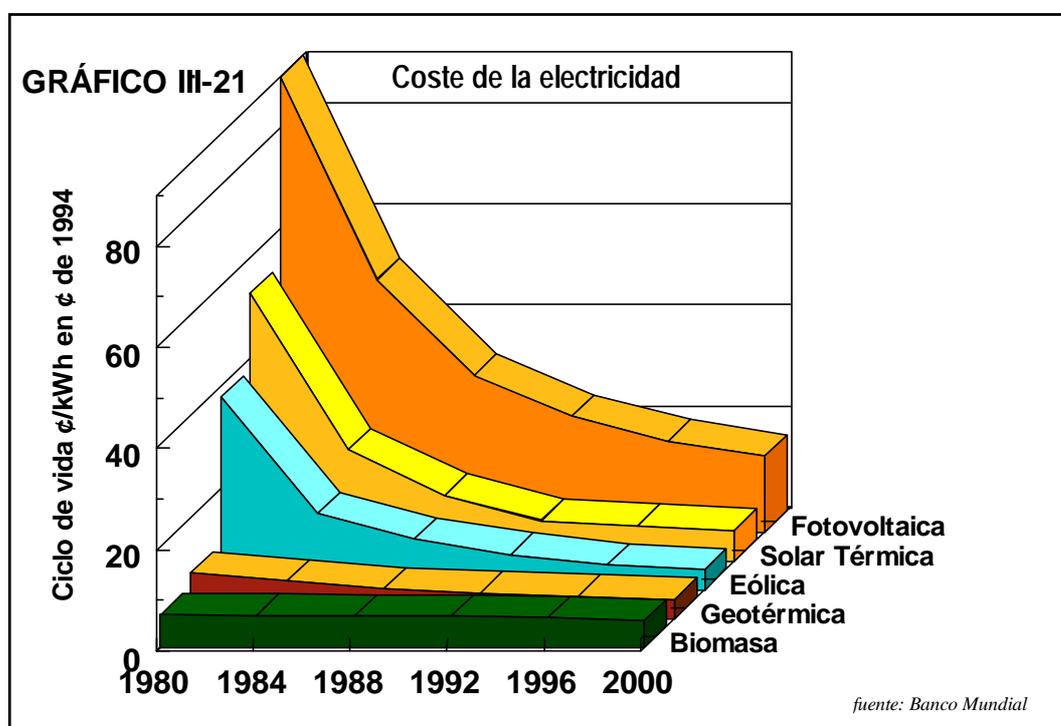
Renovables modernas¹⁴

Gracias a las economías de escala y al progreso tecnológico, las renovables modernas muestran espectaculares reducciones de precios como ilustra el Gráfico III-21. Sin embargo, en opinión de Chauncey Starr, fundador del EPRI y su primer presidente, todas las renovables, desafortunadamente se enfrentan a barreras en la práctica. La hidráulica está obviamente limitada a emplazamientos geográficos, muchos de ellos en países en desarrollo, y tiene restricciones ecológicas gestionables.

La Biomasa involucra costes de transporte que normalmente limitan su valor a un radio de recogida de 25 km alrededor de la central. Los estudios de la ONU y de otros sobre el impacto sobre la salud de diferentes formas de biomasa sobre la base del ciclo de vida también son importantes. La intermitencia de la solar y de la eólica (disponibilidad diurna de alrededor del 15-30% en la zona templada) limita su contribución a complementar la electricidad de carga base. Si se añade el almacenamiento para que puedan ser utilizadas

¹⁴ Los lectores deberían consultar el Mensaje del CME para el 2003 en www.worldenergy.org sobre renovables y los riesgos de imponer cuotas a nivel global. Este mensaje sirve de complemento al corto análisis desarrollado en esta sección.

como suministro continuo de carga base, se multiplica la necesidad de inversión de capital por un factor aproximado de 10 o más, lo que las hace poco apropiadas para tal uso.



