

DISCURSO DE INGRESO
DEL ACADÉMICO ELECTO
EXCMO. SR. DR. D. JOSÉ LUIS DÍAZ FERNÁNDEZ

Diseño y Maquetación:
Gráficas Chile, S.A.L.
Chile, 27
Tel./Fax 91 359 57 55
28016 MADRID
Depósito Legal: M-41464-2004

Excmo. Sr. Presidente,
Excmos. Sres. Académicos,
Señoras y Señores,

Constituye para mí un gran honor haber sido propuesto para el ingreso en la Real Academia de Doctores, especialmente porque premia un aspecto de mi desarrollo profesional al que he dado siempre la más alta valoración. En efecto, mi vida profesional ha tenido dos vertientes: la empresarial en el sector energético, a la que he dedicado gran parte de mis esfuerzos, y la académica e investigadora, que constituía mi auténtica vocación y a la que no pude prestar toda la atención que merecía por avatares de la vida y porque el entorno socioeconómico de España no lo facilitaba en la década de los sesenta, que es cuando obtuve mis dos cátedras: la de Física y Ampliación de Física en la Universidad de Oviedo primero y la de Mecánica de Fluidos en la Universidad Politécnica de Madrid después.

En aquellos años experimenté una enorme e irreplicable satisfacción intelectual mientras trataba de profundizar, hasta donde era capaz, en el estudio y la comprensión de algunas ramas de la física, especialmente la relatividad, el electromagnetismo y la mecánica ondulatoria. Estoy seguro de que en un marco más propicio habría abandonado mi actividad como ingeniero y me habría dedicado a la investigación científica y técnica. No fue así; me centré mucho más en la actividad empresarial, que me ha dado no pocas satisfacciones aunque no comparables a las que sin duda habría sentido de haber seguido la otra trayectoria.

Estas reflexiones previas evidencian el honor que siento al ser admitido en esta prestigiosa Real Academia así como mi agradecimiento hacia quienes propusieron mi candidatura y hacia los que me eligieron.

Sustituyo en la Academia al añorado Juan Miró. Juan Miró Chavarría, Dr. Ingeniero Industrial y Catedrático de la ETS de Ingenieros Industriales de Madrid, fue uno de los prohombres de la industria petroquímica española. Su carrera profesional se desarrolló fundamentalmente en la Unión Española Explosivos Riotinto (UERT), en la que llegó a ser Consejero Delegado y desde la que impulsó la gran realidad industrial que es hoy el complejo de refino y petroquímico de Huelva. Conocí en profundidad a Juan Miró, buen amigo y competidor tenaz, a quien siempre respeté por lo que fue: un excelente tecnólogo, un buen empresario y una buena persona. Descanse en paz.

Mi discurso de ingreso en la Real Academia versará sobre la energía, que es el motor del mundo sin el cual no sería posible disfrutar de la calidad de vida que tenemos, y se va a centrar fundamentalmente en las energías fósiles, hoy tan denostadas pero que son las que nos han permitido el extraordinario desarrollo económico de la humanidad.

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LAS ENERGÍAS FÓSILES (CARBÓN, PETRÓLEO Y GAS NATURAL)

1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA

A principios del Siglo XX el consumo mundial de energía primaria se situaba en torno a los 600 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Tep)¹. La mayor parte de esta energía la aportaba el carbón (68%). Las energías renovables (energía hidráulica, solar, eólica, biomásas, etc.) representaban el 28%, correspondiendo el 4% restante al petróleo (3%) y al gas natural (1%) (Figura 1).

A finales del Siglo XX el consumo de energía primaria ascendía a unos 9.000 millones de Tep, es decir, el consumo se había multiplicado por 15 en cien años. Los hidrocarburos habían pasado a ser la energía dominante (39% el petróleo y 24% el gas natural), el carbón disminuyó su participación hasta el 25%, apareció la energía nuclear de fisión (7%) y las energías renovables redujeron su participación al 5%.

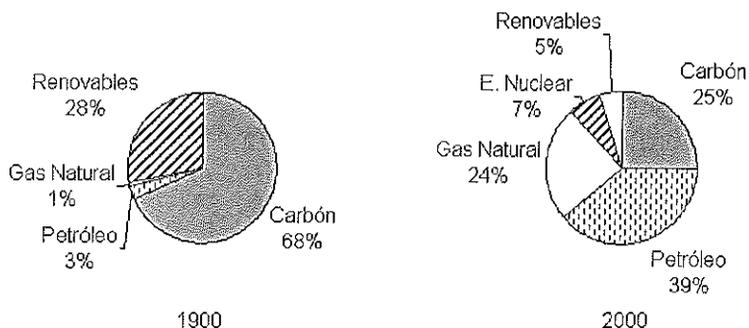


Fig. 1. Evolución de la estructura del consumo de energía primaria en el Siglo XX.

En 1900, el consumo de energía primaria por habitante era de 370 Kg. equivalentes de petróleo (Kep) y cien años después se había multiplicado por 4, ascendiendo a 1.500 Kep.

¹ 1 Tep = 10.000 termias.

El crecimiento del consumo mundial de energía primaria ha sido muy desigual a lo largo del Siglo XX². Hasta 1960 el carbón siguió siendo la energía dominante y el crecimiento del PIB global se situó en torno al 1,7%.

En 1960 se inició un espectacular incremento del consumo de energía primaria y especialmente del petróleo, que desplazó al carbón como energía predominante. La demanda de energía primaria creció desde 2.817 millones de Tep en 1960 a 5.511 en 1973, lo que representa tasas anuales del 5,3%. El PIB global creció a tasas superiores al 5% y la demanda de petróleo pasó de 881 millones de Tep en 1960 a 2.753 en 1973, con tasas de crecimiento del 9,2%.

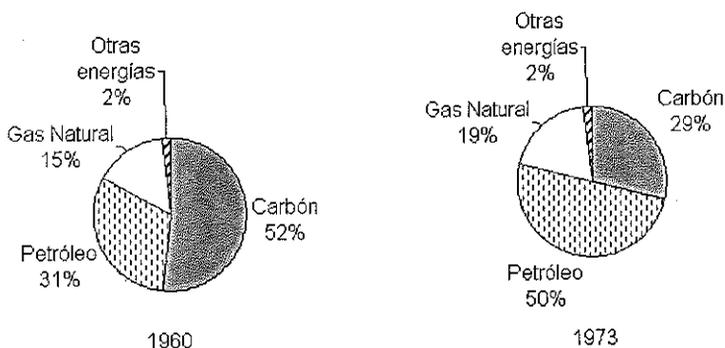


Fig. 2. Evolución de la estructura del consumo de energía primaria entre 1960 y 1973.

Entre 1960 y 1973 la estructura del consumo mundial de energía primaria varió extraordinariamente (Figura 2). La participación del carbón se redujo del 52 al 29% y la de los hidrocarburos aumentó del 46% al 69%.

En 1973 se produjo el primer choque petrolero y en 1979 se inició el segundo, que elevó el precio del petróleo a más de 80 dólares actuales por barril. Ambos choques tuvieron efectos devastadores, que afectaron no solamente al precio sino también a la disponibilidad, ya que se aplicaron embargos selectivos, aunque muy limitados.

En el período de 1973 a 1985 el consumo de energía primaria creció a tasas muy inferiores a las del período precedente y el del petróleo se mantuvo prácticamente estabilizado, al ser sustituido, en la medida que fue posible, por el carbón, el gas natural y la energía nuclear (Figura 3).

² Reflexiones sobre la dinámica de los mercados de petróleo y gas natural. Mensaje del Consejo Mundial de la Energía-2004.

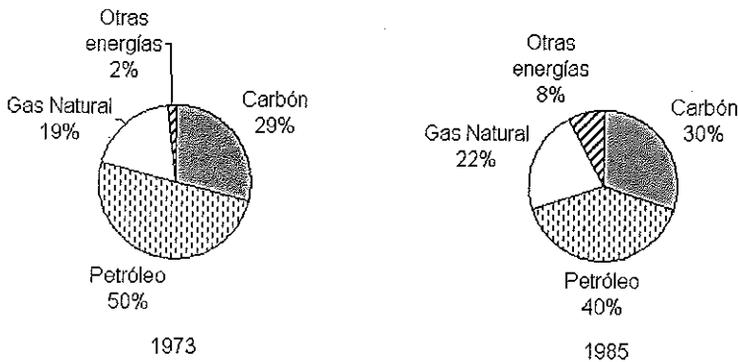


Fig. 3. Evolución de la estructura del consumo de energía primaria entre 1973 y 1985.

En 1985 los precios volvieron a alcanzar niveles razonables, que se han mantenido hasta hace pocos meses salvo desviaciones de corta duración al alza o a la baja. Entre 1985 y el año 2000, la estructura del consumo mundial de energía primaria se ha mantenido prácticamente estabilizada: el petróleo en torno al 40%; el carbón y el gas natural, en torno ambos al 25%; y el resto: 7% la energía nuclear y 5% las renovables. El consumo de energía primaria ha crecido a tasas del 1,8% y de manera similar lo han hecho las diferentes fuentes de energía.

En España, la transformación experimentada entre 1960 y 1973 fue aún más espectacular. El consumo de energía primaria creció a tasas del 9,0%, el del petróleo a tasas del 15,4% y el PIB a tasas próximas al 7,0%. La demanda de petróleo en España pasó en dicho período de 5,8 a 37,3 millones de toneladas, es decir, cada dos años era necesaria una nueva refinería de petróleo, tal como sucedió con la entrada en servicio, por orden cronológico, de las de Puertollano, La Coruña, Castellón, Huelva, Algeciras, Bilbao y Tarragona. La participación del carbón descendió del 57% al 19% y la de petróleo se incrementó desde el 35% al 73%.

En los epígrafes siguientes se analizarán las razones de este cambio tan importante en el abastecimiento energético.

2. LA TECNOLOGÍA DEL PETRÓLEO

El conocimiento del petróleo es casi tan antiguo como la Humanidad. Existe abundante información respecto de la utilización de residuos de petróleo en civilizaciones precristianas y en la América precolombina.

El primer descubrimiento importante de petróleo se produjo en 1859 en Oil Creek, Pensilvania. El primer sondeo realizado encontró petróleo de buena calidad, produciendo un caudal de unos 20 barriles/día³. Este descubrimiento aceleró la actividad de perforación, alcanzándose en 1860 una producción de 25.000t. El petróleo obtenido se destilaba para la fabricación de aceites de alumbrado, que se denominaron kerosenos (del griego keros, cera), utilizándose otros destilados en calefacción, así como los residuos asfálticos en la impermeabilización, en la construcción civil y en la naval.

