

Ciencia y energía, dilemas sin resolver en el México del siglo XXI

R. Loyola Díaz

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

A. Puyana

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede México.

Received 10 October 2012; accepted 24 October 2012

En esta contribución, se analiza la evolución de la política de ciencia y tecnología seguidas por México en la últimas décadas, dentro del contexto internacional. Se comparan los programas que siguió México hasta el año 2000 y su cambio posterior hacia el apoyo a la innovación y la mejoría de la competitividad de las empresas; políticas sugeridas en gran parte por la OCDE y el BID. Después se analiza a profundidad la política energética seguida por nuestro país, especialmente la explotación desmesurada de los hidrocarburos y la poca previsión gubernamental de modernizar las instalaciones de refinación. Finalmente se discute la pertinencia de que México se sume a los países productores de bio-combustibles. Como conclusión se plantea la importancia de que tanto las políticas en materia energética como las relacionadas a la ciencia, la tecnología y la innovación, sean tratadas como bienes públicos que van más allá de crear oportunidades de negocio.

Descriptores: Política de ciencia y tecnología; política energética; biocombustibles

In this contribution we analyze, within the international context, the policy in science and technology followed by Mexico in the last decades. We compare the programs followed by our country until 2000 and the changes to promote innovation and a higher competence of the national industry. Among other factors, these actions were taken attending the policies suggested by the OCDE and the IDB. We analyze in depth the effects of the extreme hydrocarbon fuels exploitation and the poor investment in the petroleum industry and its technological development, in the past years. Finally we review the pertinence to produce biofuels and its consequences. As a conclusion, we mention the importance to implement energy and science and technology policies in the context of public benefit and not as business opportunities.

Keywords: Science and technology policies; energy policy; biofuels.

PACS: 89.20.-a; 89.30.-g; 89.30.Aa

“La innovación no tiene nada que ver con la cantidad de dólares que se consagren a la I+D. . . no es cuestión de dinero. Depende de los hombres, de los liderazgos. . .”

Steve Jobs

“Lo que pasa en mi país (México) es que la tradición que se ha creado se rompe, se vuelve a crear y otra vez a romper, no hay un apoyo de promover ese conocimiento”

Arturo Alvarez-Bullya

1. Presentación

En esta contribución se intenta presentar la reciente evolución de dos problemas que, si bien parecerían inconexos, están íntimamente unidos. Se trata, por una parte, de la trayectoria de las políticas de ciencia y tecnología y de investigación y desarrollo seguidas por México en las últimas décadas y las referidas a la seguridad energética nacional y las presiones para su cambio, por la otra. En uno y otro tema se abandonó el eje central de toda política: primero, el principio que el fin de toda política pública es satisfacer el bienestar de toda la sociedad y, segundo, la conveniencia o necesidad de una activa y ponderada acción estimuladora y dirigente del estado. Tan-

to en política de ciencia y tecnología como en la energética en general, y la petrolera en particular, se entronizaron los criterios mercantiles y los objetivos de corto plazo que rigen el modelo de desarrollo actual y, en una y otra, se vislumbran ya los efectos nocivos de los cambios introducidos a partir de las reformas de mediados de los años ochenta y con mayor intensidad a partir del año 2000. Señalamos algunos temas relacionados con la energía, que no se han estudiado suficientemente en el mundo, América Latina y México, los cuales son claves para el diseño de una exitosa estrategia de cambio en los patrones energéticos y la consolidación de nuevas fuentes de energía, que garanticen menor daño ambiental y social. Las razones para el retardo del conocimiento objetivo y científico de estos tópicos son varias, algunas de carácter político, por razones estratégicas de seguridad nacional, otras por supuestos ideológicos o intereses institucionales ya sea de organismos públicos o estrategias empresariales.

Los temas arriba esbozados se desarrollan en dos partes: la primera presenta y analiza la evolución de la política de ciencia y tecnología mexicana en una perspectiva de los cambios mundiales y la segunda, los temas por analizar a profundidad en el área de la política energética, especialmente la de cambio en la estructura de su composición fundamentalmente con la introducción de los bioenergéticos.

2. El credo internacional y de los expertos: fre-nemos un rato a la ciencia, que luego la tecnología y la productividad la retomarán

Desde hace más de treinta años los postulados de los organismos internacionales han insistido en la necesidad de un aparato de CyT articulado y determinado por el propósito de mejorar la productividad, e introducir y fortalecer la competitividad de las empresas como estrategia para mejorar el bienestar social y reducir las desigualdades; predicamento que ha sido el plan de navegación en el arranque del nuevo siglo. La visión es simple: lo que conviene a las empresas conviene a la sociedad.

Remontándonos un poco más atrás, al término de la segunda guerra mundial y en la medida que se reconstruían las economías europeas devastadas por el conflicto mundial, se dio un impulso decisivo a la investigación científica y a su articulación con el sector militar y el productivo con el afán de modernizar la economía, impulsar la productividad y avanzar hacia una mejora significativa de las condiciones sociales. En este marco y como parte del proceso de construcción de la Comunidad Económica Europea se estableció como una de las prioridades la sociedad del conocimiento; la última fase de este proceso se desarrolló en la década de los años noventa del siglo pasado y mantiene sus directrices hasta la actualidad. Este periodo se definió por la pérdida de vigor del proyecto y de las ambiciones nacionales para dejar el paso a la Europa del conocimiento, la cual se fue desvaneciendo ante la noción de economía del conocimiento anclada en el objetivo de que el viejo continente se fincara en las competencias y el saber, pero el saber para una economía competitiva e innovadora. A término de este proceso el poder en CTI lo asumió el “experto-financiero” en términos de Karsenty, el investigador empresario en la visión de Isabelle Bruno o el de la búsqueda del florecimiento de la ciencia en modo 2 según Gibbons y Nowotny [1,2]. Como parte de este impulso se introdujeron en los organismos de investigación los contratos por objetivos para alentar la buena gestión a costa de una pérdida en la visión de conjunto.

Dada la relevancia del tema y por las implicaciones que ha tenido para México, conviene detenernos un momento. El concepto de economía del conocimiento se acuñó en Europa en el proceso de constitución del espacio europeo de la investigación y terminaría como el modelo de política para la CTI que se ha venido adoptando en el viejo continente, además de haber sido hoja de ruta exportada por la OCDE a sus países miembros y hacia otras regiones interesadas en impulsarla.

De manera resumida se puede decir que el proyecto de crear un espacio común para la investigación en Europa, se inició con la propuesta de la sociedad de la información y pasó por la de la sociedad del conocimiento bajo la consideración de que la producción y calidad de vida de la población dependían más de la creación de conocimiento que del intercambio de bienes; poco después, ya bajo la presidencia de Portugal en la Comisión, se dirigió la iniciativa hacia la economía europea del conocimiento que desembo-

caría, poco después, en el espacio europeo de la investigación. En el año 2000 la Comisión Europea aprobó lo que se conoce como estrategia de Lisboa, proyecto en el que se asume la consecución de la economía del conocimiento y cuyos ejes fundamentales son: preparar y organizar la transición hacia una economía competitiva fundada en el conocimiento, la cual comprendería el espacio europeo de la investigación y la innovación, y la modernización del modelo social europeo, teniendo como fundamento una economía competitiva. Con esta decisión, como bien dice Isabelle Bruno, se ató la investigación científica a la economía, decisión que poco después se ratificaría con la resolución de integrar en un solo Consejo, mercado interior, industria e investigación. Esta decisión del año 2002, en manos del entonces comisario Philippe Busquin, echó por la borda la ruta inicial sobre la que había transitado el proyecto, consistente en mantener vinculada la investigación a la educación, la formación profesional y la cultura [1, 3].

En forma paralela, la OCDE también trabajó y se movió en un sentido similar. En 1996 publicó un libro titulado *L'économie fondée sur le savoir* en el que establece y difunde reglas de las mejores prácticas de la economía del “saber”, tomándolo como referencia para encaminar a los gobiernos a la aplicación de mejores prácticas para la “economía del saber” y situar en el centro de las decisiones el papel de las empresas y la relevancia de los denominados Sistemas Nacionales de Innovación. Bajo este presupuesto estableció el triángulo del conocimiento consistente en la producción del saber por la investigación, su difusión por medio de la enseñanza y su valorización por la innovación [1, 4]. Concepto y hoja de ruta que ha utilizado este organismo para la implantación del modelo en los países asociados y en aquellos otros que lo solicitaron, en el entendido de que México ha sido un fiel discípulo de los diagnósticos y de sus recomendaciones para la instalación del ambicionado Sistema Nacional de Innovación.

De manera no tan distinta a lo acontecido en Francia, en esta secuencia ha terminado por imponerse el dominio del “technomarché” y la ciencia se ha desgubernamentalizado al dejar las decisiones en manos del experto financiero, se le sometió a la dupla de la “technoscience” y ha sido la razón por la que se han relegado otros saberes, particularmente el de las ciencias sociales y las humanidades [5].

En dirección parecida, con supuestos similares y con cuantiosos recursos económicos para implantar el modelo, el Banco Iberoamericano de desarrollo (BID) ha tenido una influencia determinante en América Latina [6]. En el año 2000 este organismo financiero elaboró su estrategia para la región. Sin desconocer avances significativos en algunos países, particularmente Brasil, Argentina, Chile, México, Costa Rica, Venezuela y Colombia, concluyó que, al igual que hacía 40 años, persistía un rezago en productividad, tecnología y ciencia; con esta apreciación estableció como principal problema la baja productividad que se situaba por debajo de la mitad del promedio mundial, señalándola como la explicación del poco aprovechamiento tecnológico y la baja competitividad de las

empresas. A este problema básico sumó los de competitividad rezagada, gasto en I+D por debajo del 1 % del PIB, dominio del sector público en el gasto, producción científica por debajo de la media mundial y concentrada en Brasil, México, Argentina, Chile y Venezuela; además, atrasos en infraestructura en CyT, bajos salarios y opacidad en la asignación de fondos. En el diagnóstico se reconocen progresos en cuestiones normativas, metrología y control de calidad, y reporta éxitos en I+D en los países punteros, pero es enfático con la tesis de que las empresas carecen de “tradición tecnológica”. En el diagnóstico se insiste que en las empresas debe reposar la inversión en I+D, particularmente en los países de ingresos medios, pero a la vez manifiesta la reserva del bajo desempeño del capital privado, apreciación que lo lleva a plantear la necesidad de “comprender mejor por qué razón las empresas gastan tan poco en I+D” [7].

