

CUARTA PARTE

ENERGÍAS RENOVABLES  
Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA

## MÉXICO FRENTE A LA GEOPOLÍTICA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Alejandro CHANONA ROBLES\*

SUMARIO: I. *Introducción*. II. *El ascenso de las energías renovables*. III. *Principios y evolución de la geopolítica energética*. IV. *Implicaciones geopolíticas de la revolución renovable*. V. *Perspectiva geopolítica de las energías renovables en México*. VI. *Conclusiones*. VII. *Bibliografía*.

### I. INTRODUCCIÓN

La dinámica geopolítica de la energía está cambiando. Por décadas, la lógica y supuestos del análisis geopolítico giraron exclusivamente en torno a los hidrocarburos, particularmente el petróleo y el gas natural. Dicho paradigma ha comenzado a transformarse con la adopción acelerada de las energías renovables alrededor del mundo, en especial la eólica y la solar. Hacia adelante, la geopolítica energética versará menos sobre la competencia por el control de recursos naturales estratégicos, y se enfocará más en el acceso y despliegue de tecnologías e infraestructura renovable. Esto arrojará un cambio en la correlación de fuerzas a nivel internacional, así como un nuevo equilibrio con ganadores, perdedores, alianzas y rivalidades; en suma, habrá una reconfiguración del mapa energético global. El presente artículo tiene como finalidad profundizar en las implicaciones geopolíticas asociadas a la descarbonización desde una perspectiva mexicana.

---

\* Licenciado en Relaciones Internacionales por el ITAM y Maestro en Asuntos Internacionales con especialización en Política Energética por la Universidad de Columbia. Cuenta con más de diez años de experiencia como servidor público y consultor en el sector energético y el campo de la sostenibilidad. Asimismo, se ha desempeñado como Profesor Adjunto del Departamento de Estudios Internacionales del ITAM, donde ha impartido el curso “Sistema Energético Internacional” a nivel licenciatura. Contacto: [ac3227@columbia.edu](mailto:ac3227@columbia.edu).

El primer apartado trata sobre los cambios estructurales que están impulsando la descarbonización del sector eléctrico a nivel global. Asimismo, se evalúa el papel complementario que han comenzado a desempeñar tendencias como la electrificación de usos finales, la descentralización y la digitalización de la industria eléctrica. En seguida, se exponen los conceptos fundamentales, principios rectores y evolución del análisis geopolítico energético a través de los años. Posteriormente, se presenta una discusión más detallada sobre dos factores geopolíticos clave: la disponibilidad de materiales críticos y la operación de sistemas eléctricos cada vez más complejos y dinámicos. Por último, se identifican riesgos y oportunidades geopolíticas para México de cara a la descarbonización del sector eléctrico.

## II. EL ASCENSO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La industria energética global comienza a experimentar una transformación profunda. Así como el carbón sustentó la revolución industrial en el siglo XIX y el petróleo facilitó la globalización durante buena parte del siglo XX, las energías renovables se han perfilado como la principal fuente de energía del mundo para los próximos cien años. Esta transformación se explica a partir de avances tecnológicos considerables en múltiples frentes, reducciones de costo significativas a nivel industria, así como un reconocimiento casi universal de los riesgos de salud y ambientales que conlleva un modelo de crecimiento económico basado en las energías fósiles (Chanona, 2020b). Actualmente, pocos especialistas dudan si efectivamente transitaremos hacia un sistema energético bajo en carbono; la pregunta relevante es si dicha transformación será lo suficientemente rápida para evitar las devastadoras consecuencias del cambio climático.

La quema de combustibles fósiles ha sido el motor de la economía mundial por más de dos siglos. Si bien ello ha viabilizado el desarrollo político, económico, tecnológico y social de naciones enteras, también es cierto que ha implicado un costo elevado en términos de deterioro ambiental y salud pública. La emisión y concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera —producto de la actividad humana— ha resultado en el aumento de la temperatura promedio de la tierra y, en consecuencia, en alteraciones del comportamiento climático del mundo. Entre los principales impactos se encuentran el calentamiento y acidificación de los océanos, el incremento promedio mundial del nivel del mar, la disminución de los glaciares y el adelgazamiento de las capas de nieve en los polos, inundaciones recurrentes, una menor disponibilidad de agua para consumo humano e industrial,

un incremento en el número e intensidad de huracanes, sequías más prolongadas, una mayor propensión a incendios forestales, la pérdida de biodiversidad y la modificación de vectores de enfermedades infecciosas tales como el dengue, entre otros (INECC, 2018).

A efecto de limitar las emisiones globales de gases de efecto invernadero, 197 países —incluido México— adoptaron el Acuerdo de París en diciembre de 2015. El Acuerdo establece que las partes se comprometen a

mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático (CMNUCC, 2015).

Para lograr dicho objetivo será fundamental —aunque no suficiente— la descarbonización de la industria eléctrica, la cual es responsable de emitir una cuarta parte de los gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera (EPA, 2014).

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (AIE), para descarbonizar el sector eléctrico de manera eficiente en las próximas décadas, se requerirá de un amplio portafolio tecnológico que contemple tanto tecnologías maduras y en la etapa de adopción temprana, como innovaciones aún en fase de demostración y de prototipo (2020a). En este sentido, la base tecnológica para la descarbonización será el despliegue masivo de las energías renovables, definidas como “aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes” (LTE, artículo 3). Entre las principales fuentes de energía renovable se encuentran la eólica, la solar, la hidroeléctrica, la geotérmica, la oceánica y la biomasa.

Adicionalmente, existen tecnologías cuyo desarrollo complementa y/o facilita el despliegue de las energías renovables. Es el caso de las tecnologías de almacenamiento, las cuales han contribuido a compensar la variabilidad de las energías eólica y solar, pues funcionan como una esponja que absorbe energía excedente o de bajo costo en los horarios de menor demanda y que la devuelve a la red eléctrica en los momentos de mayor consumo. La rápida adopción de las baterías de ion de litio en las industrias electrónica y automotriz ha posicionado a esta tecnología de almacenamiento como la de mayor potencial de crecimiento; no obstante, distintas tecnologías han atraído inversiones y se han vuelto cada vez más baratas, confiables y efi-

cientes (Chanona, 2017). Otros ejemplos de procesos y tecnologías complementarias son la eficiencia energética, la infraestructura de carga para vehículos eléctricos, las superredes, las microrredes, el hidrógeno verde a base de electrólisis, la captura y utilización de carbono, así como aplicaciones basadas en inteligencia artificial y macrodatos.

