



Energía y tecnología en Estados Unidos en el siglo XXI

NICOLÁS DOMÍNGUEZ

J. J. SOLÍS GARCÍA

Introducción

El gran consumo energético de Estados Unidos es la base de su economía, del crecimiento de su población y de sus altos estándares de vida.

Estados Unidos depende del petróleo que importa de otros países en más de 50% para satisfacer su demanda interna. La producción de energía eléctrica es sobre todo con base en el carbón y la energía nuclear. La transmisión de energía eléctrica es otro de sus desafíos. Estados Unidos es el líder tecnológico de todo el orbe. Esto se debe a su infraestructura, sus recursos humanos y el financiamiento para el desarrollo tecnológico al considerar a la ciencia y la tecnología como motor importante de su economía. Por ello realiza planes a largo plazo en los que la tecnología es la base para aumentar la producción de energía y su consumo eficiente. A partir del 11 de septiembre de 2001, la dimensión de seguridad de la infraestructura energética de Estados Unidos requiere de tecnología que le pueda proporcionar mayor confiabilidad.

Estados Unidos considera que muchos de sus problemas energéticos se pueden resolver con las tecnologías que pueda desarrollar.

Antecedentes energéticos

La dependencia energética de Estados Unidos que tiene de los países productores de petróleo ha venido creciendo notablemente. Entre 1991 y el año 2000 Estados Unidos utilizó 17% más energía que la década anterior.^{1, 2} Mientras que en el mismo periodo, la producción de energía en Estados Unidos aumentó sólo en 1.3%. Se espera que el pronóstico de consumo de energía se incremente alrededor de 40% para el año 2025.²

Entre 1973 y el año 2000, la dependencia de Estados Unidos del petróleo extranjero tuvo un repunte de 35% a más de 52% del consumo total. En el mis-

mo periodo, la importación de gas natural sólo creció de 5 a 15 por ciento.¹

Estados Unidos importa petróleo de países del hemisferio occidental (50%), del Medio Oriente (24%), de África (14%), de Eurasia (9%) y el resto (3%) de otros países. En el año 2000, 55% de las importaciones de petróleo fueron proporcionadas por cuatro países: Canadá (15%), Arabia Saudita (14%), Venezuela (14%) y México (12%).¹ En 2002 la importación neta representó 53% del consumo del petróleo doméstico.²

En enero de 2002 se estimó que 65.4% de las reservas de petróleo se encontraba en el Medio Oriente. Ese porcentaje es equivalente a 685 600 millones de barriles.^{3, 4} Mientras que el porcentaje de reservas del hemisferio occidental era de 14.2% y en África de 7.4% del total.⁴ La demanda de petróleo proyectada a nivel mundial se espera tenga un incremento de 77.8 millones de barriles por día (mbpd) en el año 2002, a 117.8 mbpd en 2025.²

De los combustibles fósiles, el más abundante a nivel mundial es el carbón, con 71%; el petróleo representa 12% y 17% el gas natural. La distribución geográfica de reservas de carbón representa para América (norte, central y sur) 28.3%; Europa occidental 9.3%; Europa oriental y la antigua URSS 26.8; Medio Oriente 5.6; África 0.3 y Asia y Oceanía 29.7 por ciento.⁵

Producción de energía

En el año 2002, Estados Unidos tuvo una producción de 75.8 de los 103 ej (exa Joules) de energía que consumió en 2002. EU fue autosuficiente en todas las fuentes energéticas excepto en petróleo, de las cuales importó 53% en el año 2002, y gas natural sólo 15%, principalmente de Canadá.²

Estados Unidos ha sido un importador neto de energía desde los años 50. En la actualidad, 89% de sus importaciones de energía es de petróleo.¹ En



1985 EU importaba 4.3 mbpd¹ y en el año 2002 alrededor de 10.5 mbpd.² El precio del crudo es volátil y depende mucho del tipo, por ejemplo, los indicadores a nivel mundial han sido el Brent del Mar del Norte, el West Texas Intermediate (WTI) o la cesta de los siete crudos de la OPEP, éstos varían y han tenido fluctuaciones a través del tiempo. Para el caso del Brent su precio rebasó la barrera de los 50 dólares por primera vez en su historia el día 11 de octubre de 2004, cotizándose a 50.03 dólares el barril.⁶ Ese mismo día en Nueva York, el barril de petróleo terminó en 53.64 dólares, todo esto ocasionado por los conflictos bélicos de la guerra del Golfo, la segunda crisis de Irak, la amenaza de una huelga general de cuatro días en Nigeria (sexto productor mundial) convocada para protestar por el aumento en los precios locales de los carburantes y por estragos causados en septiembre en Estados Unidos por el huracán Iván.⁶ El 30 de noviembre de 1998, el precio de barril del Brent tuvo un mínimo de 10.46 dólares.⁷