Con fundamento en ese diagnóstico y a pesar del errático rendimiento en I+D, de la complejidad para lograr una vinculación entre universidad y empresa y, sobre todo, de la baja participación del sector privado, el documento del BID definió su estrategia teniendo como elemento central el desarrollo de la tecnología; para el caso estableció los siguientes objetivos: “lograr que las empresas y otras instituciones incorporen cada vez más nuevas tecnologías en la producción y los procesos conexos; acrecentar los montos, la eficacia y la productividad de las inversiones en ciencia y tecnología; elevar la cantidad y la calidad de los recursos humanos de nivel superior; establecer vinculaciones más estrechas entre los distintos componentes de los Sistemas Nacionales de Innovación; fortalecer la cooperación internacional en CyT, y complementar todas estas medidas con inversiones en educación básica, secundaria y superior y en capacitación” [7].

El compromiso con este objetivo llevó al Banco a considerar la conveniencia de desatender por el momento a la investigación científica en aras de favorecer el desarrollo tecnológico como estrategia para impulsar crecimiento económico, fortalecer el empleo, mejorar la producción agrícola, la salud y la calidad y precios de los productos y servicios que llegaran al consumidor. En esta tesis la estrategia del BID fue tan clara y determinante al afirmar: “*se debe hacer hincapié en el desarrollo de la tecnología— acrecentando la difusión y la utilización de IyD en el sector productivo—, de modo de rectificar una situación que ahora favorece a la investigación científica, si bien ambos elementos se tendrán que fortalecer en el futuro*” [7].

Así pues, para la primera década del nuevo siglo el entorno internacional, la hoja de ruta, los organismos vinculados a la problemática y los expertos coincidieron en la necesidad de avanzar en la constitución de un Sistema Nacional de Innovación con el objetivo de llevar la investigación científica al mercado, impulsar la productividad, fomentar el aprovechamiento de la tecnología por las empresas y reposar esta dinámica en el sector productivo con el propósito de alcanzar los porcentajes de los países líderes, el 70 %, y no en la cifra de 25 ó 30 %, como ocurre en los países de la región. En este tipo de apreciación no deja de reconocerse el papel que

debe tener el Estado como promotor y conductor de la política en I+D, de forma tal que incluso el BID puntualizó que si el estado no financiaba la I+D, la sociedad no podría “cosechar cabalmente los beneficios de las innovaciones tecnológicas”; para el caso, le asignó las responsabilidades de formar científicos y docentes, a la vez de “capacitar científicos e ingenieros” [7].

3. La introducción del modelo europeo para la CTI en México

Los esfuerzos públicos por la ciencia y la tecnología en México se remontan años atrás, pero fue hasta la fase de estabilización de la etapa revolucionaria cuando se dieron los primeros pasos hacia la conformación de un aparato científico; empero, en el último tercio del siglo pasado fue cuando se asumió el objetivo de crear y fortalecer organismos de investigación, profesionalizar el quehacer, fundar organismos de impulso y coordinación de las actividades científicas y tecnológicas y dotarlas de un entorno normativo pertinente; este fenómeno fue parecido a lo sucedido en otros países de América Latina e incluso en la Europa de la posguerra. Aunque lo ocurrido en ambas regiones es muy distinto dada la sedimentación en Europa en ciencia y tecnología, en lo que sí se coincide es en el hecho de que la posguerra y en la guerra fría, estuvieron señaladas por un impulso decisivo a tales actividades, fenómeno que fue parte fundamental de la industrialización acelerada y de la instrumentación de políticas de bienestar social que se dio en los países avanzados en la segunda mitad del siglo pasado [5, 8, 9].

Con la doble certeza de que el largo dominio del Partido Revolucionario Institucional en el siglo pasado sentó los fundamentos y la infraestructura necesaria para la construcción de un sistema de ciencia, tecnología e innovación, por un lado, y de que pudo y debió haber tenido una política más ambiciosa en la materia, sobre todo en los periodos de acelerada industrialización, de bonanza petrolera y, más aún, al momento de la apertura económica en los años ochentas del siglo pasado cuando debió haber delineado el modelo económico de recambio con capacidades nacionales en materia de ciencia y tecnología [10], por el otro, se puede afirmar que para el año 2000 se disponía de resultados alentadores de 12 años de una continua política en Ciencia y Tecnología (CyT).

Para el año en que se registró la alternancia política en el nivel del poder ejecutivo a nivel federal, se registraban avances en los siguientes puntos: implantación de la evaluación por pares de proyectos de investigación y del posgrado y su mejoramiento mediante la formulación del padrón de excelencia, mejoras a través de la actualización de los programas y de la reducción del tiempo de formación y la incorporación de estímulos a la internacionalización, incluyendo fondos para la mejoría de los programas reconocidos, lanzamiento de nuevos programas de formación profesional y asignación de becas por comités académicos ad hoc; fomento del trabajo pluridisciplinario y en equipo, estímulo a los investigadores

para la realización de proyectos de interés nacional o regional; incorporación de ex-becarios del CONACYT a las universidades y organismos públicos de investigación y enriquecimiento de la planta científica mediante la contratación de investigadores extranjeros, creación de programas regionales para el estímulo de la actividad científica y fomento de la participación de las entidades federativas en el financiamiento de proyectos de investigación de interés regional y fundación de nuevos organismos de investigación [11].

Además, en esa etapa se formuló la primera ley en Ciencia y Tecnología que se caracterizó por consolidar los avances logrados y legislar la creación de un nuevo modelo público institucional para la investigación, la formación especializada y el desarrollo tecnológico, el Centro Público de Investigación (CPI), diferente y complementario al de la Universidad Pública, y donde se apuntó una estrategia para la transferencia de conocimiento por la vía del impulso al desarrollo tecnológico, la flexibilización del uso de fondos públicos para facilitar la actualización de los organismos de investigación y la creación de fondos compartidos para el desarrollo de actividades de CTI [11]. Asimismo, se creó el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) en tanto instancia colegiada de articulación de la comunidad científica, con participación empresarial y del sector público, para la reflexión de las propuestas en la materia y generar lineamientos de largo plazo, al igual que para asesorar al CONACYT y a los poderes ejecutivo y legislativo [12].

A pesar de que desde hacía algunos decenios los organismos internacionales insistían en la definición de una política concentrada en una ciencia para la productividad y el desarrollo tecnológico, iniciativas y apoyos adoptados por muchos países de la región, cabe señalar que para ese momento las políticas en México se orientaron a la instauración de un aparato científico mediante la formación de doctores con un ambicioso programa de becas, y la creación y fortalecimiento de organismos de investigación; por lo mismo, la política en curso estaba determinada desde la ciencia hacia el mercado, a la vez que se exploraban estrategias para el desarrollo tecnológico con el antecedente de que, desde los años setentas, se venían realizando esfuerzos, con magros resultados, al igual a como ocurrió en otros países de la región con resultados similares [6].

Con la alternancia política del año 2000 y la carga de ilusiones que animó a los promotores del voto útil y a los fortalecidos y diversos opositores del largo dominio priísta [13], ingenuamente se pensó que también para la ciencia llegaría una era de bonanza. Con el ánimo y el discurso de la reinención del país de la nueva mayoría política, se instrumentó una política dirigida a la innovación y la articulación con las empresas para redirigir a la comunidad científica hacia la búsqueda de soluciones a los problemas nacionales, entendiendo por ello el fortalecimiento de la productividad y la mejoría de la competitividad de las empresas [11].

El cambio de política del gobierno de la alternancia se apeó a las recomendaciones de la OCDE y de otros organismos internacionales, como el BID, consistente en la instru-

mentación de programas centrados básicamente en el desarrollo tecnológico y la innovación, la investigación aplicada y la búsqueda del crecimiento de la inversión en el ramo a través de los empresarios, incluyendo el fortalecimiento de la comunidad de investigadores con la apuesta en la creación de organismos de investigación por el sector privado. El postulado y catecismo que se aplicó fue el de la construcción del entramado de un Sistema Nacional de Innovación que llevó a la creación de instancias, normas y programas que no solamente no han reportado los resultados esperados sino que en mucho se han limitado a un andamiaje formal que carece de integración y capacidad de conducción que ha frenado el impulso científico, limitado casi hasta la cancelación la creación de nuevos organismos de investigación y envejecido a la comunidad científica al dejar sin oportunidades de inserción a los doctores recién titulados.

Esta política comprendió elementos como los siguientes: desinterés por la investigación fundamental e incompreensión de las ciencias sociales y las humanidades; adquisición decorativa de los conceptos de sociedad de la información y del conocimiento, y de la economía del conocimiento sin los matices del caso; desinterés y hasta intentos de desarticulación del entonces Sistema de Centros SEP-CONACYT que albergaba la proa del modelo de CPI que, al no lograrlo, derivó en el frenado a su creciente vitalidad, paulatino sometimiento de sus directivos, burocratización de los mecanismos de designación de sus responsables, alejamiento del sector educativo del gobierno federal y su pausada reubicación en el de economía, con la consiguiente injerencia creciente de la Secretaría de Hacienda en su conducción.

Por lo mismo, del apoyo a la investigación científica y de la búsqueda de su valorización social, se quiso pasar a otro modelo determinado por el desarrollo de la tecnología y la innovación, y la investigación aplicada para la solución de los problemas nacionales, pero sin haber establecido cuál era el vínculo con la ciencia, la investigación fundamental y las humanidades. Esta visión comprendió la noción de que se podían crear organismos de investigación aplicada, sin el concurso de la fundamental, y que los investigadores se transformarían de generadores de conocimiento a vendedores de ciencia para resolver problemas y demandas puntuales.

Este modelo se replicó de manera lineal en México a partir de la alternancia, con lo que se hizo un corte brusco en el rumbo que llevaba la política en CTI al no tomar en cuenta las condiciones nacionales y aplicarse sin las necesarias mediaciones nacionales.

Como decíamos líneas atrás, dicho modelo se empezó a difundir en México desde la última década del siglo pasado, pero no será sino a partir del año 2000 cuando se empezó a aplicar la hoja de ruta diseñada por la OCDE sin las debidas mediaciones nacionales, como sí había sucedido con anterioridad y ha ocurrido en países exitosos en el entendido de que, en los años recientes México se convertido en el fiel discípulo de sus diagnósticos y de sus recomendaciones para la instalación del ambicionado Sistema Nacional de Innovación.

En este seguimiento lineal de dicha política no se vio o

no quiso entender que cuando la Unión Europea tomó la determinación de la búsqueda de la competitividad mediante el ambicioso diseño del Espacio Europeo de la Investigación, la inversión promedio en I+D era del orden del 2 % del PIB con la orientación de elevarlo al 3; además, Europa disponía de una poderosa infraestructura en CyT, con talentos reconocidos y no pocos premios nobel, al igual que marcaba liderazgos en la industria farmacéutica, la de aluminio, la automotriz, la metal mecánica y en energía atómica, así como tenía haberes y una reconocida trayectoria en la industria militar. De manera similar, el empresariado europeo respiraba la cultura del desarrollo tecnológico, albergaba una larga experiencia de colaboración con el sector científico y visualizaba la relevancia de profundizar en la esfera de la innovación. Por lo mismo, la entonces Comunidad Europea disponía de una respetable infraestructura científica y tecnológica, de liderazgos y experiencia en la materia y de impulsos y capacidades para alcanzar el objetivo que se ambicionaba, ventajas de que México carecía cuando se empezó a implantar la hoja de ruta [1-4].