Se ha visto anteriormente que a finales del Siglo XIX el consumo mundial de petróleo fue solamente de 20 millones de toneladas. La fuente principal de energía era el carbón, tanto para la industria y el transporte terrestre y marítimo como para usos domésticos. A finales del Siglo XIX la red de ferrocarriles, que utilizaban carbón para su propulsión, ascendía a 100.000 km. en Europa y a 90.000 km. en Estados Unidos.

El gran cambio en la industria del petróleo se produjo con el descubrimiento de los motores de combustión interna: el de explosión (Otto y Daimler) en 1887 y el de compresión (Diesel) en 1897, que permitieron el desarrollo espectacular de nuevos modos de transporte por tierra y aire y la sustitución del carbón tanto en el transporte marítimo como en el ferrocarril y en la industria. El descubrimiento del motor a reacción, en la década de los 40 del pasado siglo, y la sustitución de la carboquímica por la petroquímica dieron un nuevo impulso a la utilización del petróleo.

La fuerte expansión del consumo de petróleo ha sido posible por la existencia de una oferta abundante y diversificada derivada de la extraordinaria mejora de las tecnologías de exploración y producción de hidrocarburos y las de transformación del petróleo en productos derivados de calidad. Veremos a continuación la evolución de unas y otras.

2.1. La exploración⁴

La evolución de las llamadas geociencias (geología y geofísica) ha permitido, por un lado, un mejor conocimiento de los mecanismos de generación, migración y almacenamiento de hidrocarburos y, por otro, la definición de la geometría de los modelos geológicos susceptibles de acumular hidrocarburos.

³ 1 barril = 159 litros.

⁴ Contribución del progreso tecnológico al aumento de las reservas temporales del petróleo. Alfonso Cortina. Publicación ETS Ingenieros de Minas. Madrid, 2004.

La herramienta más poderosa de la exploración de hidrocarburos es, con diferencia, la geofísica sísmica, técnica que empezó a utilizarse en la década de los 20 del pasado siglo. Actualmente, la sísmica tridimensional (3D), unida a las nuevas técnicas de procesado de datos con algoritmos de transformación en profundidad, permite obtener imágenes muy precisas del subsuelo incluso en situaciones estructurales complejas.

Por otra parte, la utilización de ciertos atributos de los datos sísmicos tales como las anomalías de amplitud, de frecuencia o de fase, conocidos como “Indicadores Directos de Hidrocarburos”, ha sido determinante para detectar la presencia física de petróleo o gas y ubicar correctamente los sondeos exploratorios. La utilización en el futuro de nuevas técnicas de procesamiento de datos (la inversión de traza o el registro multicomponente, entre otros) permitirá definir propiedades físicas de las que podrá derivarse el conocimiento de la litología, la porosidad y las saturaciones de fluidos.

La trascendencia económica de estos recientes avances tecnológicos es evidente: aumento de la probabilidad de éxito en los sondeos exploratorios desde una media del 10% en los sondeos perforados hace una década al 20-25% en la actualidad; y ello a pesar de que los nuevos objetivos perseguidos son más difíciles y más complejos.

Concluidos los trabajos geológicos y geofísicos para la localización de posibles acumulaciones de hidrocarburos, la fase siguiente es el sondeo exploratorio que, en general, constituye el coste más importante de la exploración. En esta actividad se han producido grandes avances que posibilitan una perforación más rápida y la obtención en tiempo real de información muy valiosa para la toma de decisiones.

Entre las tecnologías que más han avanzado en los últimos años destacan la utilización de la navegación tridimensional durante la perforación, que permite conocer la situación del pozo y sus desviaciones sobre la trayectoria prevista; la obtención de diagrfias que posibilitan la caracterización petrofísica en tiempo real; la utilización de avanzados sistemas mecánicos e hidráulicos que aumentan la eficiencia de la transmisión de energía al trépano y las mejoras de diseño y metalurgias de los elementos cortantes.

La trascendencia de los logros tecnológicos conseguidos se evidencia por el hecho de que el coste de descubrir un barril de petróleo se ha reducido a un tercio en los últimos 15 años y esto a pesar de que, como se ha indicado anteriormente, los objetivos son cada vez más complejos.

2.2. La producción de hidrocarburos

En las dos últimas décadas se ha logrado un importante incremento del llamado factor de recuperación, es decir, la relación entre el volumen de petróleo que se puede extraer de un yacimiento y el volumen de petróleo contenido inicialmente en el mismo. Hace 20 años, el factor de recuperación se situaba entre el 25 y el 30%, es decir, se podía extraer poco más de la cuarta parte del petróleo *in situ*, mientras que en la actualidad este factor ha aumentado hasta situarse entre el 35 y el 40%. Este incremento equivale a que, sólo por este concepto, las reservas recuperables de petróleo se hayan incrementado en un 36%.

Los progresos tecnológicos más significativos han sido los siguientes:

En primer lugar, la llamada Sísmica 4D, es decir, la aplicación a lo largo de la vida de un yacimiento de las técnicas modernas de adquisición y procesamiento de la sísmica 3D de alta resolución. De este modo, no solamente se conoce la arquitectura interna de los estratos y la distribución inicial de los fluidos, sino también la evolución de éstos a lo largo del tiempo.

La integración en potentes sistemas informáticos del gran número de datos de que se dispone permite identificar los atributos de los almacenes -principalmente porosidades y permeabilidades-, la simulación del comportamiento dinámico de los fluidos y la evolución de la energía del yacimiento a lo largo del tiempo. Ello permite identificar áreas insuficientemente drenadas y mejoras potenciales en la recuperación de fluidos a través de la llamada recuperación secundaria mediante la inyección de fluidos inertes que mantienen la energía del yacimiento, o de la recuperación terciaria, mediante la inyección de productos químicos que favorecen el movimiento de los fluidos.

En segundo lugar, se han logrado enormes mejoras en la tecnología de completación de pozos. Actualmente es posible perforar, desde un mismo emplazamiento, sondeos horizontales multidireccionales de varios kilómetros de longitud que se adaptan a las formaciones productivas a varios niveles y en diferentes direcciones, lográndose así un incremento espectacular de las secciones de drenaje y una mejora sustancial de la productividad. Estos sondeos ofrecen importantes ventajas, no sólo económicas sino también medioambientales, porque se accede a las formaciones productivas a través de un número menor de emplazamientos de perforación.

Por último, está progresando extraordinariamente la tecnología de los pozos inteligentes, es decir, la inteligencia artificial al servicio de la produc-

ción. Las instalaciones de producción se adaptan de manera automática al comportamiento del pozo, buscando el rendimiento óptimo sin intervención humana. Los sistemas de sensores en tiempo real, la fibra óptica y las válvulas de accionamiento remoto, todo ello reglado y regulado por la unidad central de control, permiten a la instalación productora reaccionar y autorregularse para optimizar la producción.

Las investigaciones en este área siguen orientadas a lograr nuevos incrementos del factor de recuperación. Es posible que en las dos próximas décadas el factor de recuperación se incremente en otro 10%, con lo que las reservas recuperables de petróleo aumentarían en unos 36.000 millones de toneladas, equivalentes al consumo actual de diez años.

Las mejoras tecnológicas descritas en el área de la producción de hidrocarburos permiten que los costes de producción de petróleo en términos corrientes se mantengan en una media de 4,5 dólares por barril, a pesar de que los nuevos yacimientos que se descubren no son comparables en cuanto a dimensión y acceso a los gigantescos desarrollos de hace años y a que el 70% del petróleo se produce en campos maduros, con más de 20 años de historia.

2.3. Nuevas opciones técnicas en la exploración y producción de hidrocarburos

Dos son los grandes desafíos del próximo futuro: las operaciones en aguas profundas y la producción de petróleo pesado y extrapesado.

Hace cincuenta años, la profundidad de agua en la que se podía producir petróleo o gas era solamente de unos pocos metros. En la actualidad, se superan ampliamente los 2.000 metros de lámina de agua y se están realizando importantes programas tecnológicos para lograr superar los 3.000 metros.

Las tecnologías más importantes que han permitido alcanzar estos límites son las siguientes:

- Unidades flotantes de perforación, manteniendo su posición sin necesidad de anclaje, con estabilidad dinámica creciente.
- Vehículos submarinos autónomos con control remoto capaces de operar a profundidades próximas a los 3.000 metros.
- Nuevas tecnologías de tubulares submarinos rígidos y flexibles con elementos de flotación y resistencia a las vibraciones así como de elementos

de anclaje que permiten fondear unidades de producción a grandes profundidades.

- Sistemas submarinos de producción adaptados a los ambientes de aguas profundas: alta presión y bajas temperaturas.

La utilización de estas tecnologías ha permitido descubrir hasta ahora unos 7.000 millones de toneladas de petróleo en láminas de agua superiores a 500 metros y se estiman reservas adicionales que duplican ampliamente esta cifra.

El segundo gran objetivo es la producción de crudos extrapesados, con densidades comprendidas entre 6° y 12° API (entre 1,029 y 0,986 t/m³), que se encuentran localizados en su mayor parte en la Faja del Orinoco (Venezuela) y en la provincia de Alberta (Canadá). Se estima que el petróleo *in situ* contenido a partes iguales en ambas regiones es del orden de 470.000 millones de toneladas, es decir, más de tres veces las reservas recuperables de petróleo actualmente conocidas.

Se está trabajando intensamente en la recuperación de este petróleo por medio de dos tecnologías diferentes.

- La llamada producción “fría” en la cuenca del Orinoco. El petróleo se encuentra en el yacimiento a una temperatura de 50°C y con una viscosidad de miles de centipoises, lo que permite que fluya de manera natural. En este caso la tecnología de pozos horizontales permite vislumbrar una gran mejora de los caudales y una reducción significativa de las inversiones y los costos operativos.
- La llamada producción “caliente” para los crudos de Alberta, que se encuentran en el yacimiento a una temperatura de 10°C y con una viscosidad de millones de centipoises. En este caso es necesario recurrir al calentamiento para reducir la viscosidad. Se está trabajando en la tecnología de perforación de series de dos pozos horizontales, uno superior en la que se inyecta vapor de agua y otro inferior por el que se extrae el petróleo.

El tratamiento de estos petróleos produce cantidades importantes de coque de petróleo de difícil utilización en la actualidad. Las futuras tecnologías deben no solamente mejorar los sistemas de producción sino también su posterior tratamiento.

A los niveles actuales de las tecnologías, se estiman recuperables solamente el 10% de las reservas *in situ*, es decir, unos 47.000 millones de toneladas, si bien estas reservas no suelen incluirse en las estadísticas publicadas. Es evidente, sin embargo, el enorme potencial existente a medida que progresa la tecnología hoy disponible.