Como orden de magnitud, una cuota del 5% en el 2020 representaría 700 GW en todo el mundo y unos 200 GW para EE.UU. Los subsidios correspondientes serían del orden de 100 G\$ solo para Estados Unidos. Según el Departamento de Energía de EE.UU., los subsidios de este país a la energía nuclear y a las renovables ha ascendido a:

- 50 G\$ (dólares corrientes) para la hidráulica en el último siglo (cuota de producción ~10%)
- 25 a 50 G\$ para la nuclear civil en 50 años (cuota de producción: ~20%)
- 13 G\$ para las renovables en los últimos 15 años (cuota de producción: ~0,5%)

La renovable moderna que está creciendo más rápidamente es la eólica, seguida de la solar. Debido a que son intermitentes (utilización anual de unas 4000 horas para los parques eólicos marinos (“offshore”) y la mitad para los parques eólicos terrestres; aún menos para la solar), suponen un coste de suministro de apoyo que crece rápidamente cuando su cuota en el suministro eléctrico supone más del 5%¹⁵, aproximadamente. Por tanto, incluso con el subsidio de 3 centavos, no se puede esperar que su cuota de producción supere este límite del 5% en todo el mundo (es decir, alrededor del 15% en términos de potencia).

La conclusión obvia es que, a pesar de las previsiones optimistas de algunos escenarios publicados, las renovables modernas distintas de la hidráulica pueden continuar creciendo, con tasa de crecimiento de dos dígitos desde una base muy baja, siempre que se mantengan los subsidios, pero es improbable que alcance una cuota significativa de mercado. El desarrollo de las renovables podría proporcionar una solución apropiada para las

¹⁵ Según el regulador de Dinamarca occidental, por razones técnicas de seguridad y estabilidad del suministro eléctrico, la contribución máxima posible de las renovables intermitentes en un sistema isla como el de Dinamarca occidental, cuando los cuellos de botella impiden el comercio con el sistema nórdico, es menos del 10%.

comunidades rurales lejos de la red eléctrica principal, pero en conjunto (aparte de la gran hidráulica) es improbable que lleguen a ser un Activador importante de la oferta energética.

D. CONCLUSIONES SOBRE EL ‘ACTIVADOR DE LA OFERTA ENERGÉTICA’

Las restricciones a la oferta energética pueden desempeñar un papel importante como un Activador negativo de la escena energética en los próximos años a pesar de los mejores esfuerzos de los gobiernos y empresas. Pueden tener su origen en una falta temporal de capacidad de producción (como para el petróleo en EE.UU. en 1973, carbón en China después de 1996, gas natural en Norteamérica o Europa occidental hoy, posiblemente en FSU en los próximos años) o un desplazamiento más fundamental de una fuente energética por cambios en los costes o precios relativos, factores externos (por ejemplo, guerras o revoluciones), opinión pública (por ejemplo, “un accidente nuclear en alguna parte es un accidente nuclear en todas partes”) o políticas medioambientales estrictas (por ejemplo, la amenaza del cambio climático).

Por el contrario, como se discutió en la Parte I, incrementar la oferta energética para proporcionar acceso¹⁶ a la energía moderna a quienes no lo tienen o tienen poco, podría ser un Activador positivo de la escena energética. Mientras que incluso una mínima solicitud extra a las capacidades de producción puede producir quebraderos de cabeza políticos y empresariales, tal acceso más amplio favorecerá al sistema económico mundial y a su flexibilidad para superar cambios y retos, incluyendo posibles futuras crisis económicas. Podría haber más paz y seguridad en el mundo y por consiguiente más fiabilidad del suministro energético.

No se ha hecho mención de cual puede ser la base de los recursos para los tres combustibles fósiles, la nuclear e incluso las renovables. Este tema se discutió mucho al comienzo de este estudio, pero desapareció gradualmente como preocupación prioritaria. Como se ha visto, el crecimiento y declive de las energías primarias nunca lleva a un completo agotamiento de sus reservas porque, con las adecuadas señales de precio y la colaboración internacional, siempre aparecen nuevas formas de energía más competitivas que las sustituyen.