En suma, el concepto de economía del conocimiento que se acuñó en Europa en el proceso de constitución del espacio europeo de la investigación y que terminaría como el modelo de política para la CTI que se ha venido aplicando en el viejo continente, además de haber sido hoja de ruta exportada por la OCDE a sus países miembros y hacia otras regiones interesadas en impulsar la CTI, ha tenido efectos decepcionantes en México por la ausencia de mediaciones nacionales que hubieran aprovechado las condiciones de la infraestructura en CTI con el impulso y la experiencia, además de los apoyos, que provienen de los países desarrollados, particularmente de la OCDE.

Como efecto de la aplicación lineal del modelo europeo se muestran resultados preocupantes como los siguientes:

a. La inversión en CTI nunca ha rebasado el 0.5 % del PIB y en los años recientes ha disminuido drásticamente para situarse en 0.33 % en el 2011. Por el contrario, en algunos países emergentes y en los desarrollados está por encima del 1 y 2 %, y en no pocos la apuesta se sitúa en llegar al 3 % o más [14].

b. La participación de la iniciativa privada en Investigación y desarrollo es reducida al situarse por debajo del 20 % de la inversión total, cuando en los países emergentes y en los desarrollados fluctúa entre el 40 y el 60 %ⁱ.

c. En el aporte de mundial de investigadores México retrocede. En los países en desarrollo pasó de 29.8 %, en el año 2000, al 37.4 en 2007, y en los de América Latina y el Caribe se incrementó del 2.9 al 3.5 %, mientras que México se estancó en el 0.5 %; esta cifra se acentúa al constatar que en 2007 se registraron menos investigadores que en 2004, al reducirse de 39,724 a 37,949 [15, 16]. De ese total, el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) alberga menos de

18000, con el agravante de que las categorías de nuevo ingreso y los tres primeros niveles mantienen su tenue proporción de crecimiento al igual que el nivel 3. Por lo mismo, se confirma un inquietante envejecimiento de la planta de investigadores y el desaprovechamiento de los nuevos graduados de doctorado en la circunstancia de que de los 3000 graduados anualmente solo encuentran trabajo mil.

d. En publicaciones científicas los países desarrollados pasaron de aportar el 84.3 % del conocimiento científico en el 2002 al 75.3 % en 2008, en tanto que América Latina y el Caribe la incrementaron del 3.8 al 4.9 %, y las economías asiáticas de reciente industrialización pasaron del 4.6 al 6.4 %. Por el contrario, México solamente subió del 0.48 al 0.65 % [16,17].

e. En materia de desarrollo tecnológico e innovación los resultados son particularmente desalentadores, como lo señalan los siguientes indicadores:

1. La aportación mundial de patentes de los países desarrollados disminuyó ligeramente entre los años 2002 al 2007, pero en los países en desarrollo se incrementó del 7.7 al 11.1 %, habiendo ocurrido lo mismo en las economías asiáticas de reciente industrialización donde subió del 2.8 al 4.8 % y en Brasil donde se incrementó del 1.2 al 1.7 %, mientras que México se estancó en el 0.5 % [16];

2. En el año 2008 las patentes solicitadas por mexicanos fueron 685, cifra casi parecida a la registrada casi veinte años atrás cuando se otorgaron 661 [18, 19];

3. El saldo negativo de la balanza de pagos tecnológicos se acentuó al pasar de 363.6 mdd a 1,294.2 mdd entre los años 2000 y 2007 [19];

4. En Coeficiente de Dependencia el país se ha estancado desde 1997 al mantenerse en el rango de 23 y 24, lo que significa más dependencia de la tecnología externa, cifra que coincide con el Coeficiente de Inventiva donde retrocedió del 0.08 al 0.06 entre 1990 y 2007, mientras en Japón fue de 27.2, en Turquía de 0.1 y en Brasil 0.4.

Por último, como resultado del pobre desempeño, México ha perdido competitividad al pasar del lugar 31 que ocupaba en el año 1999 al 58 en el 2011 según el Foro Económico Mundial.

El estancamiento de México en tecnología e innovación es contradictorio con el interés y apoyos destinados por el gobierno federal en los años recientes, de tal suerte que desde el año 2001 se han destinado más de 24,000 mdp entre estímulos fiscales y otros programas de apoyo directo

(AVANCE, INNOVAPYME, PROINNOVA, INNOVATEC), mientras que para la investigación fundamental solamente se han asignado poco menos de 7,000 mdpⁱⁱ. Ello significa que los recursos y la normatividad encaminada al mejor desempeño de la tecnología y la innovación estuvieron muy distantes de los resultados esperados, mientras que por las fortalezas en ciencias al menos no se desplomaron los indicadores sino que se estancaron o mostraron avances marginales.

f. El modelo de Centros Públicos de Investigación (CPIs) y el Sistema de Centros CONACYT se descuidaron y se relajó su importancia como modelo promotor de organismos públicos especializados en la investigación, formación y desarrollo tecnológico, e instrumento privilegiado para que el sector público y las empresas potencien sus esfuerzos en materia de innovación. Se les restó vitalidad por razones como las siguientes: se ha obstaculizado el ejercicio de su autonomía técnica, administrativa y operativa que les otorga la Ley; carecen de una política de fomento y consolidación, y no disponen de mecanismos de planeación y financiamiento de largo plazo que amplíen sus potencialidades y permitan su implantación en otras regiones del país; sufren una sobrecarga regulatoria que además impide una auténtica rendición de cuentas; los mecanismos y criterios de operación se encuentran agotados o ameritan su actualización, como los de evaluación, y resienten la falta de mejores criterios y mecanismos de designación de sus titulares que fortalezcan la competencia de liderazgos creativos y pertinentes a los Centros. Requieren, además, de un marco jurídico renovado que les otorgue certeza respecto del estatus del personal científico y permita mejorar sustantivamente los mecanismos de vinculación y fomento la innovación.

A estos indicadores se pueden añadir otros más, como el de la reducida formación de doctores (en México cerca de 3000 en el año 2009 mientras que Brasil tituló poco más de 11,000 [20]), la casi nula creación de nuevos organismos de investigación, el práctico congelamiento o mínima creación de plazas de investigación en IES y en Centros Públicos de Investigación con el consecuente envejecimiento de la planta, y la falta de adecuación del SNI a las nuevas estrategias de investigación y la transferencia de conocimiento, al igual que el desinterés y menosprecio a las ciencias sociales y las humanidades, entre otros.

En esta circunstancia, el saldo actual del estado de la CTI en México se puede resumir en los puntos siguientes:

1. El modelo sobre el que se ha asentado el desarrollo de la CTI y el objetivo de construir un Sistema Nacional de Innovación, al igual a como sucede en los otros países de Latinoamérica, reiteradamente ha mostrado insuficiencias y resultados poco alentadores. Todo indica que, por un lado, una política anclada fun-

damentalmente en la TI como estrategia para mejorar la productividad y hacer competitivas a las empresas, al igual que para jalar en algún momento a la investigación fundamental, no ha aportado los resultados esperados; y, por el otro, que en términos formales se han puesto las piezas de un Sistema Nacional de Innovación, pero que se mantiene más en la formalidad por desconexión de las piezas y, particularmente, por la carencia de políticas de desarrollo económico, la reticencia de los empresarios a invertir, deficiencias en la gestión y por la carencia de una estrategia adecuada de transferencia de conocimiento. Esto explicaría el estancamiento en el número de investigadores, la limitada ampliación de la infraestructura científica, el desaliento de jóvenes doctores para la investigación y la pérdida de vitalidad de indicadores en innovación y competitividad.

2. Desde la alternancia política el ámbito de responsabilidad del CONACYT se ha determinado por la productividad y competitividad, estando articulado su desempeño a una política económica que no muestra signos alentadores en productividad, industrialización ni en aprovechamiento del conocimiento y la innovación por las empresas. Ello explica la sectorización de hecho en la Secretaría de Economía, el peso asumido por el sector económico/financiero del gobierno federal en la conducción del CONACYT, el avance restringido del sector científico y el descuido de áreas de conocimiento estratégicas para el país, como las de energía, medio ambiente y salud, así como el desaprovechamiento de las ciencias sociales y las humanidades. Además, se dio un alejamiento del sector educativo, limitando las posibilidades de adoptar una política ambiciosa en la formación de investigadores, en el cambio de cultura de la comunidad para mantener armonía entre generación y aplicación del conocimiento, y en el impulso decisivo a campos estratégicos de investigación.

3. El Sistema Nacional de Investigadores presenta rezagos en materia normativa para estimular los nuevos derroteros de la investigación; sigue sin resolver la ambigüedad entre estímulo a la producción y a la calidad o complemento salarial por productividad, además de privilegiar la reproducción de élites consolidadas y no tanto alentar la incorporación de jóvenes investigadores con otra cultura del quehacer científico. Además, el número de investigadores que forman parte representa cerca de la mitad de quienes realizan tal actividad, al igual que en los años recientes no solamente no ha empujado hacia el crecimiento del sector sino que, por el contrario, lo ha estancado o hasta disminuido. Esto mismo manifiesta también que el postulado de que debía crecer exponencialmente el sector privado de la investigación tampoco se ha logrado, a la vez que en el sector público se ha frenado la ampliación.

4. La estructura del sector científico del gobierno federal se ha significado por su complejidad e ineficacia; la comunidad científica ha perdido presencia, en algunos casos es meramente decorativa, frente al peso adquirido por el gobierno y los empresarios; se crearon instancias de decisión que no operan y la sectorización en presidencia de la República no ha propiciado que la CTI se considere estratégica para el desarrollo, además de que no ha habido mayor interés del ejecutivo federal en la materia.

En suma, está por definirse otra plataforma para la CTI, misma que debe tener una visión que vaya de la investigación fundamental y la exploración del conocimiento de frontera hasta la transferencia del conocimiento. Este largo abanico debe comprender el estímulo y apoyo a las nuevas estrategias de generación de conocimiento, el trabajo en equipo e interinstitucional, la dimensión internacional y la selección de prioridades y nichos de oportunidad entre los que es obligado incluir el cambio global, la transición energética, la biotecnología, el calentamiento atmosférico, la salud, la autosuficiencia alimentaria, la seguridad y los efectos sociales por la revolución del conocimiento, las mutaciones tecnológicas y las nuevas dinámicas de la producción y el mercado, entre otros.