La transición hacia las energías renovables no únicamente está siendo impulsada por una creciente consciencia ambiental y avances tecnológicos notables. Optar hoy en día por un sistema eléctrico basado en fuentes renovables también se justifica en un sentido económico, pues los costos nivelados de la energía de las fuentes renovables se han reducido de forma dramática. De acuerdo con un estudio reciente de la consultoría Lazard, en la última década, los costos de las energías eólica terrestre y solar fotovoltaica han disminuido 70% y 89%, respectivamente (2019). Esta tendencia ha colocado a ambos tipos de energía como opciones sumamente competitivas (aun sin subsidio), superando a fuentes no renovables como el carbón, el combustóleo, el diésel y la energía nuclear. En la actualidad, sólo la energía generada por centrales de ciclo combinado a base de gas natural registra costos equiparables con las energías eólica y solar. Estas últimas se han consolidado como las fuentes de energía más baratas para más de dos terceras partes de la población mundial, abarcando países tan relevantes como China, India y Estados Unidos (BNEF, 2020). Los costos han continuado a la baja en meses y años recientes; apenas el 28 de abril de 2020 un proyecto de generación solar ganador de una subasta eléctrica en Abu Dabi arrojó un precio récord de 13.5 dólares por megawatt-hora (USD 13.5/MWh), el más bajo en la historia para cualquier tecnología (Bellini, 2020).

Esta pronunciada reducción de costos ha viabilizado la adopción de las energías renovables a gran escala. Sistemas eléctricos como el de California son capaces de operar la red de forma estable con niveles de energía renovable variable superiores al 50% e incluso 70% (California ISO, 2020). Gracias a innovaciones en materia de almacenamiento eléctrico, demanda controlable, movilidad eléctrica y desarrollo de superredes, será posible operar sistemas con porcentajes cada vez mayores de energía renovable de forma flexible y confiable, algo que hubiera sido impensable hace algunos años (en los siguientes apartados se aborda la relevancia del criterio de flexibilidad en mayor detalle). Vale la pena anotar que el COVID-19 ha acentuado esta tendencia de expansión, pues en línea con las estimaciones de la AIE, las renovables serán las únicas fuentes de energía en el mundo cuya demanda crecerá durante 2020, lo que aumentará su participación de mercado (2020d).

Hacia adelante, la integración masiva de las energías renovables será crucial para enfrentar un reto doble, ya que las fuentes renovables no úni-

camente habrán de atender la demanda nueva o incremental asociada al crecimiento económico y poblacional, sino que además deberán sustituir a buena parte de los proyectos de generación no renovable que actualmente operan y que eventualmente serán retirados del sistema. A este respecto, actores relevantes de la comunidad internacional han asumido compromisos en materia de descarbonización. Naciones como China, Japón y Corea del Sur han hecho públicas sus intenciones de alcanzar la neutralidad de carbono a nivel país hacia mediados de siglo (Carbon Brief, 2020). Por su parte, la India y la Unión Europea han fijado metas y establecido políticas encaminadas a incrementar el porcentaje de las fuentes renovables en sus sistemas eléctricos (Mulvaney, 2019). Algunos países como Alemania, España y Portugal incluso han definido fechas límite para dejar de usar carbón por completo; otros como Austria y Suecia han dado un paso todavía más ambicioso, al aprovechar la contracción del consumo eléctrico registrado a partir de la pandemia de COVID-19 para cerrar sus últimas centrales carboceléctricas en meses recientes.

El consenso ambiental, los avances tecnológicos y las reducciones de costo se han alineado en favor de las energías renovables. En el mediano y largo plazo, los esfuerzos concertados a nivel internacional resultarán en una matriz de generación más limpia y menos dependiente de los combustibles fósiles. De acuerdo con el escenario central estimado por la consultoría Bloomberg New Energy Finance, hacia 2050, 56% de la electricidad generada a nivel global provendrá del viento y del sol, 13% será atribuible a otras fuentes renovables, 7% corresponderá a la energía nuclear y tan sólo 24% se generará a partir de combustibles fósiles (2020). La profundidad y velocidad de la transición energética puede variar según la fuente consultada, sin embargo, hay certeza en cuanto al punto de inflexión alcanzado y el rumbo renovable que ha adoptado la industria a nivel global.<sup>1</sup>

Ahora bien, el ascenso de las energías renovables por sí mismo no significa que se evitarán las consecuencias del cambio climático en automático; se trata de una condición necesaria mas no suficiente. Al respecto, se calcula que 3 de cada 4 compromisos climáticos realizados en el marco del Acuerdo

---

<sup>1</sup> A efecto de contrastar distintos escenarios y proyecciones sobre la transición energética, véanse Nyquist, Scott, “Energy 2050: Insights from the ground up”, *McKinsey & Company*, 4 de noviembre de 2016, disponible en: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/energy-2050-insights-from-the-ground-up>; Exxon Mobil, *Outlook for Energy: A Perspective to 2040*, 2019, disponible en: <https://corporate.exxonmobil.com/Energy-and-environment/Looking-forward/Outlook-for-Energy>; y International Renewable Energy Agency, *Global Renewables Outlook*, 2020, disponible en: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA\\_GRO\\_Summary\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_GRO_Summary_2020.pdf).

de París son parcial o completamente insuficientes para alcanzar las metas contenidas en el propio Acuerdo (UEF, 2019). Esto ha atraído diversas críticas con relación a la efectividad del Acuerdo; sin embargo, estas posiciones no consideran que se trata de un mecanismo dinámico diseñado para evolucionar en el tiempo. Asimismo, ante el fracaso que representó el Protocolo de Kioto, no debe menospreciarse el valor intrínseco de tener en la mesa de negociación a los principales países emisores de gases de efecto invernadero.

Un fenómeno que ejemplifica bien el alcance de la revolución renovable es la transformación de algunas empresas petroleras. En la última década, compañías como BP, Shell, Total y Equinor han observado el desempeño positivo de las energías renovables y han decidido incursionar en la industria como parte de una estrategia de descarbonización más ambiciosa. Lo que en principio parecería contradictorio, es en realidad una oportunidad sumamente atractiva para el sector hidrocarburos. Estas empresas han comenzado a diversificar su portafolio de activos e inversiones, cubriéndose así de la volatilidad del mercado petrolero y adaptando su modelo de negocios a la nueva realidad energética internacional – una tendencia intensificada por la crisis del COVID-19 (AIE, 2020d). Cabe anotar que no todas las compañías han asumido una perspectiva de sostenibilidad, ni han comenzado a prepararse para un futuro bajo en carbono. Destacan los casos de Exxon Mobil y Chevron que, al enfocar sus carteras de inversión casi exclusivamente en proyectos petroleros, han evidenciado un cisma entre las empresas petroleras de Europa y de Estados Unidos.