Las incertidumbres en los mercados energéticos, particularmente en relación el traslado de unos recursos abundantes al lugar en que son necesarios, juntamente con los largos tiempos de realización necesarios para que las nuevas inversiones en exploración y producción satisfagan la nueva demanda, refuerza la opinión de que las fuerzas de mercado solas no son suficientes para garantizar un equilibrio sostenible entre los intereses de los productores y de los consumidores.

¹⁶ Ver los resultados del 18 Congreso Mundial de la Energía y el Mensaje del CME para el 2002.

ANEXO A: MIEMBROS DEL GRUPO DE ESTUDIO Y EXPERTOS INVITADOS

| | |
|------------------------|--|
| Dr Majid A Al-Moneef | Presidente del Estudio Ministerio del Petróleo y Recursos Minerales, Arabia Saudita |
| Jean-Marie Bourdair | Director de Estudios, Congreso Mundial de la Energía |
| Dr Nourah Al-Yousef | Universidad King Saud, Arabia Saudita |
| Jacobo Balbás | UNION FENOSA, España |
| Dr Mariano Bauer | Instituto Mexicano del Petróleo y UNAM, México |
| Pablo Blanc | UNION FENOSA, España |
| Nabil Bouraoui | Observatorio Nacional de la Energía, Túnez |
| José Malhães da Silva | Comité Miembro brasileño, Brasil |
| Gerald Doucet | Secretario General, Consejo Mundial de la Energía |
| Dr Alioune Fall | Power Sector Regulatory Commission, Senegal |
| Masaharu Fujitomi | Asia Pacific Energy Research Centre, Japón |
| Dr Hans-Holger Rogner | Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), Austria |
| C P Jain | National Thermal Power Corporation Ltd, India |
| Tatsuyoshi Kato | Chubu Electric Power Co, Japón |
| Malcolm Keay | Instituto Mundial del Carbón, Reino Unido |
| Dr Davood Manzoor | Oficina de Planificación Energética, Irán |
| Richard McKean | Montreux Energy, Suiza |
| Dr François Moisan | Agencia Gestión del Medioambiente y Energía (ADEME), Francia |
| Jean-Eudes Moncomble | Comité Miembro francés, Francia |
| Dr Gerhard Ott | Comité Miembro alemán, Alemania |
| Carlos Miranda Pacheco | Comité Miembro boliviano, Bolivia |
| Francisco Saraiva | REN SA, Portugal |
| S Vijayaraghavan | Ministerio del Petróleo y Gas Natural, India |
| Dr Rob Whitney | CRL Energy Ltd, Nueva Zelanda |

Expertos invitados*

| | |
|--------------------------|---|
| Thomas Ahlbrandt | United States Geological Survey, Estados Unidos |
| Francisco Barnés | Under-Secretary of Energy, México |
| Dr Gustavo Best | UN Food and Agricultural Organisation IUNFAO), Italia |
| Dr Fatih Birol | Agencia Internacional de la Energía, Francia |
| Guy F. Caruso | US Department of Energy (USDOE), Estados Unidos |
| François Cattier | Agencia Internacional de la Energía, Francia |
| Bertrand Chateau | Comisión Europea, Francia |
| Eric Chaney | Morgan, Stanley & Co International, Reino Unido |
| Chris Cragg | EP Global Energy, Reino Unido |
| Prof Adilson de Oliveira | Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil |
| Dr Brigitte Granville | Royal Institute of International Affairs, Reino Unido |
| Pietro Erber | Eletróbrás, Brasil |
| Nobuhiro Horii | IDE-JETRO, Japón |
| Jean Laherrere | Anteriormente en Total Exploration, France |
| Tatsuo Masuda | Japan National Oil Corporation, Japón |
| Brent Moulton | Bureau of Economic Analysis, Estados Unidos |
| Dr Nebojsa Nakicenovic | International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria |
| Laurence Nayman | Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales (CEPII), Francia |
| Johan Prinsloo | ESKOM, Sudáfrica |
| Dr Sethuramiah Rao | Consultor, Estados Unidos |
| Tahar Hadj-Sadok | UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Alemania |
| Dr Adnan Shihab-Eldin | Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), Austria |
| Olga Côrtes Simbalista | Eletronuclear, Brasil |
| Scott Sitzer | Energy Information Administration, US Department of Energy, Estados Unidos |
| Dr Jamil Tahir | Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo (OPAEP), Kuwait |
| Richard Taylor | International Hydropower Association, Reino Unido |
| Paul Tempest | Reino Unido |
| Ahti Toivola | Teollisuuden Voima Oy, Finland |