4. Los dilemas de las energías renovables

En esta sección señalamos algunos temas relacionados con la energía que, como efecto del “freno a la ciencia” puesto en México, no se han estudiado suficientemente, los cuales son claves para el diseño de una exitosa estrategia de cambio en los patrones energéticos y la consolidación de nuevas fuentes de energía, que garanticen menor daño ambiental y social. En temas energéticos se han descuidado tanto las ciencias naturales (geología, biología, química, calentamiento global...) como las sociales (economía, sociología, antropología) y en este momento hay demasiadas incógnitas por resolver en muy corto plazo. Las razones del retraso del conocimiento sobre estos tópicos son varias, algunas de carácter político, por razones estratégicas de seguridad nacional, otras por supuestos ideológicos o intereses institucionales ya sea de organismos públicos o estrategias empresariales, mientras que en México mucho ha afectado la fragilidad o insuficiencia de política científica, el descuido o desinterés en los últimos doce años en fortalecer los campos nuevos de conocimiento, como el de las energías renovables, y una estrategia pública que ha apostado al desarrollo tecnológico y la innovación sin una estrategia que comprenda la urgente necesidad de fortalecer los grupos de investigación en la materia, además de que se ha desplegado una errática acción pública para el desarrollo tecnológico, la participación de la empresas en la investigación y la innovación, de tal suerte que se registran indicadores muy distantes de los propósitos y de los recursos invertidos.

Consideramos importante se reflexione detenidamente

sobre las variables que determinan el equilibrio del mercado internacional de crudo y otros energéticos y sobre la racionalidad y motivaciones de los mayores agentes participantes. Hoy los actores que definen los derroteros del mercado energético y petrolero no son exclusivamente los países productores y los consumidores de crudo y las multinacionales del ramo. El mercado mundial del petróleo y otros energéticos se ha complicado y es más complejo que hace 50 años o inclusive de hace sólo 10 años. En efecto: a) hay nuevos y muy diversos actores y algunos no tienen nada que ver con la industria petrolera o con la generación y consumo de energía; b) son cada vez más explícitas y complejas las estrategias de seguridad energética de los países desarrollados, en la cual inciden no solamente estrategias de ahorro de energía, sino de carácter político y geopolítico; y, c) es urgente analizar en detalle la racionalidad económica y los elementos de economía política de la estrategia de fomento de las fuentes renovables de energía, ya sean bioenergéticas o agroenergéticas, su aporte neto de energía, sus costos y beneficios y la distribución de unos y otros entre países, empresas y ciudadanos.

Estos temas los abordamos desde la dinámica misma del mercado petrolero y de las políticas de ciencia y tecnología generales y las aplicadas o no aplicadas en México, otorgando especial atención al petróleo porque es el energético que ha definido la estrategia energética de México, la composición y dirección de su oferta y su demanda, amén de haber impactado la política macro económica, especialmente la fiscal y cambiaria, y por considerar que la riqueza mexicana en hidrocarburos está en declive y urge se reemplace por otras fuentes, sin dejar de tomar en cuenta la presión que sobre su uso genera, a escala mundial la evidencia incuestionable de sus efectos nocivos sobre el medio ambiente. Además, se toma en cuenta que el ascenso de los agroenergéticos está más motivado por la intención de ahorrar gasolina que por consideraciones ambientales. Los agro-combustibles afectan el mercado de granos para alimento humano y pueden encarecer las dietas básicas de muchas naciones.

5. Las variables que determinan el equilibrio del mercado energético

El mercado energético mundial es complejo, siempre cambiante, un blanco móvil cuya trayectoria es de difícil predicción, no obstante que desde el primer choque petrolero diera origen a una serie importante y larga de estudios y modelos de proyección de las variables que inciden en la fijación de los precios y se establecieron organismos multilaterales para observar la trayectoria del mercado petrolero y energético, y los efectos de sus cambios en la economía mundial. Debemos recordar que los llamados choques petroleros de los años setenta, fueron el origen de los modelos de equilibrio general para calcular los efectos sobre toda la economía de los movimientos de los precios internacionales del crudo y de las tasas de interés. El problema de estos ejercicios es medir y predecir variables no mensurables y difícilmente predecibles

como los conflictos políticos o las catástrofes naturales o los accidentes, como el de la reciente explosión de la más grande refinería venezolana.

Las revisiones pueden ser sustanciales y los resultados varían según los supuestos de las agencias que hagan los pronósticos. Por ejemplo, en su *International Energy Outlook* de 2011, Energy Information Administration del gobierno estadounidense modificó los pronósticos de demanda y consumo de energía y de crudo, hechos en 2011, en un 30 por ciento menos en las proyecciones para 2015 y en 15 por ciento para 2035. Los precios al 2035, según los nuevos cálculos serán 6.7 % menores a lo previsto en 2010. Si se compararan proyecciones de años anteriores, posiblemente los ajustes serían aún mayores [21]. Pero las diferencias son sustanciales si se comparan los datos de esta agencia con los de otras agencias, la *International Energy Agency* de la OCDE [22].

En las más recientes proyecciones se prevé que la producción mundial de crudo alcanzará los 112.2 millones de barriles diarios de los cuales la OPEP producirá el 40.3 % ciento y otro tanto los productores no OPEP y los hidrocarburos no convencionales el 19.4 por ciento. Existe presión de demanda por el crecimiento de la economía mundial, especialmente de países en vías de desarrollo cuya economía es intensiva en petróleo, y la capacidad subutilizada en los países de la OPEP no es amplia;ⁱⁱⁱ parece que ni Arabia Saudita, ni otros de la OPEP, asumirán los costos de estabilizar el mercado, en la medida que lo hicieron en el pasado [23]. La capacidad no utilizada de Arabia Saudita no supera los 1.5 millones de barriles [24] que le otorgan algún margen para balancear el mercado ante choques moderados de oferta, como el ocasionado por la crisis de Libia. A largo plazo, dado el alto costo, se ha propuesto no tener más de dos millones de barriles de capacidad no usada, ampliar su capacidad de refinación y garantizar el suministro doméstico. Por otra parte, hay que matizar las presiones por reducción de los gases invernadero y la aparición en la escena mundial de gas no convencional, a la luz de los resultados de Copenhague, que significaron un retroceso respecto a Kyoto.

Las revisiones se hacen también para los países productores y sufren modificaciones igualmente importantes. Las proyecciones de la EIA sobre México indican que al 2035 la producción de crudo sería 1.7 millones de barriles diarios, es decir un 47.5 por ciento menos que en 2008. Se asume que no habrá cambios sustanciales en la política petrolera mexicana y que no se encontrarán reservas importantes de petróleo entre el 2011 y el 2035. Qué tan ciertas y aproximadas son estas proyecciones, está por verse, pero es necesario reflexionar sobre su relevancia y abstenerse de hacer declaraciones aceleradas de grandes descubrimientos basadas muchas en propósitos políticos y no en evidencia dura de la ciencia, en la cual poco ha avanzado México, como se señaló en la primera parte de este ensayo.

Por otra parte, las agencias pronosticadoras tienden a sugerir trayectorias que no se aparten demasiado de las hechas por las más connotadas instituciones. Una sola agencia no se atreve a correr el riesgo de acertar si este supone contrade-

cir una voz autorizada, por ejemplo a la *International Energy Agency*, IEA, al Banco Mundial, o al Fondo Monetario Internacional. Prefiere sumarse al universo de los que fallaron, considerando que es menos costoso. Basados en el supuesto de que las expectativas afectan el rumbo futuro de las variables económicas, se evita predecir intensas alzas o caídas profundas de precios y desencadenar compras o ventas de futuros aceleradas que elevan o deprimen los precios, en una cadena de profecías auto cumplidas de consecuencias impredecibles. Los agentes económicos, antes que racionales y fríos calculadores, tienden a ser irracionales y a dejarse llevar por excesos de optimismo durante las bonanzas y gran pesimismo en las vacas flacas [25].

6. Las fuerzas que actúan sobre el equilibrio del mercado energético

En la actualidad el mercado energético se mueve entre las coordenadas establecidas por los agentes más importantes, ya conocidos algunos (OPEP, Estados consumidores y Estados productores, multinacionales del ramo) y menos estudiados otros actores (productores, comercializadores y consumidores de maíz, caña de azúcar y otros productos agrícolas con potencial energético, los especuladores en los mercados de futuros de petróleo y de las materias primas, los fondos de ahorros y las organizaciones no gubernamentales de corte ambientalista). Los intereses dispares de este abigarrado conjunto inducen políticas cuyos efectos son complejos y de difícil pronóstico. Así por ejemplo, mucho de la escalada de los precios en 2008 tuvo que ver con la especulación en los mercados futuros de petróleo, pero también con el agotamiento de la capacidad subutilizada en los mayores productores de la OPEP, la prolongación de las tensiones en Irak que han impedido la reconstrucción de su capacidad instalada. Hoy se suman la destrucción de las instalaciones por los disturbios conducentes al cambio de régimen en Libia y la incertidumbre sobre la reconstrucción material y política del país. Lo que sí parece cierto es que la invasión a Irak y Libia, y el conflicto en Siria, son hechos políticos cuyos efectos son el cambio radical del mapa político de la OPEP. Si este cambio implica mayor estabilidad del mercado petrolero, está por verse, pero es necesario estudiarse. Si la OPEP, pierde o deja a su política de estabilizar los precios, tal como la ha ejercido desde la década de los años noventa del siglo XX, y renuncia a asumir todo el costo de dicha estabilización, los ciclos de precios del crudo serán más frecuentes y posiblemente más intensos, con el efecto de afectar la dinámica de la economía mundial e incrementar la incertidumbre sobre el mercado petrolero y las inversiones en éste. Los costos de esta inestabilidad serán mayores para los países en desarrollo importadores de crudo, dada la mayor intensidad petrolera y energética de sus economías. El aumento de los precios del petróleo afecta una gran cantidad de actividades económicas: transporte, producción de cemento, de fertilizantes y de alimentos, para citar sólo algunos.

Entre los factores que afectan la dinámica del mercado energético están algunos reconocidos y estudiados, como el crecimiento de la economía, los factores demográficos, los ambientales, el uso de agua y la necesidad de eliminar la pobreza energética, como se pactó en las Metas del Milenio. Veámoslos con más detalle.

1. *Crecimiento económico.* Afecta la dinámica energética por su impacto en la demanda. Desde los años setenta han caído considerablemente la intensidad energética y petrolera de la economía mundial y, por ende, la elasticidad ingreso de energía y de petróleo, pero en forma desequilibrada: más aceleradamente en los países desarrollados y menos en los en desarrollo; en algunos, como México, ha ascendido, como se verá adelante. Los países en desarrollo atraviesan la etapa de crecimiento basada en la industrialización intensiva en energía a pesar de que usen nuevas tecnologías ahorradoras de energía.

