

# Las políticas públicas y el futuro de la energía en México

JUAN MANUEL VIEYRA CALDERÓN\*

**RESUMEN:** Un muy breve recuento de la evolución en el empleo de los recursos energéticos hasta llegar a la actualidad, que necesariamente incluye el debate relativo al calentamiento global de la tierra y su cambio climático, permite vislumbrar la necesidad de un cambio de la forma de producir energía en el mundo, que promoverá un estilo de vida con menos contaminación, más sano y amigable con la naturaleza, incluido el ser humano. Es en 1869 cuando se inicia en México la etapa industrial del petróleo. La relevancia de este periodo consiste en el desarrollo de mercados de explotación de materias primas, principalmente a los Estados Unidos de Norteamérica. El despegue de esta industria se basó en la inversión extranjera norteamericana e inglesa. La última etapa económica, se caracteriza por el apoyo de instituciones como el FMI y el BM a los gobiernos de la república mexicana, con base en acuerdos que condujeron a abrir al neoliberalismo la economía nacional, como resultado de las diferentes renegociaciones de la deuda externa y su estructuración. En esta etapa se juega la próxima declinación de las reservas petroleras en el mundo y, particularmente, las de México, a partir de la segunda década del siglo XXI. Por lo anterior, es necesario plantear políticas públicas (de desarrollo, presupuestarias, educativas, normalización, fomento industrial y tecnológico) que no soslayen el desarrollo del sector energético en nuestro país y el de nuevos recursos, como el hidrógeno. Recurso que actualmente se encuentra en desarrollo en el mundo, por lo cual, es necesario promover la investigación y la implantación de políticas públicas que permitan incidir en el ámbito económico y social estimulando su uso como oportunidad de una mejor calidad de vida para la sociedad.

*El desarrollo de una nación se basa en la energía de su gente y el futuro se debe mirar a través de la energía de sus políticas públicas, el petróleo es precedero.*

## Preámbulo

En el marco de una política energética favorable en México al desarrollo económico y social, incluido el ambiental, es necesario recordar que “los deseos y demandas políticas también dependen de las valoraciones de cada ciudadano, de cada decisor de políticas públicas y de lo que otras personas quieran de las políticas públicas. ... Un sistema de elaboración de políticas públicas tiene por sí mismo un gran efecto en las aspiraciones, opiniones y actitudes a las que las políticas responden. Estas no funcionan como una máquina en la que la gente introduce sus deseos o necesidades y de la que salen los resultados para satisfacerlas”.<sup>1</sup>

\* Economista egresado IPN, con estudios de maestría en administración pública en el INAP. Laboró en el sector público, entre otras entidades, en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y en la Secretaría de Energía. Actualmente se dedica a investigar en la academia.

<sup>1</sup> Charles E. Lindblom, *El proceso de elaboración de políticas públicas*, Ministerio de las Administraciones Públicas, Editorial Porrúa, Madrid, 1991, pp. 145-146.

Lo anterior permite reflexionar sobre el desarrollo de la política energética del país, en consideración del ambiente, la oferta de energéticos y su administración racional como son en particular los hidrocarburos y otros recursos energéticos como es el uso de la energía solar, del viento, hidráulica, y nuclear, entre otras. La sociedad debe ser la promotora del cambio y promover el establecimiento y desarrollo de nuevos campos de energía, como el hidrógeno, como fuente limpia y reciclable.

Es necesario poner el tema en la mesa del debate con el propósito de favorecer el establecimiento de una nueva política energética que promueva firmemente el estudio, investigación y desarrollo de este nicho de oportunidad que es el hidrógeno, a partir de las instituciones existentes en el país como la Secretaría de Energía o, en materia de estudio, las diferentes universidades, públicas y privadas y, en materia de investigación, diferentes institutos (como el Instituto de Investigaciones Eléctricas, el Instituto Mexicano del Petróleo y el Nacional de Investigaciones Nucleares, el Programa Universitario de Energía, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, el Fideicomiso para el Desarrollo de la Energía, entre otros). El objetivo de una política así tendría que ser coadyuvar a una mejor calidad de vida de nuestras generaciones futuras y crear un ambiente limpio.

Hoy en día, se encuentra en el centro de la globalización económica la competencia de los Estados, las empresas transnacionales y la sociedad por los diferentes recursos energéticos disponibles en el mercado. Así, la evolución de la sociedad ha estado marcada por el empleo de los diferentes recursos energéticos existentes en la naturaleza, que en cada periodo jugaron y juegan un importante papel para el desarrollo político, económico y social de sus pueblos.

En el principio las sociedades se apoyaron en un recurso primario, el empleo de la madera, para atender sus necesidades de energía y calor; después de un largo tiempo se usó para esos mismos fines el carbón, no obstante que su empleo causaba una mayor contaminación en el ambiente, utilizándolo para la generación de vapor y energía eléctrica; para la segunda mitad del siglo diecinueve entra el petróleo a escena, en 1859 cuando se opera el primer pozo petrolero.

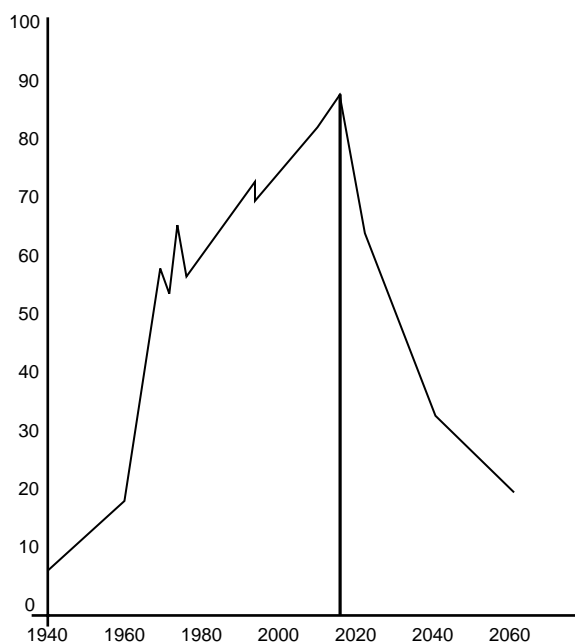
Es el Coronel Edwin Drake quien perfora y hace producir el primer pozo petrolero en Titusville, en el estado de Pennsylvania de los Estados Unidos de Norteamérica (USA). Para 1896, el padre de la administración pragmática, Henry Ford presenta el primer automóvil que empleaba un

derivado del petróleo para desarrollar su capacidad de movimiento, lo que le dió fama y fortuna.