* Los expertos invitados hicieron aportaciones útiles pero no participaron en el estudio.

ANNEX B: LIST OF ABBREVIATIONS, GLOSSARY AND METHODOLOGY

LIST OF ABBREVIATIONS

| | |
|-----------------|--|
| 3D-scenarios | Three Dimensional Scenarios |
| AFTP | Asociación Francesa de Técnicos del Petróleo |
| AIE | Agencia Internacional de la Energía; un órgano semi-autónomo dentro de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) |
| b | barril |
| b/d o b/día | barriles por día |
| BP | British Petroleum |
| C | carbón |
| CEE | Europa Central y del Este |
| CEPII | Centro de Estudios Prospectivos y de Informaciones Internacionales |
| CHP | Calor y electricidad combinados - Cogeneración |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| DC | Países en Desarrollo |
| EIA | Agencia de Información Energética; órgano semi-independiente dentro del USDOE |
| EPRI | Electric Power Research Institute |
| ETW | <i>Energy for Tomorrow's World</i> (1993 WEC publication) |
| ETWAN | <i>Energy for Tomorrow's World – Acting Now!</i> (Mensaje CME del milenio - 2000) |
| EVA | Energy Ventures Analysis |
| G | giga, es decir. Miles de millones (10 ⁹) |
| GHG | Gases de Efecto Invernadero (principalmente CO ₂ pero también metano y óxidos de nitrógeno) |
| GNL | Gas natural licuado |
| GPL | Gas propano licuado |
| GW | gigavatio |
| IIFP | Instituto Francés del Petróleo |
| IIASA | Instituto Internacional para Análisis Aplicado de Sistemas |
| K | kilo, es decir, mil (10 ³) |
| kWh | Kilovatio hora |
| M | mega, es decir, millón (10 ⁶) |
| ME o OM | Oriente Medio |
| NRNW | Nuevas renovables |
| OCDE | Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico |
| OPEP | Organización de Países Exportadores de Petróleo |
| PC | Ordenador Personal |
| PPM | Partes por millón |
| PPP | Paridad de poder adquisitivo |

| | |
|------------------|---|
| SUV | Vehículo deportivo utilitario |
| t | tonelada |
| T | tera, es decir, millón of millones(10^{12}) |
| tc | Tonelada de carbono |
| tCO ₂ | Tonelada de dióxido de carbono (3.67 tCO ₂ equivalen a 1 tc) |
| tep | Tonelada equivalente de petróleo (aproximadamente 41,5 MJ) |
| TI | Tecnología de la Información |
| TPER | Necesidades totales de energía primaria |
| tWh | Teravatios hora |
| UN | Naciones Unidas |
| US-DOE | Departamento de Energía de Estados Unidos |
| Y2K | Año 2000 |

GLOSARIO Y METODOLOGÍA

PIB (Producto Interior Bruto)

PIB (Producto Interior Bruto)

Los datos del PIB son los mismos que los utilizados por la AIE. Los establece el CEPPI (Centro de Estudios Prospectivos e Informaciones Internacionales) que facilita tres conjuntos:

- PIB en moneda corriente
- PIB en moneda constante
- PIB PPP (en paridad de poder adquisitivo) en moneda constante

El conjunto de datos utilizados en este informe es la versión última (2003) de PPP en dólares de 1995.