Aún en medio de la incertidumbre sobre la sostenibilidad de la recuperación de la economía mundial de la crisis financiera global, es seguro que la demanda de crudo crecerá sostenida básicamente por la demanda de los países en desarrollo. Qué productores abastecerán esta demanda incremental es un factor importante. Lo más probable es que sean los países de la OPEP, los únicos con reservas de crudo sustanciales, seguras y rentables y con recursos financieros suficientes. La pregunta es ¿estarán dispuestos a invertir los recursos necesarios para ello? En las estrategias de producción y exportación de petróleo de los más grandes miembros de la OPEP integran en sus decisiones sobre expansión de su capacidad productiva, las estrategias de ahorro y diversificación de fuentes de energía y las de seguridad energética de los países desarrollados. Antes de invertir los ingentes recursos necesarios para añadir a su oferta el crecimiento de la demanda, los estados de la OPEP exigen y esperan también seguridad de la demanda. Se ha formado una nueva ecuación en el equilibrio del mercado energético. A la seguridad de la oferta hay que añadir la de la demanda. Esta ecuación muestra la ya centenaria conflictiva relación entre los países desarrollados, cada vez más necesitados de petróleo y los en desarrollo dueños del recurso. Los primeros buscan y reclaman seguridad de oferta y los segundos seguridad de la demanda.

Así, antes que mayor estabilidad el mundo evidencia mayor inestabilidad y menor seguridad energética. Los productores de etanol a base de maíz, como Monsanto y Shell, están interesados en promoverlo y sacar provecho de las políticas de cambio energético, lo mismo los grandes productores de maíz estadounidenses. El gobierno estadounidense en su ley energética reciente puso a los consumidores en la orilla opuesta. ¿Cuáles son los intereses que han intervenido en la aceptación

sin reparo alguno de la producción de bio-energéticos en el país? Asunto por investigar.

2. *Las variables demográficas.* Tanto el crecimiento neto de la población como su estructura afectan la demanda energética. Si, por ejemplo, el crecimiento de la población en edad de conducir incrementa la demanda de coches y el consumo de combustible, este efecto se amplifica si hay crecimiento del PIB per cápita y de los ingresos reales. Un ejemplo claro es el formidable crecimiento de la demanda de automotores en China e India, países en los cuales los dos factores confluyen. Igual efecto tiene el crecimiento de la población en edad de trabajar. Es difícil encontrar un trabajo, por informal y de baja productividad que éste sea, que no demande energía para su realización. Se espera que hacia el año 2035 la población mundial será de 8.6 mil millones de habitantes, un crecimiento de 1.7 millones de personas, de los cuales 1.6 mil millones serán en los países en desarrollo.
3. *La energía y el agua.* Según muchos autores [23] la relación entre la generación y consumo de energía y el uso y la contaminación del agua ha sido generalmente descuidado. Compiten por uso de agua las diferentes fuentes de energía y éstas lo hacen con otras actividades, por ejemplo la agricultura, pero también las manufacturas. De ahí que toda estrategia de transformación de la política energética y de la estructura de producción y demanda de energía considere los efectos sobre el agua, uso y contaminación. Se ha establecido que las fuentes alternativas de energía, por ejemplo los agro-combustibles para el transporte, usan en las técnicas de cultivo actuales, más agua que el petróleo. Por ejemplo, la soya y el maíz consumen, para la misma cantidad de energía, 3000 y 2500 veces más de agua que el petróleo (World Policy Institute (2011)). Hay un intenso debate sobre los costos, en términos del intenso uso y contaminación del agua, en la producción de petróleo a partir de arenas bituminosas y hoy en día la discusión se ha extendido a la producción de gas y petróleo a partir de *shale*. Se trata del dañino proceso de fracturación hidráulica considerado como altamente contaminante [26]. Según este autor, se ha establecido fehacientemente que la producción de gas metano derivada de la fracturación hidráulica contamina en grado alarmante el agua potable. Aún no se integran estos costos a los de producción de shale gas y petróleo shale y al margen de ganancia respecto del petróleo y el gas convencionales. En términos generales, el consumo de agua para la generación de energía es un terreno sin estudiar plenamente. México no se escapa a este juicio y es notable esta ausencia dadas las complejidades en torno al manejo del agua en el país.
4. *Pobreza energética.* En las metas del milenio se acordó reducir, hacia el 2015, a la mitad la propor-

ción de gente sin servicio de luz eléctrica. Hoy en día, cerca de 1.4 miles de millones de personas carecen de éste bien, y cerca de 2.7 miles de millones usan biomasa para satisfacer sus necesidades de combustión. De estas falencias se deriva el deceso de 1.4 de niños de muertes prevenibles. El esfuerzo a escala mundial para reducir la pobreza energética se entiende en los siguientes datos: en 2010 el consumo de energía per cápita en los países desarrollados fue 6.7 veces mayor que en los países en desarrollo y el de petróleo 6.8 veces superior. Aún en el año 2035, estas proporciones continuarán elevadas: 3.5 y 6 veces respectivamente. En México el avance es notable, no obstante, según el último censo, por lo menos un 10 % de la población carece de servicio de luz y alcantarillado. El suministro de muchos servicios básicos a la población más pobre demanda energía, más allá de la conexión domiciliaria.

5. *Seguridad energética y equilibrio del mercado.* La energía devino en un bien estratégico que satisface una necesidad básica; y la seguridad energética en un bien público que no se puede dejar a los avatares del mercado [27]. Sin energía eléctrica son impensables el desarrollo moderno o el ingreso de los pueblos a la sociedad del conocimiento, ni siquiera al alfabetismo funcional o al buen e inteligente manejo aritmético. Por ello, las metas del milenio comprenden reducir por lo menos a la mitad la proporción de población sin conexión domiciliaria de energía eléctrica. Garantizar la seguridad energética de los Estados Unidos, como elemento de la seguridad nacional, es compartido por republicanos y demócratas. Por ello, para los gobiernos y los ciudadanos estadounidenses, es legítimo asegurarse el suministro de crudo a precios bajos y reducir las importaciones, reduciendo la adicción a la gasolina^{iv} para no ser rehenes de los petro-estados, como lo plantearon los Presidentes Nixon y Carter y el presidente Obama lo ha reiterado en varias ocasiones [28]. En el pasado proceso electoral, los dos candidatos ofrecen liberalizar las políticas energéticas y a la contienda han ingresado, sin tapujo alguno, los grupos de poder relacionados con las empresas petroleras. Abiertamente el poderoso American Petroleum Institute hizo campaña electoral ofreciendo ayuda al candidato que mayor apoyo ofreciera a la expansión de la industria hacia las áreas aún en reserva o a que delegue en los gobiernos estatales la política petrolera en las tierras federales o baldías, y en una campaña bajo el nombre “Vote 4 Energy”, llamó a los votantes a dar su voto por el que en mayor medida apoyara la agenda de la industria del petróleo y el gas [29].

El Tratado de Lisboa establece, como compromiso comunitario, los lineamientos de la cooperación para garantizar dicha seguridad [30]. Diseñó este tratado una estrategia de seguridad energética colectiva y las bases para negociar en bloque con Rusia el avío de gas y los

planes de diversificar los proveedores. Los países de la OPEP exigen también seguridad energética y al definir las inversiones para ampliar su capacidad productiva, consideran si hay o no seguridad de la demanda y, por los altos requerimientos financieros, no están dispuestos a mantener amplia capacidad productiva no utilizada y prefieren incrementos moderados que, al resultar en precios relativamente altos, aceleran la producción y agotamiento de las reservas más costosas, EIA [22] Esta baja capacidad subutilizada no garantiza estabilidad de los precios. Todo lo contrario. La OPEP se cuida de precios que eleven la inflación mundial y sobre estimulen las fuentes alternativas. Y Arabia Saudita procura siempre establecer precios que convengan a los intereses de los Estados Unidos en su doble carácter de productor, de costos elevados, y principal consumidor de petróleo mundial.

6. *La seguridad energética en México.* En México la preocupación por la seguridad energética es reciente y se relaciona, en primer lugar, con los riesgos del agotamiento de las reservas de petróleo, las limitadas de gas natural y las muy reducidas de carbón. La caída de las reservas y de la producción afecta las exportaciones y el recaudo fiscal y, por estas vías, la estabilidad macro económica. A la fecha esas son las mayores preocupaciones oficiales. Las relacionadas con la estructura de la demanda de energía, la ineficiencia de su uso y los costos de la intensidad energética y petrolera del PIB, han ocupado un segundo plano.

Cantarell alimentó la noción de riqueza ilimitada de petróleo y opacó la conveniencia de fuentes alternativas. Hoy se considera que el país debe resolver la seguridad energética, definida como la capacidad de un país para satisfacer la demanda nacional de energía con suficiencia, oportunidad, sustentabilidad y precios adecuados, en el presente y hacia un futuro [31], lo cual implica tener en cuenta la situación del mercado mundial, la integración de la industria y la demanda de países como China e India que presionan los precios al alza [32].

A partir de Cantarell se inició la política de fijar la producción y las exportaciones de crudo desde la óptica del recaudo fiscal y para aliviar los cuellos de botella del ahorro interno y la escasez de divisas. Se extrajo a la mayor velocidad posible y se exportó todo el crudo que aceptara el mercado, sin contemplación sobre la trayectoria de las cotizaciones e ignorando las necesidades del mercado interno. Así, se vendió crudo barato e importaron productos refinados con mayor valor agregado y precios superiores. Las reservas se agotan y sólo la desaceleración de la demanda por el bajo crecimiento de la economía nacional ha evitado mayores reducciones del

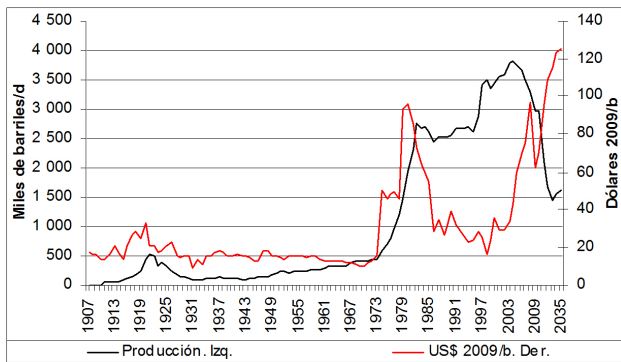


FIGURA 1. Proyecciones de producción de crudo de México y de los precios mundiales. Fuente: EIA, IEO, 2011, cálculos propios.

balance comercial sectorial aún positivo. Lo anterior se corrobora en la Fig. 1 en el cual presentamos la trayectoria pasada y futura de la producción de crudo del país y de los precios mundiales, según la EIA [22]. Esta estrategia relegó las preocupaciones sobre el desarrollo de la industria petroquímica y de todas las que se derivan del petróleo, como la química o la de plásticos y productos sintéticos. No sólo desatendió las inversiones en éstas, también se desalentó la investigación en ciencia y tecnología en ellas.