El consumo de energía en Estados Unidos se espera que aumente a 143.9 ej en el año 2025. La producción doméstica se estima que será de 92 ej ese año.² Por lo que habrá un déficit de más de 50%. Existen tres maneras de satisfacer la demanda: importando más energía, mejorando la eficiencia energética, e incrementando la producción de energía internamente. Las recomendaciones hechas por la Casa Blanca respecto a la satisfacción de estas necesidades no se concretan solamente a definir las áreas de desarrollo tecnológico para las próximas dos décadas, sino también a su financiamiento en áreas específicas.

El petróleo y el gas natural son los combustibles dominantes en la economía de Estados Unidos, suministrando 62% de la energía y casi 100% de sus combustibles de transporte.¹ Para el año 2025, se requerirá 38% más gas natural y 44% más petróleo.²

Los desafíos de Estados Unidos

Entre los desafíos que tiene Estados Unidos para satisfacer la demanda creciente de energía se encuentran promover la conservación y uso eficiente de la energía, reparar y modernizar su infraestructura energética e incrementar su producción, y proteger y mejorar el medio ambiente.

Debido a su enorme potencial tecnológico, Estados Unidos ha hecho grandes avances en el desarrollo de tecnologías más eficientes, para su uso en

todos los sectores de su economía, lo que ha impactado en la conservación de la energía. Desde hace tres décadas EU ha avanzado mucho en mejorar la eficiencia energética de sus procesos. Los automóviles de hoy usan alrededor de 60% de la gasolina que consumían en 1972, los refrigeradores nuevos requieren una tercera parte de la electricidad que la que requerían 30 años atrás. Como resultado, la economía de Estados Unidos creció 126%, mientras que su uso energético se ha incrementado en 30%. Hoy, se necesita sólo 56% de la energía que se requería en 1970 para producir un dólar de producto interno bruto. En Estados Unidos los automóviles emiten 85% menos monóxido de carbono que hace 30 años. Esto se debe a que produce mejores combustibles y al uso de una mejor tecnología automotriz.

Electricidad. Si la demanda de electricidad en Estados Unidos continúa a la alza, se necesitará generar más capacidad. Se estima la demanda de electricidad proyectada entre 1970 a 2020 en 393 mil megawatts. EU tendrá que construir entre 1 300 a 1 900 nuevas centrales eléctricas; con promedios entre 60 a 90 plantas al año o más de una por semana.¹

La electricidad es una fuente secundaria y se produce a través del uso de fuentes primarias. Las fuentes de generación de electricidad en el año 2000 fueron: carbón (52%), nuclear (20), gas natural (16), hidroeléctrica (7), petróleo (3) y renovables (2 por ciento).¹

Desde 1989, las ventas de electricidad a los consumidores se han incrementado en 2.1% anualmente, mientras que la capacidad de transmisión ha aumentado en sólo 0.8% cada año.

La demanda estimada de electricidad se proyecta que aumente del año 2002 al año 2025 en 275 360 megawatts.²

Carbón. Estados Unidos tiene reservas muy importantes de carbón; tiene suficiente carbón para satisfacer su demanda por 250 años. El 90% de la producción de carbón se utilizó para generar electricidad en el año 2000. Debido a esto EU está desarrollando tecnologías limpias para la producción de electricidad por medio de este importante energético. Entre las tecnologías limpias se encuentra la gasificación, proceso mediante el cual se lleva a cabo la combustión parcial del carbón para generar el sustituto del gas natural (syngas), compuesto principalmente de hidrógeno y monóxido de carbono, para posteriormente purificar y eliminar azufre e impurezas antes de enviarlo a las turbinas de gas y que mediante un proceso de ciclo combinado se genera electricidad.



