

# Las innovaciones tecnológicas orientadas al autoabastecimiento energético sostenible:

EL CASO DE MÉXICO<sup>1</sup>

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AIMED AT SUSTAINABLE ENERGY SELF-SUFFICIENCY: the case of Mexico

AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS QUE VISEM A AUTO-SUFICIÊNCIA ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL: o caso do México

**Jorge Antonio Mejía-Rodríguez**  
jormejamx@yahoo.com.mx

**David Carlos Ávila-Ramírez**  
david22\_2000@hotmail.com

**Fernando Córdoba-Canela**  
cordova\_fernando@hotmail.com

**Recibido:** 19 de mayo de 2014

**Aprobado:** 2 de octubre de 2015

<http://dx.doi.org/10.15446/bitacora.v26n1.43547>

## Resumen

Recientemente, además del enfoque de la política macroeconómica, la búsqueda de la seguridad energética urbana y regional se orienta al logro del autoabastecimiento energético por parte de organizaciones e instituciones privadas y públicas. En este sentido, ¿es posible alcanzar la autosuficiencia energética con alternativas sustentables? Si la seguridad energética se vulnera, o bien, si los costos de la factura eléctrica están socavando el óptimo funcionamiento de las empresas y las instituciones, ¿existen opciones que permitan optimizar la operación organizacional a nivel microempresarial? El propósito del presente trabajo es exponer los esfuerzos organizacionales a escala urbana y regional en México que están permitiendo las innovaciones tecnológicas en el *modus operandi*.

**Palabras clave:** seguridad energética, autonomía energética, proyectos de autoabastecimiento energético renovable, cogeneración energética.

## Abstract

Recently, in addition to the focus of macroeconomic policy, the pursuit of urban and regional energy security is aimed at achieving energy self-sufficiency by organizations and private and public institutions. In this sense, is it possible to achieve energy self-sufficiency with sustainable alternatives? In particular, if energy security is breached, or if the costs of the electricity bill are undermining the optimal functioning of enterprises and institutions, are there any technologically affordable options to optimize the organizational operation microenterprise level? The purpose of this work lies in referring organizational efforts that are enabling technological innovations in the *modus operandi*, an urban and regional scale in Mexico.

**Keywords:** energy security, energy independence, renewable energy self-supply projects, energy cogeneration.

## Resumo

Recentemente, além do foco da política macroeconômica, a busca da segurança energética urbano e regional visa alcançar auto-suficiência energética por organizações e instituições públicas e privadas. Neste sentido, é possível alcançar auto-suficiência energética com alternativas sustentáveis? Em particular, se a segurança energética é violado, ou se os custos da factura de electricidade estão a minar o funcionamento ideal das empresas e instituições, existem opções tecnologicamente acessíveis para otimizar o nível de microempresas funcionamento organizacional? O objetivo deste trabalho reside na referindo esforços organizativos que estão possibilitando inovações tecnológicas no *modus operandi*, uma escala urbana e regional no México.

**Palavras-chave:** segurança energética, a independência energética, projetos de auto-abastecimento de energia renováveis, cogeração de energia.

<sup>1</sup> Trabajo de investigación aplicada financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACY).

## Preámbulo

### Jorge Antonio Mejía-Rodríguez

Doctor en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad del Centro Universitario de Ciencias en Arte Arquitectura y Diseño (CUAAD) de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. Profesor-investigador titular C adscrito al Departamento de Economía del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA) y colaborador del Cuerpo Académico consolidado de Gestión y Tecnología para la Arquitectura y Urbanismo Sustentable UDG-CA-604 de la Universidad de Guadalajara. Desarrolla proyectos de investigación vinculados con la gestión energética regional y local, así como estudios sobre la transición energética hacia las ciudades sostenibles.

### David Carlos Ávila-Ramírez

Doctor en Arquitectura. Profesor titular A adscrito al Departamento de Técnicas y Construcción del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara. Integrante del Cuerpo Académico de Gestión y Tecnología para la Arquitectura y Urbanismo Sustentable UDG-CA-604 de la misma institución. Ha desarrollado proyectos de investigación vinculados con la gestión sustentable del agua en la ciudad, y de vivienda y comunidades sostenibles. Coordinador del Comité Técnico Académico de la Red de Vivienda y director regional sede Universidad de Guadalajara del Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables.

### Fernando Córdova-Canela

Arquitecto, magister en Diseño Bioclimático y Doctor en Arquitectura y Medio Ambiente (*cum laude*) de la Universidad Politécnica de Cataluña. Adscrito al Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara. Responsable técnico del proyecto *Desarrollo de criterios e indicadores sustentables hacia la certificación de las edificaciones turísticas en la costa de Jalisco, como oportunidad de mitigación del cambio climático*, con reconocimientos del Colegio de Arquitectos del Estado de Jalisco, la Universidad de Guadalajara y la Academia Mexicana de Arquitectura.

El patrón agro-industrial-urbano que sustenta al modelo vigente de desarrollo capitalista, globalizador e imperante en el mundo contemporáneo, caracterizado, entre otros aspectos, por el círculo vicioso de consumir, desechar, degradar y agotar los recursos naturales del planeta, nos ha traído como consecuencia, en este preludio del siglo XXI, el recrudecimiento de los efectos del cambio climático sobre los territorios y su población. Cada vez son más frecuentes, drásticos, devastadores e incontenibles los incendios, las sequías, la desertificación de grandes extensiones de tierra, las inundaciones, las olas de calor, entre muchos otros fenómenos vinculados con el calentamiento global que han llevado a una incesante disputa social por los recursos hídricos.

Por lo tanto, como sociedad irracional, ¡llevamos la penitencia en el pecado! Nuestro proceder absurdo como civilización avasalladora de los recursos naturales nos ha orientado al aparente y fatal desenlace: o cambiamos nuestra forma de conducirnos con el medio ambiente o desapareceremos como especie de la faz de la tierra.