2.4. Refino del petróleo

Al igual que en otros subsectores energéticos, los grandes procesos de refino que fueron descubriéndose a lo largo del siglo XX han evolucionado y se han hecho muchos de ellos económicamente competitivos, gracias a los progresos realizados en los materiales, las máquinas y la instrumentación utilizadas. Los materiales son capaces de trabajar en condiciones cada vez más severas de temperatura, presión mecánica y resistencia química; las máquinas son más potentes, más veloces, con mejores rendimientos y más fiables; y los progresos de la electrónica han conducido a la automatización cada vez más sofisticada de los equipos productivos que otorgan a las unidades una gran versatilidad a la hora de aprovisionarse de materias primas diferentes y modificar, dentro de ciertos límites, la estructura de la producción y las especificaciones de los productos.

El primer aspecto que hay que destacar es la tendencia contradictoria que se ha producido en los últimos 25 años entre la oferta de crudos y la demanda de productos. En efecto, en lo que se refiere a los crudos, debe recordarse que el 60% de las reservas mundiales de petróleo tiene densidades inferiores a 33 grados API (superiores a $0,88\text{t/m}^3$) y contenidos en azufre superiores al 1,5%. Por tanto, habida cuenta que la capacidad mundial de producción es sólo ligeramente superior a la demanda, existe una oferta creciente de crudos pesados y ácidos y un diferencial de precio entre crudos ligeros y pesados que tiende a ensancharse. Por otra parte, las especificaciones oficiales de los productos son cada vez más estrictas en lo que se refiere al benceno, aromáticos, plomo y azufre.

La destilación atmosférica del petróleo produce, a grandes rasgos, un 45% de residuos. Esta estructura era apropiada antes de la primera crisis del petróleo, debido al fuerte consumo de fuelóleos en la industria y en la generación de electricidad. Al sustituirse el fuelóleo por energía nuclear, carbón y gas natural se inició un desbalance que se ha acentuado a lo largo de los años.

Para la conversión del residuo atmosférico en destilados, se han desarrollado en los últimos 60 años una serie de técnicas basadas unas en la separación de carbono y otras en el aporte de hidrógeno, para hacer frente al hecho de que la relación H/C es mayor cuanto más ligero es el producto. Así surgieron el cracking catalítico en lecho fluido (FCC), en los años 40, y el hydrocracking en los años 60. Las primeras eliminan C y son básicamente productoras de gasolinas y las segundas requieren el aporte de H y son productoras preferentemente de gasóleos de excelente calidad y muy bajo azufre.

Las refinerías modernas, con alto grado de conversión (FCC, Hydrocrackers, unidades de coquización, etc.) permiten obtener un alto porcentaje de destilados (gasolinas, kerosenos y gasóleos) que cumplen las más severas exigencias en materia de especificaciones y un residuo pesado, sólido o líquido, que representa un reducido porcentaje del crudo destilado, cuya eliminación es difícil debido a que en el mismo se acumulan gran parte de los elementos contaminantes que tenía el petróleo. A medida que se va endureciendo la legislación en materia de emisiones resulta más difícil encontrar una aplicación a estos residuos.

Obsérvese que en la actualidad una refinería compleja de alta conversión tiene unos consumos energéticos equivalentes en peso a cerca del 10% de la alimentación de la refinería y que para estos consumos internos ya no pueden utilizarse los residuos del refino, porque lo impiden las regulaciones vigentes en materia de emisiones atmosféricas de los productos de combustión. Se plantea, pues, un problema que será cada vez mayor respecto del destino de esos residuos sólidos o líquidos muy densos y viscosos.

Una solución de futuro es la gasificación de los residuos sólidos y líquidos, a través de la cual se producen gas de síntesis ($\text{CO} + \text{H}_2$) y otros productos contaminantes que se eliminan. Parte del H_2 se separa en ocasiones para ser utilizado en procesos de desulfuración o en plantas químicas y el resto alimenta una central eléctrica de ciclo combinado. A partir de una alimentación de 1.450 kt de residuos se puede alimentar una central de ciclo combinado de 770 Mw netos. El rendimiento global es próximo al 50%.

Así pues, las modernas refinerías son hoy capaces de producir destilados limpios, utilizados en la automoción principalmente, y un reducido porcentaje de residuos cuya eliminación será completa una vez hayan alcanzado plena madurez las tecnologías de gasificación seguida de la generación de electricidad. La utilización de estos destilados en vehículos dotados de catalizador da lugar a emisiones exentas de S, CO, NO_x , etc., pero no pueden evitar la producción de CO_2 , causante del efecto invernadero, en proporción al consumo de gasolinas y gasóleos.

Para disminuir estas emisiones existen dos posibilidades. La primera reducir el consumo de carburantes. La Unión Europea tiene un programa para reducir en 10 años las emisiones de CO_2 en los automóviles de 180 gr/km a 120 gr/km. Recurre para ello a tecnologías diversas que afectan al diseño, los materiales, la regulación de la combustión, etc. Actualmente existen vehículos en el mercado con emisiones que varían entre 400 gr de CO_2 , en ciertos vehículos y 104 gr de CO_2 en los automóviles híbridos. Por tanto, técnica-

mente sería posible reducir sustancialmente el consumo de carburante si se promoviese la penetración en el mercado de la nueva generación de vehículos.

La segunda posibilidad es la utilización de los biocarburantes: el biodiesel o diéster obtenido a partir de aceite de soja o de girasol y el etanol, a partir de trigo o cebada. El etanol puede emplearse directamente en la formulación de gasolinas, tal como ocurre en Brasil o Argentina, o para fabricar etil-terbutil-eter, que se adiciona a las gasolinas para mejorar el índice de octano. Estos biocarburantes reducen sensiblemente la emisión neta de gases de efecto invernadero pero son caros de producir. Las subvenciones que reciben estos productos son del orden de 350 euros por metro cúbico de biodiesel y de 380 euros por metro cúbico de etanol. El coste de cada tonelada de CO₂ no producida asciende a 200 euros.

3. LA TECNOLOGÍA DEL GAS NATURAL

El gas natural es un combustible limpio, carente de impurezas. Su combustión produce emisiones de CO₂ que, a igual valor energético, son inferiores a las del petróleo y sensiblemente inferiores a las del carbón. La utilización del gas natural en centrales de generación eléctrica de ciclo combinado produce emisiones de CO₂ que no superan el 30% de las producidas en una central convencional de carbón. Por otra parte, el gas natural podría utilizarse mucho más de lo que lo ha hecho hasta ahora en el sector de la automoción.

Las reservas probadas recuperables de gas natural equivalen a cerca de 70 años de consumo a los niveles actuales. Incluyendo acumulaciones importantes de gas natural que han sido consideradas como no recuperables e ignoradas por su lejanía a los mercados, las reservas podrían abastecer sin dificultades la demanda de gas durante todo el presente siglo⁵.

El inconveniente del gas natural lo constituyen las importantes inversiones que son necesarias para llevar el producto desde los yacimientos hasta los mercados cuando estos están alejados.

Para distancias de hasta 3.000 km, el transporte por gasoducto es más económico que el transporte marítimo en forma de gas natural licuado (GNL). Este último requiere inversiones importantes en la construcción de gasoduc-

⁵ Natural Gas Supply to 2100. M.A. Adelman (MIT) y Michael C. Lynch (MIT). Octubre 2002.

tos desde el yacimiento hasta la costa, en plantas de licuación, en metaneros y en plantas de regasificación en el país consumidor. Estas elevadas inversiones explican el escaso mercado del GNL, que representa solamente el 6% del mercado mundial.

La tecnología de la cadena gasista ha mejorado sensiblemente en los últimos años. Así, los costes de licuación de gas natural, que son los más importantes, han disminuido entre un 30 y un 50% en el último decenio, gracias a las mejoras tecnológicas y al efecto de la economía de escala de las unidades. También el coste del transporte marítimo del gas natural ha disminuido, aun cuando sigue siendo varias veces superior al del petróleo por cada unidad energética transportada.

De todo lo anterior se deduce que los mayores progresos previsibles se encuentran en la obtención de mejoras adicionales en el transporte de gas natural que permitan el acceso a los mercados de yacimientos cada vez más alejados.

Una opción tecnológicamente madura, pero con la posibilidad de lograr nuevas economías tanto en la inversión como en la producción, es la conversión del gas natural en productos líquidos, de más fácil transporte, en las proximidades del yacimiento cuando éste se encuentra muy alejado de los centros de consumo. La tecnología consiste en la oxidación parcial o el reformado con vapor, para obtener gas de síntesis rico en monóxido de carbono e hidrógeno, seguida del proceso de Fisher-Tropsch para la obtención de un crudo sintético compuesto por hidrocarburos de cadena larga, en general saturados. Este petróleo sintético se transporta fácil y económicamente hasta las refinerías de petróleo en las que, en unidades de hydrocracking, se obtienen gasóleos de excelente calidad exentos de azufre y aromáticos. Otra opción es la fabricación de metanol a partir del gas de síntesis, igualmente fácil de transportar.

La maduración plena de esta tecnología permitirá sustituir parcialmente a los derivados del petróleo en el sector de automoción, especialmente a los gasóleos cuya demanda está creciendo muy rápidamente en las últimas décadas, tanto por el mayor rendimiento de los motores de compresión respecto de los de explosión como por la menor carga fiscal que soportan los gasóleos respecto de las gasolinas.

En resumen, los mayores progresos que se producirán en relación con el gas natural afectarán más a su transporte, muy caro en relación con el del petróleo, que a su utilización.

4. LA TECNOLOGÍA DEL CARBÓN

El carbón es la fuente de energía fósil más abundante del mundo. En contenido energético, las reservas mundiales de carbón equivalen a más de 3,5 veces las de petróleo o las de gas natural y son suficientes para satisfacer la demanda actual durante más de 200 años.

Los países con mayores reservas de carbón son Estados Unidos (25%), la Federación Rusa (16%) y China (12%) y los mayores consumidores China (28%) y Estados Unidos (23%). En China el carbón representa el 66% del consumo de energía primaria y en Estados Unidos el 24%.

De los datos anteriores se deduce que el carbón seguirá siendo utilizado en una parte importante del mundo a pesar de sus inconvenientes medioambientales y, por tanto, es importante lograr tecnologías cada vez más limpias, especialmente en lo relativo a emisiones causantes del efecto invernadero.

La combustión del carbón produce fuertes emisiones de partículas sólidas (inquemados), SO_2 , NO_x , CO y CO_2 . Algunas de estas emisiones se han reducido sustancialmente en los últimos años: las partículas se eliminan por precipitación electrostática, el SO_2 por depuración de los gases, los NO_x por menores temperaturas de combustión y el CO por mejora de la combustión. En cambio, las emisiones de CO_2 siguen siendo importantes.

