

¿Cómo podría México eliminar gradual y sosteniblemente el uso de combustibles fósiles para generar electricidad?

Ideas clave

- > Existen alternativas sostenibles desde las perspectivas económica, social y ambiental para que México elimine gradualmente su dependencia de los combustibles fósiles para la generación de electricidad.
- > Una condición necesaria para eliminar dicha dependencia es incrementar la inversión pública, privada y mixta en proyectos generadores de electricidad mediante energías renovables.
- > En México se planteó la meta de generar al menos el 35% de la electricidad mediante energías renovables en 2024 en la Ley General de Cambio Climático; para lograrlo, la proporción de generación de electricidad a partir de fuentes renovables deberá ser cuatro veces mayor que la de electricidad mediante fuentes no renovables durante el período 2018-2024.
- > Ante la inminente tercera revolución energética, en la cual el petróleo será sustituido por las energías renovables como la principal fuente mundial de energía, posiblemente será necesario plantearse la meta de generar el 100% de la electricidad mediante fuentes renovables en algún momento del período 2040-2050.

Introducción

La finalidad de la presente nota estratégica es aportar información y análisis que puedan contribuir a la toma de decisiones estratégicas a nivel legislativo y de políticas públicas respecto a algunas alternativas para retomar el impulso a la inversión en el sub-sector eléctrico, principalmente con miras a reducir su dependencia en los combustibles fósiles. En el primer apartado se aborda el contexto de insuficiente inversión en el sub-sector eléctrico que prevalecía antes de la reforma energética. En el segundo apartado se sintetizan las medidas adoptadas en la reforma energética para impulsar la inversión en el sub-sector eléctrico. En el tercer apartado se analiza cómo la cancelación de las subastas eléctricas ha sido un factor que ha reducido los incentivos a invertir en el sub-sector eléctrico y se enfatiza el reto de retomar la inercia positiva en dicha inversión que se había alcanzado con la reforma energética, sobre todo ante la creciente necesidad de reducir la dependencia de la generación de

electricidad respecto a los combustibles fósiles. Lo anterior, cada vez podría ser más necesario de lograrse ante la inminente consolidación de la tercera revolución energética que se estima podría ocurrir durante el período 2040-2050, y en la cual el petróleo sería sustituido por las energías renovables como la principal fuente de energía a nivel mundial.

1. La falta de inversión en el sub-sector eléctrico y reforma energética

El escenario que prevalecía en el sub-sector eléctrico antes de la implementación de la reforma energética se caracterizaba por dificultades para que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) impulsara suficientes inversiones orientadas a mejorar el nivel de competitividad y eficiencia en dicho sub-sector. CFE tenía que soportar una carga fiscal que ocasionaba una disminución en su patrimonio y limitaba sus recursos disponibles para realizar inversiones en infraestructura, energías renovables, entre otras; similarmente, CFE tenía que compensar los subsidios implícitos en las tarifas eléctricas con el pago del aprovechamiento que como empresa del Estado debía hacer al fisco federal (Senado de la República, 2013).

Asimismo, CFE tenía que soportar la carga de un pasivo laboral que requería un financiamiento de 635,000 millones de pesos, monto equivalente a 3.5% del PIB de 2005; asimismo, el patrimonio negativo acumulado de CFE era de -77,822 millones de pesos, monto equivalente al -0.4% del PIB de 2015. Por otro lado, CFE enfrentaba elevados costos en la producción de electricidad al haber tenido que utilizar insumos que se mantuvieron relativamente caros mientras el precio del petróleo era elevado, como eran el combustóleo y el diésel. Adicionalmente, ha prevalecido un desabasto de gas natural en México, lo cual ha tenido repercusiones negativas en la eficiencia y competitividad del sub-sector eléctrico nacional.

Por otro lado, CFE experimenta un elevado porcentaje de pérdidas de electricidad en los procesos de transmisión y distribución. De acuerdo con datos del Banco Mundial, México tuvo en 2012 un porcentaje de pérdidas de electricidad en los procesos de transmisión

y distribución equivalente al 15.0% del total de la electricidad producida; mientras que el promedio de los países de la OCDE fue de 6.4%. Existen retos para modernizar la infraestructura de transmisión eléctrica nacional; el 47% de las líneas de transmisión de CFE tiene más de 20 años de antigüedad. Asimismo, CFE tiene pérdidas económicas por la falta de pago en la facturación y cobro. CFE ha tenido que enfrentar pérdidas no técnicas de electricidad en la Ciudad de México; esta situación fue un problema adicional que tuvo que enfrentar la empresa ante la liquidación de Luz y Fuerza del Centro (LyFC), aunado a la transferencia de los activos y obligaciones de dicha empresa que tuvo que asumir CFE.