Ante las fallas en la década de 2000 en el suministro energético en algunos países desarrollados y en desarrollo, estos últimos se han tenido que enfrentar a dificultades crecientes para garantizar un abastecimiento energético que les permita potenciar su base productiva y, al mismo tiempo, ha obligado a los planificadores de los territorios urbano-regionales a contemplar el factor energético para depender menos de las infraestructuras de hidrocarburos disponibles a escala nacional (si es que existen). En ese sentido, el panorama tiende a complicarse aún más puesto que, en lugar de que la planificación regional contemple la construcción de infraestructuras energéticas para fortalecer dicha base productiva, ocurre que, al vulnerarse el abastecimiento energético regional, este termina estrangulándose dada su dependencia casi total de los suministros nacionales.

En este sentido, el propósito del presente trabajo reside en referir aquellas innovaciones tecnológicas que están permitiendo esos cambios incipientes en el *modus operandi* de organizaciones públicas y privadas a escala urbana y regional en México. El texto se divide en cinco partes, en el preámbulo se presenta el panorama general del estudio. En la segunda parte se revisa el enfoque de los retos del trilema de la sostenibilidad energética regional. En la tercera, se destaca el enfoque evolucionista del cambio tecnológico y el concepto de cambio tecnológico ambiental, mientras en la cuarta parte, se esbozan algunas opciones de autogeneración sostenible. Finalmente, las conclusiones preliminares intentan sintetizar los alcances del trabajo, los cuales, pretenden aportar ideas en la búsqueda continua por alcanzar el anhelado y multidimensional desarrollo territorial sostenible.

## Los retos del trilema de la sostenibilidad energética regional

El contexto referido previamente debería remitirnos a la consideración fundamental de entender cabalmente el enfoque del “trilema de la sostenibilidad energética” como un elemento de soporte teórico y conceptual que nos permite enriquecer la comprensión del desarrollo regional sostenible.

En tal sentido, la resolución para asimilar dicho trilema está

definido por tres retos íntimamente relacionados entre sí y que no pueden solventarse uno a uno, independientemente de los otros dos. Podemos decir que la sostenibilidad energética se dirime en tres frentes de batalla simultáneos, que dibujan un triángulo con vértices definidos por la e de la economía, la e de la energía (o de la seguridad de suministro) y la e de ecología (o del medio ambiente-cambio climático). Lo aconsejable en política energética es buscar el baricentro de este hipotético triángulo (Marzo, 2013).

Como se muestra en el Esquema 1, los retos de emprender la complejidad para lograr la sostenibilidad energética regional en el corto y mediano plazos reside, precisamente, en abordarla a partir de enfoques multidimensionales, puesto que ya no es posible considerar las repercusiones económicas de los procesos agroindustriales y urbanos sobre el entorno natural, desligadas del componente energético implícito en la totalidad de los procesos productivos urbano-regionales, definidos específicamente en áreas metropolitanas particulares.

El esfuerzo racional por traducir en simple lo complejo nos obliga a decir las cosas con toda claridad y, por lo tanto, hay que dejar bien claro que el gran obstáculo para la implementación de las energías renovables en los procesos industriales, comerciales, de transporte urbano e, incluso, de suministro energético en las viviendas, sin duda, lo constituyen los descubrimientos recientes de las enormes reservas mundiales de combustibles fósiles no convencionales en Norteamérica (sobre todo de petróleo y gas natural de esquisto, lutitas o shale), las cuales, vendrán a modificar la geopolítica energética internacional en los próximos años. El gran cambio será el paso de Estados Uni-

dos como el principal país dependiente y consumidor de estos combustibles, para convertirse en autosuficiente e, incluso, exportador de los mismos para el año 2018. Es posible que dichas reservas permitan alargar la fase de agotamiento de los combustibles fósiles más allá del presente siglo XXI.

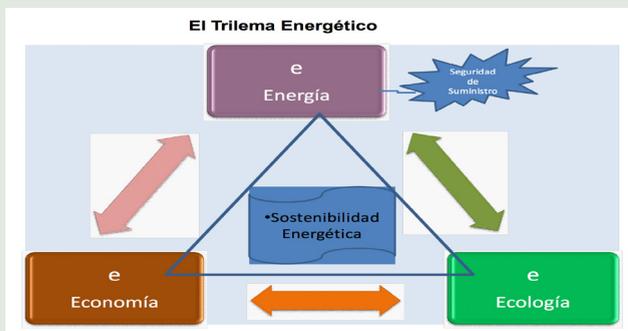
Al respecto, no hay que olvidar que el “Big oil” (como se denominan en la geopolítica internacional las corporaciones petroleras del orbe) representa el alma y sustento de la operación cotidiana de las generadoras de energía primaria y secundaria, tanto para la generación de calor en los procesos industriales, como para la generación de energía eléctrica. De ahí que el poder hegemónico que este detenta se traduzca indiscutiblemente en el mayor obstáculo para desarrollar energías alternativas a escala micro y macroeconómica.

Las opciones energéticas renovables, en general, tienen como traba inicial para su implementación a gran escala un costo muy alto tanto en los países desarrollados, como en los países en desarrollo. Sin embargo, desde los años noventa del siglo XX, los esfuerzos orientados al cambio tecnológico referidos al suministro energético sustentable están ocurriendo a escala urbana y regional, al igual que a nivel micro-empresarial, mientras los costos están siendo reducidos gracias a la investigación interdisciplinarias.

De manera paralela a los nuevos descubrimientos de petróleo y gas no convencionales en la escena internacional, deben destacarse los esfuerzos constantes para buscar alternativas renovables en prácticamente todos los frentes de batalla, es decir, en todos los procesos productivos y de construcción de espacios urbanos que permitan la generación energética, la reducción de costos y el rompimiento de raíz con la dependencia de los combustibles fósiles para vincular dichos propósitos con la sostenibilidad del desarrollo económico de las regiones.

Así, el presente trabajo se centra precisamente en mostrar ejemplos de algunos esfuerzos que se están efectuando en este sentido, sobre todo a escala urbana y regional en México, con el objeto adicional de alcanzar la autonomía energética (autoabastecimiento) de los propios agentes económicos, ya sean empresas industriales, comerciales y de servicios, instituciones públicas y privadas, o bien, gobiernos a nivel estatal y municipal.