Energía nuclear. La energía nuclear es la segunda fuente más importante para producir electricidad. No tiene emisiones contaminantes de óxidos de nitrógeno, ni de dióxido de azufre, metales pesados o dióxido de carbono. Los costos de generación son competitivos comparados con otras fuentes. La producción de electricidad por medios nucleares no produce gases de efecto invernadero. En el futuro se espera que el número de plantas nucleares disminuya debido a que recientemente no se han vuelto a construir nuevas plantas nucleares y se cerrarán las plantas obsoletas. No hay planes en los próximos años para reemplazarlas. Uno de los problemas principales del uso de combustibles nucleares es el almacenamiento de desperdicios nucleares. Estados Unidos tiene 103 plantas nucleares operando. En la actualidad existen nuevos conceptos de reactores nucleares de fisión que se espera sean más seguros y más difíciles de utilizarse para la elaboración de material fisiónable para armamento nuclear. No se tiene contemplado construir nuevas centrales nucleares al año 2025.¹

Gas natural. Con la política actual, se pronostica intensificar el uso del gas natural para la producción de electricidad. Se proyecta que la electricidad generada por gas natural será 25% del total en el año 2025.² Actualmente 85% del gas natural que se consume en Estados Unidos se produce en ese país.

Entre el año 2002 y 2025 está proyectado que la demanda de gas natural aumente en más de 38%, esto es, de 645 a 889 miles de millones de metros³. Más de la mitad del incremento en el consumo del gas natural se deberá a la demanda de producción de electricidad.

Petróleo. En la exploración y producción de petróleo se han desarrollado tecnologías que minimizan el tiempo y costo de los procesos; sin embargo, Estados Unidos produce 39% menos de lo que producía en 1970, por lo que ha aumentado su dependencia en los países productores de petróleo. Las proyecciones muestran que EU importará dos de cada tres barriles de petróleo para las próximas dos décadas.

La producción de crudo en los 48 estados de la parte inferior de Estados Unidos ha venido disminuyendo gradualmente desde 1995 de 5.1 mbpd a 4.6 mmbpd en el año 2002 y decrecerá a 4.1 mbpd en el año 2025. Por otra parte el consumo de petróleo se espera que se incremente en un promedio de 28.3 mbpd en el año 2025, debido sobre todo al consumo en combustibles para el transporte.

Sin un cambio en las políticas de Estados Unidos se espera que la importación de petróleo tenga un aumento de 53 % en el año 2002 a 69% en promedio al año 2025.²

En el año 2002, 3% de la electricidad fue producida por petróleo y se proyecta que su contribución a la producción de electricidad disminuya a 0.8% en el año 2025.²

Respecto a la situación de la refinación en Estados Unidos, la demanda de crudo continuará incrementándose a razón de 1.2% por año al 2010. Para este año se requieren menos de 30 partes por millón en volumen de azufre en gasolina y diesel, por lo que se consumirán 1 076 millones de metros³ por día adicionales de hidrógeno para los procesos de desulfuración del crudo.⁸ El consumo actual de crudo en las 35 refinerías con unidad coquizadora es de 7.557 mbpd.⁸ Estados Unidos cuenta en total con 132 refinerías con una capacidad de refinación de 16.7 millones de barriles por día.

Al primero de enero de 2004, las reservas probadas de crudo de Estados Unidos han disminuido a 22 700 millones de barriles, que al ritmo de producción actual no durarían más que para unos cuantos años.²

Renovables no hidroeléctricos. Estos energéticos constituyeron en el año 2002, 3.4% del consumo total de energía y su contribución fue 10% del total de la generación de electricidad. Para el año 2025 se espera que la energía renovable no hidroeléctrica se mantenga en el mismo porcentaje del total de la energía eléctrica generada.² Se argumenta que el problema principal que se tiene con estos energéticos es el alto costo para generarla.

Consumo energético en el transporte. El petróleo es la fuente de energía más usada y sirve para abastecer 40% de las necesidades de energía de Estados Unidos. En el año 2002, EU consumió en promedio 19.6 mbpd. De su consumo, dos terceras partes se usaron para producir combustibles para el transporte, el 25% se consumió en el sector industrial y el resto en los sectores residencial y comercial.²

Fuentes de energía futuras. El hidrógeno es una gran promesa como energético (secundario) en el largo plazo. Las celdas de combustible consumen hidrógeno para producir energía eléctrica y calor por medio de reacciones químicas. Sin embargo existen cuestiones que resolver como el costo de producción, el almacenamiento y el transporte del hidrógeno. Un serio desafío es la transición hacia un



sistema distribuido de producción y abastecimiento. La fusión nuclear es también prometedora pero se encuentra apenas en etapa experimental. No se espera tener un reactor de fusión nuclear que produzca electricidad en varias décadas. Existen también otras tecnologías prometedoras como los sistemas fotovoltaicos. Probablemente en el resto del siglo no exista una sola tecnología energética dominante sino que serán varias las necesarias para satisfacer la demanda.