La operación de CFE históricamente había privilegiado las plantas de generación eléctrica con base en combustibles fósiles; es decir, termoeléctricas, carboeléctricas, duales y ciclos combinados de gas natural. La producción de electricidad en México a partir de energías renovables era limitada si se le comparaba con la del promedio de los países de la OCDE. De acuerdo con datos de EIA, el porcentaje de electricidad que se generó a partir de energías renovables durante 2012 en México fue de 15.7%, mientras que el promedio de los países de la OCDE fue de 31.7%. Si se excluye la producción de electricidad a partir de plantas hidroeléctricas, el porcentaje de electricidad que se produjo en 2012 por medio de otras energías renovables (i.e. geotérmica, eólica, biomasa, fotovoltaica, oleaje del mar) en México fue de 4.4%, mientras que el promedio de los países miembros de la OCDE fue de 11.7%. La causa directa del bajo nivel de producción y aprovechamiento de energías renovables para generar electricidad en México que prevalecía antes de la reforma energética era la falta de inversión para desarrollar este tipo de proyectos. Por un lado, la inversión pública se había limitado por las restricciones financieras que enfrentaba CFE y, por otro lado, el marco legal que prevaleció hasta antes de la entrada en vigor de la reforma energética desincentivaba la inversión privada en proyectos de producción de electricidad con energías renovables. De acuerdo con la legislación anterior a la reforma energética, las personas físicas o morales que quisieran producir electricidad mediante energías renovables solo podían vender la energía a la CFE a un precio menor al de mercado.

2. Reforma energética e impulso a la inversión en el sub-sector eléctrico

Para enfrentar la falta de inversión en el sub-sector eléctrico, una de las fortalezas de la reforma energética consistió en incluir medidas para facilitar e incentivar la participación de la iniciativa privada en distintos eslabones de la cadena, así como en la producción de electricidad a partir de fuentes renovables. La reforma energética preservó el control de la Nación en la

planeación y control del sistema eléctrico nacional, así como en la transmisión y distribución de electricidad; sin embargo, abrió a la libre competencia las actividades de generación y comercialización. La reforma también consideró que el Estado podrá realizar contratos con particulares que permitan expandir y mejorar las redes de transmisión y distribución. Asimismo, se contempló que la inclusión de participación privada en condiciones de competencia de mercado dentro del sub-sector permitiría la creación y consolidación del Mercado Eléctrico Mayorista, el cual comenzó a operar en enero de 2016.

Adicionalmente, la reforma energética abrió la posibilidad de que existan proveedores particulares de electricidad generada a partir de fuentes renovables y limpias que puedan vender directamente la energía a compradores calificados. Por otro lado, con la finalidad de que CFE cuente con una fuente de recursos adicional y recurrente para cumplir con el compromiso de desarrollo de infraestructura eléctrica nacional, en febrero de 2018 la CFE emitió el primer Fideicomiso de Inversión en Energía e Infraestructura, conocido como Fibra E, a través del cual se emitieron certificados bursátiles fiduciarios de Inversión en Energía e Infraestructura mediante la Bolsa Mexicana de Valores; se colocaron 16,388 millones de pesos (mdp) y tuvo una demanda superior a los 25 mil mdp entre inversionistas institucionales, banca privada y fondos de inversión de México y otros países (Del Río y Rosales, 2018). Adicionalmente, en 2016 el Gobierno Federal asumió una proporción de la obligación de pago de las pensiones y jubilaciones de CFE, por un monto de 161.1 miles de millones de pesos, el cual correspondió a los ahorros de las obligaciones de dicha empresa productiva del Estado derivados de los acuerdos realizados para disminuir sus pasivos pensionarios (idem).

Como una medida para impulsar la generación de energía renovable y limpia, la reforma también incluyó la creación de Certificados de Energías Limpias (CEL's), los cuales comenzaron a aplicarse a partir de 2018. Los generadores y distribuidores de energía que no alcancen el porcentaje mínimo de generación a través de energías limpias, fijado de manera periódica por el Estado, deberán comprar estos certificados a aquellos que sí lo cumplan, de lo contrario serán acreedores a sanciones. Otra medida de la reforma fue impulsar la generación de energía geotérmica; se implementó una Ronda Cero para que CFE solicitara las áreas de campos geotérmicos que estuviese interesada en aprovechar. La Secretaría de Energía otorgó en julio de 2015 a CFE cinco títulos de concesión y 13 sitios geotérmicos para exploración que representan el 52% del potencial solicitado por esta empresa productiva del Estado. En noviembre de 2015 se otorgó la primera concesión a privados para la exploración de yacimientos geotérmicos, en Nayarit.