Esquema No. 1. Los retos del trilema de la sostenibilidad energética regional



Fuente: elaboración propia con base en Marzo, 2013.

## El cambio tecnológico e implicaciones sociales y ambientales

### Las consideraciones sociales

En su trabajo, Luján y Moreno (1996) hacen un resumen pertinente y completo de las consideraciones sociales sobre el cambio tecnológico en las últimas décadas, y precisan que los enfoques de la tecnología y sus impactos sociales entran en crisis hacia fines de la década de 1960, se desmoronan a lo largo de los años setenta y se ocupan posteriormente en la variante de las pautas de generación

de tecnologías. Los autores destacan casos ilustrativos: 1) la tecnología como problema social, 2) los enfoques tradicionales del estudio social de la tecnología, 3) los nuevos enfoques descriptivos de la tecnología: evolucionistas y constructivistas, y 4) los nuevos enfoques tecnológicos prescriptivos: valoración y políticas públicas, en donde se abordan las consideraciones sobre la percepción pública, el entorno político y los riesgos tecnológicos. Para el caso de interés del presente trabajo, se sintetizan más adelante los aportes del punto 3.

Con respecto a la tecnología como problema social, Luján y Moreno (1996) enumeran, a su vez, cuatro enfoques: 1) la tecnología alternativa, adecuada o apropiada de autores que pretendían generar tecnologías para una sociedad alternativa. El principal representante de este enfoque es E. F. Schumacher, que buscaba cambiar la tecnología porque consideraba que ese era un modo eficaz de modificar a la sociedad occidental. Es preciso destacar aquí que el presente trabajo pretende hacer énfasis en este tipo de cambios tecnológicos, específicamente en lo concerniente a las diferentes opciones de energías alternativas orientadas al suministro energético sustentable en entornos urbanos y regionales.

Los otros enfoques de la tecnología como problema social son 2) los científicos y tecnólogos radicales, 3) la gestión de la ciencia y la tecnología y los grupos de presión, y 4) la evaluación de la tecnología. Estos cuatro casos, apuntan los autores, sirven para ilustrar la transición que se produjo en los años setenta sobre la comprensión pública de la relación entre tecnología y sociedad.

Durante los años ochenta y noventa, y en paralelo al creciente interés social y político por los temas relacionados con la tecnología, se ha identificado en el ámbito académico un proceso de renovación conceptual de los estudios sobre el particular. Se trata de una perspectiva nueva que intenta construir, de algún modo, un campo de investigación justo en el abismo que se había establecido entre las culturas científico-tecnológica y social-humanística (Luján y Moreno, 1996: 133).

A partir de este esfuerzo renovado, dicen los autores, es necesario referirse a los estudios e investigaciones sociales en torno a la ciencia y la tecnología.

En general, puede aseverarse que los programas de CTS [Ciencia, Tecnología y Sociedad], las humanidades (Historia, Filosofía, Arte y Religión) constituyen la principal herramienta para la interpretación de la ciencia y la tecnología; mientras que en los programas de "Estudios sobre Ciencia y Tecnología" son las ciencias sociales (Sociología, Economía, Ciencia Política) las que cumplen una función análoga (Luján y Moreno, 1996: 134).

Con respecto al punto 3, los nuevos enfoques descriptivos de la tecnología, los autores destacan que durante los años ochenta los enfoques sociales sobre la tecnología fueron testigo de una reformulación teórica profunda, que ha tenido como protagonistas a los aportes evolucionistas en el terreno de la economía y al constructivismo social en el campo sociológico.

En cuanto al enfoque de los economistas evolucionistas, estos conciben el cambio técnico como un proceso de ensayo y error (variación y selección). Previamente, los economistas neoclásicos

se habían centrado en la difusión de las tecnologías, mientras que los economistas evolucionistas reclaman el papel protagónico de la innovación (variación), por lo que a veces también se les conoce como economistas neo-schumpeterianos.

En resumen, el principal aspecto de los enfoques evolucionistas y del constructivismo social sobre el cambio tecnológico se reduce al hecho de que

al abordar desde las ciencias sociales el estudio del cambio tecnológico, se constata un cierto grado de convergencia interdisciplinaria. Se consolida, pues, un espacio analítico común en el que cobran sentido conceptos tales como los de "nexo tecnológico entre variación y selección", "co-evolución", "selección exante" y "selección ex post" (Luján y Moreno, 1996: 146).

Por ende, los sociólogos constructivistas y los economistas evolucionistas han rechazado los modelos tradicionales unidireccionales y los han reemplazado por otros multilineales. Así, la conclusión general a la que arriban Luján y Moreno (1996) es que el proceso de generación de tecnologías se ha configurado como objeto de estudio y análisis para las ciencias sociales, tanto en su vertiente puramente descriptiva, como cuando su objetivo reside en colaborar a la orientación del desarrollo tecnológico y social.

Por su parte, Monux et al. (2006) aseguran que es posible la integración de aspectos socioeconómicos en la evaluación de proyectos de investigación y desarrollo siguiendo un enfoque constructivista, y que es posible identificar los impactos sociales que son comunes a todos los proyectos de este tipo independientemente de su naturaleza.

## El enfoque evolucionista del cambio tecnológico

Sanabria Gómez (2013), basándose en G. Basalla, sostiene que el análisis evolucionista está soportado en una metáfora que hace referencia a los procesos biológicos. Aunque existen diferencias importantes entre lo fabricado y lo que proviene de un nacimiento natural, la metáfora evolutiva es un instrumento eficaz para explicar la historia del cambio tecnológico. Según Basalla (citado en Sanabria Gómez, 2013), los cambios tecnológicos no surgen de un proceso discontinuo, sino que siempre existe una serie de antecedentes que hacen posible el resultado presente. Esto implica la presencia de cierta continuidad y, tal vez, eso ayuda a fundamentar la pertinencia de la analogía evolutiva.