En esa época se plantea el reforzamiento de la revolución industrial y la fiebre por el petróleo se desato en el mundo, siendo uno de los principales beneficiarios John D. Rockefeller, quien fundó la Standard Oil Trust en los USA, compañía con la cual controló el sector y generó su inmensa fortuna.

De acuerdo con los estudiosos del sector energético, en la segunda década del Siglo XXI, la producción mundial promedio de petróleo convencional iniciará el descenso de la curva (ver siguiente gráfica en millones de barriles diarios: Tendencia de la Producción Mundial de Petróleo –Clímax Estimado–). Las señales son fehacientes a partir de los estudios que señalan que por lo menos los recursos baratos están próximos a su agotamiento, Mathew Show<sup>2</sup>, experto en el tema, dice que la exploración y explotación de los recursos petroleros en los profundos lechos marinos actualmente tiene un costo estimado de más de 300 millones de pesos mensuales.

**Tendencia de la producción mundial del petróleo**



Fuente: Elaboración propia, con información en millones de barriles diarios de D. Westwood, Ltd. y de D. Shields.

Lo anterior, confirma el señalamiento vertido en junio de 2003 por David Shields, cuando expone que "... la producción mundial de petrolíferos, que hoy es de de 76 millones de barriles diarios, aumentará alrededor de 10 millo-

<sup>2</sup> Analista en Jefe de Wood Mackenzie para América Latina, 2005.

nes de barriles diarios más, antes de que esa tendencia de crecimiento se revierta y los volúmenes producidos empiecen a declinar año con año”.<sup>3</sup>

Un muy breve recuento de la evolución en el empleo de los recursos energéticos hasta llegar a la actualidad, además del debate relativo al calentamiento global de la tierra y su cambio climático, permite vislumbrar la necesidad de un cambio de la forma de producir energía en el mundo, lo que promoverá un estilo de vida con menos contaminación, más sano y amigable con la naturaleza.

Podemos resumir, entonces, que los problemas primordiales que enfrenta México en la actualidad para seguir desarrollando su sector energético son su costo económico, en particular para la exploración y producción de petróleo, y la escasez de recursos pecuniarios, así como la necesidad de un ambiente más limpio que asegure un desarrollo sano y adecuado de la sociedad.

En este documento, como se verá más adelante, se plantea un punto muy importante para el futuro social, económico y político de México. La integración económica al proceso productivo de la generación de energía a partir del hidrógeno, viable por el desarrollo tecnológico y del conocimiento para su obtención, almacenamiento, distribución y empleo, lo cual próximamente será una realidad.

Este trabajo integra tres capítulos en los que se describe muy brevemente, primero, la evolución de la industria petrolera en México, su desarrollo y explotación a partir de la más reciente plataforma de producción desarrollada por Petróleos Mexicanos, segundo, el estado del arte en el desarrollo del hidrógeno y sus alcances, y, tercero, una descripción somera de las tareas a realizar, a partir de la implementación de políticas públicas para el estudio y, en su caso, desarrollo de las diferentes tecnologías existentes para la producción de hidrógeno y su posible empleo en la industria eléctrica, manufacturera, del transporte y los servicios, entre otras opciones.

## I. El petróleo en México, hoy

Es en 1869 cuando se inicia en México la etapa industrial del petróleo, no obstante que ya era conocido antes de la llegada de los españoles. La relevancia de este periodo consiste en el desarrollo de mercados de exportación de materias primas, principalmente a los Estados Unidos de Norteamérica. El despegue de esta industria se basó en la inversión extranjera norteamericana e inglesa, observando la evolución del régimen de propiedad de los productos del subsuelo al pasar, en 1884, a ser propiedad privada, ya que anteriormente era propiedad del Estado Mexicano.

Porfirio Díaz favorece la consolidación de esas empresas al darles facilidades para la explotación del petróleo. Era suficiente denunciar el lugar donde existía o se creía

que existía para otorgarles los predios a esas compañías, no importando si sus verdaderos dueños no querían vender; así, el gobierno permitía a esas empresas:

- Terrenos nacionales
- Exención de impuestos
- Un régimen laboral semiesclavo
- Despojos a conacionales
- Abusos
- Explotación irracional de pozos petroleros

Como consecuencia de la Revolución Mexicana, se promulga la Constitución de 1917, que señala en su artículo 27 párrafo IV la restitución de la propiedad de la Nación de los productos del subsuelo, entre ellos los hidrocarburos, etapa que se desarrolla y perdura objetivamente hasta 1982 cuando el modelo económico de industrialización sustitutiva de importaciones concluye.

Este periodo se caracteriza en su primera parte, que llega hasta 1938, por la nacionalización de la industria petrolera, por el cobro de impuestos y el enfrentamiento con las empresas extranjeras que la controlaban. Muestra de lo anterior es que, en ese periodo, México llegó a ser uno de los mayores productores de petróleo en el mundo: para 1919, ocupaba el segundo lugar con un monto de producción de 87,073 miles de barriles anuales, por debajo de USA y por arriba de Rusia, Indonesia Holandesa, y Persia, entre otros países.<sup>4</sup>

En la segunda etapa, la industria pasa a manos de la Nación, a cargo de Petróleos Mexicanos (PEMEX). Los diferentes gobiernos de la república que tuvieron en sus manos la industria adoptaron un modelo de desarrollo con base en el endeudamiento creciente de esa empresa. Los presidentes de México, Luis Echeverría Álvarez y José López Portillo, al considerar los efectos de la crisis de los sesenta, invierten en refinación y petroquímica, pasando por la exportación de petróleo, como materia prima, acorde con los planteamientos de la Agencia Internacional de Energía (AIE), a la cual en esos años le interesa quebrantar el dominio de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) al inundar el mercado de crudo para bajar los precios de ese energético.

Lamentablemente, para México, esa estrategia no dio resultado y el modelo de industrialización sustitutiva de importaciones quiebra en 1982, con el famoso “problema de caja” a causa de una deuda externa que superaba los 84 mil millones de dólares, problema que se agrava en ese

<sup>3</sup> David, Shields, “Pemex, un futuro incierto”, *Temas de Hoy*, Editorial Planeta Mexicana, S.A. México, 2003, p. 20.