La reforma energética impulsó subastas eléctricas en el Mercado Eléctrico Mayorista para incrementar la inversión en proyectos de generación de electricidad, sobre todo aquellos que fomentaban las energías renovables. La Primera Subasta Eléctrica de Largo Plazo del Mercado Eléctrico Mayorista se llevó a cabo en el primer trimestre de 2016. En esta subasta resultaron ganadoras 11 empresas y se obtuvieron precios inferiores a los 48 dólares por cada megawatt-hora (MWh) de electricidad producida; el incremento en la capacidad eléctrica estaría basado en las energías solar y eólica. En septiembre de 2016 se presentaron los resultados de la Segunda Subasta Eléctrica de Largo Plazo. En esta segunda subasta 23 empresas resultaron ganadoras, a las cuales se les asignó más del 80% de la oferta de compra de potencia, energía y CEL's. Se estimó una inversión de 4,000 millones de dólares (mdd) en los proyectos nuevos que habrán de realizarse en los siguientes 3 años. Los proyectos seleccionados en la subasta reportaron una capacidad de generación de 3,776 MWh en total. En dichos proyectos predominó la generación de electricidad a partir de la tecnología de ciclo combinado (72%), mientras que las tecnologías fotovoltaica (solar), eólica y geotérmica, tuvieron una participación de 15%, 11% y 2%, respectivamente. Los resultados preliminares de esta segunda ronda indicaron un excedente económico de 32.9%, lo cual se asocia a un ahorro logrado entre los precios máximos en que CFE como suministrador de servicios ofreció comprar, y los precios en que los licitantes ganadores ofrecieron vender. El precio promedio de la energía limpia fue de 33.47 dólares por MWh, el cual se ubicó entre los precios más bajos alcanzados a nivel internacional.

En noviembre de 2017 se presentaron los resultados de la Tercera Subasta Eléctrica de Largo Plazo. En la que 9 empresas resultaron ganadoras, las cuales aportarían una inversión estimada de 2,400 millones de dólares para construir 15 nuevas centrales eléctricas a partir de energía limpia en ocho entidades federativas. Así, se construirán 9 centrales eléctricas solares, 5 eólicas y 1 de turbogas, las cuales añadirán 2,562 MWh al Sistema Eléctrico Nacional. Como resultado se alcanzó uno de los precios más bajos a nivel internacional por MWh, el cual se ubicó en 20.57 dólares. Cabe destacar que, CFE adquirió la electricidad a un precio 65% menor del que había solicitado en el paquete de energía y de CEL's; el precio promedio que obtuvo en esta tercera subasta fue un tercio más barato que el obtenido en la segunda subasta y representó la mitad del precio alcanzado en la primera subasta. En esta subasta se incorporará la figura de una Cámara de Compensación, la cual tendrá la función de fungir como contraparte en la firma de contratos de largo plazo tanto con los compradores como con los vendedores para permitirles operar con mayor confianza.

Por otro lado, a finales de enero de 2018 se lanzó la convocatoria de la primera licitación de las líneas de transmisión eléctrica para la interconexión de Baja California al Sistema Interconectado Nacional. Este proyecto se llevará a cabo bajo la modalidad de una Asociación Público-Privada (APP); se estima que la empresa ganadora llevará a cabo una inversión de 1,109 millones de dólares y recibirá una concesión de 30 años por parte de la Secretaría de Energía. Con este proyecto se buscará mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico y profundizar la integración energética con Norteamérica. Asimismo, se incorporarán cerca de 2,000 MWh de energía solar y eólica en los próximos 15 años en la región noroeste del país.

En marzo de 2018 se lanzó la convocatoria para la Cuarta Subasta Eléctrica de Largo Plazo. Mientras que en agosto de 2018 se dio a conocer la convocatoria para la Primera Subasta Eléctrica de Mediano Plazo, con la expectativa de dar a conocer el fallo y los resultados de los ganadores de esta subasta en febrero de 2019.

3. La cancelación de las subastas eléctricas y el reto de retomar la inversión en energías renovables

A principios de diciembre de 2018 el gobierno entrante decidió suspender la Cuarta Subasta Eléctrica de Largo Plazo, y a principios de febrero de 2019 decidió cancelarla (García, 2018; Solís, 2019; Expansión, 2019). A pesar de las solicitudes realizadas por el Consejo Coordinador Empresarial sobre continuar con los procesos de subastas eléctricas, el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace) justificó la cancelación de la programada subasta eléctrica al observar el marco jurídico actual, consideraciones técnicas, económicas y de planeación energética (García, 2019; Solís, 2019). La cancelación de la Cuarta Subasta Eléctrica de Largo Plazo implicó que se dejaran de invertir al menos 1,600 millones de dólares en nuevas centrales eléctricas en el país, principalmente de energías renovables (García, 2019).