Infraestructura energética. Sus ductos para transportar petróleo y su capacidad de refinación necesitan repararse y expandirse a fin de satisfacer la creciente demanda futura de petrolíferos. Estados Unidos necesitará aumentar en los próximos 20 años su infraestructura, y la seguridad de la misma a lo largo de su territorio para satisfacer su creciente demanda de gas natural. Sus líneas de transmisión eléctrica, subestaciones y transformadores necesitan mejorarse a fin de ser adecuados para las necesidades de su población para el siglo que comienza.

Existen alrededor de 5 mil plantas de potencia en Estados Unidos, con una capacidad de generación total de electricidad de casi 800 mil megawatts. En los próximos diez años, la demanda de electricidad se espera que aumente en 25%, mientras que la capacidad de transmisión se espera que se incremente en sólo 4%. El consumo de gas se espera que se incremente en 38% para el año 2025, pero su transporte en la actual red de ductos no se considera factible. Las refinerías, por otra parte, operan al máximo de su capacidad durante los periodos de alta demanda de petrolíferos y hace casi treinta años que no se construyen nuevas refinerías en Estados Unidos.

La ciencia y la tecnología

El gobierno invierte más dólares en investigación y desarrollo tecnológico que los invertidos por los gobiernos de Japón, Alemania, Francia, Inglaterra, Italia, Canadá y la Federación Rusa juntos. Se proponen 131 866 millones de dólares para el año fiscal 2005 de gasto federal (que no incluye el financiamiento privado), un incremento de 41 mil millones de dólares desde el comienzo de la actual administración. Esto representa un 44 % de incremento sobre cuatro años.⁹

La tecnología es un sistema basado en la aplicación del conocimiento, que se manifiesta en objetos físicos y formas organizacionales, para alcanzar

metas específicas.¹⁰ La tecnología generalmente, es el resultado de muchos años de investigación en las ciencias básicas y aplicadas, aunque no todo resultado de la ciencia básica es algo que se pueda aplicar y no lleva a un producto tecnológico inmediato. También es cierto que no toda tecnología se debe a un largo proceso científico (por ejemplo, las aleaciones de metales se desarrollaron mucho antes que naciera la teoría del estado sólido). Los productos tecnológicos se obtienen de esquemas de innovación tecnológica que cada vez se vuelven más sofisticados y que no necesariamente comienzan con la ciencia básica.¹¹

Generalmente la ciencia básica se desarrolla en universidades, la ciencia aplicada en universidades e instituciones de investigación y desarrollo tecnológico, como los laboratorios e institutos nacionales.

Financiar ciencia básica y aplicada para obtener un producto comercial es riesgoso y costoso, así como adquirir tecnologías que están en etapa de demostración. Sin embargo, comprar productos con tecnología ya comercializada, no incluye ningún gasto en ciencia básica y aplicada, ni de desarrollo o demostración y, por lo tanto, relativamente hablando no es cara, pero se compra el producto terminado, mas no la tecnología. Por ejemplo, se compran las muñecas que hablan, pero no la tecnología que las hace hablar, ni el proceso para elaborar los materiales de los que está hecha la muñeca. En cuanto al riesgo, éste existe hasta en las etapas finales de la demostración de un producto.

Para producir productos tecnológicos se requiere de una masa crítica de recursos humanos, financieros y una base tecnológica. No se puede generar tecnología si falta alguno de estos elementos. En otras palabras, no se puede desarrollar tecnología de la noche a la mañana. A lo largo de la historia Estados Unidos ha logrado objetivos muy ambiciosos en tiempos relativamente cortos porque tuvo los tres elementos. Por ejemplo el proyecto espacial Apolo cuya misión fue enviar al hombre a la luna y el proyecto Manhattan que consistió en fabricar la primera bomba atómica.

Las inversiones para hacer ciencia básica generalmente las realiza el gobierno, puesto que son investigaciones a largo plazo y alto riesgo. Las de ciencia aplicada, en parte las realiza tanto el gobierno como la industria, por ser de mediano plazo y con relativo riesgo. Por lo general, la industria



se interesa por investigaciones en las que puede llegar a comercializar tecnología o productos en un tiempo relativamente corto, con el fin de recuperar la inversión.