El sector petrolero cuenta con capacidades financieras y acceso a crédito que le permiten emprender proyectos de gran escala, así como amplios conocimientos y experiencia a la hora de instalar y operar infraestructura en alta mar (relevante para la energía eólica), en el subsuelo (relevante para la energía geotérmica) y por medio de ductos (relevante para el hidrógeno verde) (Chanona, 2020b). En este sentido, ninguna empresa petrolera ha apostado tan fuerte por las energías renovables como Ørsted (antes DONG), la compañía danesa que, tras enfrentar oposición social a un proyecto de generación fósil en Alemania, se volcó al desarrollo de las energías renovables (en particular la eólica marina), vendió todos sus activos petroleros, salió a bolsa, amplió su presencia en distintos países y renovó su filosofía e identidad corporativa (McKinsey & Company, 2020). Todo esto lo logró bajo estándares de rentabilidad y aumentando su capitalización de mercado, por lo que su transformación se ha convertido en un estudio de caso y una hoja de ruta para empresas en busca de una redefinición estratégica sostenible (Steiner, 2020).

El presente apartado ha planteado el entorno y factores que están impulsando la descarbonización del sector eléctrico a nivel global. Adicionalmente, se han identificado tres tendencias complementarias que están moldeando el futuro de los sistemas eléctricos alrededor del mundo. La primera de ellas es la creciente electrificación de usos finales. La AIE ha proyectado en todos sus escenarios de planeación un incremento aproximado de 50% en el consumo total de electricidad a nivel mundial en los próximos 20 años (2020c). Ello no sólo es atribuible al crecimiento económico y poblacional estimado; también incide una progresiva electrificación de usos finales, es decir, una sustitución tecnológica que incorpora el uso de electricidad como principal fuente de energía en algún proceso o actividad, en lugar de combustibles fósiles convencionales. Algunos ejemplos de usos finales susceptibles de electrificación son el transporte (vehículos comerciales y de carga), así como el sector industrial, de los edificios y de la construcción (instalación de calentadores, calderas, compresores, estufas y sistemas de refrigeración) (Jadun *et al.*, 2017). Para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de manera significativa a nivel sistémico, será trascendental vincular la descarbonización con la electrificación, pues en la medida que se electrifiquen un mayor número de dispositivos, vehículos, equipos y maquinaria, mayor será el alcance e impacto de la energía renovable. Ahora bien, no todos los sectores son susceptibles de electrificación, sobre todo tratándose de industrias pesadas como el cemento, el acero, la química y el vidrio, las cuales registran un consumo intensivo de energía y emplean procesos térmicos en sus cadenas de valor. Estos sectores —que producen aproximadamente el 22% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)— podrán descarbonizarse, sin embargo es probable que recurran a tecnologías alternativas como el hidrógeno verde a base de electrólisis y la captura y utilización de carbono (Friedmann *et al.*, 2019).

La segunda tendencia complementaria es la descentralización de la industria eléctrica. Por décadas, los sistemas eléctricos alrededor del mundo operaron bajo un modelo unidireccional y centralizado. Dicho esquema se basaba en la instalación de centrales de gran escala que generaban energía eléctrica, la cual posteriormente era conducida hasta los puntos de consumo a través de las redes de transmisión y distribución. Este paradigma está cambiando en la medida que pequeños generadores que producen electricidad en sitio, o cerca de los puntos de consumo, se conectan directamente a la red de distribución. Este modelo multidireccional, comúnmente conocido como generación distribuida, se ha vuelto cada vez más común para usuarios residenciales, comerciales e industriales alrededor del mundo. Al respecto, la AIE estima que, hacia 2024, los sistemas solares instalados de manera dis-



tribuida a nivel global se duplicarán y alcanzarán los 540 gigawatts (GW) de capacidad (2019). Vale la pena señalar que las fuentes renovables, en particular la energía solar, son las que mayor potencial distribuido presentan en virtud de su dispersión geográfica, amplia disponibilidad y cercanía a los puntos de consumo. Por esta razón, la descentralización de la energía será decisiva para amplificar la descarbonización del sector eléctrico en el mediano y largo plazo.

En tercer lugar, se encuentra la progresiva digitalización de la industria eléctrica. Así como nuevas tecnologías digitales han transformado diversos aspectos de nuestra vida diaria, el sector eléctrico ha comenzado a adoptar innovaciones que, en lo sucesivo, le permitirán operar de forma más eficiente, confiable y sostenible. En concreto, por medio de herramientas de análisis de datos, automatización e inteligencia artificial, es posible optimizar la operación del sistema eléctrico en tiempo real, programar mantenimientos con mayor precisión, detectar fallas y apagones con mayor rapidez, agregar y administrar a varios generadores distribuidos de manera coordinada e interactuar con el usuario de forma personalizada. El potencial de estas transformaciones no es menor; se estima que la incorporación generalizada de herramientas digitales podría generar un ahorro equivalente al 5% de los costos anuales de generación eléctrica a nivel global (AIE, 2017). Asimismo, las herramientas digitales abonarán a la descarbonización de la industria eléctrica, pues contribuirán a integrar y administrar altos porcentajes de generación renovable variable de manera segura y confiable (IRENA, 2019).

Las fuentes renovables están llamadas a desempeñar un papel decisivo en la transición energética y la lucha contra el cambio climático. Como se explicó en el presente apartado, la descarbonización del sector eléctrico cuenta con cimientos ambientales, tecnológicos y económicos sólidos. Esto ha sido reconocido por prácticamente toda la comunidad internacional, la sociedad civil, la academia e incluso parte de la industria petrolera. Más aún, la pandemia de COVID-19 ha acelerado la transición hacia un modelo de desarrollo económico basado en las energías renovables. Gobiernos nacionales y organismos multilaterales han recomendado que los paquetes de reactivación y planes de estímulo que se autoricen a la luz de la crisis sanitaria, prioricen la creación de “empleos verdes”, así como inversiones en proyectos de energía eólica y solar, almacenamiento eléctrico, redes de transmisión y distribución, captura y utilización de carbono, eficiencia energética y movilidad sostenible. De igual manera, han propuesto que los créditos y apoyos fiscales que se otorguen durante este periodo estén condicionados a la obtención de objetivos y estándares de sostenibilidad y climáticos (Chanona, 2020a).