Se convierten a dólares de 2000 multiplicando las cifras de 1995 por 1,074. Sin una metodología PPP, el peso relativo de los países en desarrollo podría ser infravalorado porque, en muchos casos, sus monedas nacionales están infravaloradas (como regla general se puede considerar que cuanto más bajo es el PIB per cápita tanto más infravalorada está la moneda local). El informe utiliza sistemáticamente un planteamiento PPP.

La única región para la que la PPP es incierta es China, porque dadas las estimaciones aparentemente demasiado altas de crecimiento anual, cabe preguntarse si su PPP debiera estar basado en la situación de 1978 (punto de arranque de las discrepancias anuales) o en la más reciente situación de 2002. La decisión adoptada en este informe ha sido la primera, es decir, suponer que el PIB PPP de 1978 para China es correcto, estimar el crecimiento real desde entonces para encontrar el valor del PIB PPP de 2002.

ENERGÍA

Por Energía Final se entiende la combinación de tres servicios relacionados con la energía: electricidad generada (significando que las pérdidas en la transmisión se consideran parte de la demanda total), combustibles líquidos (principalmente derivados

del petróleo) utilizados para el transporte (los trenes eléctricos descansan en una estructura fija y por consiguiente no se incluyen en este apartado, pero su consumo de electricidad se contabiliza como un servicio eléctrico) y usos finales estacionarios de los combustibles fósiles (este último servicio incluye el calentamiento aportado por los combustibles fósiles en edificios o procesos industriales y los usos no energéticos de los combustibles fósiles, por ejemplo alimentación de ganado. El calor secundario no se toma en consideración porque corresponde a una mejor eficiencia de la transformación de energía que se refleja por una menor demanda de combustibles fósiles.

La Energía Primaria se denomina aquí como TPER (Total Primary Energy Requirements – Necesidades Totales de Energía Primaria) e incluye cuatro categorías:

- Combustibles fósiles comerciales valorados de acuerdo con su poder térmico estándar (Convención BP y AIE)
- Hidráulica y nuclear valorados de acuerdo a una eficiencia teórica del 38% cuando generan electricidad (igual que BP pero distinto de la AIE, que considera una eficiencia teórica del 100% para la potencia hidráulica. Haciéndolo así se reduce la contribución hidráulica por un factor de tres)
- Renovables nuevas distintas de la hidráulica (es decir, eólica, solar, geotérmica, mareas) con una eficiencia teórica del 38% como la hidráulica, cuando generan electricidad (a diferencia de BP, que las ignora, y también de la AIE, que considera una eficiencia teórica del 100% para la eólica y la solar y del 10% para la geotérmica)
- Los combustibles no comerciales “tradicionales” (principalmente biomasa, denominada CRW por la AIE, o "Combustible Renewables and Wastes" – renovables y residuos combustibles). Los valores son los mismos que los de la AIE con las mismas convenciones.

Según lo anterior, el TPER es igual a la energía primaria de BP más las renovables nuevas y la biomasa. Es ligeramente superior que TPES (Total Primary Energy Supply) de la AIE porque la hidráulica y renovables nuevas se estiman en aproximadamente tres veces los valores de la AIE (con la excepción de la geotérmica que tiene un peso menor, alrededor de 0,4 del de la AIE). TPER se ha utilizado también en la publicación del CME del año 2000, *Energy for Tomorrow's World: Acting Now!*.

REGIONES

Los países se han considerado en las siguientes regiones:

Tres regiones desarrolladas “ricas” con economías de mercado

- Norteamérica con los EE.UU. y Canadá (Méjico no se incluye porque su perfil energético es más parecido al de otras naciones latinoamericanas que a los de EE.UU. y Canadá)
- Europa Occidental, excluyendo las naciones del Centro y Este de Europa (que se incluyen con la FSU por la similitud de sus perfiles energéticos) y Turquía (que se incluye en la región de Oriente Medio)
- Asia Pacífico con Japón, Australia y Nueva Zelanda (Corea del Sur no se incluye por su perfil de rápido desarrollo, similar al de “Asia en desarrollo”)

Tres regiones en desarrollo “pobres” con economías de mercado

- Latinoamérica (incluyendo Méjico)
- África y Oriente Medio (incluyendo Turquía)