Hasta antes de que se interrumpieran las subastas eléctricas de largo plazo, la Secretaría de Energía (Sener) estimaba que los proyectos que resultaron ganadores en las primeras tres subastas eléctricas de largo plazo podrían incrementar en 8,423 mega-watts (MW) la capacidad de generación del Sistema Eléctrico Nacional, de los cuales aproximadamente 7,000 MW de dicho incremento provendría de fuentes renovables y limpias. Asimismo, Sener señalaba que se realizaron 3 procesos que permitieron adjudicar contratos para la compra de cerca de 19 mil 800 gigawatts hora al año de energía renovable, equivalente al consumo eléctrico de 6.5 millones de hogares mexicanos. De acuerdo con Sener, los proyectos adjudicados en las primeras tres subastas eléctricas de largo plazo arrojarían inversiones estimadas en 8 mil 600 millones de dólares, para el año

2020 México tendría 4 veces la infraestructura solar y eólica que había en 2012. Las subastas eléctricas eran consideradas como “...la herramienta perfecta para cumplir con la meta de generación sostenible a bajo costo” (Ordaz, 2019b).

El permitir la participación de privados para incrementar la inversión en el sub-sector eléctrico, sobre todo en la generación de electricidad a partir de fuentes renovables y limpias, parece haber una fortaleza de la reforma energética. El interés en participar en las subastas eléctricas por parte de empresas privadas nacionales y extranjeras llegó a posicionar a México dentro de las 10 naciones con mayor inversión programada en la generación de electricidad mediante energías limpias. Sin embargo, la cancelación de las subastas eléctricas ha generado incertidumbre respecto al mercado mexicano, lo que influyó para que el país cayera en 2019 hasta la posición 19 de 40 países, desde la posición 13 que ocupó en 2018, en el ranking mundial sobre destinos de inversión en energías renovables (Ordaz, 2019b). La firma EY elabora el Índice de Atracción de Energía Renovable por País, del cual los siguientes países obtuvieron la calificación más alta en 2019: China, Estados Unidos, Francia, India y Australia (Ordaz, 2019b).

México se enfrenta el reto de incrementar la inversión pública, privada y mixta en la generación de electricidad mediante energías renovables. Esta atracción de inversión se complica ante la cancelación de las subastas eléctricas, y ahora también ante la baja en la calificación crediticia a CFE. A principios de junio de 2019 Fitch Ratings degradó la calificación crediticia de CFE de BBB+ a BBB; asimismo, Moody's modificó a la baja la calificación crediticia de CFE, la cual se consideraba estable y ahora negativa (Hernández, 2019; Chávez, 2019). Uno de los factores que esgrimió Fitch Ratings para reducir la calificación crediticia de CFE, fue que utiliza una proporción significativa de crudo pesado como insumo para la generación de electricidad, lo cual contribuye a disminuir su rentabilidad (Hernández, 2019). Al haberse cancelado las subastas eléctricas, se redujeron las perspectivas de poder sustituir en una mayor proporción el uso de combustibles fósiles por energías renovables en la generación de electricidad. El cambio tecnológico de sustituir el uso de los combustibles fósiles por energías renovables cada vez podría implicar un mayor imperativo a seguir, dadas las tendencias mundiales que se anticipan para un futuro no muy lejano.

Se estima que en dos o tres décadas el petróleo será sustituido por las energías renovables como principal fuente de energía a nivel mundial, y uno de los factores para esta transición energética sería el creciente costo

energético de extraer petróleo, es decir, que se requiera casi la misma cantidad de energía para extraer un barril de petróleo, que la que puede obtenerse a partir de dicho barril del hidrocarburo. Este fue el postulado del geólogo estadounidense Marion King Hubbert, quien en la década de los 1950's pronosticó que llegaría un momento en el que el costo energético de extraer petróleo haría inviable continuar con dicha actividad, independientemente del costo económico de llevarla a cabo; su postulado se conoce como la “Teoría del Pico de Hubbert” (Cleveland y Kaufmann, 1991; Campbell y Laherrerre, 1998; Deffeyes, 2001; Newman, 2008; Holland, 2008; Korpela, 2008; Boyce, 2013; Priest, 2014; Koppelaar y Middelkoop, 2017). A nivel mundial el petróleo convencional de fácil extracción¹ se está agotando; lo anterior ha obligado a incrementar los proyectos petroleros en aguas profundas o ultra-profundas, así como a incursionar en la obtención de petróleo no convencional (i.e. de lutitas y de arenas bituminosas), lo que implica mayores costos energéticos y económicos (Campbell y Laherrerre, 1998; Instituto Mexicano del Petróleo, 2010; Koppelaar y Middelkoop, 2017).