<sup>4</sup> Jonathan C, Brown, “Petróleo y revolución en México”, Siglo Veintiuno Editores, México, 1998, pp. 136-139.

momento con el “debilitamiento del precio del petróleo, los altos tipos de interés, un peso hipervalorado, los gastos incontrolables del gobierno (federal mexicano) y la contracción de los mercados para las exportaciones mexicanas, con excepción del petróleo, debido a la recesión en Estados Unidos”<sup>5</sup>

La siguiente etapa que se extiende hasta nuestros días, se caracteriza por recibir los gobiernos de la república el apoyo internacional de los gobiernos de países desarrollados, de instituciones internacionales como el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial, con base en acuerdos de abrir al neoliberalismo la economía nacional, y su privatización, como resultado de las diferentes renegociaciones de la deuda externa, su reestructuración y la contratación de nuevos créditos avalados ante diversos acreedores internacionales.

Resultado de lo anterior se observa una evolución de la industria petrolera de México orientada a la explotación irreflexiva, sin una prospectiva de industrialización y generación de empleos que permitan el desarrollo del país y de su pueblo, como lo demuestran los siguientes aspectos de la política económica nacional implantada desde la década de los ochenta hasta hoy, como lo señala Sarahí Ángeles Cornejo<sup>6</sup>:

1. Proceso encubierto de privatización progresiva de Pemex.
2. Respaldo de la factura petrolera para negociaciones financieras.
3. Excesiva tasa de impuestos, para el gasto federal, propiciando la descapitalización de Pemex.
4. Desindustrialización de Pemex, que se refleja en la Creciente importación de productos petrolíferos.
5. Creación de nuevas entidades proclives a la liberación del subsector petrolero.
6. Nueva regulación que permite el proceso operativo de Pemex, a beneficio del modelo trasnacional de explotación petrolera.

Ejemplo fehaciente de lo anterior es la operación de los Contratos de Servicios Múltiples que puso en marcha la actual administración de PEMEX, y el posible lanzamiento de otro nuevo instrumento, los “Contratos de alianza”, con el propósito de respaldar la posible explotación de yacimientos de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México.

En cuanto al empleo de la venta a futuro de recursos petroleros al gobierno de los USA, un ejemplo claro lo tenemos con las negociaciones que entablaron los gobiernos de México y de ese país en agosto de 1982 y los convenios más recientes que se efectuaron con motivo del “error de diciembre”, cuando el gobierno de los USA convino con el de México en recibir la factura petrolera como respaldo de los recursos puestos a disposición del gobierno federal mexicano para evitar el colapso económico nacional.

Otro problema que ha enfrentado Petróleos Mexicanos es la fuerte carga impositiva que año con año debilita sus finanzas y descapitaliza a esa empresa, como diversos analistas lo han señalado, constantemente. Israel Rodríguez<sup>7</sup> manifiesta que al ser Pemex “la novena empresa petrolera en el mundo, aportó en 2004 al erario público 42 mil millones de dólares, unos 473 mil millones de pesos, por concepto de impuestos, derechos y aprovechamientos, cifra 18 por ciento superior a la entregada a la Secretaría de Hacienda en 2003”, representando el monto de los impuestos pagados por esa entidad casi el 61 por ciento de sus ventas totales.

Asimismo, la puesta fuera de operación de diversas plantas administradas por Pemex–Petroquímica y la falta de inversión de Pemex–Refinación confirman la política de desindustrialización de esta paraestatal, ya que, se prefiere implementar una política de extracción y venta de hidrocarburos sin procesar y después importar los productos con un alto costo para la economía nacional. Como lo señaló Juan Ramón Jiménez, Director de Petropolitica en Dallas, Texas: “...México... vende cada barril de petróleo en 25 ó 26 dólares, pero compra (en el exterior) cada barril de productos derivados en 6 mil dólares”.<sup>8</sup>

Con este diagnóstico del destino de la industria petrolera en México, independientemente de los colores de sus gobiernos, al considerar las recientes opiniones de que la era del petróleo barato llegó a su fin y que los yacimientos petroleros y los nuevos, cada vez más escasos, a partir de la segunda mitad de la segunda década del Siglo XXI, comenzarán a declinar su productividad en el mundo, cabe hacer una pregunta: ¿qué se está haciendo en materia de hidrógeno como fuente de energía?

El panorama descrito se puede contrastar con las opiniones de los especialistas en la materia, Glenn R. Morton (ver siguiente gráfica, 2005-2016) y Mathew Shaw. El primero manifestó que de 3.8 millones de barriles diarios de petróleo que se extraen en México actualmente, para 2016 la producción, en el mejor de los casos, declinará hasta 2.1 millones, siempre y cuando, a partir de 2007, se comience a invertir en aguas profundas del Golfo de México (GM). De lo contrario el nivel de extracción únicamente llegará a 1.3 millones de barriles, en el año 2016.

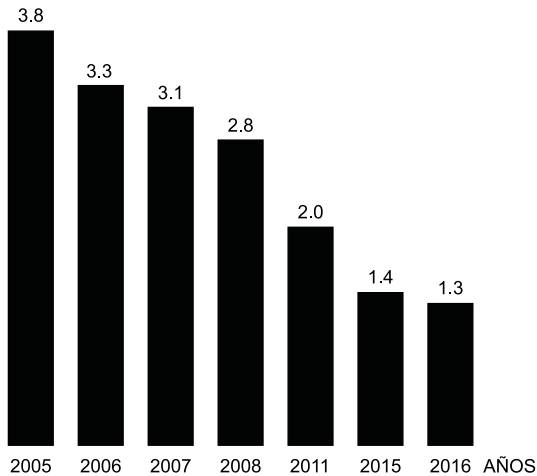
<sup>5</sup> Daniel, Yergin, *La Historia del Petróleo*, Javier Vergara Editores, Buenos Aires, Argentina, 1992, pp. 972-976.

<sup>6</sup> Sarahí, Ángeles Cornejo, *La intervención del Estado en la industria petrolera*, UNAM, IIE y Porrúa, México, 2001.

<sup>7</sup> Israel, Rodríguez, “Se elevó 18% aportación de PEMEX al fisco”, *La Jornada*, 27 de febrero de 2005, p. 1.

<sup>8</sup> Carmen, Álvarez, “¿Hacia un nuevo choque petrolero?”, *Energía Hoy*, México, febrero 2005, p. 52.

**Producción de crudo mexicano, 2005 - 2016**  
(millones de barriles diarios)



Fuente: Elaboración propia con datos estimados de producción de Glenn R. Morton, sin inversión en aguas profundas del GM.