Ciertamente las perspectivas no son halagüeñas y es urgente reflexionar sobre los cambios necesarios en la política energética total, de manera integral: oferta y demanda; volumen, composición y dinámica. México importará crudo o más productos y refinados, productos plásticos y químicos que lo que hace hoy y lo hará a precios altos, muy superiores a los que obtuvo cuando intensificó la producción de crudo con el fin de incrementar las exportaciones y aliviar las crisis de balanza de pagos, pero suspendió las inversiones en refinación comprometiendo cada vez más proporciones de los ingresos por exportaciones de la materia prima. Un aspecto indispensable es observar la intensidad energética y petrolera de la economía nacional y la dinámica de sus diferentes componentes. La carga de la demanda final de combustibles tiene mucho que ver con el transporte y allí hay mucha tela de donde cortar. Nada o muy poco se ganaría si se introduce masivamente el etanol, así sea de bagazo de caña de azúcar, si no se ahorra en el consumo en transporte.

México aun se encuentra en la senda del crecimiento de la economía intensiva en el uso de petróleo y de energía en general, en un grado que sugiere baja eficiencia energética. La Fig. 2 ilustre la intensidad petrolera del PIB mexicano medida como el consumo (en miles de barriles diarios) por unidades del PIB total (en miles de millones de dólares constantes del 2000). Es clara la divergente trayectoria de la intensidad petrolera en México y Canadá y los Estados Unidos. Lo sorprendente es que la intensidad petrolera de la economía se incrementará precisamente cuando por el impacto de los choques petroleros de los años setenta y ochenta el mundo entero se embarcó en intensos cambios tecnológicos para reducir el uso de combustibles en toda actividad económica. Partiendo de una menor intensidad petrolera que los Estados Unidos y

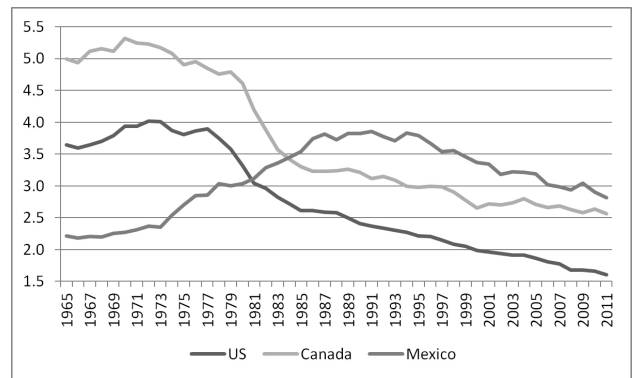


FIGURA 2. Intensidad petrolera de las economías de México, Canadá y los Estados Unidos 1965-2011. Intensidad petrolera del PIB, se define como el consumo de crudo, en miles de barriles diarios, por unidades del PIB total, en miles de millones de dólares constantes del 2000.

Fuente: Cálculos propios basados en consumo de petróleo BP Statistical Review of World Energy June 2012 y PIB; Banco Mundial, World Development Indicators, 2012.

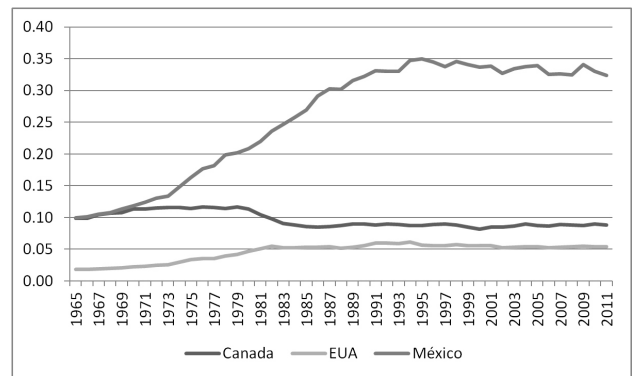


FIGURA 3. Intensidad petrolera y PIB per capita en México, Canadá y los Estados Unidos. 1965-2011, en barriles de crudo y dólares constantes del 2000. Fuente: como en la Fig. 2

Canadá, clara entre 1965 y 1973, México la elevó sustancialmente hasta 1995 a partir de ese año la trayectoria cambia, pero sigue por arriba de estos dos países.

México acusa una gran intensidad petrolera de su economía medida también en términos del PIB per capita. Se considera que, si bien en términos del PIB per capita, México aún atravesaría la era de la industrialización pesada, esta afirmación debe ponderarse en términos del peso de la maquila en las manufacturas y sus exportaciones, ubicada en los segmentos menos intensivos en tecnología y energía de todo el proceso productivo. En términos per capita, el consumo de petróleo y de energía mexicano está muy por debajo de sus socios del TLCAN. No obstante la intensidad petrolera, en términos del PIB per capita es muy superior, como se observa en la Fig. 3, el cual redundo en las observaciones sobre el uso no eficiente del combustible y la necesidad de insistir en políticas de ahorro de energía y no sólo en la sustitución de fuentes.

Es necesario el debate sobre seguridad energética en México y cómo lograrla, ante la evidencia, por una parte, de la caída de las reservas y el desplome de la producción y las exportaciones hacia el 2035 y, por la otra, de la elevada y persistente intensidad petrolera y energética del PIB y el bajo consumo per cápita, que indica que se elevará en la medida que suba el ingreso de la población y crezca ésta. Aún son incipientes los argumentos y los estudios sobre el tema y se han centrado en reactivar la oferta mediante los cambios en el régimen jurídico de PEMEX y la apertura a las fuentes no renovables. Las propuestas sobre ahorro de energía y mejoramiento de la eficiencia energética de la economía nacional son bajas, no totalmente convincentes y sin instrumentos claros para su logro, ver por ejemplo, SENER 2010 y 2011 [33]. Un estudio reciente del BID y la fundación alemana GTZ, para la SENER, recomienda a México intensificar la producción de caña de azúcar y maíz para producir etanol y substituir al menos el 10% del consumo de gasolina. No se consideran los costos de esa estrategia y se enfatizan los beneficios en términos de balanzas comercial y fiscal.

7. El costo de introducir los bioenergéticos

Nuestra preocupación sobre la necesidad de abrir en México un amplio debate sobre los costos y beneficios de la introducción de bioenergéticos y agro-combustibles, surge de la lectura de estudios de evaluación de corte académico o por las agencias internacionales especializadas. No hemos encontrado aún en México una producción similar. En nuestra opinión dos elementos han dominado la toma de decisiones. Por una parte, la preocupación por el agotamiento de las reservas petroleras y el daño ambiental de los combustibles fósiles y, por la otra, la rentabilidad de la producción de etanol a partir de la caña de azúcar y otros productos agrícolas.

La producción de etanol a base de maíz, soya, caña de azúcar y otros vegetales está en escrutinio por diversas razones, la más reciente es la escalada de los precios del maíz y otras materias primas agrícolas por la sequía que afectó los Estados Unidos que, sumada a su política de substituir petróleo por etanol de maíz, limitó la oferta alimentaria. Como lo sugiere T. Wise, por la escalada de precios de los alimentos en 2007-08, cuando los precios de los alimentos básicos se duplicaron, la población desnutrida y con hambre superó lo mil millones de personas. Por otra parte, la subida de los precios del maíz y otros granos en el bienio 2010-2011, elevó el costo de las importaciones de alimentos a más de un billón trescientos mil millones de dólares. Son aún desconocidos los efectos de la subida de los precios internacionales de los granos en el año 2012, considerada mayor a las otras dos escaladas de precios mencionadas. Casi nadie duda que una de las razones de las escaladas de precios es el desajuste entre el crecimiento de la demanda de alimentos y las bajas inversiones para expandir su producción, no obstante ésta sí ha crecido en las dos últimas décadas. Otras razones son los aspectos climáticos: inundaciones y sequías, sugerentes de los efectos del cambio climático. De todas formas, estudios complejos e

innovadores de las causas de las últimas subidas de precios y las tendencias más recientes, parecen coincidir en que las dos causas más fuertes y constantes en el período 2004-2011 son la desviación de la producción de soya y maíz hacia el etanol y la acción de los especuladores en los mercados de futuros de las materias primas agrícolas. Lagi *et al* [34] armaron un modelo dinámico que refleja muy de cerca los precios observados. Estos autores confirman que casi todo el incremento de los precios en las dos escaladas más recientes las explican la demanda para etanol y bioenergéticos de maíz y soya y la especulación en los mercados de futuros gracias a la desregulación de los precios de las materias primas. Estas dos causas de los incrementos de los precios de los alimentos - fuerzas especulativas y la conversión de maíz en etanol y soya en biocombustibles -, según sugieren los autores, han sido estimuladas por la desregulación de los mercados de futuros de las materias primas y las políticas de estímulos financieros para la conversión de maíz en etanol. Añaden que los especuladores fijan los precios en el mercado spot en base a los precios futuros como referencia. Por lo mismo, si se esperan para el futuro precios al alza sólo estarán dispuestos a vender en el mercado spot si obtienen precios por lo menos iguales a los esperados en el futuro. En este mecanismo coinciden Gosh *et al* [35].

Los otros factores, sequía, aumento de la demanda en China e India, cambio en las dietas hacia más proteínas animales, cataclismos climáticos e inclusive el aumento de los precios del petróleo y otros insumos para la agricultura, fueron de muy poco significado en los episodios anteriores. Estos autores presentan una interesante revisión de la bibliografía, muy extensa por cierto, sobre los vínculos entre la producción de bioenergéticos y los precios de los combustibles y parece que el consenso apunta a una relación directa y fuerte.

No obstante las afirmaciones anteriores, sí es necesario aceptar que una de las razones importantes de la intensa subida de precios de alimentos que hoy se evidencia es la sequía en los EUA y otras regiones del mundo, como Rusia, dos grandes proveedores de granos. Reportes recientes del Banco Mundial sugieren que la subida de los precios internacionales, originada por ejemplo en los EUA, se transfiere en cuestión de meses a los países importadores y con diferente intensidad, según la dependencia importadora de cada uno. Y en México ha subido el contenido importado del consumo aparente de alimentos.

En estas condiciones, es importante considerar los efectos de esta ecuación en la economía y el bienestar mexicanos.