Para resumir este enfoque de análisis, Sanabria Gómez cita a Mokyr,

quienes abordan el problema del cambio tecnológico desde la perspectiva biológica, encuentran dos categorías en el análisis. De un lado, surgen las micro mutaciones, que son pequeños cambios que se producen en una especie existente y que alteran gradualmente sus rasgos. Este fenómeno se asocia entonces con las micro invenciones, son pequeños pasos progresivos que mejoran, adaptan o modernizan téc-

nicas existentes que ya están en uso, con lo cual perfeccionan su forma y funcionamiento, se reducen costos, se incrementa la durabilidad, y se disminuye el consumo de energía y de materias primas. De otro lado, aparecen las macro mutaciones, que dan lugar a nuevas especies, lo que en este contexto equivale a las macro invenciones, que vienen a ser aquellos inventos, de los que emerge una idea radicalmente nueva. Este enfoque analítico, concluye que en la dinámica del progreso tecnológico, las micro invenciones y las macro invenciones no se sustituyen, sino que se complementan (Mokyr, 1993, citado en Sanabria Gómez, 2013: 137).

Sanabria Gómez (2013) destaca:

en el análisis de Mokyr, una técnica es equivalente a una especie de la biología, y por ello las que evolucionan son las técnicas y no las empresas; de tal forma que cuando aparece una nueva técnica, es equivalente a la aparición de una nueva especie (Mokyr, 1993: 342). Sin embargo, las innovaciones no se dan de manera simultánea en todos los sectores y empresas, sino que las innovaciones aparecen permanentemente en diferentes empresas, por lo que en cada momento existen innovaciones maduras, otras en procesos y otras de aparición reciente. De estas innovaciones, que tuvieron lugar a partir de variaciones en las diversas tecnologías, cada firma va seleccionando las de su preferencia (Sanabria Gómez, 2013: 138).

El ahorro social actúa como una de las variables que ayudan en los procesos de selección entre diferentes técnicas. Este ahorro está representado por el conjunto de mejoras que se obtienen al dejar de usar una técnica antigua y reemplazarla por una nueva.

Para los evolucionistas del cambio tecnológico, las nuevas ideas se asimilan a las mutaciones, en la medida que representan desviaciones de sus características normales y tienen que ser sometidas a diferentes pruebas de su entorno. De estas pruebas se da un proceso de selección en el que unas sobreviven y otras, aunque nuevas, desaparecen (Mokyr, 1993: 345). [...] Según Mokyr, la posibilidad de una macroinvención para permanecer está sujeta a su capacidad de competir y sobrevivir, y además, se requiere que sea técnicamente realizable, es decir, que se pueda utilizar y reproducir, y que sea, al menos, tan eficaz como las tecnologías anteriores. Así mismo, requiere de un contexto social favorable para que las ulteriores microinvenciones puedan desarrollarse y faciliten su adaptación a las condiciones locales, donde recibirá mejoras continuas producto de los procesos de aprendizaje (Mokyr, 1993, 362) (Sanabria Gómez, 2013: 138).

Por otra parte, Sanabria Gómez destaca que Dosi,

desde una perspectiva más ajustada a la economía, considera que el proceso de avance tecnológico puede tener cuatro modelos básicos, caracterizados por las siguientes condiciones: procesos de búsqueda económicamente muy costosos; procesos informales de difusión de la información y las capacidades tecnológicas a través de publicaciones científicas, asociaciones tecnológicas, procesos de aprendizaje, etc.; capacidad de las firmas para internalizar las externalidades dis-

ponibles, asociadas con learning by doing y learning by using; adopción de las innovaciones realizadas por otras industrias y que se encuentran incorporadas en bienes de capital y bienes intermedios (Dosi, 1988: 1125) (Sanabria Gómez, 2013: 139).

## El concepto de cambio tecnológico ambiental

En el concepto de cambio tecnológico ambiental o tecnologías ambientales, definido como “toda técnica, proceso, o producto, que conserve o restaure las calidades ambientales” (Kemp, 1997, citado en Del Río González, 2010: 2), se esconde una rica diversidad de transformaciones en los procesos o en los productos con respecto a las reducciones de emisiones al medio ambiente y a los costes que supone su adopción para las empresas. En general, existen cambios tecnológicos que suponen una gran transformación en los procesos productivos y cambios tecnológicos que dan lugar a pequeños modificaciones.

Las tecnologías limpias o de procesos integrados son aquellas que se caracterizan por reducir las emisiones antes que se produzcan, es decir, de origen, o bien, por utilizar menos recursos ambientales por unidad de producto (en términos físicos de valor). Del Río González (2010) sostiene que el verdadero interés del concepto de tecnología limpia se encuentra en la capacidad que ofrece para compatibilizar las metas de protección ambiental con una sociedad industrializada, permitiendo generar un proceso de desarrollo sostenible.

Por otro lado, cabe aclarar que uno de los retos del presente trabajo es destacar los alcances y el significado del enfoque evolucionista del cambio tecnológico e indagar su posible enlace teórico y empírico con los esfuerzos organizacionales para alcanzar la autonomía energética en entornos urbanos y regionales. Al respecto, el antecedente inmediato de las innovaciones tecnológicas en generación eléctrica es la cogeneración basada en el gas natural que, en alusión a la analogía de Mokyr (citado en Sanabria Gómez, 2013), representa una micro-mutación ya que reduce costos, utiliza pocos recursos y contamina menos que las invenciones previas, como las termoeléctricas y las carboeléctricas, las cuales, operan con combustóleo y carbón, respectivamente.

En general, gracias al enfoque evolucionista del cambio tecnológico podemos afirmar que en la naturaleza existen micromutaciones que originan pequeñas transformaciones entre las especies, lo que deriva en microinvenciones que, a su vez, generan mínimas modificaciones de cambios tecnológicos, por ejemplo, la cogeneración de energía eléctrica. En la evolución también ocurren macromutaciones que permiten crear otras especies, lo que se traduce en las innovaciones tecnológicas como macroinvenciones. Estas se presentan como modificaciones tecnológicas que suponen una gran transformación en los procesos productivos, que es el caso de los proyectos de autoabastecimiento energético. En el siguiente apartado se abordarán algunos ejemplos de procesos innovadores orientados a lograr la autonomía energética organizacional en México.