El segundo analista, Mathew Shaw, es contundente en su reflexión, al señalar que el actual Director General de Petróleos Mexicanos, Luis Ramírez Corzo, manifestó que de conformidad con las evidencias, a partir de 2006, el mayor campo petrolero de México, Cantarell, comenzará a declinar a un ritmo de 14% anual. Declaración que puso “en estado de alerta a Pemex, pero no al resto de los mexicanos que no alcanzan a ver la magnitud del desafío que viene”. Advirtió que actualmente los costos son muy elevados en la exploración de petróleo, redondeando la declaración al señalar que “para perforar un pozo en aguas profundas se requieren de 20 ó 30 millones de dólares en un mes, cuando lo hacen las mejores compañías”.<sup>9</sup>

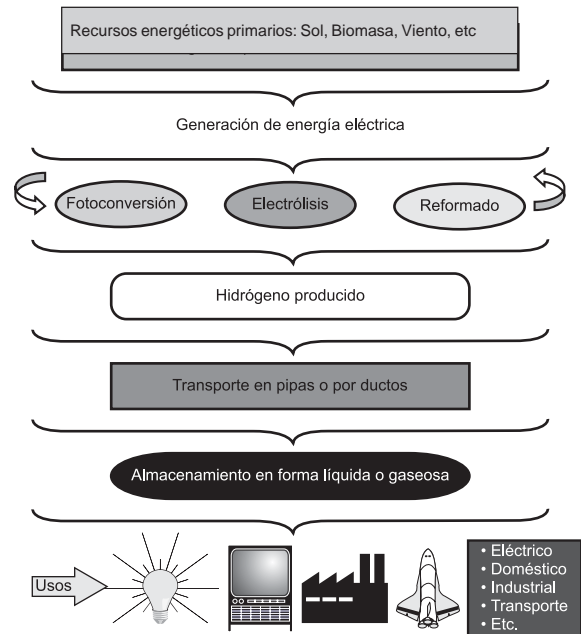
Por lo anterior, es necesario plantear políticas públicas que no soslayen el desarrollo del sector energético en México y el de nuevos recursos como es el del hidrógeno. Recurso que actualmente se encuentra en desarrollo en el mundo, como es el caso del proyecto “Euro-Québec Hydrogen”<sup>10</sup> que apoya el gobierno de Québec, en Canadá, y que tiene más de diez años de desarrollo, junto con tres universidades y más de una decena de empresas privadas interesadas en la investigación y el desarrollo del recurso con base en un fondo gubernamental.

## II. El hidrógeno hoy

El hidrógeno, es un producto químico no metálico, etimológicamente procede del francés Hydrogène, del griego hydor (agua) y de gennasin (generar). Henry Cavendish lo descubre como un elemento químico en 1776, y, más tarde, Antoine Lavoisier le dará el nombre con el que hoy lo conocemos. Este elemento tiene un papel funda-

mental en el universo: mediante la fusión estelar (es decir, mediante la combinación de átomos de hidrógeno del que resulta uno de helio) genera grandes cantidades de energía.

### Sistema de energía a partir de la obtención del hidrógeno



En la industria el hidrógeno se asocia a la obtención de amoníaco, para la hidrogenación de grasas, aceites y la obtención de metanol, para la producción de ácido clorhídrico, como combustible para cohetes y reducción de minerales metálicos. El hidrógeno líquido se usa en aplicaciones criogénicas, incluyendo la investigación de la superconductividad; también como fuente de radiación en pinturas luminosas, como marcador en las ciencias biológicas y para motores de combustión interna. Se espera que las pilas de combustible en desarrollo ofrezcan una alternativa limpia y económica para los motores de combustión interna.

Otras fuentes son los compuestos orgánicos, los combustibles fósiles y el gas natural. El metano, producto de la descomposición orgánica, destaca como fuente de hidrógeno. El método para la obtención de hidrógeno puede ser la electrólisis del agua; reformado de hidrocarburos con vapor de agua; asimismo, se experimenta la fotólisis del agua para la obtención de ese elemento no metálico.

<sup>9</sup> Carmen, Álvarez, México, “México, un crudo despertar”, *Energía Hoy*, México, febrero 2005, p. 42.

<sup>10</sup> Diane, Barry, “Hydrogen a path for the future”, *Communications Department of the Ministère des Ressources Naturelles*, Quebec, 2000.

El hidrógeno se considera un combustible limpio, el cual puede obtenerse de varias fuentes, reduciendo los costos ambientales de los sistemas de energía, además de los sociales, ya que en áreas urbanas, a causa de la contaminación atmosférica, los costos de preservar el ambiente y la salud de la comunidad son muy elevados. A largo plazo, el hidrógeno se considera una fuente potencial de energía viable, al comparar sus costos con los actuales de los hidrocarburos y con los futuros costos de explotación de los yacimientos profundos de hidrocarburos.

El hidrógeno se puede emplear para la producción de energía eléctrica y obtenerse a partir de fuentes como el gas natural, el carbón, la biomasa, el agua, aguas negras, residuos sólidos y desechos de petróleo. La molécula de hidrógeno es la más ligera, la más pequeña y está entre las moléculas más simples, además, de estable. El hidrógeno en caso de accidente, se dispersa rápidamente; también permite la combustión a altas relaciones de compresión y a altas eficiencias en máquinas de combustión interna; al combinarse con el oxígeno en celdas electroquímicas de combustible produce electricidad rebasando los límites de eficiencia.

Las posibles desventajas del hidrógeno, conforme avanzan las investigaciones, se van superando, ya que, tiene una temperatura de licuefacción extremadamente baja. Otras desventajas relativas para la obtención del hidrógeno líquido son el requerimiento de un proceso altamente consumidor de energía, su transporte por ductos es menos eficiente que para otros gases, los contenedores para su almacenaje son grandes y el almacenamiento de hidrógeno a bordo de vehículos todavía representa un problema que se resuelve paulatinamente. El hidrógeno no es tóxico y no es contaminante, pero es difícil de detectar sin sensores porque es incoloro, inodoro y su flama en el aire es casi invisible.

El sector transporte es el más idóneo para la introducción de la energía con base en el hidrógeno, comparativamente la relación *transporte/uso-domestico* es favorable para el primero, 8 a 1, en una familia de clase media. Asimismo, la eficiencia de los automóviles modernos es de alrededor del 13% durante el ciclo de manejo urbano, en tanto que los vehículos a hidrógeno, ya sean híbrido-eléctricos o de celdas de combustible, podrán alcanzar eficiencias que van del 35 al 45%. Los vehículos impulsados por hidrógeno también pueden cumplir con la demanda creciente de bajar las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Un avance importante en este ámbito, es el desarrollo en España de un catalizador con molibdeno que permite

separar del agua el hidrógeno, a un costo mínimo y sin otra fuente de energía, es una forma de obtener hidrogeno y generar energía sin contaminantes. El mérito se encuentra en la confección de un compuesto de molibdeno, cuyo contenido es la clave del experimento y su costo muy bajo. A diferencia de otras energías alternativas como la eólica o la solar, este proceso de obtención de hidrógeno se puede realizar en cualquier circunstancia ambiental, por adversa que sea, mientras que para almacenar energía solar o eólica es necesaria la presencia de sol o viento.