Ejemplo de tecnología limpia es la combustión en lecho fluido que se basa en la inyección de una corriente continua de aire para crear un lecho mixto inerte, en general con caliza, y partículas de carbón. La suspensión del carbón en el lecho fluido permite una mejor combustión (menor producción de CO); menor temperatura de combustión que en las calderas de lecho estático (a una temperatura entre 850°C y 900°C la formación de NO_x a partir del N del aire está prácticamente inhibida); calcinación de la caliza con producción de óxido cálcico muy poroso que se combina con el SO_2 de los gases y produce sulfato cálcico, que se elimina con las partículas inquemadas del carbón.

El inconveniente de estas centrales es que sus rendimientos son bajos, del orden del 34%. Por tanto, una central de estas características emite, a igual producción de energía, 2,8 veces lo que una central de ciclo combinado alimentada con gas natural.

El futuro del carbón pasa por dos tecnologías maduras pero que se deben mejorar en costes. La primera ya ha sido descrita: la gasificación del carbón y la generación de electricidad en centrales de ciclo combinado. La segunda la constituyen las centrales hipercríticas.

En los últimos diez años se ha iniciado la construcción de centrales eléctricas con el ciclo clásico de combustión externa pero operando a presión y temperatura del agua por encima de su punto crítico (220 bar, 381°C). El fluido hipercrítico monofásico puede alcanzar temperaturas más altas y por tanto rendimientos sustancialmente más elevados. La primera generación, ya en operación, alcanza presiones de 240 bar, temperaturas de 560°C y rendimientos del 48%. Se prevé que en la próxima década se alcancen los 380 bar, los 720°C y rendimientos del 55%. Dicho límite exigirá mejoras de calidad en los materiales y en la configuración de los tubos de la caldera así como mayores potencias unitarias (600-800 Mw) que permitan operar en el punto óptimo de la economía de escala. Las emisiones de CO₂ se reducen en un 40% respecto de las centrales convencionales.

Por tanto, el carbón está lejos de ser una energía del pasado. Los aumentos de productividad de la minería (en Estados Unidos se ha multiplicado por 2,5 en los últimos 25 años), el hecho de que se trate de una energía autóctona a la que difícilmente pueden renunciar países que pretenden el liderazgo mundial económico y político, la carencia de reservas significativas de petróleo y gas en estos países y las extraordinarias mejoras tecnológicas que se están consiguiendo en la utilización del carbón, confieren a esta fuente de energía un futuro importante en las próximas décadas.

A los niveles actuales de precio del carbón y del gas natural, el coste de generación de electricidad en una central de ciclo combinado alimentada con gas natural es, sin penalizar las emisiones de CO₂, el 85% del coste en una central de carbón de lecho fluido y el 68% del coste en una central ICGG alimentada con carbón. Si la penalización por emisiones de CO₂ es de 45€/t, esta relación pasa a ser del 65% en el caso del lecho fluido y se mantiene en el 68% en el ICGG, dado que los rendimientos son del mismo orden⁶.

El precio internacional del carbón ha evolucionado de modo mucho más regular que el del petróleo y gas. Cabe prever que en las próximas décadas el precio del gas natural aumente más rápidamente que el del carbón y los costes de generación de electricidad tiendan a igualarse.

5. OTRAS TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS

A los efectos de analizar la evolución futura de la participación de las energías fósiles en el abastecimiento energético mundial, es preciso hacer algunas reflexiones sobre las restantes energías.

⁶ The Cost of Generating Electricity. Royal Academy of Engineering, Marzo 2004.

5.1. Energía nuclear de fisión

En 2002 la energía nuclear proporcionó el 17% de la electricidad mundial producida, con grandes diferencias entre países: más del 80% en Francia y Lituania, en un extremo, y 0% en Italia, en el otro. En Estados Unidos representó el 20% y en España el 24%. La producción de electricidad en dicho año sustituyó un consumo de 611 millones de toneladas de petróleo (el 6,5% del consumo mundial).

El comportamiento de la energía nuclear ha sido hasta ahora muy satisfactorio en los países occidentales. Sólo se ha producido el accidente de Three Mile Island (Pensilvania, Estados Unidos) en 1979, que tuvo efectos negativos para la industria pero sin que se produjeran muertes. En concreto, en la Unión Europea de 15 países, en la que el 34% de la electricidad producida es de origen nuclear, no se ha producido un solo accidente.

Existe, sin embargo, una importante oposición social hacia esta energía, motivada en parte por la catástrofe de Chernobil, que se produjo en 1986 en un reactor con tecnología y sistemas de seguridad muy deficientes. Fue construida en los años en los que la Unión Soviética pretendió mantenerse a la altura de los Estados Unidos en la carrera armamentística, descuidando la seguridad.

La situación presente puede resumirse del modo siguiente⁷:

- A los niveles de precio actuales del gas natural, la energía nuclear es competitiva con las centrales de ciclo combinado alimentadas con este combustible, aun sin valorar económicamente la ausencia de emisiones de CO₂.
- En materia de seguridad, los reactores de última generación comportan un riesgo mínimo, asumible, de que se produzcan accidentes importantes. Finlandia, que no es un país dudoso en cuanto a su preocupación por la seguridad y el medio ambiente, ha abordado la construcción de un reactor de última generación con una potencia de 1.400 Mw.
- Persisten los problemas de eliminación de los residuos radiactivos de media y larga duración. Por el momento la única alternativa es su almacenamiento hasta que las tecnologías en desarrollo permitan su eliminación.

Pese a los datos anteriores, muy pocos países democráticos contem-

⁷ The future of Nuclear Power. An interdisciplinary MIT study (2003).

plan mantener la energía nuclear. En concreto, Suecia, Alemania y España han anunciado que no construirán nuevas centrales nucleares. Solamente Finlandia tiene el proyecto citado y es posible que también Francia construya nuevas centrales dado el consenso existente entre todos los políticos de este país.

En las previsiones de crecimiento de la demanda mundial de energía primaria se prevé un descenso progresivo de la participación relativa de la energía nuclear de fusión, lo que resulta un contrasentido dado los altos niveles de seguridad alcanzados, su progresiva competitividad y el hecho de que no produce emisiones de CO₂, que son la gran preocupación actual de los ecologistas.

Hace unos pocos años, escribía Jack Steinberg, Premio Nobel de Física (1988) y científico del CERN: “Estoy dispuesto a creer a mis amigos expertos nucleares, que consideran seguro el almacenamiento subterráneo de residuos nucleares incorporados a bloques de cerámica y, en cualquier caso, prefiero la posibilidad de producir problemas a las poblaciones que puedan vivir dentro de 100.000 años y no los peligros que estamos produciendo para nuestra progenie tan sólo dentro de 50 ó 100 años, si seguimos con el ritmo actual de empleo de combustibles fósiles”, refiriéndose al calentamiento de la tierra anunciado para finales del presente siglo y el aumento del nivel del mar.

5.2. Energía nuclear de fusión

La energía nuclear de fusión es, sin duda alguna, una de las opciones de futuro como sustituta de las energías fósiles por las ventajas que ofrece, tanto en lo relativo a la seguridad de la operación (no pueden producirse reacciones en cadena) como al bajo impacto medioambiental (no existe transporte de combustible radiactivo ni procesamiento externo del combustible, los productos de las reacciones no son radioactivos y los componentes radioactivos quedan atrapados en las estructuras del reactor). Por otra parte, los combustibles básicos son abundantes, baratos y no radioactivos.

Se viene diciendo que la energía nuclear de fusión es un programa de ciencia-tecnología sin fin: siempre se está a 30 años de que esta tecnología sea viable. Sin embargo, ha habido progresos, pero insuficientes. Hace falta que la comunidad científica se decida a construir y operar dispositivos tipo ITER para seguir precisando la viabilidad de un reactor con un adecuado conocimiento de los costes de inversión y operación. En cualquier caso no parece

posible su comercialización, suponiendo que se superen las dificultades tecnológicas conocidas, antes de 50 años.

5.3. Energía eólica

La evolución tecnológica registrada en los últimos 15 años ha sido considerable. Se ha pasado de máquinas unitarias de unas decenas de kw, simples y con poca fiabilidad, a aerogeneradores de potencia nominal que se acerca a los 1.000 kw, fiables, de bajo mantenimiento y vida operativa superior a 20 años. En los últimos quince años la inversión por kw instalado se ha reducido a menos de la mitad y los costes de generación se han reducido hasta unos 5,6 c€/kwh⁸.

La energía eólica es completamente limpia en lo que se refiere a emisiones. Ello no significa que no exista otro tipo de repercusiones medioambientales que empiezan a ser tenidas en consideración: impacto visual, ruidos, repercusiones sobre la fauna, etc.

El inconveniente principal de la energía eólica es su aleatoriedad. Por otra parte, al no poderse almacenar económicamente la energía eléctrica, salvo en las centrales de bombeo, tiene que consumirse cuando se produce en sustitución de otras fuentes de generación de energía eléctrica. Por esta aleatoriedad, expertos energéticos consideran que entre los costes de generación de energía de origen eólico deben incluirse las centrales fósiles de reserva para situaciones en las que la potencia eólica disponible sea muy baja, tal como sucedió en España en la canícula del verano de 2003 o en los fríos intensos de diciembre de 2002. La Royal Academy of Engineering del Reino Unido incrementa los costes de generación de electricidad eólica en un 46% debido a los costes de capital de la potencia convencional en reserva.

5.4. Biomasa

La biomasa puede estar constituida por cultivos específicamente destinados a sustituir energías fósiles o bien por residuos producidos en la transformación industrial de vegetales, residuos agrícolas o forestales.

Los primeros (aceite de colza, de girasol, cereales, etc.) permiten obtener biodiésel o bioetanol. Anteriormente se ha visto que los costes de fabricación

⁸ The Cost of Generating Electricity. Royal Academy of Engineering, Marzo 2004.

son mucho más elevados que para los derivados del petróleo, por lo que sólo son económicamente viables si están muy subvencionados. Los segundos se utilizan como combustible para la generación de electricidad. También la electricidad producida requiere ser subvencionada.

El futuro de la biomasa está subordinado al mantenimiento de estas subvenciones que pueden tener una doble justificación: los cultivos destinados a fabricar biocombustibles evitan la desertización y además son ecológicamente limpios. Los residuos forestales solamente tienen las ventajas ecológicas.

No se esperan mejoras apreciables en las tecnologías de utilización de las biomásas.

5.5. Energía solar

El sol envía a la tierra cuatro mil veces la energía que ésta consume. El aprovechamiento de la energía solar es una de las opciones más atractivas para sustituir a las energías fósiles.