# Las innovaciones tecnológicas orientadas a la autonomía energética sostenible en entornos urbanos y regionales en México

## La autonomía energética organizacional: ¿emerge un nuevo paradigma en la seguridad de suministro?

El enfoque unidimensional imperante de la seguridad energética (seguridad de abastecimiento) a nivel internacional y nacional se caracteriza por insertarse en la visión macroeconómica, tendiente a garantizar el suministro energético hacia las regiones del interior de los países gracias a las grandes inversiones basadas en las megainfraestructuras civiles. Sin embargo, en la actualidad, dicho paradigma se está resquebrajando en México con el aumento de los casos de inseguridad en el abastecimiento energético en algunas ciudades y regiones.

La evidencia más palpable de lo anterior es la construcción reciente de infraestructuras de redes (gasoductos y plantas de recepción) de gas natural en entornos urbanos y regionales en México, ya que se concibe que dicho energético será el predilecto del presente siglo XXI por sus reservas extensas y porque sus efectos son menos contaminantes que los de otros hidrocarburos. El gas se constituirá como el hidrocarburo de la transición energética de los combustibles fósiles hacia opciones alternativas sostenibles. Lo anterior se refuerza mediante el uso de la innovación tecnológica de la cogeneración energética del ciclo combinado, implementado desde la década de 1980 tanto en las plantas de generación eléctrica a gran escala, como en aquellas de autogeneración industrial o autogeneración eléctrica a pequeña escala, así como por su uso en la generación de calor en los procesos industriales para incrementar la eficiencia energética y reducir sus efectos en el medio ambiente.

La falta de este energético en la región occidental de México entre 2012 y 2013 evidenció que la seguridad del suministro en las regiones y ciudades del país no está garantizada con el manejo de la política energética macroeconómica imperante. Durante 2012 y la primera mitad de 2013 la Secretaría de Energía (SENER) decretó 19 alertas críticas referidas al desabastecimiento de gas natural, lo que afectó significativamente a las regiones del bajío y del occidente del país y, en particular, a la región de Guadalajara, ubicada al final del único gasoducto disponible en el vetusto Sistema Nacional de Gasoductos. En consecuencia, la región de la Zona Metropolitana de Guadalajara sufrió un desabasto durante varios meses, dejando sin suministro a las empresas del corredor del municipio conurbado de El Salto, Jalisco, así como a las plantas de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), localizadas en la región. Al mismo tiempo que se redujo la producción interna de dicho energético se incrementó la demanda, lo que provocó un aumento inusitado de las importaciones de gas natural y que su precio aumentara hasta casi cuatro veces con respecto al precio internacional de referencia (Enri Hubb).

Ante este escenario, algunas organizaciones empresariales nacionales y de la región de Guadalajara han comenzado a actuar frente al problema de la seguridad del suministro energético desde una perspectiva microeconómica, tomándolo como un elemento estratégico de competitividad e, incluso, del desarrollo regional y urbano. Lo anterior contrasta con la visión macro de la política energética nacional, así como con la noción de las megaconstrucciones (infraestructuras de ingeniería civil), en cuanto asegura la autonomía energética y/o el autoabastecimiento.

El propósito de este apartado consiste en mostrar una nueva forma de abordar las fallas del modelo energético imperante en México, a través de una revisión exploratoria de los casos organizacionales e institucionales que, a partir de la vulnerabilidad de la seguridad energética, están asumiendo la autonomía energética (autoabastecimiento) como una estrategia competitiva. Lo anterior, acaba con el paradigma paternalista estatal aplicado desde los años cuarenta del siglo pasado, caracterizado por la promulgación de políticas públicas centralistas de arriba hacia abajo y lo sustituye por un enfoque novedoso que permite entender la seguridad energética desde una visión inversa, es decir, de abajo hacia arriba y desde las regiones, al mismo tiempo que rompe con la vulnerabilidad del suministro a través del autoabastecimiento organizacional, como garantía del funcionamiento productivo sectorial competitivo y sostenible.

## La generación de energía eléctrica en México

Antes de abordar las opciones de autoabastecimiento energético es preciso dejar claro que en México la generación eléctrica hasta el año 2010 se produjo en mayor medida con base en gas natural (47%), seguida por otros combustibles fósiles (34%) y otros combustibles no fósiles (19%) (Godoy, 2014).

**Gráfica 1.** Generación eléctrica en México, 2010. Distribución porcentual por fuente primaria de energía



**Fuente:** elaboración propia con base en SENER, 2013.

## La generación de energía eléctrica renovable

Con la Ley General de Cambio Climático (Instituto Nacional de Ecología, 2012) el Gobierno Federal se trazó una meta de generar el 35% del total de la energía eléctrica nacional con base en energías renovables para 2024. En el año 2010 se alcanzó el máximo porcentaje de generación eléctrica renovable hasta el momento, con un 19%, mientras que en 2013 se llegó apenas al 16%.

Con el fin de tener una idea clara de la generación eléctrica renovable en México, en 2013 la SENER (2013) informó que la participación por tipo de fuente fue la siguiente: 71% hidroeléctrica, 14% geotérmica, 9% eólica, 3% minihidroeléctrica y 3% biomasa.

**Gráfica 2.** Generación eléctrica renovable en México, 2013. Participación porcentual por tipo de fuente primaria



**Fuente:** elaboración propia con base en El Economista, 2013a.

Por otra parte, en un estudio reciente del Departamento de Comercio de los Estados Unidos (DOC por sus siglas en inglés), el gobierno de ese país recomendó a sus empresas participar en el subsector de las energías renovables en México, acorde con los cambios que se esperan con la reforma energética aprobada en diciembre de 2013 (El Economista, 2013a).