El costo asumido por los consumidores mexicanos derivado de la política estadounidense de conversión de maíz en etanol, es alto y afecta sobre todo a la población de bajos ingresos en la cual los alimentos cubren una buena parte de los ingresos totales. Según un estudio de Action Aid [36], los Estados Unidos dedican al etanol el 40 por ciento de su producción, lo que equivale al 15% del intercambio mundial de maíz. Esta desviación ha implicado un incremento de los precios del maíz, desde 2004, de alrededor del 30%, comparado

con las cotizaciones si el uso del maíz para etanol se hubiera mantenido al nivel del 2004. Las consecuencias para México son alarmantes por varias razones: en primer lugar el país, importa el 30 % del maíz que consume; en segundo lugar, es parte esencial del consumo básico de la población, especialmente de la de bajos recursos. Así las cosas, el sobre costo de las importaciones del grano se ha calculado entre 1.3 y 1.5 mil millones de dólares en 2004 y 2011, un guarismo varias veces superior al programa MasAgro, creado para elevar la productividad de los pequeños productores de maíz y reducir la dependencia de las importaciones. Adicionalmente hay que considerar, a escala mundial, que en la Unión Europea (2010) se dedicará a biocombustibles el 12.4 por ciento de su producción de oleaginosas y, para cumplir la meta de reemplazar, al 2020, por biocombustibles por lo menos el 10 % de la gasolina consumida en transporte, deberá importar casi un tercio de las oleaginosas necesarias, una proporción que equivale al 20 % de la producción mundial. Nuevamente, la UE [37] sugiere que entre 2013 y 2017 los precios de las materias primas agrícolas crecerían en un 46 % por el impacto de los esquemas de promoción existentes y los nuevos, actualmente en discusión e indispensables para cumplir las metas de sustitución acordadas. De acuerdo a este estudio, se esperaban incrementos para el período 2013-2017, de los precios del trigo, maíz y aceites vegetales del orden del 7, el 10 y el 35 % respectivamente en EU. La demanda de la UE de materias primas para los biocombustibles afectará el uso de la tierra, especialmente en los países exportadores, por ejemplo Brasil y Argentina. Un punto aún nada estudiado en América Latina, en donde sólo se manifiesta regocijo por el incremento de las exportaciones de soya o de etanol.

7.1. El costo financiero

Además del costo en términos de los precios de los alimentos es necesario considerar los costos financieros y fiscales y ponderarlos con el ahorro de energía y los efectos en el clima. Según estudio de la OCDE, “las políticas para estimular la producción de biocombustibles en los países de la OCDE y otros no miembros, son costosas y tienen un impacto limitado en la reducción de gases invernadero y en garantizar la seguridad energética” [38]. Añade la institución que a la vez que no garantiza mayor seguridad energética sí afecta los precios de los alimentos, el equilibrio fiscal, por los ingentes subsidios y el comercial por la elevación de los precios de los granos, el maíz y la soya.

La producción y el consumo de biocombustibles de materias agrícolas ha demandado en los países de la OCDE y en otros no miembros, subsidios inmensos que en 2006 alcanzaron 11 mil millones de dólares y que ascenderán a 25 mil millones a partir del 2015 [38]. Sólo la Unión Europea y los Estados Unidos destinan a promover los bio y agro combustibles 35 mil millones al año [24]. Entre 2005 y 2014 el gobierno estadounidense destinará 56.3 miles de millones de dólares en subsidios al etanol mientras mantiene elevados aranceles a la importación de etanol brasileño. Tanto Brasil

como Colombia, otro país con gran producción de caña de azúcar, introdujeron hace años el uso de gasolinas con etanol de bagazo de caña, para lo cual establecieron grandes subsidios a los productores de caña y de azúcar. En Brasil la mezcla tiene 40 % de etanol y en Colombia el 25 %. Otros países practican políticas similares: Estados Unidos concede a los mezcladores de biocombustibles crédito fiscal especial de USD 0.51 por galón (US \$ 0.135 por litro) de etanol mezclado con la gasolina fósil, y US \$ 1 por galón (US \$ 0.264 por litro) de biodiesel mezclado al diesel fósil. Canadá ha destinado 2.2 mil millones de dólares canadienses para programas de fomento de la producción nacional de biocombustibles y aplica un arancel de 0.05 dólares canadienses por litro a las importaciones de etanol. La Unión Europea introdujo arancel ad valorem a las importaciones de etanol desnaturalizado y subnaturalizado del 33.2 % y 62.4 %, respectivamente. Las importaciones de biodiesel están gravadas con un arancel del 6.5 %. Adicionalmente, subsidia los cultivos de agro ecoenergéticos con 45 euros por hectárea. Japón destinó, en 2007, para promover los biocombustibles 92.5 millones de dólares y aranceles a la importación del 20.3 %. Finalmente, en 2006, China canalizó, para la producción doméstica de etanol 188 millones de dólares y reembolsa el IVA y rebaja al 5 % el impuesto al consumo.

En estímulos y subsidios a los bio y agro-combustibles, por contenido energético, se gasta más que el precio de un barril de petróleo registrado en 2007 y si se eliminaran los subsidios, la producción de etanol en Brasil caería en un 20 % y la de Estados Unidos y Canadá en el 80 % [38]. Estos datos sólo pretenden llamar la atención sobre la racionalidad de la producción de bio-combustibles. La estrategia propuesta por la OCDE sugiere actuar más intensivamente sobre la demanda y el consumo de energía, muy especialmente en el sector transporte, el mayor consumidor de hidrocarburos.

Que se mantengan estos estímulos depende de las políticas fiscales de los países en épocas de drástico ajuste fiscal, y de la rapidez con la cual estas fuentes renovables logren costos similares a los del petróleo.

El panorama no es claro y, por lo pronto, tampoco que los precios del petróleo sigan la ruta de su agotamiento, porque los sustitutos los vayan a obligar a bajar para competir. Hoy se debate, en Estados Unidos y en Europa, la estrategia de construir plantas nucleares en respuesta a los altos costos de los combustibles fósiles y se revaloriza la importancia de los combustibles fósiles, los renovables y los agroenergéticos. El presidente Obama, al presentar la estrategia de seguridad energética, enfatizó la explotación responsable de gas y petróleo propios, en tierras bajo el dominio público y de biocombustibles a base de celulosa, y rebajó los planes de energía nuclear a raíz del tsunami en Japón. Justificó la necesidad de reducir al menos en un 30 % las importaciones de crudo, por sus altos precios futuros y la inestabilidad política de los mayores proveedores [28]. La OPEP estudia modalidades para producir gasolinas limpias a partir del petróleo y para reducir las emisiones.

7.2. El ahorro de energía y la contención del calentamiento global por los bio y agro-energéticos

El impacto de la producción de bio-energéticos sobre el medio ambiente y el calentamiento global (así como sobre la agricultura y la producción de alimentos) es complejo y se debe tener en cuenta en el diseño de las políticas energéticas. Un tema es, por ejemplo, el papel de la agricultura como sumidero de carbono, es decir un espacio natural o artificial para capturar CO₂ del ambiente y el equilibrio entre costos y beneficios de la producción de biomasa.

Se ha llegado a la conclusión que si se hace un examen integral de los biocombustibles, partiendo de la perspectiva del "Ciclo de Vida", que éstos no son tan verdes como se supone, ni son tan limpios si se analizan las emisiones de CO₂ durante todo el ciclo vital del etanol. El ciclo vital del etanol comprende: la producción de todos los insumos y toda la energía asociada con el cultivo, la producción, el transporte y el uso del biocombustible, incluido el cambio de uso de la tierra. Sin contar el cambio de uso de la tierra, el etanol ahorra entre 10 y 20 por ciento de emisiones. Si se contara ese aspecto, el ahorro se reduciría en 50 por ciento

Los Drs. Pimentel, de Cornell University, y Patzak de Berkley [39] encontraron que la demanda de energía de hidrocarburos para producir etanol supera la generada por éste, en estas proporciones: 29 % el etanol de maíz; 45 % el pasto Switchgrass; 57 % la biomasa de madera; 27 % las plantas de soya, y 118 % los girasoles.

Respecto al aporte neto de energía, se sugiere que la conversión de maíz en etanol implica un insumo total de 4.3 galones equivalentes de gasolina para generar 1.74 galones equivalente de gasolina equivalente, es decir una pérdida neta de energía del 65 %, según cálculos del Dr. T. W. Patzak, [39]. El etanol obtenido de la caña de azúcar es el que más energía neta genera y el que reduce en más de un 70 % la emisión de GEI en comparación con la gasolina convencional.

No es nuestra intención negar los efectos sobre el medio ambiente y sobre el calentamiento global derivados del uso de los combustibles fósiles. Estos son por demás negativos y lo son en grado sumo. Lo que deseamos recalcar es la necesidad de reflexionar sobre el tema energético en forma compleja, observando todas las aristas y ángulos. Por ejemplo, el profesor Pazek sugiere que el etanol es altamente contaminante y no ahorra energía ni gases contaminantes. Su expansión contribuye poco o nada a mitigar el calentamiento global o puede incluso agravarlo.

8. A manera de conclusiones

Queda pendiente demasiado por investigar y dilucidar, lo que reitera la urgencia de rearticular la política científica con la finalidad de atender temas prioritarios, como los de energía, que además de ser un dilema del mundo global tiene un efecto particular en México por el peso y la dependencia en los recursos fósiles, por el declive de las reservas de hidrocarburos, por una política anclada en mantener las exportaciones de crudo para conservar la capacidad financiera del estado y, al mismo tiempo, una baja carga tributaria a los ingresos de capital y por los efectos del uso de los hidrocarburos en el medio ambiente.

Hemos enfatizado los problemas que enfrenta México en el tema de energético. Por una parte el agotamiento de las reservas, derivado de la estrategia de explotar a grandes velocidades sus reservas, más con criterios fiscales y de equilibrios externo que del desarrollo del país. Descuidó la eficiencia en el consumo de energía y muestra una muy elevada y creciente intensidad petrolera de su economía, ya en términos absolutos ya en relación al nivel de desarrollo. Esta intensidad tiene que ver con la estructura y dinámica de la demanda, muy cargada, en petróleo, por el transporte. México, como vecino de los EUA, ha adoptado patrones de consumo de éste país y, por ejemplo, estimula el transporte privado, individual, sobre el público, le tasa impuestos a la gasolina similares a los Estados Unidos, el país desarrollado con las tasas más bajas del mundo. Por otra parte, recalamos la necesidad de estudiar con detenimiento la política de sustituir hidrocarburos por agro y bio-combustibles, quizás una estrategia de altos costos económicos, ya fiscales ya en precios de alimentos y por ende sociales.

Lo más importante es, de todas maneras tener una idea clara sobre la política de ciencia y tecnología y de qué manera se debe estimular en el marco de políticas de estado y con una perspectiva diferente al eficientísimo del mercado. Tanto la energía como la de ciencia y la tecnología deben ser vistos como bienes públicos que van más allá de crear oportunidades de negocio ya que atienden la solución de problemas del desarrollo y del progreso de las sociedades. Por lo tanto no pueden dejarse a los avatares del mercado, sobre el cual la crisis global ha demostrado su destructora irracionalidad.

i. Si bien el CONACYT reporta que en los últimos años ha habido un incremento de la participación del sector privado al pasar del 30 % a principios de la década del año 2000, a poco más del 40 % en 2008 (CONACYT, 2010:25, gráfica 1.14), la cifra no concuerda con lo reportado por organismos internacionales que la ubican por debajo del 20 % ni por el dato aportado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) en noviembre

de 2010. Consultar también la *Declaración de Monterrey, "Sociedad y Economía del Conocimiento para impulsar la Competitividad y el desarrollo Sustentable de México"*, del XXIV Congreso ADIAT, 21-23 Marzo del 2012, Versión No. 2 del 20 de Febrero, 2012; en estedocumento del organismo estrechamente vinculado al sector productivo estima que, para 2012, la inversión privada en CTI es del 0.15 % del PIB; cuadro Gasto

en Ciencia, Tecnología e Innovación.