- Asia en desarrollo (incluyendo Corea del Sur)

Dos regiones “en transición” hacia economías de mercado

- La FSU (antigua Unión Soviética) y Centro y Este de Europa (CEE)
- China and Hong Kong

PERFILES DE ENERGÍA EN FUNCIÓN DEL PIB DE LAS REGIONES

Cuando se compara la evolución del TPER o la de los servicios relacionados con la energía en una escala PIB PPP, se encuentra perfiles semejantes en todas las regiones con tres excepciones: EE.UU., China y Oriente Medio:

- Las tendencias de la energía de EE.UU. son consistentes hasta 1996 y cambian de dirección desde 1996 hacia delante. Como no hay nada particular en términos de disponibilidad y precio de la energía que pueda explicar esta divergencia, el informe propone otra explicación basada en una sobrevaloración del crecimiento del PIB de EE.UU.;
- Las tendencias de la energía en China son consistentes hasta el período 1978-80, cuando terminó la revolución cultural. Después de este período la intensidad energética relativa al PIB es mucho más baja que la de los países en desarrollo en general. El informe sugiere que las determinaciones oficiales del PIB pueden haber sido distorsionadas por metodologías basadas en el “producto material neto”, es decir, que toma en cuenta los volúmenes producidos en vez del valor añadido creado. Cuando los volúmenes crecen muy rápido como ha sido el caso de China durante los últimos 20-25 años, las economías de escala y las ganancias de productividad reducen los costes, precios y valores. Las estimaciones del informe basadas en las tendencias de la energía son consistentes las estimaciones revidadas facilitadas por Angus Maddison (Centro de Desarrollo de la OCDE);
- Las tendencias de la energía en Oriente Medio están muy distorsionadas por el impacto de los ingresos del petróleo sobre el PIB. Mientras que la riqueza individual de los ciudadanos ha evolucionado lentamente y ha conducido a tendencias energéticas estables, el PIB se ha incrementado en el momento de las crisis del petróleo y ha disminuido con la caída de la producción y de los precios, hasta la contra crisis del petróleo de 1985-1986. Sin embargo, y aunque las variaciones del PIB son grandes son grandes en términos nacionales, son pequeñas en comparación con otras regiones y las tendencias globales.

ANEXO C: LISTA DE GRÁFICOS Y TABLAS**LISTA DE GRAFICOS**

| Gráfico N°. | Título | Pág. |
|--------------------|---|-------------|
| Gráfico I-1 | TPER Mundial Versus PIB PPP 1850-2002 | 13 |
| Gráfico I-1 | TPER Mundial Versus PIB PPP 1965-2002 | 14 |
| Gráfico I-1 | PIB Mundial 1850-2002 | 14 |
| Gráfico I-4 | TPER de US + Canadá Versus PIB PPP 1970-2002 | 17 |
| Gráfico I-5 | TPER de China 1965-2001 | 18 |
| Gráfico I-6 | Tasas de Crecimiento del PIB Anual de China | 18 |
| Gráfico I-7 | TPER de la FSU & CEE 1965-2001 | 19 |
| Gráfico I-8 | GDP PPP In G\$ 2000 From 1960 To 2002 | 21 |
| Gráfico I-9 | Tasas de fertilidad | 23 |
| Gráfico I-10 | Crecimiento de la población mundial | 23 |
| Gráfico I-11 | Población mundial – Escenarios | 24 |
| Gráfico I-12 | Tasas Oficiales de Crecimiento Mundial | 28 |
| Gráfico I-13 | Tasas Oficiales de Crecimiento Anual | 28 |
| Gráfico I-14 | Cuotas de Mercado de las Energías Primarias | 29 |
| Gráfico I-15 | ¿Qué senda energética futura? | 32 |
| Gráfico II-1 | Cuotas del Mercado de Energías Primarias del Mundo 1850 –2002 | 33 |
| Gráfico II-2 | Servicios Energéticos Mundiales 1971-2000 | 35 |
| Gráfico II-3 | Datos de Energía del Mundo (2000) | 37 |
| Gráfico II-4 | Servicios Energéticos de los Países Desarrollados 1971-2000 | 39 |
| Gráfico II-5 | Economías de Mercados en Desarrollo – Servicios Relacionados con la Energía 1971-2000 | 40 |
| Gráfico II-6 | Economías en Transición – Servicios Energéticos 1971 – 2000 | 41 |
| Gráfico II-7 | Matriculaciones de Vehículos per Cápita | 43 |
| Gráfico II-8 | Servicios Relacionados con la Energía de Latinoamérica, incluyendo Méjico 1971-2000 | 43 |
| Gráfico II-9 | Matriculación de Vehículos en EE.UU. | 44 |
| Gráfico II-10 | Tendencias de la Movilidad Regional 1971-2000 | 45 |
| Gráfico II-11 | Tendencias de la Electricidad en EE.UU. y Canadá | 46 |
| Gráfico II-12 | Intensidad Eléctrica del PIB en Función de los Precios en el Sector Residencial | 47 |
| Gráfico II-13 | Tendencias de la Electricidad Regional 1971-2002 | 48 |