El DOC estima que el tamaño del mercado de los equipos y servicios vinculados con las energías renovables se disparará de \$2,052 millones de dólares en 2013, a 27,164 millones de dólares en 2020, una cantidad 12 veces mayor al tamaño del mercado en 2012. De forma paralela, se pronosticó que las importaciones mexicanas de equipos y servicios vinculados con las energías renovables aumentarán 23 veces en los próximos siete años, disparándose hasta \$17,371 millones de dólares. Cabe aclarar que las importaciones abarcan desde compuertas, cables y turbinas, hasta hélices, torres para la industria eólica, paneles solares, calderas de vapor de agua, motores transformadores y generadores eléctricos, entre otros implementos y accesorios (El Economista, 2013a).

## Las innovaciones y proyectos de autoabastecimiento eléctrico privado

### La cogeneración

Madrid (2009) afirma que la cogeneración es una innovación tecnológica que consiste en producir electricidad y energía térmica en forma aprovechable (calefacción, agua caliente, refrigeración, aire acondicionado) a partir de un combustible, es decir, que se parte de una sola fuente de energía (gas natural) para producir dos tipos diferentes de energía (electricidad y calor útil).

En los sistemas tradicionales de generación de energía, como es el caso de un generador diesel, se produce un solo tipo de energía (electricidad), pero, a la vez que se genera electricidad, se produce calor, el cual, se escapa y no se aprovecha. Eso se aprecia también en las turbinas. Por ejemplo, en la turbina de vapor puede aprovecharse el calor que aún contiene el vapor sobrante para calentar el agua, la calefacción, entre otros.

En resumen, los sistemas de cogeneración (producción de electricidad y de calor útil a partir de una sola fuente energética) se están poniendo de moda en todo el mundo por tener un mayor rendimiento energético que los sistemas tradicionales. Incluso, se han desarrollado sistemas de trigeneración (producción de electricidad, calor útil y frío) a partir de una sola fuente de energía (Madrid, 2009).

## La cogeneración de ciclo combinado

De igual forma, Madrid (2009) nos esclarece que en el caso de la cogeneración se utiliza la energía proporcionada por dos sistemas: una turbina de gas y otra de vapor, para que un generador la transforme en electricidad. El sistema es simple. Se utilizan los gases que salen de la turbina de gas para producir el vapor que alimenta la turbina de vapor. El calor que sale de esta última se transforma en energía útil. Ambas turbinas producen electricidad, por lo que el sistema tiene una alta eficiencia energética (85-90%).

En México, bajo este tipo de innovaciones tecnológicas, cada vez más firmas optan por el autoabastecimiento de electricidad, con lo cual, dejan de comprarle energía a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y sólo le pagan al Gobierno Federal por la transmisión de lo que generan o compran a un tercer operador, que funciona como socio, con el permiso otorgado por la Comisión Reguladora de Energía (CRE). Al respecto, cabe señalar que el consumo por autoabastecimiento en la red reportado por la CRE en 2012 alcanzó los 15,329 Gigawatts hora (GWh), mientras que el programa de obras e inversiones del sector eléctrico de la CFE estableció que en 2008 el consumo de electricidad por autoabastecimiento remoto fue de 10,140 GWh, es decir, se obtuvo un crecimiento del 51%. De acuerdo con los reportes de la CRE (2012), de los 658 permisos otorgados en 2008, el regulador llegó a un record de 973 permisos en 2012, sin embargo, de estos, 645 están vigentes y 328 han sido terminados por renuncia, caducidad o revocación. Por su parte, la inversión de los permisionarios que generan electricidad para autoabastecimiento ascendió a \$12,901 millones de dólares hasta 2012, en horas que van desde el consumo local con plantas de diesel o cogeneración de vapor y paneles solares, hasta las grandes eolo-eléctricas en el estado de Oaxaca o las termoeléctricas para usos mineros ubicadas en el noreste del país. En las siguientes tablas se hace referencia a algunas de las empresas principales que poseen estos permisos de autoabastecimiento.

**Tabla No. 1.** Nombres de algunos permisionarios con autogeneración eléctrica en México

| Empresa                         | Capacidad de generación | Fuente (innovación)       |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Alfa                            | 1.98 MW                 | Combustión interna        |
| Altos Hornos de México          | 1.84 MW                 | Ciclo combinado gas/vapor |
| Barcel                          | 720 MW                  | Combustión interna        |
| Bayer                           | 1.20 MW                 | Combustión interna        |
| Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma | 26.3 MW                 | Eólica                    |
| Nestlé                          | 42 MW                   | Eólica/combustión interna |
| Nissan                          | 22 MW                   | Eólica                    |
| Jugos del Valle                 | 12 MW                   | Eólica                    |
| Vidrio Plano de México          | 11.4 MW                 | Combustión interna        |
| Unilever                        | 8 MW                    | Combustión interna        |
| Tía Rosa                        | 1.5 MW                  | Combustión interna        |
| Peñoles                         | 260 MW                  | Termoeléctrica/vapor      |
| Cemex                           | 471 MW                  | Eólica                    |
| Ford                            | 9.6 MW                  | Combustión interna        |
| Kimberly Clark                  | 84 MW                   | Termoeléctrica/vapor      |

**Fuente:** elaboración propia con base en CRE (2012).

**Tabla No. 2.** Empresas con mayor número de permisos para autoabasto energético

| Empresa           | Permisos |
|-------------------|----------|
| Walmart           | 108      |
| Pemex             | 48       |
| Bimbo             | 24       |
| HEB               | 24       |
| Telmex            | 18       |
| Liverpool         | 13       |
| Palacio de Hierro | 6        |
| Mabe              | 6        |
| Barcel            | 5        |

**Fuente:** elaboración propia con base en CRE (2012).

Cabe mencionar que el principal motivo por el que las empresas optan por el autoabastecimiento energético es, sin duda, la rentabilidad de la generación eléctrica frente a las tarifas de la CFE, lo que redundan en un doble beneficio: por un lado, les permite elevar su competitividad y, por otro, reducir sus costos operativos, según Manuel Gómez Peña, director de sustentabilidad y energía de Walmart (El Economista, 2013c).