Al ser el hidrógeno uno de los elementos que forman el agua, se presenta como una fuente de energía inagotable, localizable en todo el planeta, de modo que no provocaría crisis económicas como las del petróleo. Además sus características ecológicas son favorables al ambiente. Sin embargo, siguen existiendo las inercias que tienden a perpetuar el uso de combustibles fósiles; para romper esas inercias se requiere de avances tecnológicos fehacientes y un cambio de mentalidad.<sup>11</sup>

Así, la necesidad de buscar una alternativa a los carburantes derivados de productos fósiles, gasolina o gasóleo, será inevitable cuando el oro negro empiece a escasear, antes de agotarse, algo que ocurrirá hacia el año 2040, según estimaciones de la compañía petrolera Shell. El hidrógeno es un elemento químico similar a la electricidad y es el único combustible verdaderamente limpio. Como la electricidad, el hidrógeno se genera o produce mediante el consumo de otros combustibles.

Como la electricidad, el hidrógeno posee una amplia gama de aplicaciones. Lo negativo reside en el hecho de que para su generación, actualmente, se requiere el doble de energía que la que necesitan el carbón, la nuclear o los paneles solares. Su almacenamiento es complicado y para su transporte hay que licuarlo, con lo que se consume el 12% de la energía que puede proporcionar; sin embargo, la tecnología para su obtención a menores costos avanza día con día, sin detenerse.

Otra vertiente de este recurso es el lanzamiento del hidrógeno como paradigma del combustible para el transporte, el cual no se salvará de la polémica inherente a la generación de electricidad. Así, el debate eléctrico es primordial y se tiene que definir primero el modo de generar electricidad que después se empleará para extraer el hidrógeno del agua mediante la electrólisis o algún otro método.

Dos posibles propuestas son, primero, la de utilizar conjuntamente la energía eólica y la fotovoltaica de los paneles solares para producir la electrólisis del agua y liberar el hidrógeno, requiriéndose, necesariamente, revisar la eficiencia energética de estos métodos. La segunda opción es generar electricidad mediante métodos nucleares para producir hidrógeno, como lo señala Hans Blix,<sup>12</sup> alto representante de la ONU, además de consensar su aceptación social, por los riesgos que conlleva esa energía.

<sup>11</sup> Antonio, Cervilla, Profesor del Instituto de Ciencias de los Materiales de la Universidad de Valencia, España, 2003. <http://www.tierramerica.net/2003/0505/conectate.shtml>

<sup>12</sup> Entrevista a Hans Blix en la revista *El Mundo del Petróleo*, Año 2, Tomo 8, Febrero-Marzo 2005, pp. 46-47.

Si el empleo del hidrógeno como sustituto de los combustibles fósiles se da con éxito, su repercusión en el modelo económico, político y social afectará positivamente a otros campos, como la industria química, la industria manufacturera, el sector servicios y el transporte en varias de sus modalidades.<sup>13</sup>

Actualmente observamos que la lucha por controlar el petróleo continúa, no obstante que los expertos señalan que en el mundo queda petróleo barato y disponible solo para unos cuarenta años máximo. “Ahora, sin embargo, algunos de los geólogos petrolíferos más importantes del mundo insinúan que la producción mundial de petróleo podría alcanzar su techo y comenzar un drástico descenso mucho antes, a finales de esta década, poniendo por las nubes el precio del crudo”.<sup>14</sup>

Ahora que la etapa de los combustibles fósiles comienza a declinar, en particular los hidrocarburos, inicia la nueva era de un combustible eterno como puede ser el hidrógeno, que tiene el potencial de transformar radicalmente la civilización. Su principal característica es su abundancia en el universo y al quemarse no produce contaminantes como es el CO<sub>2</sub>; causante del cambio climático e incremento de la temperatura en el planeta, entre otros factores. Los únicos subproductos del proceso de obtención del hidrógeno son el calor y el agua pura. Así, el sistema económico, político y social necesariamente empezará a cambiar, al modificar la naturaleza de nuestros mercados, de la misma manera como ocurrió con el carbón y la energía de vapor al comienzo de la era industrial.

Hoy en día, aproximadamente el 50% del hidrógeno se obtiene del gas natural a través de un proceso, de conver-

sión con vapor, que genera CO<sub>2</sub>. Pero la producción mundial de gas natural tocará techo entre 2020 y 2030, generando otra crisis energética como la anterior, la del petróleo. Fuentes posibles similares para la obtención de hidrógeno son, además del petróleo, el carbón y la energía nuclear.

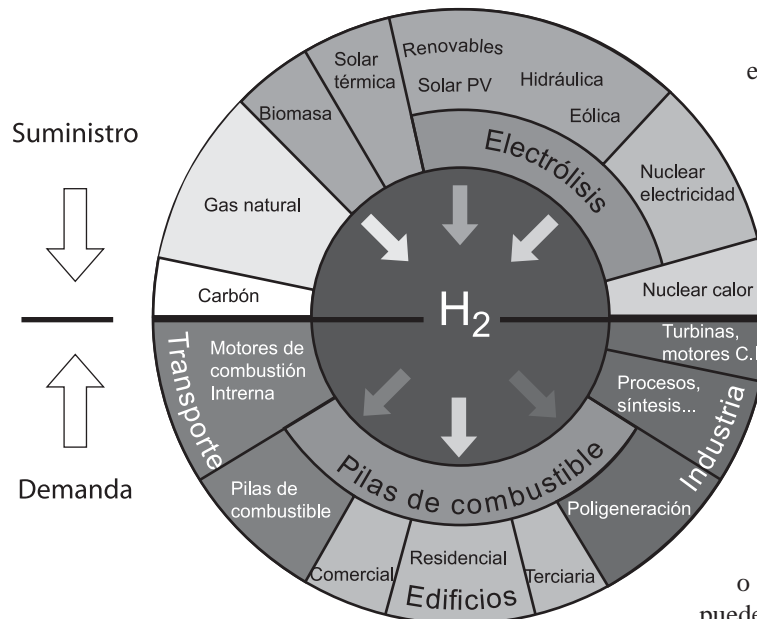
Diferentes a ellas, otras opciones son las fuentes renovables de energía, la eólica, fotovoltaica, hidráulica, geotérmica y biomasa para producir electricidad. La que se utilizaría en un proceso llamado electrólisis para separar el hidrógeno y el oxígeno del agua; luego, el hidrógeno puede almacenarse en una célula energética, en una pila electroquímica para generar electricidad que produzca ener-

gía, luz y calor, y utilizarse cuando se necesite (ver la gráfica lateral).