En lo que concierne a la energía solar termoeléctrica, se está trabajando intensamente en tres líneas de investigación: los concentradores cilindro-parabólicos, los sistemas de torre central y los sistemas de disco. En los primeros se alcanzan temperaturas de 100 a 400° centígrados, en los segundos de 500°C a 1.000°C y en los terceros puede llegarse a los 3.000°C.

Los costes son todavía muy elevados, especialmente en los sistemas de torre y de disco, y menos en los concentradores cilindro-parabólicos. Aún deberán transcurrir varias décadas hasta que se llegue a niveles competitivos en los costes de generación de electricidad.

La energía termoeléctrica solar tiene el mismo inconveniente que la energía eólica: su aleatoriedad. El uso significativo de esta energía requiere no solamente mejoras tecnológicas que reduzcan su coste, sino además que la energía eléctrica se pueda almacenar económicamente.

En España se ha iniciado la construcción de una central termoeléctrica de 11,02 Mw de potencia nominal, y una producción prevista de 23 Gwh. La instalación consta de una torre de 100 m de altura en la que se concentra la luz reflejada en 624 heliostatos de 120 m² cada uno.

La conversión directa de energía solar en electricidad, es decir, la energía

fotoeléctrica, constituye una alternativa tecnológicamente muy atractiva, dado que es una energía renovable y no contaminante. Su utilidad es evidente en lugares aislados con difícil acceso a la red y pequeños consumos. Su coste es muy elevado, varias veces el de la generación de electricidad por métodos convencionales.

5.6. El hidrógeno como vector energético

La propulsión en el sector de automoción por medio de pilas de combustible es una opción limpia. Sin embargo, si el hidrógeno se obtiene a partir de derivados del petróleo o de gas natural, en el proceso de fabricación se emiten gases de efecto invernadero de manera tal que es menos contaminante utilizar directamente el gas natural como carburante que obtener hidrógeno del mismo para ser utilizado en pilas de combustible.

La solución de futuro podría estar en la producción masiva de hidrógeno por electrolisis del agua, utilizando la electricidad producida en reactores nucleares de fusión. Se trata de una opción que no parece factible antes de mediados del presente siglo.

6. EL FUTURO DE LAS ENERGÍAS FÓSILES

El impresionante desarrollo económico de la humanidad en el siglo XX se fundamentó en la disponibilidad de energía primaria y de energía eléctrica de calidad a costes razonables. El carbón, que había sido la energía en la que se fundamentó la primera revolución industrial, fue en gran parte sustituido por el petróleo y el gas natural, mucho menos contaminantes tanto en la extracción como en la combustión.

Tiende a olvidarse que una sociedad moderna debe disponer de energía con altas garantías de suministro, de calidad y a precios competitivos. En algunas de sus variantes -la electricidad- la garantía debe ser próxima al 100%. Sin embargo, se diría que se da por hecho que no habrá problemas de abastecimiento adecuado en cualquier circunstancia. Se rechaza la construcción de nuevas centrales eléctricas, de refinerías de petróleo y de líneas de alta tensión para el transporte de electricidad como si estas instalaciones no fueran fundamentales para mantener un creciente bienestar que, por otra parte, la sociedad exige.

Para analizar el futuro de las energías fósiles es oportuno formular previ-

siones sobre el consumo de energía primaria en el mundo. Todos los estudios disponibles, entre ellos los de la Agencia Internacional de la Energía, la Secretaría de Energía de los Estados Unidos o la Unión Europea confirman que en los próximos 20 años el consumo de energía primaria crecerá a tasas del orden del 1,8%. Esta previsión se establece teniendo en cuenta reducciones del crecimiento demográfico mundial respecto del existente en el último cuarto del siglo XX, menor crecimiento de la economía mundial y precios del petróleo más elevados.

La demanda de energías fósiles puede obtenerse después de restar la oferta de las demás energías. En los estudios citados se prevé que la energía nuclear de fisión verá reducida su participación del 7% actual al 5% debido al rechazo social de esta energía en la mayor parte de los países industrializados y, naturalmente, no se cuenta con la energía de fusión, que, en el mejor de los casos, no estará disponible antes de 50 años. Respecto de la energía hidroeléctrica, también se prevé una reducción de su participación del 3 al 2%, porque los mejores aprovechamientos ya están en explotación y existe una creciente oposición a la construcción de otros nuevos por las alteraciones que se producen en los ecosistemas locales. Por último, en lo que a las energías renovables se refiere, estos organismos prevén en su planificación un ligero aumento porcentual (del 3 al 4%). Por tanto, las energías fósiles deberán cubrir en los dos próximos decenios en torno al 89% del consumo de energía primaria, correspondiendo el 39% al petróleo, el 26% al gas natural y el 24% al carbón, lo que constituye una estructura muy próxima a la actual.

7. BALANCE OFERTA-DEMANDA DE ENERGÍAS FÓSILES. SITUACIÓN A LARGO PLAZO

La demanda de energías fósiles en 2002 y la previsión para el año 2020 formulada por varias prestigiosas instituciones⁹ es, aproximadamente, la siguiente:

	<u>2002</u>	<u>2020</u>
Petróleo (Millones de toneladas)	3.563	5.500
Gas Natural (Miles de millones de metros cúbicos)	2.526	3.900
Carbón (Millones de toneladas equivalentes de petróleo)	2.412	3.350

Las reservas de gas natural son suficientes para atender la demanda. Se

⁹ AIE, US Department of Energy, etc.

requerirán fuertes inversiones para el desarrollo de la cadena logística, pero la previsión de la evolución al alza de los precios del gas permitirá rentabilizar estas inversiones.

Igualmente, existen grandes reservas de carbón capaces de satisfacer esta demanda. En este caso, las inversiones deberán materializarse sobre todo en la construcción de instalaciones de utilización más limpias desde el punto de vista de las emisiones causantes del efecto invernadero.

En cambio, en lo que se refiere al balance oferta-demanda de petróleo las opiniones varían entre quienes consideran que hasta el 2020 no habrá dificultades serias de aprovisionamiento y los que creen que éstas podrían aparecer dentro de diez años.

Las proyecciones basadas en la Teoría de Hubbert indican que se alcanzaría el pico máximo de producción hacia el año 2012 y que éste sería del orden de los 4.000 millones de toneladas. La producción de petróleo convencional alcanzaría su pico en 2010 y la de petróleo no convencional en la segunda mitad del presente siglo.

Las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía son más optimistas dado que estiman que la producción en 2020 será suficiente para atender la demanda de dicho año. Entre las previsiones derivadas de la Teoría de Hubbert y las de la AIE se sitúan las formuladas por las grandes empresas petroleras: Shell, Esso y BP.

Hemos visto que en los últimos quince años las mejoras tecnológicas han permitido que las nuevas reservas probadas hayan superado a la producción y que aparentemente esta situación podría mantenerse en las próximas décadas. Las razones por las que muchas compañías se muestran ahora más pesimistas son varias. En primer lugar, se está frenando el ritmo de reemplazo de reservas de las principales compañías privadas: En el período 2001 a 2003, este reemplazo ha superado a la producción en el 8%, pero los nuevos descubrimientos son sensiblemente inferiores a dicha producción, correspondiendo la diferencia a revisiones de las reservas de yacimientos ya conocidos.

En segundo lugar, la exploración y producción en aguas profundas empieza a ofrecer perspectivas menos prometedoras debido especialmente a que el porcentaje de sondeos con éxito está decreciendo. Sin embargo, algunas cifras parecen contradecir este pesimismo: la producción esperada en aguas profundas a finales de la presente década doblará la del pasado año, que ascendió a 3 millones de barriles/día.

En tercer lugar, las técnicas de recuperación terciaria, es decir, las que aumentan el factor de recuperación mediante la inyección de productos químicos que favorecen el movimiento de los fluidos en las formaciones productivas, están dando peores resultados de los esperados y, por otra parte, los costes asociados a la producción de crudos extrapesados limitan igualmente las expectativas de producción que, hacia el año 2020, se situarían en unos 7 millones de barriles/día.

Por último, parece insinuarse un cambio de tendencia en la evolución de los costes de exploración y producción que podrían empezar a aumentar después de un decrecimiento sostenido durante los últimos 15 años.

Este pesimismo manifestado por las grandes compañías petroleras podría no estar plenamente justificado. La experiencia directa de estas compañías se refiere a las reservas de petróleo que controlan y operan, que representan solamente el 15% de las reservas mundiales. Estas compañías tienen algún conocimiento de otras áreas que fueron nacionalizadas en la década de los setenta pero su información es muy limitada en extensas zonas tales como la Antigua Unión Soviética, China o México.

En cualquier caso, puede concluirse que, de mantenerse las previsiones de demanda de petróleo, a medio plazo empezarán a aparecer tensiones en el aprovisionamiento que afectarán a los niveles de precio. A estos efectos conviene tener presente que, en el precio final de los productos petrolíferos, la carga fiscal en Europa constituye entre el 60 y el 70%, por lo que podría suceder que los Gobiernos se vieran obligados a reducir la recaudación fiscal que ahora obtienen.

Ante este panorama de incertidumbre no parece que se estén adoptando medidas que permitan moderar el crecimiento de la demanda de petróleo, contrariamente a lo que se hizo en las dos crisis iniciadas en 1973 y 1979. En efecto, vimos anteriormente que entre 1960 y 1973 el consumo de petróleo se multiplicó por más de tres, pasando de 880 a 2.750 millones de toneladas. A partir de este año empezaron a adoptarse medidas tales como un uso más racional de la energía y el impulso de otras energías, especialmente la nuclear de fisión. Consecuencia de estas medidas y, también, de la desaceleración económica derivada de los choques petroleros fue que en 1985 se consumió en el mundo prácticamente el mismo petróleo que en 1973. En concreto, la energía nuclear sustituyó a más de 600 toneladas de fúelóleos. Desgraciadamente, a partir de 1986, año en el que los precios del petróleo se situaron en términos reales por debajo de la del año 1973, la demanda ha vuelto a incrementarse. En 2002 esta demanda superó en un 26% a la del año 1986.

La incertidumbre respecto de la disponibilidad futura de petróleo unida a la necesidad de disminuir el consumo de energías fósiles por las emisiones que producen, incompatibles con los objetivos del Protocolo de Kioto, aconsejarían algunas actuaciones, entre ellas las siguientes:

- Dentro del uso más eficiente de la energía, destacan las posibilidades existentes en el sector de automoción al que se destina en torno al 70% del petróleo que se consume en el mundo. Hemos visto que las emisiones de CO₂ producidas por Km varían desde poco más de 100 gr hasta 400 gr. Dado que el consumo de gasolina es proporcional a las emisiones, se deduce el enorme potencial de ahorro existente.
- Disminuir la producción de electricidad a partir de combustibles fósiles, mediante el impulso de las energías renovables, especialmente eólica, y la energía nuclear de fisión.
- Promover la sustitución de las centrales de carbón y fueloil actuales por centrales de alto rendimiento.