Por su parte, según la Comisión Reguladora de Energía (CRE, 2013), la inversión total estimada en infraestructura para electricidad por parte de los privados desde hace 22 años es de \$40,011 millones de dólares, lo que significa que los consorcios dedicados al autoabastecimiento son los que le han dejado mayores ingresos al sector eléctrico, aportando 44% del total. A finales de marzo de 2014, las empresas de autoabastecimiento contaban con 12,253 Megavatios instalados, que representan el 19% de la capacidad a nivel nacional, pero que equivalen al 23% del volumen que tiene instalado la CFE (CRE, 2013; El Economista, 2014).

En términos de generación, las empresas de autoabastecimiento alcanzaron 63,992 GWh, que representan el 17% del total nacional y equivalen al 24% de lo generado por la CRE (CRE, 2013).

Desde las reformas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica hasta diciembre de 2014, la CRE había otorgado 1260 permisos de generación e importación de energía eléctrica a empresas privadas y paraestatales. Así, hasta el año 2014 se contó con un total de 855 permisos vigentes que suman una capacidad autorizada de 38,624.9 MW, para una generación anual potencial autorizada de 227,514.4 GWh, lo que representa una inversión comprometida aproximada de 53,689.1 millones de dólares (CRE, 2014).

Otras compañías con este tipo de permisos son: ABB, Liverpool, Proctel & Gamble, Cinemex, Compañía Minera Autlán y Grupo Salinas, entre muchas otras empresas a las que la ley concedió permisos para apartar capacidad, construir centrales y generar su propia energía. Cabe señalar que a partir de 2015 estas empresas pueden vender energía a los grandes consumidores que, entre la grande y mediana empresa, representan el 58% de los usuarios de la CFE.

De acuerdo con la CRE, en marzo de 2014, de los 740 permisos vigentes para generación de electricidad por parte de los priva-

dos, el 62% es de autoabastecimiento, mientras que el resto se ha repartido entre pequeños productores, cogeneradores, importadores y exportadores de electricidad (El Economista, 2013b).

Otra empresa mexicana de supermercados de reciente incorporación a estos esquemas es la norteña Soriana, la segunda cadena del país. El martes 22 de abril de 2014 (El Economista, 2014) informó la entrada en operación de su primer parque eólico bajo un esquema de autoabastecimiento de energía y espera construir otros cuatro en el mediano plazo. Este parque está localizado en la ciudad fronteriza de Reynosa, Tamaulipas, el cual, se realizó en conjunto con la empresa mexicana Gemex y la suiza Grupo ECOS. Soriana precisó que “la energía generada anualmente será de 186 millones de KWH (kilowatts-hora) utilizados para abastecer 163 tiendas [...] generando un ahorro significativo en cientos de millones de pesos” (El Economista, 2014: 15) y que el monto de la inversión sería de más de 130 millones de dólares, financiados por Banorte y el Banco de Desarrollo de América del Norte (El Economista, 2013b).

A mediano plazo, la empresa contempla participar en la construcción de otros cuatro parques eólicos para abastecer de energía a todas sus tiendas, alrededor de 660 unidades comerciales en el país. Por otra parte, Soriana ya había anunciado en mayo de 2013 una inversión de 130 millones de pesos (unos 9.8 millones de dólares) para un proyecto de energía solar que contemplaba la instalación de paneles en 10 de sus unidades y firmo un contrato a 20 años con la firma coreana Hanwha Q Cells, la cual, informó que está instalando paneles solares en las tiendas Soriana y espera completar 120 tiendas a principios del 2015. El sistema de paneles financiado por Hanwha proveerá, en principio, a 10 tiendas de 31 megavatios (MW) de energía solar (El Economista, 2014).

### Proyectos de generación eléctrica eólica

En un artículo reciente, Arzate (2014) nos orienta sobre el origen del término eólico, el cual, deriva del griego *eo/lo*, dios del viento en la mitología griega. De ahí que a la electricidad producida por el viento se le conozca como energía eólica.

Aunque esta energía se conoce desde hace varias décadas, hasta hace 20 años era inviable en México debido a los altos costos que representaba dicha tecnología, pero la acción decidida de países como Alemania, España, Estados Unidos y Dinamarca permitió la caída en los precios de los equipos para el aprovechamiento del viento en la generación de electricidad (Arzate, 2014).

Así, en 1994 la CFE desarrolló un plan piloto para instalar aerogeneradores en el istmo de Tehuantepec, en Oaxaca, con una capacidad para producir 1.7 Mega watts (MW). En 1998 la CRE otorgó el primer permiso para instalar una planta eólica en esa entidad federativa.

Desde entonces y hasta el año de 2013, la CRE ha expedido 54 permisos para la generación de energía eólica, de los cuales, 44 (81.4%) fueron bajo la figura legal de autoabastecimiento, mediante la que los productores privados instalan una central y consumen la energía. Cuando la planta genera más de lo que los autoconsumidores requieren, los excedentes son tomados por

la CFE. Vale aclarar que gracias a la reforma energética mexicana de 2013 los privados podrán vender sus excedentes de energía eléctrica entre particulares, es decir, se creará el mercado abierto de electricidad.

Arzate (2014) destaca que en el ámbito mundial la energía eólica contribuye con alrededor del 60% de la energía renovable que se produce, por lo que se estima que el dinamismo que ha adquirido recientemente se estimulará con la reforma energética mexicana aprobada en diciembre de 2013. El autor también señala que de los 2,500 MW que se tenían como meta para alcanzar como capacidad instalada de energía eólica durante el sexenio del presidente Felipe Calderón (2006-2012), se llegó a 1,524 MW al finalizar el 2013, suficientes para abastecer 300.000 hogares con consumos bajos de energía.