En paralelo, tendencias como la electrificación de usos finales, la descentralización y la digitalización de la industria eléctrica influirán en la profundidad y velocidad de la revolución renovable en las próximas décadas. A partir de este marco de referencia, en las siguientes secciones se realiza un análisis geopolítico en torno al ascenso de las energías renovables. Cabe destacar que no se trata de un análisis sobre la geopolítica del cambio climático, un campo temático independiente y que tiene una lógica propia.<sup>2</sup> Asimismo, debe recalcar que, tal y como se ha planteado en el presente apartado, el fenómeno a estudiarse es el ascenso de las energías renovables en el marco de la descarbonización del sector eléctrico, no la descarbonización de economías enteras, lo que supondría un análisis geopolítico más amplio que abarcaría otros sectores como el industrial, el de transporte, el agrícola y el forestal.

### III. PRINCIPIOS Y EVOLUCIÓN DE LA GEOPOLÍTICA ENERGÉTICA

La geopolítica clásica —concebida a inicios del siglo XX— se define como “la influencia de los factores geográficos [...] en el desarrollo político de la vida de los pueblos y Estados” (Cuéllar, 2012: 62). Esta visión centra su análisis en el Estado como actor esencial del sistema internacional e interpreta la protección del interés nacional a través de un lente militar. Bajo esta lógica determinista, las acciones del Estado deben encaminarse a maximizar su poder, para así garantizar su supervivencia, seguridad e incluso hegemonía (Pauselli, 2013: 80). Así, la geopolítica clásica buscaba explicar la expansión de las potencias coloniales, la formación de alianzas entre naciones, así como la administración de recursos estratégicos tales como el agua, los minerales y las tierras agrícolas.

En la segunda mitad del siglo XX el análisis geopolítico comenzó a abordarse en términos más amplios. Después de la Segunda Guerra Mundial, el determinismo asociado a la interpretación original comenzó a cuestionarse y la geopolítica se resignificó desde una perspectiva crítica. Esto es, el discurso geopolítico empezó a entenderse como una construcción de “instituciones como el gobierno, el ejército, el mercado o los diversos actores intelectuales de Estado, con la finalidad de justificar su propio poder y autoridad sobre la población u otros Estados” (Betancur-Díaz, 2019: 132). Esta interpretación

---

<sup>2</sup> Véase Bosnjakovic, Branko, “Geopolitics of climate change: A review”, *Thermal Science*, 16(3): 629, enero de 2012, disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/301889077\\_Geopolitics\\_of\\_climate\\_change\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/301889077_Geopolitics_of_climate_change_A_review).

más subjetiva abrió la puerta para que se reconociera que el poder no únicamente emana del territorio ocupado y no sólo reside en el Estado, por lo que deben considerarse otros espacios de influencia, distintas identidades, así como múltiples actores previamente ignorados. Fue entonces que el análisis geopolítico militar tradicional se enriqueció a partir de la incorporación de argumentos económicos, sociales y culturales. Para efectos del presente artículo ambas lecturas sobre la geopolítica son valiosas y se especificará cuando cada enfoque sea analíticamente relevante. A continuación, se examinará la evolución del análisis geopolítico aplicado al sector energético, desde sus orígenes clásicos hasta sus interpretaciones más críticas y contemporáneas.

Por décadas, la geopolítica energética ha girado en torno a los hidrocarburos, particularmente el petróleo y el gas natural. En línea con la definición clásica de geopolítica, se ha razonado que el acervo natural de hidrocarburos de cada Estado determina las posibilidades de promover sus intereses domésticos y potenciar su influencia en el exterior. De esta manera, el control sobre reservas de hidrocarburos suficientes, el desarrollo de capacidades de procesamiento y logística, la seguridad de las vías de suministro y el acceso a mercados competitivos, se han erigido como los pilares del análisis geopolítico energético convencional. A partir de estos pilares, ha sido posible valorar la posición —ya fuera de fortaleza o debilidad— de un Estado frente a sus pares y dentro del sistema internacional. En suma, la competencia por acceder a un suministro de hidrocarburos estable y asequible se ha convertido en un factor crucial tanto de conflicto como cooperación en la arena global (Vakulchuk *et al.*, 2020).

Un ejemplo paradigmático de la geopolítica clásica de los hidrocarburos es la carrera naval anglo-alemana registrada a principios del siglo XX, misma que contribuyó al estallido de la Primera Guerra Mundial. Durante esta rivalidad armamentista, Alemania se propuso incrementar las capacidades de la Marina Imperial de tal forma que fueran equiparables con aquellas de la Marina Real británica. Por su parte, Reino Unido interpretó las intenciones alemanas como un esfuerzo expansionista que atentaba contra su supremacía en los mares y su estatus como principal potencia mundial. En consecuencia, ambos Estados comenzaron una carrera por desarrollar flotas de guerra más robustas y acorazados más sofisticados. En 1911, bajo esta atmósfera de confrontación, Winston Churchill —aún como primer lord del Almiraltazgo— tomó la decisión estratégica de sustituir el carbón por el petróleo como combustible principal de la Marina Real (Johnstone y McLeish, 2020). Dicha conversión tecnológica apuntaló la hegemonía naval británica y puso en desventaja a Alemania, ya que el petróleo es más fácil de transportar y almacenar, al tiempo que registra una mayor

densidad energética que el carbón. Este episodio histórico marcó un hito en la geopolítica clásica, pues evidenció la estrecha relación entre la administración de recursos energéticos y la protección del interés nacional por medio de capacidades militares.

Si bien el sector energético ha incidido de manera permanente en el sistema internacional, existen varias interacciones y episodios que ejemplifican con claridad la dinámica geopolítica de los hidrocarburos. Por citar algunos casos, está el embargo de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) en 1973, las tensiones regionales en el Golfo Pérsico por ejercer control sobre el Estrecho de Ormuz, las constantes disputas entre Rusia y Europa por el abastecimiento de gas natural, así como la cooperación entre Rusia y Arabia Saudita ante la consolidación de Estados Unidos como potencia petrolera durante la última década. A pesar de la heterogeneidad de los casos mencionados, todos comparten una misma lógica: ante una disyuntiva estratégica, los Estados efectúan una valoración de riesgos y vulnerabilidades geopolíticas en función de la seguridad energética del Estado y toman una decisión de política exterior en consecuencia (por ejemplo: una declaración de guerra, la formalización de una alianza o la aplicación de sanciones económicas, entre otras alternativas).