A más largo plazo las opciones más atractivas son las siguientes: En primer lugar, la combinación de la energía nuclear de fusión y del hidrógeno como sustituto de los derivados del petróleo. En segundo lugar, el desarrollo de las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar y, simultáneamente, la mejora de las técnicas de almacenamiento de la energía eléctrica, del que depende también el desarrollo a gran escala de la energía eólica. Por último, reducir las pérdidas producidas en el transporte y distribución de electricidad por medio de los superconductores u otras soluciones alternativas.

8. CONCLUSIONES

- a) El progreso en las tecnologías de producción y de transformación de energías fósiles en el siglo XX ha sido excepcional. Las reservas probadas han aumentado de modo sostenido a pesar del incremento de la producción.
- b) Las previsiones más fiables en materia de demanda de energía primaria indican que en el primer cuarto del presente siglo las energías fósiles aportarán cerca del 90% de dicha demanda. No existirán dificultades en cuanto a la oferta de carbón y gas natural.
- c) Existe alguna preocupación respecto de la posibilidad de mantener a largo plazo el balance oferta-demanda de petróleo.
- d) Es urgente moderar el consumo de petróleo. La OCDE, que consume el 70% del petróleo mundial, utiliza esta fuente de energía principalmente en

el sector de automoción. Se debería estimular la sustitución de los vehículos actuales por otros de mejor rendimiento.

- e) También debería moderarse el consumo de energías fósiles en la producción de electricidad. Puede lograrse mediante un nuevo impulso a la energía nuclear de fisión y la sustitución del parque actual de centrales termoeléctricas por centrales de gas de ciclo combinado y centrales supercríticas de carbón.
- f) El futuro de la energía pasa por la utilización del hidrógeno en el sector de automoción. Ello requerirá una producción limpia de hidrógeno que, masivamente, sólo será posible mediante la generación eléctrica en centrales nucleares de fusión y la electrolisis del agua.

DISCURSO DE CONTESTACIÓN DEL
ACADÉMICO NUMERARIO
EXCMO. SR. DR. D. JAIME LAMO DE ESPINOSA

Excmo. Sr. Presidente
Excmos. Sres. Académicos

Me corresponde el gran honor de ocupar esta Tribuna para responder, en nombre de nuestra corporación, al discurso de ingreso en esta Real Academia de nuestro nuevo compañero D. José Luis Díaz Fernández. Lo hago con sumo agrado, yendo mucho más allá de lo que la bienvenida estatutaria obliga, pues me obliga, también, con el académico una vieja amistad y una extraordinaria consideración hacia sus méritos profesionales, académicos y humanos. Si admitir en una Academia a un nuevo miembro es siempre un gran motivo de alegría, hacerlo con un amigo es aún más grato y satisfactorio. Y José Luis Díaz Fernández lo es.

No importa que los avatares del destino nos hayan llevado durante años por caminos diferentes. Porque lo que importa es que en un período vital de nuestras trayectorias personales, nuestras eclípticas coincidieron. Corrían los años previos a la transición y en el Ministerio de Industria dos jóvenes ingenieros, él de Minas, yo Agrónomo, él además Veterinario, yo además Economista, fuimos nombrados Directores Generales, de Energía, en 1972 él, de Industrias Alimentarias yo en 1974. No nos conocíamos, aunque José Luis había trabajado a las órdenes de mi padre en la Empresa Nacional de Petróleos de Aragón. Allí permanecimos ambos varios años, con tres Ministros diferentes: Alfredo Santos Blanco, Alfonso Álvarez-Miranda y Carlos Pérez de Bricio. Tres excepcionales caballeros, tres amigos, tres grandes Ministros de los que ambos aprendimos y disfrutamos con sus confianzas y sus confianzas. Desde entonces, aquella amistad allí tejida nunca se rompió pese a los tiempos vacíos por ausencias o por lejanías por razones de trabajo. Por eso

hoy es para todos, pero sobre todo para mí, una inmensa alegría recibir aquí, en nuestra Casa, al profesor Díaz Fernández.

La tradición manda que me corresponda glosar la vida, los trabajos y el discurso de nuestro Académico. No es difícil porque tiene una vida densa y una labor acreditada.

José Luis Díaz Fernández nació en León el 30 de Noviembre de 1929. En 1953 finalizó, en León, los estudios de Licenciatura en Veterinaria y Facultativo de Minas. Entre 1951 y 1954 trabajó en la empresa Hulleras de Sabero y anexas, en Sabero (León), primero en servicios de topografía y después como Jefe de Mantenimiento.

En 1954 inició la preparación del ingreso en la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid, finalizando los estudios en 1961, con el nº1 de su Promoción y Premio Nacional Fin de Carrera.

En 1961 inició sus actividades profesionales en exploración y producción de hidrocarburos, en el Departamento de Investigaciones Petrolíferas de AUXINI.

En 1965 obtuvo, por Oposición, la Cátedra de Física y Ampliación de Física de la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Oviedo y un año después, la de Mecánica Racional y Mecánica de Fluidos en la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

Poco después, en 1969, fue nombrado Consejero-Director del Departamento de Investigaciones Petrolíferas de Auxini, Subdirector de Petróleo, Petroquímica y Gas del INI y Consejero Delegado de la Empresa Nacional de Petróleos de Aragón.

En 1972 fue nombrado Director General de la Energía del Ministerio de Industria y Consejero de Hunosa y Enher.

En 1976 asumió la Vicepresidencia Ejecutiva de la Empresa Nacional del Petróleo (ENPETROL), empresa resultante de la fusión de REPESA (Refinería de Petróleos de Escombreras), ENCASO (empresa Nacional Calvo Sotelo) y ENTASA, y fue nombrado Consejero de HISPANOIL, ENIEPSA y ENDESA.

En 1982 fue designado Presidente de ENPETROL y de PETROLIBER (Refinería de La Coruña), y Consejero de ENAGAS y BUTANO. Tres años

después, en 1985, dejó la Presidencia de ENPETROL y PETROLIBER y asumió la de CAMPSA (después CLH) hasta 1994. En 1991 fue nombrado Consejero de REPSOL, S.A. y miembro de su Comité Ejecutivo.

En 1993 fue nombrado Presidente de REPSOL COMERCIAL y en 1994 de REPSOL PETROLEO, empresa resultante de la fusión de ENPETROL y PETROLIBER.

Desde 1996 es Consejero y Miembro de la Comisión Delegada de PETRONOR.

De 1996 a 2002 fue Consejero y Miembro del Consejo de Administración, de la Comisión Delegada y del Comité de Auditoría de CLH (antigua CAMPSA).

En 1996 se retiró de las funciones ejecutivas en el Grupo REPSOL, habiendo pasado a desempeñar la Presidencia de la FUNDACION REPSOL. Desde entonces es Presidente de la Fundación Repsol YPF (España) y desde 1999 es Vicepresidente de la Fundación YPF (Argentina).

Es Académico de Número de la Real Academia de Ingeniería de España y Vicepresidente del Consejo Social de la Universidad Rey Juan Carlos.

Ha recibido numerosos premios por su trayectoria empresarial.

Es autor de libros y trabajos sobre el sector energético publicados en numerosas revistas españolas y extranjeras y ha pronunciado y pronuncia varias conferencias anuales en diversos foros españoles y extranjeros.

Ha promovido, como Presidente de la Fundación Repsol YPF, la creación del Instituto Superior de la Energía, ubicado en la Comunidad de Madrid, que imparte estudios de postgrado en el sector energético. En la actualidad, entre otros cursos, se están impartiendo 5 masters (Exploración y Producción de Hidrocarburos, en colaboración con la Heriot-Watt University; Refino, Gas y marketing; Petroquímica; Tecnología y Gestión de Empresas Energéticas, en colaboración con el IESE; y Gas y Electricidad, en colaboración con el ICAI).

Está en posesión de la Gran Cruz de la Orden del Mérito Civil.

Pero frente a esta fría, aunque brillantísima, biografía la vida de José Luis se enmarca, se define, se aboceta con cuatro grandes pinceladas, que nos lle-

van a León, la energía, la Cátedra y la obra bien hecha. Unas breves anécdotas ilustrarán bien a nuestro personaje.

León, su corazón, le une a la energía, lo que en otro tiempo hubiera sido una reiteración, pues la energía era en España la carbonífera y eso lo representaba el viejo reino astur-leonés. Por eso le conmueven otros merecimientos menos sonados, aunque más entrañables, que le llegaron de su propia tierra. Así cuando en 1974 fue elegido Leonés del Año y accedió a pronunciar el Pregón de las Fiestas de León de San Juan y San Pedro del año 1975. Entre la elección y el Pregón, Endesa había solicitado autorización previa para construir una Central Nuclear en Valencia de Don Juan. Pocos días antes de la lectura, le llamó Francisco Laíña, que era el Gobernador Civil de León (más tarde sería el Presidente de la Comisión de Subsecretarios en la noche del 23-F mientras que el Gobierno permanecía secuestrado en el Congreso), diciéndole que había tal revuelo que era previsible una “tractorada” y una pita colossal durante la lectura del Pregón de las Fiestas. Diplomáticos e “ineludibles” compromisos impidieron su presencia y la lectura la hizo un concejal.

La energía y el petróleo, su afanosa labor, y su constante preocupación le llevan en 1974, poco después de iniciada la crisis del petróleo, a responder cuando es preguntado en una rueda de prensa ¿para cuántos años hay petróleo?. Responde sin dudar “para 30”. Volvieron a preguntarle: ¿Y dentro de 30 años? Contestó: Para otros 30. Hoy dice que se equivocó, afirma que hay petróleo para 40 años. Las dos respuestas revelan dos improntas de su carácter: su discreción (la primera) y su optimismo (la segunda).

Su Cátedra, el rigor intelectual. Cuando se reintegra a la Cátedra, después de 10 años de excedencia especial con reserva de plaza, fue a verle el Delegado de los alumnos de la Escuela de Minas, quejándose de la dureza de los exámenes de Mecánica, que era la asignatura que impartía en el segundo curso. Le preguntó en qué curso estaba y le dijo que en el 6º y último. Volvió a preguntarle cuántas veces se había presentado. Le contestó que ninguna. Sin duda ¡eran muy duros!