La pregunta en torno a sí no es ocioso producir electricidad dos veces, primero para conseguir electricidad para el proceso de electrólisis y luego otra vez para generar energía, calor y luz mediante una célula de combustible, Jeremy Rifkin responde señalando que la electricidad no se almacena, si el sol no brilla, o el viento no sopla, o el agua no fluye, no se puede generar electricidad y la actividad económica se detendría, por lo cual el hidrógeno es una forma equi-

valente de almacenar fuentes de energía para garantizar un abastecimiento permanente y continuo de ese fluido para la sociedad.

Fuentes de energía para producir hidrógeno y su empleo



Fuente: Comisión Europea, “Una visión para nuestro futuro. La energía del hidrógeno y las pilas de combustible”, Dirección General de Investigación, Bélgica, 2003.

<sup>13</sup> Revista Ambientum. Energía. Edición febrero 2003. [http://www.ambientum.com/revista/2003\\_01/HDRGNO.htm](http://www.ambientum.com/revista/2003_01/HDRGNO.htm)

<sup>14</sup> Jeremy Rifkin, *La economía del hidrógeno: la creación de la red energética mundial y la redistribución del poder en la Tierra*, Paidós, Editores, Barcelona, España, 2002.

El fondo de la cuestión es económico, la energía eólica, hidráulica y de biomasa ya tiene un costo competitivo y pueden utilizarse para generar electricidad mediante la electrólisis, no obstante, los costos de la energía fotovoltaica y geotérmica son elevados, debiendo bajar sus costos considerablemente para hacer competitivo el proceso para transformar el gas natural, mediante vapor de agua, en hidrógeno.

Reflejo en lo económico y ambiental, del avance de la ciencia en este campo, es la introducción de pilas comerciales, que utilizan el hidrógeno como combustible, para uso doméstico, comercial e industrial. Asimismo, los principales productores de automóviles en el mundo erogaron fuertes sumas de dólares en el desarrollo de coches, autobuses y camiones movidos por hidrógeno, y se espera que a muy corto plazo los primeros vehículos producidos en serie estén dando servicio.

A partir de la economía del hidrógeno se vislumbra la posible redistribución del poder, con sustantivas repercusiones para la sociedad. El conocido flujo centralizado de energía y controlado verticalmente por empresas petrolíferas y de servicios, se volverá inoperante. Se espera que en el futuro inmediato, la sociedad misma sea la productora y consumidora de su propia energía, proceso conocido como “generación distribuida”, la que se efectuará conectando las pilas de combustible a redes de energía de hidrógeno (HEW, por sus siglas en inglés) locales, regionales y nacionales, utilizando los mismos principios de diseño y tecnologías inteligentes que han hecho posible la Red Mundial (World Wide Web).

En este tenor, se vislumbra al automóvil como una central eléctrica con capacidad de desplazarse y generadora de 20 kilovatios. Considerando que en promedio, un automóvil permanece estacionado gran parte del día, se podrá conectar, mientras no se use, a la casa, a la oficina o a la principal red interactiva de electricidad, suministrando electricidad adicional a la red, la cual puede ser abastecida por el parque vehicular existente, prescindiendo paulatinamente de las centrales eléctricas, que hoy consumen productos fósiles y generan contaminantes.

Al transformarse la sociedad en productora de su energía, las centrales eléctricas existentes podrán convertirse en centrales eléctricas virtuales, las que fabricarán y comercializarán pilas de combustible, incluyendo servicios energéticos y coordinando el flujo de la energía por las actuales redes eléctricas. Así, el hidrógeno pondrá fin a las emisiones de CO<sub>2</sub> y el calentamiento global del ambiente, además de que todos los seres humanos podrán disponer de energía, convirtiéndose en el primer sistema energético verdaderamente equitativo.

El sistema de generación de energía con base en el hidrógeno beneficiará a la humanidad, ya que un tercio de ésta carece de alguna forma de energía comercial. Como la

población aumentará de 6.5 mil millones, en 2005, a 9 mil millones de habitantes, en los próximos 50 años, y la mayor parte del incremento poblacional tendrá lugar en los países emergentes, donde la pobreza es mayor e igual la falta de acceso a la energía, especialmente a la electricidad, el hidrógeno se convertirá cada vez más en un factor clave para superar esta situación.

En el extremo, el acceso a la energía se traduce en más oportunidades económicas. La electricidad facilita las tareas de supervivencia diarias, liberando tiempo de mano de obra. En los países pobres en recursos, el solo hecho de buscar suficiente leña o estiércol para calentar una casa o cocinar supone varias horas al día, en cambio la electricidad permite manejar el equipo agrícola, poner en funcionamiento pequeñas fábricas y talleres de artesanías e iluminar hogares, escuelas y empresas, con lo cual mejora la calidad de vida de toda la comunidad y se logran excedentes de tiempo.

Actualmente, el consumo unipersonal de energía en todo el mundo emergente es sólo de una quinceava parte del consumo individual en USA, y la media global *per cápita* para todos los países es sólo una quinta parte de ese nivel, por lo cual, se puede afirmar que la única forma de sacar a millones de personas de la pobreza es realizar el cambio a un sistema energético con base en el hidrógeno –utilizando fuentes renovables y tecnologías para producirlo– y crear redes energéticas de generación distribuida que puedan conectar a las comunidades de todo el mundo.

Así, se estima conveniente promover ante los gobiernos y las instituciones financieras mundiales diversos proyectos de esta índole para que proporcionen apoyo logístico y pecuniario para la instalación de una infraestructura energética del hidrógeno, con el propósito de producir pilas estacionarias de combustible, para cada barrio y aldea del mundo emergente, ya que es posible, en la era del hidrógeno, *imaginar* una infraestructura energética descentralizada, la cual podría respaldar la democratización y permitir a los individuos, a las comunidades y a los países reivindicar su derecho al desarrollo, al reparto verdaderamente equitativo de las riquezas de la tierra y a su independencia política y social.

### III. Desarrollo energético a mediano plazo

En el gobierno de la república, las políticas públicas observan un nuevo enfoque de decisión y gestión de los negocios públicos, son cada vez más atentas a la eficiencia y a la eficacia, y asumen un mayor peso de iniciativas y autonomías sociales en la delimitación y caracterización de los problemas, en el establecimiento de las líneas para su atención y en los modos de ponerlas en práctica y evaluarlas.