Previo al despegue de las energías renovables, los recursos energéticos de mayor valor en el mundo —el petróleo y el gas natural— estaban geográficamente concentrados en un número reducido de países. Así, se generó una dicotomía entre Estados exportadores e importadores, misma que descansa en el uso de la energía como arma o mecanismo de presión. Al entender el valor estratégico de los hidrocarburos (y su escasez), los países exportadores han sabido capitalizar su posición conviniendo sus niveles de producción en el marco de la OPEP, lo que ha facilitado la promoción de sus intereses en el exterior. Por el contrario, los países importadores históricamente han dialogado desde una posición de mayor vulnerabilidad, al estar expuestos a disrupciones de suministro y variaciones abruptas de precio, ocasionadas tanto de manera involuntaria (fenómenos meteorológicos) como de forma intencional (embargos). Cabe anotar que, además de las distintas estrategias de producción y oferta adoptadas por la OPEP a través de los años, la fluctuación de los precios también ha respondido a condiciones de mercado y factores estructurales (por ejemplo, innovaciones tecnológicas y variaciones de la demanda), lo que ha limitado la flexibilidad del cartel y ha servido para dimensionar el alcance geopolítico del régimen petrolero internacional (Quint y Venditti, 2020).

Vale la pena subrayar el papel que han desempeñado las empresas petroleras en la dinámica geopolítica de los hidrocarburos, tanto en la amplifi-

cación como en la atenuación de intereses nacionales específicos. A lo largo del siglo XX, las compañías petroleras nacionales se han alineado con los intereses estatales y han actuado como instrumentos de gobierno, al perseguir objetivos tan diversos como estabilizar las finanzas públicas, impulsar el crecimiento económico, generar empleo y fortalecer la política exterior de sus administraciones en turno. Entre las empresas que han potenciado intereses estatales destacan Saudi Aramco (Arabia Saudita), PDVSA (Venezuela), CNPC (China), Gazprom (Rusia), Petrobras (Brasil) y Pemex (México), entre otras. Por otra parte, se encuentran las compañías petroleras transnacionales, cuyos esfuerzos históricamente se han centrado en la maximización del valor de sus acciones. En términos geopolíticos, estas empresas han ejercido control sobre recursos y activos petroleros en los cinco continentes, muchas veces acumulando niveles de poder que les han permitido contrapesar los intereses estatales de los países en los que han operado. De las *siete hermanas* identificadas por Enrico Mattei en la década de los cincuenta, hoy subsisten ExxonMobil (Estados Unidos), Chevron (Estados Unidos), BP (Reino Unido) y Shell (Reino Unido y Países Bajos). Estas empresas, que junto con Total (Francia) conforman el grupo de las *supermajors*, al día de hoy mantienen portafolios de inversión, ámbitos de influencia y peso geopolítico alrededor del mundo (Krane, 2020).

El despliegue masivo de las energías renovables está cambiando el paradigma clásico de dependencia entre Estados exportadores e importadores de hidrocarburos. En las próximas décadas habrá un reequilibrio de poder en la industria energética internacional, pues la abundante disponibilidad de fuentes renovables en prácticamente todas las regiones del planeta permitirá que los países importadores diversifiquen sus matrices energéticas aprovechando fuentes locales, dependan menos del suministro externo y mejoren sus balanzas comerciales (Vakulchuk *et al.*, 2020). En cambio, el poder e influencia de los países exportadores de petróleo y gas natural se diluirá cada vez más, lo que debilitará su posición frente a sus pares importadores. Desde una perspectiva geopolítica clásica, ni los potenciales vacíos de poder, ni la intensidad de la resistencia que previsiblemente opondrán algunos Estados petroleros a raíz de la transición energética se han estudiado a fondo, sin embargo, bien podrían acelerar o frenar los esfuerzos por descarbonizar la economía global.

Ahora bien, la geografía, las capacidades militares y un suministro de hidrocarburos confiable no son los únicos factores que determinan el poderío o influencia de un país en el sistema internacional. Para tener una idea más completa sobre las decisiones de los Estados, también hay que tomar en cuenta elementos como el dinamismo económico de cada país, sus ca-

pacidades industriales y financieras, el perfil demográfico de la población, los índices de bienestar y desarrollo humano, así como el “poder blando” ejercido a través de la cultura y las ideas (IRENA, 2019). Es por ello que, en el presente siglo, la geopolítica energética se ha vuelto más compleja y multidimensional.

El ascenso de las energías renovables y la transición hacia un sistema económico bajo en carbono supone una reconfiguración geopolítica aliñada con la perspectiva crítica. En la medida en que se diversifiquen las fuentes y tipos de energía en el mundo, se descentralizarán los riesgos y las vulnerabilidades geopolíticas. Esto implica que el poderío de un Estado ya no únicamente será determinado por el control que ejerza sobre los hidrocarburos, sino también por el acceso que tenga a tecnología e infraestructura renovable (O’Sullivan *et al.*, 2017). Es decir, cada vez cobrarán más importancia los medios para transformar y conducir el potencial renovable a los centros de consumo. En suma, la geopolítica energética versará menos sobre el aprovechamiento y logística de recursos naturales estratégicos, al tiempo que se enfocará más en el despliegue de activos de generación renovable, así como en la flexibilidad y resiliencia de la red eléctrica.

Otro cambio geopolítico catalizado por la transición energética es el aumento en el número y tipo de actores participando en la toma de decisiones. A diferencia del orden petrolero mundial, en el cual inciden aproximadamente una veintena de países, el régimen climático internacional —que propulsa la revolución renovable— es reconocido por el concierto de las naciones. Si bien esta elevada tasa de participación históricamente ha ralentizado la adopción de compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero, el alcance global de esta plataforma diplomática ha mejorado las perspectivas y la viabilidad financiera de la industria renovable.

La naturaleza descentralizada de las fuentes renovables ha abierto la puerta a voces y niveles de análisis que no encuadran con la geopolítica clásica. Para entender el ascenso de las energías renovables no basta con analizar los intereses y acciones de los Estados de forma monolítica. En buena medida, la transición energética ha sido impulsada por actores de carácter sub o transnacional, tales como las organizaciones multilaterales, gobiernos locales y movimientos ambientales.<sup>3</sup> En este contexto, vale la pena subrayar el papel que ha desempeñado la sociedad civil a nivel individual y comunitario, pues a través de la generación distribuida han proliferado los proyectos eléctricos locales y los puntos de interconexión a la red. La transición hacia

<sup>3</sup> Véase Sine, Wesley y Lee, Brandon, “Tilting at Windmills? The Environmental Movement and the Emergence of the U.S. Wind Energy Sector”, *Administrative Science Quarterly*, vol. 54, núm. 1, marzo de 2009, pp. 123-155.

las renovables no se explica sin la evolución y empoderamiento de la ciudadanía, que ha dejado de ser una consumidora pasiva y se ha convertido en una *prosumidora* activa que demanda y produce energía de forma simultánea. Este efecto democratizador de la energía renovable también conlleva consecuencias geopolíticas; desde una perspectiva crítica, las normas y valores sociales terminan por incidir en las estructuras regulatorias, institucionales y empresariales, lo que a su vez influye en las valoraciones de riesgo, la política exterior y la distribución de poder en la industria energética global.