| | | |
|--------------|---|----|
| Graph III-1 | TPER Mundial (Mtep) 1850-2000 | 54 |
| Graph III-2 | Contenido de Carbono 1850-2002 | 55 |
| Graph III-3 | Cuotas del Mercado Mundial de Energía Primaria desde 1850 a la Segunda Guerra Mundial | 55 |
| Graph III-4 | Producción de Petróleo de EE.UU. 1900-2002 | 57 |
| Graph III-5 | Ranking de Energías Primarias | 57 |
| Graph III-6 | TPER Mundial en Función del GDP PPP 1965-2002 | 58 |
| Graph III-7 | TPER de las Principales Regiones del Mundo 1965-2002 | 59 |
| Graph III-8 | Precio del Petróleo Crudo | 61 |
| Graph III-9 | Precio del Petróleo – Arabian Light (1948-1980), Brent (1980-2002) | 62 |
| Graph III-10 | Producción de Petróleo EE.UU. Imita Descubrimientos | 65 |
| Graph III-11 | Mundo excluyendo la OPEP Oriente Medio | 66 |
| Graph III-12 | Producción de Gas Natural de EE.UU /Canadá/ Méjico | 68 |
| Graph III-13 | Gas Natural de EE.UU /Canadá/ Méjico | 68 |
| Graph III-14 | Adiciones de Capacidad de Electricidad de EE.UU. | 70 |
| Graph III-15 | Producción Doméstica de Gas Natural de Europa Occidental | 71 |
| Graph III-16 | Producción de Gas de Rusia | 72 |
| Graph III-17 | Consumo de Carbón de China | 74 |
| Graph III-18 | Producción de Carbón de China (Mtep) | 75 |
| Graph III-19 | Adiciones Anuales de Capacidad y Generación Nuclear de Electricidad | 76 |
| Graph III-20 | Costes de Generación de Electricidad | 77 |
| Graph III-21 | Costes de la Electricidad | 78 |

LISTA DE TABLAS

| Tabla no. | Título | |
|------------------|--|----|
| Tabla I-A | Crecimiento del PIB per Cápita | 15 |
| Tabla I-B | Tasas Regionales de Crecimiento del PIB | 20 |
| Tabla I-C | Reparto Regional del PIB Mundial (%) | 21 |
| Tabla I-D | Condiciones Marco (1820-2050) | 26 |
| Tabla II-A | Intensidades Energéticas Regionales por Servicio Energético (2000) – tep/M\$ | 42 |
| Tabla II-B | Usos Elásticos e Inelásticos del Petróleo(Mtep) | 49 |
| Tabla II-C | Impactos Regionales y Sectoriales de Precios Reales más altos del Petróleo y Gas Natural | 50 |
| Tabla II- D | Emisiones de CO ₂ para Diferentes Motores/ Combustibles para Transporte por Carretera | 51 |