En Estados Unidos el gobierno proporciona fondos para el desarrollo tecnológico, a proyectos de largo plazo (de hasta 50 años o más), y de muy alto riesgo o interés científico (como el desarrollo de celdas fotovoltaicas), demasiado costosos (como naves para viajes al espacio), o que tienen un alto valor estratégico y militar (sistemas espías de información). En ese país las actividades de desarrollo tecnológico están respaldadas por políticas y estrategias nacionales de desarrollo industrial, científico y militar. Esto hace que se dé énfasis a ciertas áreas de la ciencia básica con el fin de que posteriormente se produzcan desarrollos tecnológicos en áreas específicas.

En EU se tienen políticas congruentes de desarrollo tecnológico por lo que la industria, el gobierno y la academia conviven en una continua interacción. Por ello las acciones que corresponden a la industria, el gobierno y la academia están muy bien delimitadas.

Futuros desarrollos tecnológicos en el sector energético

Entre esta década y 40 años pudiera alcanzarse el máximo histórico de producción de petróleo mundial. Aun en este escenario las investigaciones y desarrollos tecnológicos en el sector petrolero no disminuyen ni disminuirán; al contrario, se han adaptado y adaptarán los desarrollos en otros campos del conocimiento, sobre todo en informática y automatización para los desarrollos tecnológicos del sector.

Estados Unidos y otros países avanzados desarrollarán la mayor parte de la tecnología en el sector petrolero. Generalmente, son las compañías transnacionales las que proveen esa tecnología a países en vías de desarrollo, muchas veces con un servicio asociado. Es obvio que tanto el desarrollo de tecnologías como el servicio que va con ellas es un buen negocio actualmente, por lo que existe una gran competencia en el sector.

En EU comienzan a surgir programas científicos y tecnológicos de seguridad para proteger la integridad física de la infraestructura energética. La vulnerabilidad de esas instalaciones, así como las de la distribución y almacenamiento de combustibles es

cuestión de seguridad nacional. También la vulnerabilidad de la infraestructura del transporte de personas y bienes (aéreo, terrestre y marítimo).

Casi en cualquier escenario las demandas de petróleo y gas aumentarán en los próximos 25 años, por lo que para garantizar la competitividad del sector es importante asegurar los recursos humanos y técnicos. También es importante disponer de ellos para que hagan frente a los retos que podrían generarse por la posible gradual transición hacia la economía de hidrógeno en las próximas décadas. La futura producción y posiblemente el uso del hidrógeno como energético implica comenzar a planear el desarrollo de la infraestructura para su producción, y asegurar un riesgo igual o menor que el que se tiene en el transporte de los combustibles fósiles convencionales. La producción y uso del hidrógeno forzarán a cambiar el esquema actual de las refinerías y la distribución de electricidad y petrolíferos.

El cambio hacia la producción de hidrógeno para su uso como energético y consumo de combustibles no fósiles para su producción, así como la generación de electricidad distribuida implica desarrollar una infraestructura y contar con recursos humanos diferentes a la existente. Esto podría implicar un cambio en las políticas y regulaciones de la producción de energéticos y un cambio en la demanda de ciencias duras, ciencias blandas, tecnología y servicios. Estados Unidos ya tiene un plan para llegar a esa posible transición.¹²

Los esquemas de innovación tecnológica de Estados Unidos no incluyen nada más un país, sino a muchos en el mundo desarrollado y en vías de desarrollo, a través de las transnacionales. El gobierno de Estados Unidos también ha dispuesto una serie de mecanismos para impulsar la innovación tecnológica como son el programa DARPA (en el Departamento de Defensa) en el que se busca realizar innovaciones radicales y los mecanismos de cooperación de desarrollo tecnológico CRADA (en el Departamento de Energía) entre la industria y los laboratorios nacionales del Departamento de Energía. Asimismo el gobierno tiene esquemas para desarrollos tecnológicos que incluyen el sector privado hasta de pequeñas empresas.

Existen mecanismos y financiamiento para producir *spin offs* de tecnologías de otros campos a la industria energética. De hecho mucho de los avances tecnológicos en la industria petrolera en el mundo se basan en la incorporación de tecnologías infor-



máticas, de comunicación y automatización. La industria privada ha desarrollado centros de investigación y desarrollo tecnológico y corredores industriales muy exitosos (como en *Silicon Valley* en el estado de California).