A manera de resumen, Paltsev emplea una analogía histórica para ilustrar la transformación del análisis geopolítico en materia energética. Por un lado, propone que la geopolítica energética clásica —y en particular la dinámica entre países exportadores e importadores de hidrocarburos— se asemeja al periodo de Guerra Fría en la medida que había dos polos de poder muy claros, un sistema de alianzas definido, reglas para administrar los conflictos y negociaciones continuas entre ambos lados. Por otra parte, establece que la geopolítica energética crítica —y en particular el ascenso de las fuentes renovables— se parece más al mundo de la post-Guerra Fría, al presentar múltiples polos de poder (no siempre estatales), riesgos descentralizados y una gran variedad de actores incidiendo en la toma de decisiones (2016: 394).

TABLA 1  
 GEOPOLÍTICA ENERGÉTICA CLÁSICA Y CRÍTICA

	<i>Geopolítica Energética Clásica</i>	<i>Geopolítica Energética Crítica</i>
Campo Temático	Hidrocarburos	Todas las fuentes de energía, con énfasis en las energías renovables
Activo Estratégico	Recursos naturales (no renovables) Decisiones tomadas bajo los principios de escasez y eficiencia económica	Tecnología e infraestructura (renovable) Decisiones tomadas bajo los principios de flexibilidad, resiliencia y sostenibilidad (económica, social y medioambiental)
Actor(es) Central(es)	Estado	Estado, organizaciones multilaterales, entidades subnacionales y actores no estatales



	<i>Geopolítica Energética Clásica</i>	<i>Geopolítica Energética Crítica</i>
Enfoque Analítico	Político y militar	Político, militar, económico, social y cultural
Riesgos y Vulnerabilidades	Concentradas	Descentralizadas

El presente apartado expone los conceptos fundamentales, principios rectores y evolución del análisis geopolítico energético (véase Tabla 1). En las siguientes secciones se explorarán escenarios e implicaciones geopolíticas específicas asociadas al ascenso de las energías renovables. Asimismo, se analizará la posición de México ante este cambio de paradigma, al tiempo que se explorarán las consecuencias y opciones a disposición del sector eléctrico nacional.

#### IV. IMPLICACIONES GEOPOLÍTICAS DE LA REVOLUCIÓN RENOVABLE

El ascenso de las energías renovables ha transformado los términos en los que se concibe y desarrolla la geopolítica energética; la naturaleza descentralizada de las fuentes renovables ha ampliado el campo temático, la cartera de actores a considerar, así como el tipo de riesgos, vulnerabilidades y oportunidades presentes en el sistema energético. Sin embargo, no existe un consenso universal en cuanto al beneficio neto de esta evolución. Es decir, aún se debate si la transición a un modelo basado en fuentes renovables perjudicará o favorecerá la paz, seguridad y estabilidad del sistema internacional. A continuación, se explicarán las dos principales posturas al respecto y se profundizará en algunos factores geopolíticos específicos.

Por un lado, se propone que la descentralización de las fuentes y tipos de energía facilitará un entorno de menor tensión en el sistema internacional, puesto que más países aprovecharán sus recursos energéticos domésticos, dependerán menos del suministro externo y aumentarán sus niveles de autosuficiencia. De igual manera, autores como Øverland argumentan que la dispersión técnica y geográfica de las fuentes renovables las hace menos susceptibles a manipulaciones por parte de Estados con potencial abundante (2019b). Más aún, al atemperarse el principio de escasez en el sistema energético, se reducen los incentivos para la confrontación política y militar entre naciones. Otro factor en juego es el aumento de las interconexiones eléctricas transfronterizas que, si bien requieren de una operación coordi-



nada, tienden a fortalecer los lazos de cooperación e interdependencia entre países vecinos. De igual manera, y en línea con la perspectiva geopolítica crítica, se plantea que los beneficios ambientales y económicos asociados a las energías renovables soportan indirectamente el desarrollo de sociedades más prósperas, equitativas y pacíficas.

Por el contrario, se argumenta que la adopción masiva de las energías renovables conducirá a un escenario de igual o mayor conflicto que en la actualidad, dado que el consumo energético del mundo seguirá en aumento y la competencia por acceder a un suministro eléctrico limpio y de bajo costo propiciará nuevos enfrentamientos. Bajo esta lógica, las tecnologías —que no los recursos— renovables se encaminan hacia una mercantilización similar a la del petróleo y el gas natural, lo que las haría propensas a manipulaciones de precio e incluso guerras comerciales. En línea con la interpretación geopolítica clásica, hay una creciente preocupación en torno a la disponibilidad de ciertos materiales críticos necesarios para la producción y despliegue de las tecnologías renovables. De acuerdo con la literatura existente, la competencia por acceder a estos insumos críticos creará cuellos de botella y relaciones de dependencia asimétrica entre Estados muy similares a las que han predominado en el sector hidrocarburos por décadas (Vakulchuk *et al.*, 2020). Asimismo, se ha advertido que en la medida que transitamos hacia un sistema energético bajo en carbono, la operación confiable de la red eléctrica y las vulnerabilidades en materia de ciberseguridad constituirán riesgos cada vez más serios.

Ambas posturas proveen un marco analítico útil, sin embargo, no son exhaustivas ni absolutas, por lo que sólo deben considerarse como puntos de partida para ahondar en las implicaciones geopolíticas de la revolución renovable. La cotidianidad de la industria energética es más compleja y dinámica que lo que sugieren estos dos planteamientos, de manera que no sorprendería que, en lo sucesivo, hubiera decisiones, fenómenos y tendencias de industria en ambos sentidos. Dado que la transición energética aún se encuentra en su etapa inicial, aún subsisten incógnitas e incertidumbre en cuanto a las trayectorias tecnológicas, económicas y políticas de las grandes potencias y sus áreas de influencia; no obstante, lo cierto es que habrá un reequilibrio de poder en la industria energética, lo que a su vez desencadenará una serie de reajustes en materia de política exterior, seguridad y gobernanza global. Para entender mejor las posibles implicaciones del ascenso de las energías renovables, en los siguientes párrafos se presenta una discusión más detallada sobre dos factores geopolíticos clave: la disponibilidad de materiales críticos y la operación de sistemas eléctricos cada vez más complejos y dinámicos.