El bien hacer y la suerte. Le he oído decir que en esta vida, además de intentar hacer las cosas bien, hay que tener suerte. Einstein decía que “La suerte de la humanidad es generalmente la que ella merece”. La suerte de José Luis es la de su buen hacer, la que merece. En 1986, siendo presidente de CAMPSA, hizo una total remodelación de la Guía CAMPSA de la que se vendían 30.000 ejemplares. Incorporó el nuevo diseño de la Compañía y mejoró su contenido pero, sobre todo, prepararon unos spots para televisión donde el

personaje central era Cela, como escritor viajero por excelencia. Poco antes de lanzar la campaña se otorgó a Cela el Premio Nóbel. El impacto mediático fue tal, que pasaron a vender 200.000 ejemplares. José Luis, señor siempre, dice que Cela se portó como un caballero y mantuvo los honorarios aún cuando el contrato, apalabrado antes, se firmó poco después de la concesión del Premio Nóbel.

El Dr. Díaz Fernández nos ha instruido esta tarde sobre la energía. Ha realizado un claro y contundente análisis sobre el sector, su posición actual en el mundo y su futuro. Y ha concluido resumiendo sus tesis en los siguientes puntos:

- a) El progreso en las tecnologías de producción y de transformación de energías fósiles en el siglo XX ha sido excepcional. Las reservas probadas han aumentado de modo sostenido a pesar del incremento de la producción.
- b) Las previsiones más fiables en materia de demanda de energía primaria indican que en el primer cuarto del presente siglo las energías fósiles aportarán cerca del 90% de dicha demanda. No existirán dificultades en cuanto a la oferta de carbón y gas natural.
- c) Existe alguna preocupación respecto de la posibilidad de mantener a largo plazo el balance oferta-demanda de petróleo.
- d) Es urgente moderar el consumo de petróleo. La OCDE, que consume el 70% del petróleo mundial, utiliza esta fuente de energía principalmente en el sector de automoción. Se debería estimular la sustitución de los vehículos actuales por otros de mejor rendimiento.
- e) También debería moderarse el consumo de energías fósiles en la producción de electricidad. Puede lograrse mediante un nuevo impulso de energía nuclear de fisión y la sustitución del parque actual de centrales termoeléctricas por centrales de gas de ciclo combinado y centrales supercríticas de carbón.
- f) El futuro de la energía pasa por la utilización del hidrógeno en el sector de automoción. Ello requerirá una producción limpia de hidrógeno que, masivamente, sólo será posible mediante la generación eléctrica en centrales nucleares de fusión y la electrolisis del agua.

Me gustaría contextualizar esta exposición en otra de naturaleza geoestratégica, dado que la energía no es un mercado más, es un mercado singular debido a las particulares condiciones que gravitan sobre sus fuentes de abastecimiento y lo que la energía representa en relación a las condiciones demográficas del mundo. Lo ocurrido este verano así lo acredita.

La energía es para el hombre. Sólo tiene significado en la medida en que

aprovecha al bienestar de la humanidad. Pero esa humanidad de unos 6.000 millones de habitantes, que crece a velocidad vertiginosa, es sólo en parte, digamos una mitad, gran consumidora de energías de cualquier naturaleza. La otra mitad no lo era, no lo es, pero aspira a disfrutar de unas condiciones de vida semejantes al resto del mundo y tiene derecho a ello.

Y en este quiebro del siglo XXI que comienza, todos somos más conscientes de que determinados recursos son escasos, limitados y que su uso indiscriminado acaba generando penurias que no somos capaces de controlar. La escasez de agua es un ejemplo, la del petróleo o el gas, otro. 1/5 de la población carece de agua potable y en el 2025 habrá 2.000 millones de personas que carecerán de agua para beber. La destrucción de los bosques es otro fenómeno de la misma naturaleza. Cada año se tala una superficie forestal equivalente a dos veces Australia. Y en España arden miles de has. sin control. Mientras la población crece -no olvidemos que cada año nacen en el mundo dos veces la población de España- y esa población nos pide más agua, más casas, más alimentos, más calor, más energía. Un nivel de vida igual. Nos lo pide a gritos... a veces con bombas.

Nosotros somos, lo ha indicado nuestro nuevo Académico, un país enormemente dependiente del petróleo. Cada dólar que sube su precio crece nuestro déficit comercial en 200 millones. Sus repercusiones sobre el turismo y sobre las industrias muy intensivas en su uso son inmediatas.

Los mercados sin trabas, la célebre “mano invisible”, no siempre funcionan. Algunos economistas (Stiglitz) dicen que simplemente porque no está. Y cuando eso ocurre producen en demasía algunas cosas, como contaminación atmosférica, o demasiado poco de otras.

Pero el problema de la energía es que en la forma en que la obtenemos no es ilimitada. Otras fuentes, hidráulica, eólica, biotécnica, solar, aparentemente lo son. Pero la que procede del gas o del petróleo no. Nuestro compañero de Corporación nos dice que hay petróleo para otros 40 años y gas para 60. ¿Y qué son 40 ó 60 años en el devenir de la humanidad? Casi todos los que estamos aquí hemos vivido ya más de 40 y muchos de 60 años y sabemos lo rápido que han pasado. Trabajar sobre el petróleo puede ser un buen negocio privado para hoy pero una muy relativa actividad en términos de futuro.

Hoy por hoy sólo somos capaces de vivir partiendo de energías fósiles en una alta proporción. No importa que otras avancen, las eólicas, la solar, los bioetanoles procedentes de la agricultura, etc. el problema hoy es que aparen-

temente no caben alternativas de rápida implantación que nos lleven más allá de Kioto y que nos liberen de sus famosas cuotas.

Pero Kioto no sólo nos sirve para controlar las emisiones de CO₂. Nos sirve para poner sobre la mesa que el modelo energético y de crecimiento no es viable. El precio del petróleo es la señal, la advertencia.

También el conferenciante, nos ha dicho que ni la energía solar –la más atractiva- ni la basada en el hidrógeno están hoy, dado el *arte de la ciencia*, como se decía en el XIX, en situación de ser verdaderas alternativas en el corto o medio plazo.

¿Qué nos queda entonces? Según lo que hemos oído aquí al profesor Díaz Fernández: *“las energías fósiles deberán cubrir en los dos próximos decenios en torno al 89% del consumo de energía primaria desglosándose en el 39% el petróleo, el 26% el gas natural y el 24% el carbón, es decir, una estructura muy próxima a la actual”, ...pues la energía nuclear de fisión verá reducida su participación del 7% actual al 5% debido al rechazo social de esta energía en la mayor parte de los países industrializados y, naturalmente, no se cuenta con la energía de fusión, que, en el mejor de los casos, no estará disponible antes de 50 años”*.

Pero por el lado del carbón no cabe esperar ofertas atractivas ni el estado de la industria extractiva lo recomienda, salvo para condiciones laborales muy precisas.

El gas, por muy importante que sea el recurso, no cabe generalizarlo si no es en un entorno relativamente próximo de sus fuentes generadoras. Como nos ha señalado el nuevo Académico :” *El gas natural es un combustible limpio, carente de impurezas. Su combustión produce emisiones de CO₂ que, a igual valor energético, son inferiores a las del petróleo y sensiblemente inferiores a las del carbón. La utilización del gas natural en centrales de generación eléctrica de ciclo combinado producen emisiones de CO₂ que no superan el 30% de las producidas en una central convencional de carbón. Por otra parte, el gas natural podría utilizarse mucho más que hasta ahora en el sector de automoción. Las reservas recuperables de gas natural equivalen a más de 60 años a los niveles de consumo actuales.*” Nuevamente disponemos de un instrumento poderoso y escasamente contaminante pero cuya vida estimada se cifra en unos 60 años. Poco tiempo.

Nos queda entonces sólo, la energía nuclear de fusión, que no pueden producirse reacciones en cadena, tiene un bajo impacto medioambiental, los com-

bustibles básicos son abundantes, baratos y no radioactivos. Pero como nos ha recordado el nuevo Académico *“siempre se está a 30 años de que esta tecnología sea viable”*. *“No parece posible su comercialización, supuestas superadas las dificultades tecnológicas conocidas, antes de 50 años”*. Y si las reservas de petróleo son para 40 años y las de gas renovable para 60 años, y la fusión nuclear no estará previsiblemente antes de 50 años, qué debemos hacer?

Este escenario nos lleva nuevamente a Kioto y al petróleo. Kioto nace para dar respuesta a un rápido e inexorable calentamiento de la Tierra que ya se manifiesta en las grandes masas de hielo que se desprenden de hielos multi-seculares o en las olas de calor padecidas por Europa el verano pasado. Cambiar esa tendencia significa reducir las emisiones de CO₂ en un periodo breve. Por eso el acuerdo de Kioto preveía una reducción del 5,2% de las emisiones de gases, que contaminan y calientan la atmósfera, en diez años. Las dificultades de Kioto no merecen ser comentadas. Algunos países muy poderosos y otros nuevos en desarrollo desprecian hoy Kioto, como nosotros lo hubiéramos hecho antes, cuando iniciábamos nuestro desarrollo, pero entonces ni se hablaba de este tema ni se conocía.

El petróleo, desde la nacionalización de sus fuentes, no es un mercado de empresas sino de Estados, la mayor parte de ellos árabes, lo que ha dividido el mundo en países vendedores y clientes. Pero vivimos en un mercado de muy pocos oferentes, cartelizados, que fijan límites a la producción, altamente inestable y de los que dependemos todo el mundo desarrollado. Pues bien es difícil decir que un mercado caracterizado por el control de oferta por parte de los países de la OPEP reúna los requisitos de un mercado libre, transparente, perfecto, etc. . Se dirá que no es fundamental tal circunstancia pues el petróleo hoy representa sólo un 4% del PIB mundial. Pero lo cierto es que la capacidad de reacción frente a una crisis de oferta, ergo a un crecimiento de los precios, no es fácil para unos países cuyo desarrollo y vida cotidiana depende del petróleo. De ahí las páginas que los periódicos del mundo consumen cuando el petróleo supera la barrera de los 40 \$/barril como este verano o cuando vivimos los impactos de las crisis del petróleo de 1973, 79 y siguientes.

Por el lado de la demanda, la situación está siendo alterada por ese gran país que es China, que en 1993 tuvo una producción equivalente a su consumo mientras que ha pasado a importar 3 millones de barriles día en 2003. Y esta tendencia se está acelerando en los últimos años. Y con China otros países – India o Brasil- de menor tamaño cuyas industrias al amparo de costes

laborales muy bajos y condiciones de trabajo inaceptables en el mundo occidental vienen arrastrando ciertas industrias a sus esferas geográficas en detrimento de otras.