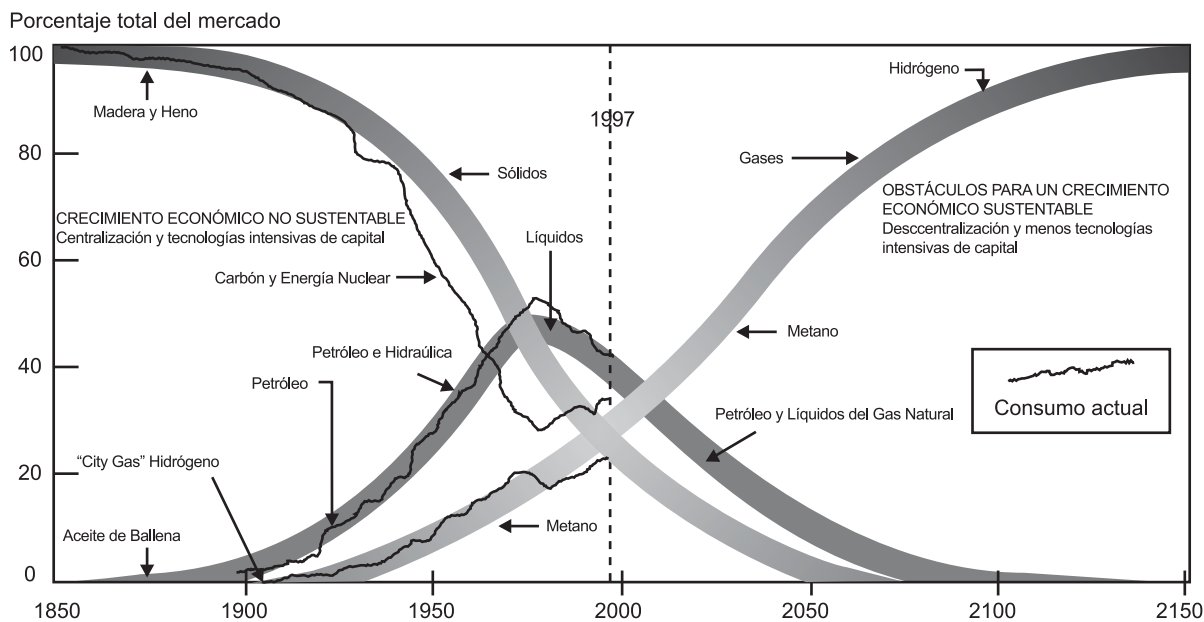
Apunta Carmen Pardo, que “en nuestro medio, la influencia de esa corriente (enfoque de políticas públicas) es aun reducida. Su consolidación y fortalecimiento dependerán de la evolución que tengan los nuevos esquemas del desarrollo político-administrativo; de un gobierno menos influyente y sofocador de iniciativas, pero más eficaz, y de una sociedad menos pasiva, más participativa y corresponsable en las decisiones que la afectan; se trata de situaciones que difícilmente se lograrán en el corto plazo. Es necesario, pues, hacer un esfuerzo por modificar los modelos de cultura político-administrativa de signo contrario.”<sup>15</sup>

Bajo este panorama, en el marco de los eventos sobre desarrollo que se efectuaron en la ciudad de Monterrey, en 2002, el Dr. Juan Ramón de la Fuente, Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), esbozó un panorama desolador en materia de Ciencia y Tecnología, al indicar que no avanzamos, ya que, se maneja el mismo número de proyectos de investigación que en 1995. Así, al comparar los presupuestos para investigación de México con los de otros países como los de Corea, Brasil, Costa Rica y Chile, se puede observar que el gasto es muy inferior; basta observar que mientras en países como España se invierten 116 dólares *per cápita*, en México únicamente se desembolsan 14.6 dólares por habitante.<sup>16</sup>

Como sociedad, nos encontramos en el momento de hacer un alto en el camino y revisar a conciencia, junto con las autoridades gubernamentales, el sector privado, el sector social y los representantes populares, nuestra política pública de energía y sus alcances e implicaciones, con el propósito de darle el enfoque adecuado de conformidad con los tiempos que hoy recorren el mundo. Al ser un bien social la energía, es menester desarrollar las políticas públicas que favorezcan su empleo a corto, mediano y largo plazo, fomentar el desarrollo tecnológico del sector y en particular el del hidrógeno, como una energía sustentable para el futuro energético de la sociedad, lo que permitirá al país una mayor certidumbre en su avance y desarrollo económico, político y social.

Retrospectivamente, se puede ver que el sector de la energía ha evolucionado considerablemente hasta nuestros días, al pasar del uso de la madera y transitar por el empleo del petróleo, gas natural, hidráulica, gas metano, energía nuclear, hasta encontrarse en el umbral del uso del hidrógeno, con el apoyo de la energía eólica, biomasa y solar, entre otras. Pese a los diversos obstáculos a los que se ha enfrentado el desarrollo del hidrógeno, cada vez es más apreciada su utilidad, como en el empleo de pilas de combustible que actualmente se encuentra en periodo de prueba.

### Transición global de los sistemas de energía, 1850 - 2150



Fuente: Ilustración de Robert Hefner de la GHK Company, adaptada de *The Industrial Physicist*, February, 2000.

<sup>15</sup> Ma. Del Carmen, Pardo, “La administración pública en México: Su desarrollo como disciplina”, en José Luis Méndez, compilador, *Lecturas básicas de administración y políticas públicas*, El Colegio de México, México, 2000, pp. 17-34.

<sup>16</sup> Sergio, Aguayo Quezada, *México en cifras. El almanaque mexicano*, Editorial Grijalbo, México, 2002, pp. 169-174.

La gráfica anterior, Transición global de los sistemas de energía, 1850-2150, ilustra perfectamente la evolución del uso de los diversos combustibles hasta nuestros días. Además, introduce una primera prospectiva de 50 años (tiempo muy corto, ya que equivale únicamente a dos generaciones, es decir, padres e hijos) que a partir de su término, año 2050 aproximadamente, es desbordada por una segunda prospectiva que formula la tendencia futura a intensificar el uso del hidrógeno como combustible destinado a prevalecer como de consumo único.

La necesidad de abundar en la investigación y desarrollo del hidrógeno lo confirman comentarios como los realizados por el miembro del Instituto de Investigaciones Eléctricas, Dr. Gerardo Arriaga Hurtado, en el marco del primer Taller Internacional Especializado en Hidrógeno, que se realizó en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), como parte de los festejos de su 38 aniversario, quien señaló que el principal aprovechamiento que puede tener el hidrógeno como combustible alternativo, cien por ciento limpio, es en el sector eléctrico, por lo cual el IIE trabaja en un programa de celdas de combustible, con el propósito de su desarrollo comercial.