Las compañías transnacionales ofrecen tecnologías y servicios en varias partes del mundo. El proveer servicios en varias partes del mundo y tener las tecnologías más avanzadas de la industria (en la mayoría de las áreas) les proporciona inteligencia mercantil y una ventaja competitiva muy superior a las de los proveedores nacionales en muchos países. Toda esta infraestructura, el financiamiento de las ciencias, su innovación tecnológica y recursos humanos disponibles, junto con la planeación y políticas nacionales que respaldan esos planes hacen que EU sea en la actualidad el líder tecnológico.



Entre las tecnologías importantes en uso o a usarse en el sector energético

se encuentran:

- ▶ Tecnología sísmica en 3 dimensiones que permiten la localización de gas y petróleo antes de perforar.
- ▶ La visualización de los resultados de la tecnología sísmica.
- ▶ La tecnología de perforación en aguas profundas que permite explorar y producir a profundidades de más de 3 kilómetros bajo la superficie del océano.
- ▶ Láseres potentes que se espera sean usados para la perforación de pozos y que causen un impacto mínimo al ambiente.
- ▶ Perforación direccional para perforar en distancias horizontales desde la distancia del sitio de perforación.
- ▶ Cables superconductores en la transmisión de la electricidad.
- ▶ Sensores que permitan una disminución controlada y segura del flujo eléctrico en los conductores.

México y Estados Unidos

México mantiene una relación muy estrecha con Estados Unidos en cuestiones energéticas puesto que le exporta petróleo, sus redes eléctricas se enlazan y México importa productos procesados de Estados Unidos como la gasolina. Las exportaciones de petróleo de México son sobre todo a Estados Unidos: 1.291 millones de barriles diarios durante 2002. Las exportaciones de crudo a Estados Unidos han aumentado en forma constante desde 1987 y se han

duplicado en los últimos 15 años.¹³ México por otra parte capta divisas de la venta de ese petróleo al país del norte, y es un comprador de la tecnología desarrollada en Estados Unidos para exploración, producción y refinación entre otras actividades de Petróleos Mexicanos.

Los futuros de México y Estados Unidos están enlazados en la cuestión energética. El Departamento de Energía de Estados Unidos proyecta que las importaciones de petróleo de ese país a México continuarán aumentando en los próximos 25 años hasta llegar a 2.44 millones de barriles diarios en el año 2025. Estas proyecciones son muy interesantes puesto que en la actualidad las reservas probadas de petróleo de México son suficientes para una producción de un poco más de diez años al ritmo de producción actual. Ese mismo departamento proyecta que México se volverá un exportador de gas natural a Estados Unidos a partir del año 2007. Y que EU aumentará su importación de gas de México sobre todo a partir del año 2007 de 0.06 a 0.37 millones de millones de pies³ en el año 2014. A partir de ese año y hasta el año 2025 se proyecta que la exportación de gas natural de México a Estados Unidos se mantenga constante. Sería interesante saber de dónde considera Estados Unidos que se puede extraer todo ese gas natural que proyecta que se le exportará. Esto llama la atención puesto que México es en la actualidad un importador de gas natural de Estados Unidos. De hecho, México se encuentra en una situación vulnerable en cuanto a asegurar su abastecimiento de gas natural puesto que depende de un país cuyas importaciones de ese energético también aumentan.

México asimilará tecnologías que Estados Unidos desarrolle para resolver sus problemas energéticos, aunque también podría tratar de adoptar soluciones que China e India desarrollen en el futuro. De hecho si Estados Unidos, China y la India resuelven en forma pacífica y sustentable sus problemas futuros de energía y alimentos, sus soluciones podrían ser exportadas al resto del mundo, sobre todo las que incluyan el uso de nuevas tecnologías limpias como podrían ser las del hidrógeno.

Es posible considerar un futuro para el desarrollo entrelazado, sostenido y sustentable de Estados Unidos y México. Con sociedades en la que la máxima preocupación sea el ambiente y con un amplio respeto y cumplimiento a las leyes internacionales. En un mundo tolerante y sin miedo. Aunque existen también otros futuros posibles.



Competencia con Europa y Asia

Existen evidencias en las dos últimas décadas de que Estados Unidos está quizá comenzando a perder su hegemonía mundial en la ciencia y tecnología. Esta tendencia tiene implicaciones muy grandes en la economía y otros sectores, dado que el conocimiento científico y la innovación tecnológica son parte del motor de su economía. Los datos que muestran estas evidencias son resultado de algunos estudios. Un resumen de algunos de ellos apareció en una nota del periódico *New York Times* y del cual tomamos algunos puntos a continuación.