Los materiales críticos son metales y minerales utilizados para la producción y despliegue de tecnologías renovables. Si bien no existe un listado universalmente aceptado, el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible ha identificado 23 materiales críticos esenciales para el crecimiento acelerado del sector renovable, entre los cuales se encuentran el silicón (Si) y el estaño (Sn) para la fabricación de paneles solares, tierras raras (17 elementos químicos) y manganeso (Mn) para la fabricación de turbinas eólicas, litio (Li) y cobalto (Co) para la fabricación de baterías para almacenar energía eléctrica, así como cobre (Cu) para la expansión de la red eléctrica (Church y Crawford, 2018).<sup>4</sup> Hacia adelante, una consecuencia de la transición energética será un aumento en la demanda por estos insumos críticos, y por lo tanto, una revalorización de sus fuentes y cadenas de suministro.

Si bien el potencial renovable —fundamentalmente eólico y solar— está distribuido geográficamente de manera más uniforme que los depósitos de hidrocarburos, las reservas de ciertos materiales críticos sí están concentradas en un número reducido de países. Por ejemplo, Chile posee 55% de las reservas de litio a nivel mundial, la República Democrática del Congo concentra 53% de las reservas de cobalto, China y Brasil poseen 46% de las reservas de grafito, mientras que China y Rusia concentran 52% de las reservas de tierras raras (BP, 2020). Aunado a lo anterior, sobresale el dominio de China en materia de transformación industrial. Es decir, previo a que los materiales críticos puedan utilizarse para la manufactura de bienes de uso final, estos deben procesarse o refinarse en plantas industriales que, al día de hoy, se ubican en su mayoría en China (O'Sullivan *et al.*, 2017). Por ahora, esta asimetría ha creado nuevos espacios de influencia geopolítica, al tiempo que ha posicionado a China como uno de los primeros actores decisivos en la transición hacia las energías renovables.

La competencia por acceder a materiales críticos podría profundizar asimetrías comerciales existentes, e incluso crear nuevas relaciones de dependencia, lo que a su vez conduciría a escenarios de mayor inestabilidad en el sistema internacional. Así se evidenció en 2010, cuando China impuso restricciones a la exportación de tierras raras hacia Japón a causa de una disputa territorial en el Mar de la China Oriental. Aunque improbable, la potencial cartelización o monopolización de ciertos metales y minera-

---

<sup>4</sup> La lista completa de materiales críticos es la siguiente: Bauxita y aluminio (Al), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), estaño (Sn), galio (Ga), germanio (Ge), grafito (C), hierro (Fe), indio (In), litio (Li), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), selenio (Se), silicón (Si), telurio (Te), titanio (Ti), Zinc (Zn) y tierras raras (17 elementos químicos diferentes incluyendo el disprosio (Dy), el neodimio (Nd) y el praseodimio (Pr), entre otros).

les esenciales podría contrarrestar parcialmente la previsible distensión del mercado petrolero. Esto sería paradójico, pues una de las premisas de la geopolítica de las energías renovables es que esta no está determinada en función del control ejercido sobre recursos naturales, sino sobre tecnologías e infraestructura estratégica. Habría entonces una excepción a la regla, ya que el análisis y debate sobre los materiales críticos corresponde a una lógica geopolítica clásica, más alineada con la dinámica convencional del mercado de hidrocarburos y otras materias primas.

Ante esta prospectiva, distintos actores estatales y organismos supranacionales han expresado su inquietud y delineado estrategias de innovación y diversificación. Por ejemplo, la Unión Europea, que históricamente ha destacado por ser una entidad pionera de las energías renovables, ha alertado sobre su exposición a posibles cuellos de botella y potenciales interrupciones de suministro. Para alcanzar sus metas de descarbonización hacia 2050, la Unión Europea ha pronosticado que necesitará 60 veces más litio y 15 veces más cobalto que en la actualidad (Peel y Sanderson, 2020). Tomando en cuenta la ambición y escala de sus planes, no sorprende que de 2011 a 2020 la lista de materiales críticos para la economía europea haya aumentado de 14 a 30 (de manera notoria se incluyó al litio durante la última revisión del listado). Ello denota una creciente dependencia de fuentes externas, en particular importaciones provenientes de China (Comisión Europea, 2020).

Otro aspecto geopolítico relevante en torno a los materiales críticos es la estabilidad interna de los Estados productores, sobre todo cuando se trata de países menos adelantados o de ingreso bajo. En algunos casos, se corre el riesgo de desembocar en la *maldición de los recursos*, es decir, que la explotación de recursos naturales abundantes —combinada con prácticas rentistas y corruptas— perjudique el desarrollo económico, político y social de una nación, en lugar de favorecerla (Rosser, 2006). Para asegurar una transición energética sostenible, justa y pacífica, se deben vigilar los modelos de gobernanza, la redistribución de los ingresos públicos y los mecanismos de transparencia de las empresas nacionales y transnacionales del sector extractivo, particularmente en África Subsahariana, América Latina y el Sudeste Asiático (Church y Crawford, 2018). De lo contrario, la explotación de materiales críticos en entornos de fragilidad institucional podría atizar viejos conflictos o crear nuevas zonas de vulnerabilidad geopolítica.

A pesar de los riesgos geopolíticos que supone un aumento en la demanda global de materiales críticos, hay razones para pensar que los impactos serán manejables. En primer lugar, cabe señalar que la revolución renovable aún se encuentra en una fase temprana, por lo que todavía existe incertidumbre con relación a las trayectorias tecnológicas que la soportarán en el

largo plazo. Tal y como ocurre en otros sectores de la economía, ante señales de escasez y/o procesos de innovación disruptiva, las tecnologías renovables pueden volverse más eficientes o transformarse drásticamente (O'Sullivan *et al.*, 2017). Por lo tanto, el portafolio de materiales críticos requerido hoy en día para impulsar la transición energética puede cambiar, resultar obsoleto y ser sustituido —completa o parcialmente— en las próximas décadas. Asimismo, para evaluar potenciales rutas de descarbonización, es necesario considerar la evolución favorable de los índices de reciclaje y la intensidad con que se utilizan los materiales críticos en la manufactura de bienes de uso final (Øverland, 2019b). A estas alturas de la transición sería prematuro emitir un juicio definitivo al respecto; sin embargo, algunos modelos sugieren que para la mayoría de los materiales críticos, la relación entre reservas y producción es holgada, lo que evitaría insuficiencias estructurales en el largo plazo (Månberger y Stenqvist, 2018).<sup>5</sup> Por último, se prevé que el tamaño del mercado y los ingresos provenientes de los materiales críticos serán considerablemente menores que los del sector hidrocarburos (Månberger y Johansson, 2019). Ello no sólo atenuaría la capacidad desestabilizadora de los materiales críticos en el mercado internacional, sino que también reduciría el riesgo de desembocar en la *maldición de los recursos* a nivel local.