La anticipada tercera revolución energética en la cual el petróleo sería sustituido por las energías renovables como principal fuente de energía, obedecerá principalmente a un cambio tecnológico, como en las revoluciones energéticas anteriores. Así como durante la Revolución Industrial de los siglos XVIII y XIX la madera fue sustituida por el carbón como el principal insumo energético, más tarde el petróleo sustituiría al carbón a partir de las primeras décadas del siglo XX; actualmente se contempla que la tercera revolución energética podría llevarse a cabo en dos o tres décadas (Podobnik, 2006; De Vries, 2017; Nasdaq, 2017; Cherif et al, 2017). Se estima que en algún momento del período 2040-2050 el petróleo será desplazado por completo por las energías alternativas, sobre todo las renovables y limpias, con lo que el uso energético de dicho hidrocarburo se reduciría de forma significativa (Senado de la República, 2003; Del Río et al., 2016; Cherif et al., 2017). El Foro Económico Mundial (2017) considera que el fin de la era del petróleo es sólo cuestión de tiempo. Cabe destacar que, dos factores contribuyen a incentivar la innovación tecnológica que podría dar lugar a la consolidación de la tercera revolución energética. Dichos factores son el creciente costo energético y económico de extraer petróleo, así como las presiones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático.

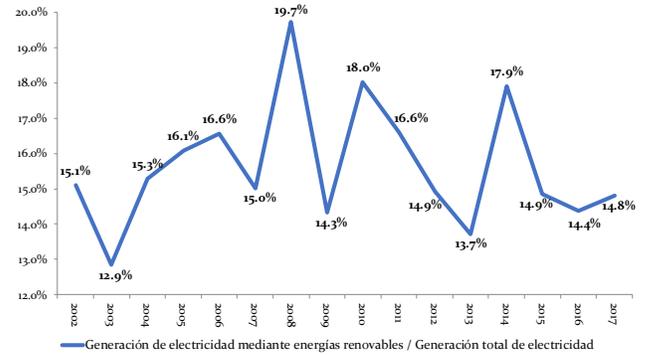
México tiene la oportunidad de adaptarse de forma gradual a la consolidación de esa tercera revolución

¹ El petróleo de fácil extracción es el que se obtiene en campos terrestres o en plataformas ubicadas en zonas costeras de aguas poco profundas.

energética. Para ello, será necesario eliminar de forma gradual la dependencia energética del país respecto a los combustibles fósiles. Si fuera posible recuperar y mantener la tendencia de impulso a nuevos proyectos de generación de electricidad mediante energías renovables que se había observado a partir de la aprobación de la reforma energética, sería más factible acercarse a la meta de generar el 35% de la electricidad a partir de fuentes renovables y limpias en el año 2024 establecida en la Ley General de Cambio Climático. Para alcanzar dicha meta, se requeriría que, en promedio, en cada año del período 2018-2024, la generación de electricidad mediante energías renovables se incremente aproximadamente en una proporción cuatro veces mayor que el incremento de la generación de electricidad mediante fuentes no renovables. Así, por ejemplo, si durante el período 2018-2024 el incremento anual promedio de la generación de electricidad mediante fuentes no renovables fuese de 5%, entonces el incremento promedio anual de la generación de electricidad mediante energías renovables tendría que ser aproximadamente del 20% para alcanzar la meta planteada en la Ley General de Cambio Climático. Asimismo, podría plantearse continuar después de 2024 con una mayor reducción del uso de combustibles fósiles en la generación de electricidad. Posiblemente, ante la inminente tercera revolución energética mundial, se podría plantear la meta de generar el 100% de la electricidad que se consume en el país mediante energías renovables en algún momento del período comprendido entre 2040-2050.

A partir de datos del Sistema de Información Energética (SIE) de la Sener, se observa que la proporción que representó la generación de electricidad con energías renovables respecto a la generación total de electricidad en México osciló en un rango de 12.9% a 19.7% durante el período 2002-2017, y en promedio fue de 15.6%. En dicho período de análisis, el porcentaje promedio de electricidad generada con energías renovables por tipo de tecnología fue el siguiente: i) 12.6% con energía hidroeléctrica; ii) 2.7% con energía geotérmica; iii) 0.3% con energía eólica; iv) 0.002% con energía fotovoltaica. Durante 2017 la proporción de electricidad que fue generada mediante energías renovables fue de 14.9%. Asimismo, durante 2017 la generación de electricidad mediante energías renovables y limpias ascendió a 37,889,598 mega-watts de potencia-hora (MWh), y del total de la electricidad generada mediante energías renovables en dicho año, el 79.2% correspondió a energía hidroeléctrica, el 15.6% a geotérmica, el 5.2% a eólica, y el 0.03% a solar.