- ii. La cifra de investigación básica comprende los años de 2001 a 2010, con excepción de 2009, aunque se debe decir que para un mismo año CONACYT reporta datos con ligeras variaciones; las cifras de apoyo a tecnología e innovación también se deben precisar pues no se tienen concentrados; por ejemplo, entre 2001 y 2007 se aprobaron 13,911 mdp en estímulos fiscales, faltando por agregar lo correspondiente a los años siguientes, entre los años 2002 y 2005 se asignaron 628 mdp del Fondo de Economía y solamente en 2009 se le asignaron 1,840 mdp. Cifras obtenidas de los *Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología*, del CONACYT, correspondientes a los años 2006, 2007, 2008 y 2009.
 - iii. La capacidad subutilizada es sensible a cambios a corto plazo en la demanda o en la oferta. El conflicto de Libia la redujo de los 4.5 millones de barriles en 2010 a solo 3.5 en 2011, se espera caiga a 2.7 millones de barriles en 2012, con la reactivación de la economía mundial (EIA, 2011). La capacidad que evite choques de precios se ubica entre el 8 y el 10 % del consumo, muy superior a la actual y a la prevista.
 - iv. El presidente Bush en, en enero 31 de 2006, usó este término propuso eliminar esa adicción.
 - v. Tad W. Patzek, es professor de geoingeniería en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la U, de Berkeley, ver: Patsek, T.W. (2005) *Ethanol From Corn: Clean Renewable Fuel for the Future, or Drain on Our Resources and Pockets's*, en *Environment, Development ans Sustainability* /: 319-336
1. I. Bruno, *A vos marques, prêts...cherchez. La stratégie européenne de Lisbonne, vers un marché de la recherche*, éditions du croquant, col. Savoir/agir de la association raisons, France, 2008). p. 267
 2. H. Nowotny, P. Scott, and M. Gibbons, *repenser la science*, ed. Belin, (col. Débats, Paris, 2003) p. 319.
 3. I. Bruno, "Comment gouverner un espace européen de la recherche et des chercheurs-entrepreneurs? Le recours au management comme technologie politique ", 5-6 mayo de 2010, Paris, Centro Dalambert, <http://www.centre-dalembert.u-psud.fr/documents/pdf2009-2010/i.%20bruno.%202010.dalembert.pdf> 11-oct.-2011
 4. OCDE, *L'économie fondée sur le savoir*, OCDE/GD(96)102, (Paris 1996).
 5. Karsenty, Jean-Paul, "Espaces culturels, projets politiques et programmations de la Recherche : une introduction", Centre d'Alembert, Colloque : Programmer la Recherche ?, 5 et 6 mai 2010, Centre Scientifique d'Orsay / UniverSud Paris, <http://www.centre-dalembert.u-psud.fr/documents/pdf2009-2010/jp%20karsenty%20intervention.pdf> 11-oct.-2011
 6. F. Sagasti, *Ciencia, Tecnología, Innovación. Políticas para América Latina*, ed. FCE, (Lima 2011). p. 273.
 7. Banco Interamericano de desarrollo, *La ciencia y la tecnología para el desarrollo: Una estrategia del BID*, Serie de informes de políticas y estrategias sectoriales del Departamento de desarrollo Sostenible. La estrategia sobre ciencia y tecnología (GN# 1013-2) fue considerada favorablemente por el Directorio Ejecutivo del Banco Interamericano de desarrollo el 4 de octubre de 2000, Washington, Abril 2000, p. 56 <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=1441468> 1 octubre 2011
 8. E. Hobsbawm, *Historia del siglo XX*, ed. Grijalbo Mondadori col. Crítica, (Barcelona 1995) p. 614.
 9. J. M. Sánchez Ron, *El poder de la ciencia. Historia social, política y económica de la ciencia (siglos XIX y XX)*, ed. Crítica, (Barcelona 2010). p. 1022.
 10. Solleiro, José Luis; Castañón, Rosario; Montiel, Mariana; Luna Katya, "Evolución del desarrollo científico y tecnológico de América Latina: México", en Sebastián, Jesús (ed.), *Claves del desarrollo científico y tecnológico en América Latina*, ed. Siglo XXI/Fundación Carolina, (España 2007). p. 457.
 11. Loyola Díaz, Rafael/ Zubieta, Judith, "La alternancia en ciencia y tecnología: un futuro discutible", en Revista Foro Internacional, Vol. XLVII, No. 3 (190), octubre-diciembre de 2007, COLMEX, México.
 12. G. Dutrénit, et al., *El Sistema Nacional de Innovación Mexicana. Instituciones, Políticas, Desempeño y Desafíos*, ed. UAM col. Textual, (México 2010). p. 446
 13. Aziz Nassif, Alberto y Alonso Jorge (coordinadores), ed. CIESAS, Miguel Ángel Porrúa, H. Cámara de Diputados LIX Legislatura, (Colección: "Conocer para decidir", México, 2005). pp. 229-271. Banco Interamericano de desarrollo, *La ciencia y la tecnología para el desarrollo: Una estrategia del BID*, Serie de informes de políticas y estrategias sectoriales del Departamento de desarrollo Sostenible, Abril 2000; la estrategia sobre ciencia y tecnología (GN# 1013-2) fue considerada favorablemente por el Directorio Ejecutivo del Banco Interamericano de desarrollo el 4 de octubre de 2000. Washington, D.C., Págs. 56 <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=1441468> 1 octubre 2011
 14. Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología, CONACYT, (México 2009) p. 363.
 15. CONACYT, *Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología. México 2008* ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (Méx. 2009) p. 415.
 16. UNESCO, *Informe de la UNESCO sobre la ciencia. Resumen (2010)* <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001898/189883S.pdf>, 21-09-11
 17. Rapport de L'Observatoire des Sciences et Techniques, *Indicateurs des Sciences et Technologie* ed. Economica, (Paris 2010). p. 592
 18. CONACYT, *Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología. México 2003*, ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (Méx. 2003), p. 449.
 19. CONACYT, *Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología. México 2009* ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (Méx. 2010), p. 366.
 20. [http://bd.riacyt.org/explorer.php/query/submit?excel=on&indicatorts\[\]=TITDOC&syearch=1990&eyearch=2009&](http://bd.riacyt.org/explorer.php/query/submit?excel=on&indicatorts[]=TITDOC&syearch=1990&eyearch=2009&)
 21. Energy Information Adminsitration, 2011, International energy Outlook, 2011, accedido el 20 de septiembre del 2011 en: [http://205.254.135.24/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://205.254.135.24/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf)
 22. Energy Information Adminsitration, 2011, International energy Outlook, accedido el 20 de septiembre del 2011 en: [http://205.254.135.24/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://205.254.135.24/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf)

23. Organización de Países Exportadores de Petróleo, OPEP, 2011, World Oil Outlook, 2011. rescatado el 1 de Septiembre del 2012 en: http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO_2011.pdf
24. Energy Information Administration, EIA, International Energy Outlook 2010, rescatado en: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>
25. Foley, D. (2002) "The Extrange History of the Economic Agent", *New School Economic Review* 1 (2004) 82-92.
26. Stephen G. Osborn, Avner Vengosh, Nathaniel R. Warner, and Robert B. Jackson, 'Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing', April 2011, Proceedings of the National Academy of Sciences, recuperado el 02-09 2012 en: <http://www.pnas.org/content/108/20/8172>.
27. Butler, Nick., 2011. "How we can end Europe's energy squeeze?" *The Financial Times*, Enero, 6 de 2011. Consultado en: <http://www.ft.com/cms/s/0/425d52cc-19cd-11e0-b921-00144feab49a.html#ixzz1BgMHn3MN>
28. Obama, Barak, (2011) "Barack Obama and Joe Biden: *New Energy for America*", ver en: http://www.barackobama.com/pdf/factsheet_energy_speech_080308.pdf
29. E. Cross, Oil industry presses Obama on regulation, *The Financial Times*, 03 09 (2012), recuperado en: <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/a10000b8-f50e-11e1-b120-00144feabdc0.html#axzz25PC78lcs>
30. Doran, Peter. 2009 "Collective Energy Security: A New Approach for Europe", *Journal Of energy Security*, Febrero 19 2009 consultado en: HTTP://WWW.ENSEC.ORG/INDEX.PHP?OPTION=COM_CONTENT&VIEW=SECTION&LAYOUT=BLOG&ID=20&ITEMID=341
31. J. E. Navarrete, *Seguridad energética, ¿para quién?* La Jornada, 28 de mayo, (2008).
32. Elías Ayub, Alfredo (2007), *Seguridad energética e industria eléctrica en México*, en *Foreign Affairs en español*, Vol. 7, no. 3, ITAM.
33. SENER (Secretaría de Energía) (2010), *Balance Nacional de Energía 2009*, México. <http://www.sener.gob.mx/res/1791/Balance_Nacional_2009.pdf>: Estrategia Nacional Para La Transición Energética Y El (Aprovechamiento Sustentable De La Energía 2011 cretarial).
34. Lagi, M. Bar-Yam, Y. Bertrand Karla y Bar-Yam Y, 2011, *The Food Crisis: A quantitative Model of Food Prices Including Expecaltors and Ethanol Conversion*, New England Complex System Institute Working paper recuperado el 29 de 1 2012 en: <http://www.necsi.edu/>
35. Ghosh J. Heintz, J. y Pollin, R. 2011, *Speculation on Commodities Future Markets and Destabilizarion of Global Food Prices: Exploring Connections*, Poliitcal Economy Research Institue, Working Papers Series, WP No. 269, Octubre 2011,
36. ActionAid, 2012, "Biofueling Hunger. How USA Corn-Ethanol Policy Drives Up Food Prices in Mexico". ActionAid, International USA Report, Mayo 2012, recuperado el 2 de agosto del 2012 en: <http://www.actionaid.org/publications/biofueling-hunger-how-us-corn-ethanol-policy-drives-food-prices-mexico>
37. European Union (2010) *Impacts of the EU Biofuel Target on Agricultural Markets and Land Use. Land Use A Comparative Modelling Assessment*.
38. OCDE, (2008), *Biofuel Support Policies: An Economic Assessment*, consultdo en: http://www.oecd.org/document/30/0,3746,en_2649_37401_41211998_1_1_1_37401,00.html el 10 de septiembre del 2011.
39. Pimentel D. y T.W. Patzek. 2005. *Ethanol Production Using Corn, Switchgrass and Wood Biocombustibles Production Production Using Soyabean and Sunflower*. *Natural Resources Res.* 14: 65-76 recuperado en "v".