Todo ello hace que hayamos presenciado en los últimas décadas cambios súbitos en los precios fruto de reacciones rápidas en la oferta o en la demanda. Y así hemos contemplado subidas espectaculares en 1973 y 1979 caídas bruscas en 1986 y 1998, o un fuerte incremento actual.

Frente a estos dos graves problemas: falta de fuentes energéticas y costes relativos altos que nos impiden competir, nos sigue quedando la vieja y muy conocida energía nuclear de fisión. Es verdad que a nadie nos gusta la energía nuclear. Pero habrá que afrontarla como solución puente hasta que la ciencia y la tecnología nos den algo mejor. Pero ésta, que es la única que nos permitiría evitar Kioto, como le permite a Francia, no está de moda, o por decirlo en términos realistas no es aceptable por aquellos que con su presión mediática mandan y condicionan lo que en política es “ecológicamente correcto”.

De aquí que dos grandes problemas de la humanidad en este inicio del siglo XXI, el hambre o la alimentación, y la energía o su correlato, el calentamiento, estén condicionados por aquellos que definen aquí y ahora lo que es “ecológicamente correcto”. De este modo unos países avanzan en la senda de las biotecnologías mediante los llamados OMG o “transgénicos”, uno de los grandes recursos de la humanidad para evitar el hambre, en medio de grandes objeciones proclamadas por quienes, de otra parte y paradójicamente, parecen defender el Tercer Mundo y la satisfacción de sus necesidades. Y al igual, mientras que unos países no se atreven a avanzar en la energía nuclear por temor a sus censores ecológicos y políticos, pierden competitividad en sus producciones y contribuyen más que los otros al calentamiento por sus emisiones de CO₂, otros avanzan sin límite y sin freno – es el caso de Francia, Finlandia o China - haciendo así que su industria pueda mantener un coste energético muy inferior a los de sus competidores en sus áreas.

El futuro de la energía debería estar dominado, a mi juicio, por un debate que no esté basado en las fuentes o en la vida de los recursos, sino en hasta qué punto la sociedad será capaz de romper tabúes generados en la abundancia –no a las centrales nucleares porque hay abundancia de otras fuentes energéticas, no al uso de OMG porque hay abundancia de alimentos clásicos– cuando esa forma de razonar está periclitada.

Desde luego, en cuanto a lo agrario no es así. Malthus se equivocó porque

la genética vegetal y animal, los avances en la agroquímica, en la tecnología mecánica e informática, en el control del agua de riego, rompió su esquema de las famosas progresiones y el hombre ha llegado hasta aquí sin graves problemas de hambre. Pero la población crece y precisa de otras fuentes de alimentos. Incluso puede que el día de mañana exista una competencia por el factor “tierra” entre su uso para producir “agricultura intensiva en alimentos” o su uso para producir “agricultura intensiva en oxígeno o energía”. Según estudios recientes de la UPM tres kilos de paja tienen la misma bioenergía que un kilo de petróleo. En términos de coste por unidad de energía la relación de coste es la tercera parte a favor de la energía bioenergía. Y los OMG podrían aumentar esas diferencias en su favor, sin que en este caso quepa el rechazo. Y quede claro que una planta de biomasa de 10 MW de potencia sólo preciaría de 7.000 has. de cultivos agroenergéticos para alimentarla.

Si la agricultura europea no puede exportar por límites a sus ayudas y para favorecer a países menos desarrollados, si no puede aumentar sus producciones para su propio abastecimiento limitadas aquellas por cuotas productivas y si una buena parte de las tierras agrícolas pueden ser abandonadas por el efecto desacoplamiento de ayudas aprobado por la UE, forcemos desde la propia UE la producción de cultivos energéticos, es decir aquellos que puedan servir para obtener sustitutos del gasóleo o las gasolinas. En estas energías está el futuro no sólo de la solución energética parcial de nuestras economías sino la solución a una buena parte de los problemas de nuestra agricultura, la española y la europea, que podrían encontrar en tales producciones vegetales la alternativa más conveniente a los abandonos de tierras que se derivarán del desacoplamiento.

Frente a esta situación es necesario encontrar soluciones. Y una de ellas, la más sencilla sería la de orientar tales productores hacia cultivos que permitan obtener biocarburantes. Nos harían menos dependientes del petróleo y nos evitarían la desertización. Si alguna ayuda fuera precisa para tal logro, habría que computarla como una ayuda al equilibrio ecológico, lo que sin duda es aceptable en los términos de la OMC. Y no solo eso, nadie dudará que la introducción de OMG (transgénicos) en este sector no podría ser rechazable pues tales productos nunca tendrían por destino la alimentación.

En cuanto a la energía nuclear los tabúes apuntados que operan contra las nucleares se quiebra ante el estado de la tecnología y la seguridad logrado hoy. Por eso la solución a Kioto no está en dismantelar industrias de aquí para trasladarlos allá, sea en los países de la ampliación, sea hacia China y otros del área; no está en la compra- venta de derechos de emisión, porque eso, a la

larga es repartir la pobreza o la escasa riqueza existente y es un mecanismo de difícil adaptación y mantenimiento. La solución al problema, al más grave al que se enfrenta la humanidad, es hoy aceptar que nos hemos equivocado en el diagnóstico sobre la energía limpia que es la nuclear y que ese es el camino, al menos coyunturalmente, con todos los avances que sobre la misma se han introducido en los últimos veinte años. Chernobyl no fue el fracaso de esa energía sino el de un régimen que se hundía y ya nada controlaba. Menos aún a sus propios técnicos.

Buena prueba de ello es que en el mundo 19 países usan la energía nuclear para obtener el 20% de sus necesidades, que siete países de Europa aplican esta energía de modo constante: Francia, Suecia, Hungría, Eslovenia, Lituania, Eslovaquia, Ucrania, y que cuatro de oriente, China, Japón, India y Corea, están apostando fuertemente por ella. Pero también es cierto que Alemania, Bélgica, Suecia y España hoy están en la línea del abandono progresivo.

Si estas centrales crecieron al amparo de la crisis del petróleo de los setenta y disminuyó su demanda con la estabilización de sus precios, ¿no deberíamos plantearnos qué hacer para una supuesta desestabilización de tales precios? Hace 75 años, aproximadamente, España reaccionó ante una pretendida monopolización regional de los precios de los derivados en España con la creación de CAMPSA. Fue un éxito. Hoy no caben esas soluciones. Pero frente a la inestabilidad creciente es necesario reaccionar. Hoy están previstas la construcción en el mundo de numerosas centrales nucleares, la mayor parte en Asia.

Otro argumento más, este referido a España, abunda en lo expuesto. Globalización y deslocalización son fenómenos de la misma esencia. Pero si las industrias intensivas en mano de obra abandonan los países o regiones desarrolladas, con altos costes de mano de obra y altas prestaciones sociales, en busca de otros donde tales privilegios no existen, es necesario compensar tales costes rebajando hasta donde se pueda los restantes. Y entre ellos la energía no es un coste despreciable para algunas de tales industrias. Y esa amenaza nos viene de los países de la UE recientemente incorporados y de Asia. No olvidemos que entre los primeros es fácil encontrar sueldos industriales netos que van desde los 3.400 €/año en Letonia o inferiores en Bulgaria, a los 5000 de Chequia, frente a los 13.000 de España. Y en Asia estos costes son aún inferiores.

De este modo la deslocalización que busca países sin problemas de emi-

siones y con costes baratos está servida. Cuando el proceso esté más avanzado nos daremos cuenta que parte de nuestra industria habrá abandonado definitivamente nuestro territorio por no ser competitiva, y que la que debemos crear basada en técnicos cualificados, altas tecnologías, buenas infraestructuras e I+D+i, todavía no ha llegado. No podemos pasar de la noche a la mañana de ser un país productor de bienes a otro productor de ideas, de tecnologías, fruto de una creciente investigación para la que no disponemos de recursos suficientes ni tal vez de tradición bastante. Este paso no se hará en años.

Pero hay otra reflexión que debemos hacernos. El consumo de cemento, de acero, de metales, etc., marcará y seguirá la evolución de la economía española. Si la producción se frena o reduce por los condicionantes del Protocolo de Kioto, el déficit se importará de países que emitirán gases causantes del efecto invernadero, probablemente en mayores cantidades que nosotros por unidad producida, más las emisiones derivadas del transporte hasta el país consumidor. A nivel mundial, desde el punto de vista ecológico y del calentamiento, las consecuencias de la deslocalización serán negativas.

Es en este periodo donde una energía barata procedente de la única fuente que hoy es capaz de suministrarla será tanto más necesaria. Y en ese momento los puristas de esta cuestión tendrán que optar entre defender ciertos principios abstractos aplicados a lo nuclear o defender una especie en extinción: el “homo faber”, el trabajador.

Finalizo mis comentarios resumiendo las tesis sustentadas por el nuevo Académico, que comparto: la demanda mundial de energía seguirá aumentando, porque está correlacionada con el crecimiento económico mundial. Esta demanda, en el primer cuarto del siglo presente estará sustentada en casi el 90% en las energías fósiles. La opción técnicamente y económicamente madura que podría reducir esta demanda sería un nuevo impulso a la energía nuclear de fisión, que pocos países de economía avanzada están dispuestos a implementar. Existirá oferta suficiente de gas natural y carbón, mientras que habrá tensiones en el equilibrio oferta-demanda de petróleo que se irán acentuando a no ser que los países desarrollados aborden decididamente el desarrollo tecnológico de otras opciones de producción masiva de energía, tales como la combinación energía nuclear de fusión-hidrógeno y la energía solar termoeléctrica. Y, por último, la inconsistencia de los objetivos de Kioto con el abandono de energías limpias en cuanto se refiere a emisiones causantes del efecto invernadero, tales como la energía nuclear.

No voy a aburrirles más. El problema de escuchar a un hombre tan inteli-

gente como José Luis Díaz Fernández, un Académico ilustre, un experto en materia tan compleja, es que la mente de los que le escuchamos no puede quedar serena sin aceptar las incitaciones de su discurso e intentar llevarlo hacia otros derroteros económicos que van más allá de su propio discurso energético.

Querido José Luis, esta Real Academia en cuyo nombre he tenido la satisfacción de recibirte te da la bienvenida, agradece que un hombre de tu inteligencia, valía personal, señorío, cultura y conocimientos, se incorpore a este colegio interdisciplinar de doctores y personalmente, me alegra extraordinariamente, que tu llegada nos haga coincidir, con unos cuarenta años más, doblado ya el cabo de los sesenta para afrontar conjuntamente otros retos intelectuales de gran atractivo. Estoy seguro que tu luz – dada tu energía esta no te faltará- nos iluminará en muchas de nuestras sesiones. Bienvenido y enhorabuena.