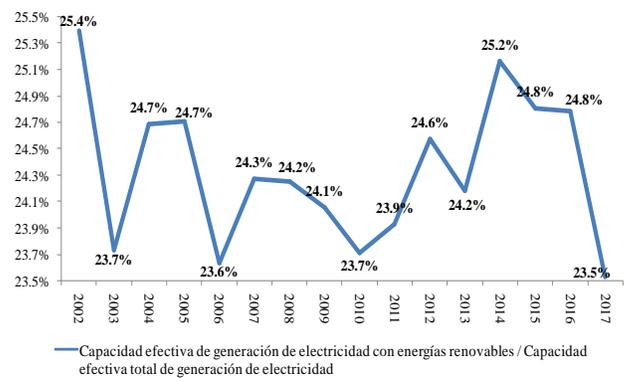
Gráfica 1. Proporción de la electricidad generada con energías renovables en México



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía

Mientras tanto, la proporción que representó la capacidad efectiva de generación de electricidad con energías renovables respecto a la capacidad efectiva total de generación de electricidad en el país osciló en un rango de 23.5% a 25.4% durante el período 2002-2017. Durante 2017 dicha proporción fue de 23.5%, y en dicho año la capacidad efectiva para producir electricidad mediante energías renovables y limpias (hidroeléctrica, eólica, solar y geotérmica) ascendió a 13,083.1 MW. Del total de la capacidad de producción eléctrica mediante energías renovables en 2017, el 92.6% correspondía a energía hidroeléctrica, el 6.7% a geotérmica, el 0.7% a eólica, y el 0.05% a solar.

Gráfica 2. Ratio de la capacidad efectiva de generación de electricidad con energías renovables / capacidad efectiva total de generación de electricidad en México



Fuente: Elaboración propia con base en datos del SIE.

Los proyectos eléctricos concursados y asignados mediante las subastas eléctricas del Mercado Eléctrico Mayorista que se llevaron a cabo permitirán incrementar estos porcentajes de la proporción de electricidad generada mediante energías renovables, y de la proporción de la capacidad efectiva de generación de electricidad con energías renovables respecto a la capacidad efectiva de generación de electricidad total en México en los siguientes años. Sin embargo, es

necesario considerar que este tipo de proyectos requieren un tiempo de maduración para llevarse a cabo y comenzar a ser operativos.

México no sólo debe continuar con el impulso de energías renovables como la eólica, la solar, la geotérmica, la hidroeléctrica y el aprovechamiento de biomasa, sino que también podría incursionar en la generación de electricidad a partir de la energía oceánica. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), para 2050 el aprovechamiento de la energía oceánica podría incrementar en 300 Gigavatios (GW) la capacidad instalada para producir electricidad a nivel mundial, lo que además podría crear más de 680 mil empleos directos y generar un ahorro de 500 millones de toneladas equivalentes de emisiones de bióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera (Conacyt, 2018). Desde 2017, científicos mexicanos, en coordinación con organismos públicos e iniciativa privada, evalúan la capacidad de generación de energía eléctrica a través del aprovechamiento de las corrientes marinas en el país; esta iniciativa es encabezada por el Centro Mexicano de Innovación en Energía Océano (Cemie-Océano) (Conacyt, 2018). Se han identificado el golfo de California y el mar Caribe como regiones con condiciones favorables para la presencia de corrientes marinas intensas y una variación significativa de rangos de marea factibles de ser aprovechados como una fuente alterna de energías renovables (Conacyt, 2018).

Por otro lado, es factible impulsar la generación de electricidad mediante energías renovables no sólo en proyectos de gran escala, sino también en proyectos de media e incluso pequeña escala. Así, por ejemplo, podrían impulsarse proyectos de generación de electricidad mediante biogás obtenido a partir de desechos orgánicos en granjas pecuarias o en tiraderos de basura. El biogás se obtiene mediante la descomposición anaeróbica de materia orgánica, lo que significa que debe de llevarse a cabo en un ambiente con poco oxígeno. Este ambiente propicio se puede obtener mediante el uso de biodigestores, los cuales son excavaciones cubiertas con una geomembrana que cuentan con tuberías y otro tipo de equipamiento para producir biogás. Dentro de los biodigestores se introduce materia orgánica de desecho como puede ser el estiércol animal o la basura orgánica. Los biodigestores facilitan la descomposición anaeróbica de dicha materia orgánica, con lo que se produce gas metano, el cual no sólo deja de ser emitido a la atmósfera —con lo que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero—, sino que también puede ser aprovechado para producir electricidad. En México ya es una práctica cada vez más común el que se instalen biodigestores en granjas pecuarias; sin embargo, no en todos los casos se aprovecha el biogás para generar electricidad, ya que el biogás en ocasiones simplemente

se quema. Además de impulsar el uso de biodigestores en granjas pecuarias, y el aprovechamiento del biogás para producir energía, es factible impulsar la instalación de rellenos sanitarios en los tiraderos de basura en ciudades y municipios. Los rellenos sanitarios son grandes biodigestores que permiten generar biogás mediante la descomposición de basura orgánica, con el cual igualmente se podría generar energía eléctrica.