Un área de competencia implica las patentes. Hoy, Estados Unidos todavía tiene una ventaja con respecto al resto de los países, pero el porcentaje de sus patentes otorgadas en Estados Unidos se ha visto reducido de 60% en 1980 a 52% en el 2003. Japón, Taiwán y Corea del Sur han contribuido con más de una cuarta parte de todas las patentes industriales otorgadas en Estados Unidos, generando ingresos para sus propios países. La razón de su proporción ha crecido rápidamente. Entre 1980 y 2003, la porción de Corea del Sur aumentó de 0 a 2% del total, la de Taiwán de 0 a 3% y la de Japón de 12 a 21 por ciento.

El número de artículos científicos publicados de Estados Unidos en la revista *Physical Review* descendió de 61% en 1983 a 29% en el año 2003.

El número de doctores en ciencias en Estados Unidos también ha disminuido. En 1998 se obtuvo el máximo de doctores en ciencias pero disminuyó en un 5% al año siguiente, es decir con una pérdida de más de 1 300 nuevos científicos. Más estudiantes de posgrado de China, India y Taiwán están eligiendo volver a sus países de origen. Además de que las restricciones en la obtención de visas de estudiantes como consecuencia de los eventos del 11 de septiembre de 2001 causan que existan menos extranjeros inscritos en las universidades de Estados Unidos.

Otro descenso se centra en los premios Nobel, en donde Estados Unidos avasalla debido a sus grandes inversiones federales en la ciencia básica. En el año 2000 el porcentaje de premios Nobel para Estados Unidos fue de sólo 51 por ciento.

Algunos logros de científicos europeos en la ciencia planetaria rivalizan actualmente con los de Estados Unidos. Los planes de la comunidad europea para estudiar la física de partículas elementales puede convertirlos en líderes en ese campo.

Muchas compañías de EU están desarrollando

centros de investigación y desarrollo en China, debido en parte a que China cuenta con un número de científicos de alta calidad y productividad.

La disminución del número de estudiantes extranjeros, el poco interés aparente de los jóvenes de Estados Unidos a estudiar carreras científicas y el envejecimiento de los científicos trabajando en Estados Unidos representa un gran desafío para ese país.

Otros países se han dado cuenta de que la ciencia y la tecnología son pilares del crecimiento económico, generan prosperidad y están invirtiendo en investigaciones científicas proponiendo esquemas novedosos de innovación tecnológica apropiados que ya están produciendo resultados valiosos.

Reflexiones finales

Los planes de Estados Unidos para los próximos 25 años para satisfacer la demanda energética se basan en la importación de petróleo, el desarrollo de tecnologías nucleares seguras y eficientes, el desarrollo de fuentes renovables de energía, el desarrollo de tecnología para mejorar la eficiencia energética y la conservación de la energía. Estos planes están respaldados por políticas nacionales que aseguran el cumplimiento de leyes para proveer el financiamiento.

Entre otras tecnologías y fuentes energéticas que se podrían desarrollar y comercializar y que podrían cambiar al mundo en las cuestiones energéticas se encuentran los sistemas inteligentes en el transporte, las refinerías inteligentes, la superconductividad, tecnología para la explotación de hidratos de metano, nuevos materiales y las celdas de combustible.

Si a mediados de siglo Estados Unidos junto con otros países logra desarrollar y demostrar los reactores de fusión nuclear tendrá energía suficiente para abastecer sus necesidades energéticas ampliamente. Podría tener energía suficiente para producir fotosíntesis continuamente y generar alimentos y otros consumibles. Y tendrá energía eléctrica para producir hidrógeno y llevar a cabo una posible transición hacia una economía de hidrógeno.

La tecnología es solamente una herramienta del hombre y tiene muchas limitaciones. Es sólo un medio del que el hombre dispone para intentar satisfacer muchas de sus necesidades. La tecnología tampoco es infalible (como puede verse en los desastres de los transbordadores espaciales *Challenger* y *Columbia* y el accidente de *Three Mile Island* en Estados Unidos), los eventos actuales en Irak parecen



asegurar que la supremacía tecnológica no es suficiente para ganar una guerra. Así, la tecnología en la exploración y producción del petróleo y el gas harán posible el encontrar más rápidamente esos energéticos a costos más bajos y también el extraer cada vez más de los yacimientos encontrados, sin embargo al final de cuentas esos energéticos se agotarán independientemente del uso de nuevas y mejores tecnologías.