Ahora bien, respecto a la distribución de los proyectos eólicos en México, cabe indicar que ya operan o están en construcción en diez entidades federativas. De acuerdo con información de la CRE (Arzate, 2014), se revela que de los 54 permisos para proyectos eólicos, 44 operarán bajo esquemas de autoabastecimiento, 5 por productores privados independiente y 3 se reservarán a la exportación, mientras que el resto serán para la empresa productiva del Estado, la CFE. En cuanto a la distribución por entidad federativa, 24 corresponden al estado de Oaxaca, 13 a Tamaulipas, cuatro a Nuevo León y Baja California, tres están ubicados en Chiapas, dos en Coahuila y uno en Sonora, Jalisco, San Luis Potosí y Veracruz, respectivamente. Entre 2014 y 2015 se pondrán en marcha 26 parques eólicos a lo largo y ancho del territorio nacional, con una inversión cercana a 4,496 millones de dólares.

## Conclusiones preliminares

En términos generales, es impostergable actuar como sociedad racional en todas aquellas acciones que ataquen frontalmente la problemática del cambio climático. El enfoque de los retos del trilema energético regional (Marzo, 2013), que conforman el triángulo con vértices definidos por la **e** de la economía, la **e** de la

energía (o de la seguridad de suministro) y la **e** de ecología (o del medio ambiente-cambio climático) son la pauta para transitar hacia el ordenamiento territorial sostenible.

Con respecto a las consideraciones del cambio tecnológico, la conclusión general a la que arriban Luján y Moreno (1996) es que el proceso de generación de tecnologías se ha configurado como un objeto de estudio y análisis para las ciencias sociales, tanto en su vertiente puramente descriptiva, como en su intención de colaborar y orientar el proceso de desarrollo tecnológico y social.

Así mismo, el cambio tecnológico desde la perspectiva evolucionista de Mokyr (citado en Sanabria Gómez, 2013) nos ofrece dos categorías para el análisis: las micromutaciones y las macromutaciones. Las primeras generan pequeños cambios en algunas especies que se asocian con las microinvenciones, que son pequeños pasos progresivos que mejoran, adaptan o modernizan técnicas existentes que ya están en uso para perfeccionar su forma y funcionamiento, reducir costos, incrementar la durabilidad, y disminuir el consumo de energía y de materias primas (cogeneración). Mientras que las segundas dan lugar a nuevas especies, lo que en este contexto equivale a las macroinvenciones y que representan aquellos inventos de los que emerge una idea radicalmente nueva: los proyectos de energías renovables. Así, este enfoque analítico concluye que en la dinámica del progreso tecnológico, las microinvenciones y las macroinvenciones no se sustituyen, sino que se complementan.

Finalmente, si atendemos lo señalado recientemente por Rifkin, “en el futuro, centenares de millones de personas producirán en sus casas, oficinas y fábricas su propia energía verde y compartirán un internet energético” (Rifkin, 2014: 16). Por lo que, los casos de autoabastecimiento energético referidos, ya sea mediante innovaciones tecnológicas con base en los sistemas de cogeneración (ciclo combinado) o de energías renovables, sólo confirman la necesidad urgente de continuar impulsando los mecanismos de interacción pública y privada, en cuanto a favorecer esquemas de inversión y regulación nacional que permitan estimular la sostenibilidad energética frente a los hidrocarburos en los entornos urbanos y regionales de los países latinoamericanos, y en particular, en México. 

## Bibliografía

- ARZATE, E. (2014). "Industria con el viento a su favor". *Petróleo & Energía*, 11 (74): 48-56.
- CRE. (2014). *Informe anual, 2014*. México, D.F.: Comisión Reguladora de Energía.
- CRE. (2013). *Informe anual, 2013*. México, D.F.: Comisión Reguladora de Energía.
- CRE. (2012). *Informe anual, 2012*. México, D.F.: Comisión Reguladora de Energía.
- DEL RÍO GONZÁLEZ, P. (2010). *Hacia un Modelo explicativo de los obstáculos al cambio tecnológico ambiental en la industria*. Toledo: Universidad de Castilla-La Mancha.
- EL ECONOMISTA. (2014, abril 22). Sección Empresas y Negocios. *El Economista*: 16.
- EL ECONOMISTA. (2013a, enero 21). Sección En Primer Plano. *El Economista*: 4-5.
- EL ECONOMISTA. (2013b, mayo 7). Sección Empresas y Negocios. *El Economista*: 16.
- EL ECONOMISTA. (2013c, agosto). Sección Empresas y Negocios. *El Economista*: 18.
- GODOY, E. (2014). "México y la ecuación sin crudo". *Petróleo & Energía*, 11 (74): 58-62.
- Instituto Nacional de Ecología. (2012). *Ley General de Cambio Climático*. México, D.F.: Gobierno Federal.
- LUJÁN, J.L. y MORENO, L. (1996). "El Cambio Tecnológico en las ciencias sociales: El estado de la cuestión". *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 74: 127-162. Consultado en: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/21149/1/REIS\\_074\\_08.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/21149/1/REIS_074_08.pdf)
- MADRID, A. (2009). *Energías Renovables. Fundamentos, tecnologías y aplicaciones*. Madrid: AMV publicaciones, Mundi-Prensa.
- MARZO, M. (2013, agosto 15). "El 'fracking' y el 'trilema' energético". *El País*. Consultado en: [http://elpais.com/elpais/2013/08/07/opinion/1375879720\\_982711.html](http://elpais.com/elpais/2013/08/07/opinion/1375879720_982711.html)
- MONUX, D. et al. (2006). "Evaluación del impacto social de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico (I y D): una aplicación en el sector de las comunicaciones industriales". México D.F., I Congreso Iberoamericano de ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS/I, junio 19-23.
- RIFKIN, J. (2014, febrero 24). Sección Economía. *El Financiero*, pp.16.
- SANABRIA GÓMEZ, S. A. (2013). "Asimetrías tecnológicas y desequilibrios económicos regionales: una aproximación teórica". *Revista de Estudios Regionales*, 98: 131-154. Consultado en: <http://www.re-dalyc.org/pdf/755/75530466005.pdf>
- SENER. (2013). *Estrategia Nacional de Energía 2013-2018*. México, D.F.: Gobierno Federal.