Conclusiones y recomendaciones

Con la cancelación de las subastas eléctricas en México, se ha generado incertidumbre en el mercado energético, lo que ha contribuido a perder el impulso en la inversión en proyectos de generación de electricidad mediante energías renovables que se había alcanzado con la aprobación de la reforma energética. Se requiere impulsar la inversión pública, privada y mixta en ese tipo de proyectos para aumentar las probabilidades de cumplir la meta de generar el 35% de la electricidad mediante energías renovables en 2024, la cual fue planteada en la Ley General de Cambio Climático. Por otro lado, podría ser factible tener que plantear una meta más ambiciosa debido a que podría consolidarse la tercera revolución energética mundial en algún momento entre 2040 y 2050, en la cual se espera que el petróleo sea desplazado por las energías renovables como la principal fuente mundial de energía. En un escenario así, podrían no existir suficientes incentivos para continuar con la extracción de hidrocarburos. Ante estas perspectivas, se considera que las mejores alternativas para México en el tema analizado podrían ser las siguientes. En primer lugar, impulsar una política de Estado que favorezca la generación de electricidad a través de fuentes renovables; el fomento a la tecnología carboeléctrica debería eliminarse lo más pronto posible, principalmente por sus impactos negativos al medio ambiente. En segundo lugar, recuperar el impulso para incentivar la inversión pública, privada y mixta en la generación de electricidad mediante energías renovables. En tercer lugar, impulsar tanto los proyectos de generación de electricidad mediante energías renovables de gran escala, como los de mediana y pequeña escala, y que todos estos proyectos puedan participar en el mecanismo de los Certificados de Energías Limpias (CELs), cuya operación debe mantenerse y fortalecerse.

Referencias

- Boyce, J. (2013), *Prediction and Inference in the Hubbert-Deffeyes Peak Oil Model*, The Energy Journal, Vol. 34, No. 2, International Association for Energy Economics.
- Del Río, J., Rosales, M., Ortega, V., Maya, S. (2016), *Análisis de la Reforma Energética*, Serie: Reformas Estructurales: Avances y Desafíos, Número 6, Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República. Disponible en: <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/3404/ENERGETICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Del Río, J., y Rosales, M. (2018), *Reforma Energética: balance de cierre a 2018*, capítulo de libro en: Arroyo, J., Arredondo, I., Díaz, A., Cortés, M. (Coord.) (2018), *Balance de las Reformas Estructurales*, Tomo II, ISBN del Tomo II 978-607-8620-08-1, Senado de la República, Instituto Belisario Domínguez, Ciudad de México, México. Link: <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/4122/T2%20Tomo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- De Vries, A. (2017), *Will The Third Great Energy Revolution End The Oil & Gas Industry?*, Oilprice.com. Disponible en: <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/The-Era-Of-Oil-And-Gas-Is-Nearing-Its-End.html>
- Campbell, C., Laherrerre, J. (1998), *The End of Cheap Oil*, Scientific American, Vol. 278, No. 3, Scientific American, a division of Nature American Inc.
- Cleveland, C., Kaufmann, R. (1991), *Forecasting Ultimate Oil Recovery and Its Rate of Production: Incorporating Economic Forces into the Models of M. King Hubbert*, The Energy Journal, Vol. 12, No. 2, International Association for Energy Economics.
- Chávez, I. (2019), *Moody's reduce calificación a CFE, Cenagas y Pemex*, Energía Hoy. Disponible en: http://energiyahoy.com/2019/06/07/moodys-reduce-calificacion-a-cfe-cenagas-y-pemex/?fbclid=IwAR1_EoWyEJh9FVhgZObKK9bvBgFSt-XA5qxKcy_tsqifMyIY8xuvYWaxyxg
- Cherif, R., Hasanov, F., Husain, A. (2017), *El fin de la era del petróleo: Es sólo cuestión de tiempo*, FMI Blog, Fondo Monetario Internacional. Disponible en: <https://blog-dialogoafondo.imf.org/?p=8291>
- Conacyt (2018), *Energía oceánica, alternativa para generar electricidad en México*, Agencia informativa del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Disponible en: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/energia/21198-energia-oceanica-generacion-electricidad-mexico>
- Deffeyes, K. (2001), *The Impending World Oil Shortage*, Princeton University Press.
- Expansión (2019), *La Sener desoye a los empresarios y cancela subastas eléctricas*, Expansión. Disponible en: <https://expansion.mx/empresas/2019/01/31/empresarios-piden-la-continuidad-de-las-subastas-de-energia-limpia>
- Foro Económico Mundial (2017), *El fin de la era del petróleo es sólo cuestión de tiempo*, Foro Económico Mundial. Disponible en: https://es.weforum.org/agenda/2017/09/el-fin-de-la-era-del-petroleo-es-solo-cuestion-de-tiempo?utm_content=buffer2ed09&utm_medium=social&utm_source=facebook.com&utm_campaign=buffer
- García, K. (2018), *Suspenden cuarta subasta eléctrica*, El Economista, Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Suspenden-cuarta-subasta-electrica-20181204-0002.html>
- García, K. (2019), *Gobierno de AMLO desoye a IP y tira subasta eléctrica*, El Economista. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Gobierno-de-AMLO-desoye-a-la-IP-y-tira-subasta-electrica-20190205-0019.html>
- Hernández, A. (2019), *Fitch también baja calificaciones a CFE*, El Universal. Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/economia/fitch-tambien-baja-calificaciones-cfe>
- Holland, S. (2008), *Modeling Peak Oil*, The Energy Journal, Vol. 29, No. 2, International Association for Energy Economics.
- Instituto Mexicano del Petróleo (2010), *Estudio del arte y prospectiva de la tecnología para la explotación de campos petroleros en aguas profundas*, Academia de Ingeniería de México.
- Koppelaar, R., Middelkoop, W. (2017), *Peak Oil Revisited: The End of Cheap Oil* in Koppelaar, R., Middelkoop, W. (2017), *The Tesla Revolution*, Amsterdam University Press.
- Korpela, S. (2008), *The Prediction of World Peak Oil Production*, in Newman, S. (2008), *The Final Energy Crisis*, Pluto Press.
- Nasdaq (2017), *The Era of Oil and Gas Is Nearing Its End*, Nasdaq. Disponible en: <https://www.nasdaq.com/article/the-era-of-oil-and-gas-is-nearing-its-end-cm871033>
- Newman, S. (2008), *101 Views from Hubbert's Peak*, in Newman, S. (2008), *The Final Energy Crisis*, Pluto Press.
- Priest, T. (2014), *Hubbert's Peak: The Great Debate over the End of Oil*, Historical Studies in the Natural Sciences, Vol. 44, No. 1, University of California Press.
- Ordaz, Y. (2019), *Cenace cancela cuarta subasta eléctrica de largo plazo*, Milenio. Disponible en: <https://www.milenio.com/negocios/cenace-cancela-cuarta-subasta-electrica-plazo>