Cuando el petróleo barato se vaya agotando, se buscará como ya se está haciendo el petróleo en localizaciones más difíciles (como en aguas profundas). Además de que se comenzarán a usar petróleos más sucios (como los pesados que contienen más azufre y metales), su procesamiento será más costoso (para obtener combustibles sintéticos), pero es posible que las cantidades sean suficientes para que con el carbón y quizá el gas natural obtenido de hidratos de metano hagan posible el continuar con el uso de los hidrocarburos para satisfacer la demanda energética del mundo.

Una opción para finales del siglo es la economía de hidrógeno. Sin embargo podrían existir otras opciones para satisfacer la demanda energética para la segunda mitad del siglo. La opción a tomar podría depender fuertemente de posibles impactos al ambiente comprobables debido al uso de los combustibles fósiles. Las actividades relacionadas con la energía son las fuentes primarias de las emisiones de Estados Unidos de gases de efecto invernadero.

Estados Unidos deberá enfrentar varios desafíos a fin de no debilitar su base científica y tecnológica respecto a otros países. Deberá mantener y aumentar el presupuesto para la investigación científica y tecnológica en el futuro. Y sobre todo, mejorar sus estrategias científicas puesto que a pesar de sus enormes inversiones existen indicios que los recursos monetarios no son suficientes para asegurar la supremacía aplastante en el mundo de la ciencia y la tecnología.

También es posible que el resto de los países, sobre todo las comunidades europea y asiática, que no invierten tanto como Estados Unidos, tienen mejores estrategias en este momento en asegurar en algunas áreas la producción de mejores productos científicos con menos inversión. No cualquier estrategia funciona; tampoco cualquier modelo de innovación tecnológica produce resultados valiosos. Esto sugiere que no es tan sólo el financiamiento lo importante en las actividades de investigación científica e innovación tecnológica, sino también buenos estrategias y tomadores de decisiones competentes.

De cualquier manera, así como estamos seguros que no hemos llegado al fin de la historia, ni de la civilización y mucho menos de la ciencia, se puede asegurar que Estados Unidos tiene la infraestructura, los recursos humanos y los mecanismos para sostenerse como el líder de tecnología durante decenios en el siglo XXI.

- 1 National Energy Policy, Report of the National Energy Policy Development Group, mayo de 2001, <http://www.whitehouse.gov/energy/>
- 2 Administración de Información de Energía del Departamento de Energía de Estados Unidos, Annual Energy Outlook 2003 with projections to 2025, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/index.html>
- 3 Caputo L. Orlando, "El petróleo en cifras: Las causas económicas de la guerra de EU", marzo de 2003, <http://www.rcci.net/globalizacion/2003/>
- 4 BP, Statistical Review of World Energy, 2003, p. 20.
- 5 Treviño Coca, Manuel, *Tecnología de gasificación integrada en ciclo combinado*, <http://www.elcogas.es/shared/>
- 6 *La Jornada*, 12 de octubre de 2004.
- 7 Precio del barril de petróleo, www.el-mundo.es/.../irak/petroleo_precio.html
- 8 Gray D., y Tomlinson G., *Potential of gasification in the U.S. Refining Industry*, MP 2000-37; Mitretek Paper, Mitretek, Systems innovative technology in the public interest, Center for Science and Technology, junio de 2000.
- 9 Analytical Perspectives, Budget of the United States Government, Fiscal Year 2005, <http://www.whitehouse.gov/omb/budget/fy2005/pdf/spec.pdf>
- 10 Voli, Rudi, *Society and technological change*, Martin's press, Nueva York. 1995.
- 11 Domínguez, Nicolás, *La innovación tecnológica en el nuevo milenio*, *Gaceta IMP*, noviembre 5 de 2001.
- 12 Multi-Year Research, Development and Demonstration Plan Planned activities for 2003-2010 (Draft 6/3/03) for hydrogen. http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/myp_p/
- 13 Shields, David, *PEMEX, un futuro incierto*, Editorial Planeta, 2003.
- 14 Broad, William J., *U.S. is losing its dominance in the sciences*, *New York Times*, 3 de mayo de 2004, <http://www.nytimes.com/>