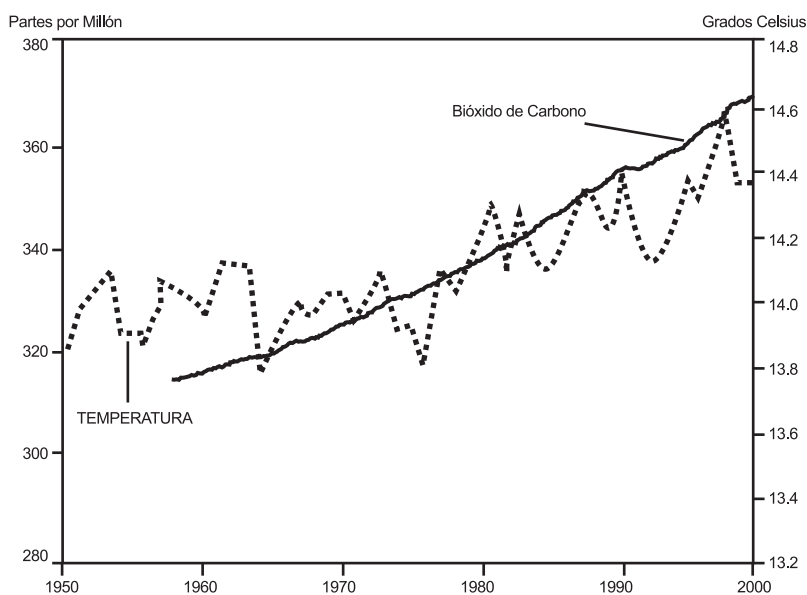
Precisó que el IIE cuenta con celdas de combustible con cerca de 800 watts pico, generadoras de mil litros de hidrógeno por hora. “Tenemos sistemas de almacena-

miento mediante tecnologías nuevas. Entonces tenemos una infraestructura con la que estamos empezando un desarrollo tecnológico de punta, y así podremos ser competitivos con otros centros de investigación internacional”.<sup>17</sup>

La necesidad de investigación y desarrollo del hidrógeno fue confirmada previamente por los doctores José Luis Gázquez Mateos y Rodolfo Quintero y Ramírez, del IMP, al reconocer que el hidrógeno “se prevé (como) una energía descentralizada porque pueden ser muchas las fuentes de donde obtenerlo, entonces, ya no será, como ahora, que la energía está centralizada alrededor del petróleo o alrededor del carbón,...”.<sup>18</sup> Informaron que el IMP ya implantó un programa relativo a este combustible.

Otro factor de relevancia que debe considerarse, con el propósito de coadyuvar a una mejor calidad de vida de nuestros conciudadanos, además de nuestra participación en el Protocolo de Kyoto, es el esfuerzo de disminuir paulatinamente la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero, entre otros contaminantes como elementos promotores del cambio climático y del incremento de la temperatura en el planeta, como se puede observar en la gráfica lateral difundida por la NASA.

**Concentración atmosférica de bióxido de carbono e índice global de temperatura ambiental, 1950 - 2000**



Fuente: Gráfica del Instituto J. Hansen, Goddard para estudios espaciales, “Índice global de temperatura terrestre y oceánica en .01 C” ([www.giss.nasa.gov/data/updata/gistemp](http://www.giss.nasa.gov/data/updata/gistemp)) revisada el 20 de enero de 2001.

Así, por países, en el año 2002, se identificó que en primer lugar se encuentra Estados Unidos de Norteamérica al emitir 19.9 toneladas al año de bióxido de carbono *per cápita*, cantidad equivalente a un total de 5.75 miles de millones de toneladas para ese año. Le siguen en orden descendente, China con 2.57 toneladas al año *per cápita* y 3.32 miles de millones de toneladas, Rusia con 10.57 y 1.52 respectivamente, seguidos de Japón, India, Alemania y Canadá, entre otros.

Actualmente México participa en el Protocolo de Kyoto y cumple con políticas que le permiten disminuir la emisión de gases invernadero, pese a no contar con compromisos

<sup>17</sup> NOTIMEX, “Pemex podría considerar al hidrógeno como combustible alterno”, cd. de México, 23 de agosto de 2003. <http://www.esmas.com/negocios/309416.html>

<sup>18</sup> Oscar Mario, Beteta, Entrevista con los doctores José L. Gázquez y Rodolfo Quintero, del IMP, en el noticiario *Fórmula Empresarial*, el 23 de mayo de 2003. [http://www.imp.mx/publicaciones/radio/gazquez\\_quintero.htm](http://www.imp.mx/publicaciones/radio/gazquez_quintero.htm)

específicos frente a ese acuerdo. En ese contexto, México en 2005 desarrollará el tercer Comunicado Nacional que contendrá información hasta 2003 de aspectos como inventario de emisiones, actividades de control y mitigación de emisiones y algo fundamental, contendrá las políticas públicas que se están utilizando para coadyuvar al control del cambio climático.<sup>19</sup> Sería oportuno promover, en ese ámbito, la investigación y el desarrollo de políticas públicas que impulsen una política que estimule el uso del hidrógeno como oportunidad de una mejor calidad de vida para la sociedad en México. Resalta que en este documento se propone, a reserva de su desarrollo específico, una serie de políticas a seguir:

- Marco de política que promueva el desarrollo paralelo del sector de la energía del hidrógeno.
- Asignación anual creciente de un presupuesto que favorezca el estudio, la investigación y desarrollo de tecnologías del hidrógeno.
  - Establecer un programa de formación y difusión permanente en el ámbito educativo nacional de 20 a 30 años de vigencia.
  - Políticas de desarrollo empresarial para el apoyo y fomento a esta industria mediante promociones fiscales, apoyos financieros a tasas preferenciales y programas de orientación en el uso del hidrógeno como combustible limpio.
  - Estrategias y programas de cooperación e investigación conjuntos e intercambios con centros internacionales y de otros países de vanguardia en el desarrollo de tecnologías y aplicación de sus desarrollos.
  - Creación de políticas de comunicación y difusión en el ámbito nacional que permitan la normalización de todas las políticas en esta materia.

---

<sup>19</sup> Jesús, Díaz, “Cambio climático, desafío del siglo” en la revista *Energía Hoy*, México, Febrero, 2005, pp. 62-65.