- Ordaz, Y. (2019b), *México retrocede seis lugares como destino de inversión en energías renovables*, Milenio. Disponible en: <https://www.milenio.com/negocios/energias-renovables-ponen-mexico-posicion-19-ranking-recai?fbclid=IwAR3Gukk2EaHOqFMUfLsTJw4RNhroFAlPpbUqJ61rp7zVHE49EhmPi8onNUY>
- Podobnik, B. (2006), *Global Energy Shifts*, Temple University Press.
- Senado de la República (2013), *Dictamen de las Comisiones Unidas de Puntos Constitucionales; de Energía, y Estudios Legislativos, Primera, con Proyecto de Decreto por el que se Reforman y Adicionan Diversas Disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en Materia de Energía*, Senado de la República. Disponible en: http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2013/12/asun_3054419_20131210_1386743657.pdf
- Solís, A. (2019), *Regulador eléctrico cancela la cuarta subasta eléctrica*, *Forbes México*. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/regulador-electrico-cancela-la-cuarta-subasta-electrica/>
- Solís, A. (2019b), *México erosiona su atractivo de inversión en energías renovables*, *Forbes México*. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/mexico-erosiona-su-atractivo-de-inversion-en-energias-renovables/>

Sitios consultados

- Administración de Información de Energía de los Estados Unidos (EIA por sus siglas en inglés) (<https://www.eia.gov/>)
- Banco de México (<http://www.banxico.org.mx/>)
- Banco Mundial (<http://www.worldbank.org/>)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE) (www.cfe.gob.mx)
- Instituto Belisario Domínguez del Senado de la República (IBD) (www.senado.gob.mx/ibd)
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) (www.inegi.org.mx)
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (<http://www.oecd.org/>)
- Reformas en Acción (<http://reformas.gob.mx/>)
- Rondas México (<https://rondasmexico.gob.mx/>)
- Secretaría de Energía, Sener (www.energia.gob.mx)
- Sistema de Información Energética (<http://sie.energia.gob.mx/>)
- Indicadores Mundiales de Desarrollo (<http://databank.worldbank.org/data/views/variableselection/selectvariables.aspx?source=world-development-indicators>)