Un segundo factor determinante del nuevo mapa geopolítico de la energía es la operación de sistemas eléctricos más complejos y dinámicos, desde los puntos de generación hasta los centros de consumo. Los procesos de descarbonización, descentralización y digitalización implican una serie de desafíos técnicos y económicos significativos. En este sentido, las regiones, Estados y organizaciones subnacionales que cuenten con la infraestructura eléctrica más robusta podrán reducir sus vulnerabilidades geopolíticas y estarán en posición de ejercer influencia más allá de sus fronteras.

Tradicionalmente, la operación de los sistemas eléctricos se ha ejercido bajo criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad y seguridad (CENACE, artículo 2). Estos parámetros fueron consolidándose a lo largo del siglo XX para atender necesidades de cobertura eléctrica y crecimiento económico alrededor del mundo; eran criterios congruentes con la operación de sistemas eléctricos unidireccionales y centralizados, verticalmente coordinados y basados en la generación fósil. En la actualidad, conforme evolucionan las matrices energéticas y se incorporan objetivos de sostenibilidad, la operación de los sistemas eléctricos se ha vuelto más sofisticada. La proliferación de sistemas multidireccionales y distribuidos, con múltiples puntos de

<sup>5</sup> Si bien se estima que se evitarán insuficiencias estructurales de largo plazo, eso no significa que no pueda haber escasez y volatilidad de corto plazo en los mercados de materiales críticos.

interconexión y centros de carga, y con un alto porcentaje de generación renovable variable, ha resultado en la incorporación de dos nuevos criterios de operación: la flexibilidad y la resiliencia. Mientras que la flexibilidad se define como la capacidad de ajuste que tiene un sistema para responder oportunamente ante cambios en la demanda neta (Akrami *et al.*, 2019), la resiliencia se refiere a la capacidad de preparación y adaptación que tiene un sistema para resistir y recuperarse ante disrupciones (DOE, 2015).

En un entorno de crecimiento económico y poblacional, la operación flexible y resiliente de las redes eléctricas cobrará aún más relevancia; podría aseverarse que la infraestructura de transmisión y distribución será el activo estratégico por excelencia de la era renovable. Así como los buques, los ductos, los ferrocarriles y la tanquería han facilitado el suministro de hidrocarburos por décadas, hacia adelante las torres y líneas de transmisión, los postes y cables de distribución, las tecnologías de almacenamiento eléctrico, la generación distribuida, las microrredes, las estaciones de carga para vehículos eléctricos, los software de gestión de distribución avanzada, las aplicaciones de transmisión inalámbrica y los modelos de gestión automatizada conformarán la columna vertebral de un sistema eléctrico bajo en carbono. A este respecto, para dar cabida a la creciente generación eólica y solar durante la próxima década, la AIE ha estimado que se necesitarán construir 16 millones de kilómetros de líneas adicionales (una distancia que equivale a 20 viajes redondos a la Luna) (2020d).

Ante este escenario de expansión acelerada, la AIE ha advertido que los países que no inviertan lo suficiente en la modernización de su infraestructura de transmisión y distribución estarán en una posición de vulnerabilidad, al poner en entredicho la confiabilidad, flexibilidad y resiliencia de su suministro eléctrico. Tan sólo en 2020, como parte de los esfuerzos de reactivación económica, actores tan relevantes como Estados Unidos, la Unión Europea y China han propuesto inversiones considerables para ampliar, digitalizar e integrar un mayor porcentaje de renovables a sus redes eléctricas (AIE, 2020b). No obstante, más allá de la aprobación de paquetes de inversión contracíclica, cada jurisdicción tendrá que revisar los regímenes regulatorios y fiscales aplicables a las actividades de transmisión y distribución. Sólo así se podrá mantener un ritmo de inversión adecuado en el largo plazo, mismo que actualmente se estima en 14 billones de dólares a nivel global entre 2020 y 2050 (BNEF, 2020).

Con el ascenso de las energías renovables más países aprovecharán su potencial energético doméstico y dependerán menos del suministro externo de hidrocarburos. Si bien esto incrementará los niveles de autosuficiencia alrededor del mundo, ello no se traducirá en el fin del comercio de ener-

gía entre países. Por el contrario, se prevé que el número de interconexiones eléctricas transfronterizas aumente. Desde una perspectiva geopolítica crítica, este incremento fortalecería los lazos de cooperación entre Estados vecinos y contribuiría a la paz y seguridad del sistema internacional, pues la alineación de intereses económicos y culturales, la armonización de estándares regulatorios y el intercambio recíproco de energía eléctrica pueden apuntalar alianzas estratégicas y generar nuevas interdependencias basadas en la confianza. En este sentido, un modelo de integración regional coordinada resulta atractivo, pues se aprovechan economías de escala, se facilita la incorporación de energías renovables en grandes volúmenes y se incrementa la flexibilidad del sistema eléctrico en su conjunto (Cornell, 2020).

Entre los países que han optado por un modelo integrado de superredes se encuentran Panamá, Costa Rica, Honduras, Nicaragua, El Salvador y Guatemala; al poner en marcha el Sistema de Interconexión Eléctrica para Países de América Central (SIEPAC), la región ha proyectado ahorros en costos de inversión y operación, así como una reducción de sus emisiones de CO<sub>2</sub> (Echevarría, 2017: 56). En los últimos años se han analizado varios modelos de gobernanza y proyectos de integración eléctrica regional en Asia y Europa, sin embargo, la iniciativa más ambiciosa ha sido la Interconexión Energética Mundial (IEM), propuesta por China en 2015. La IEM plantea un esquema global de redes eléctricas interconectadas entre países, regiones e incluso continentes, a partir del tendido de infraestructura de transmisión de ultra alto voltaje (Naciones Unidas, 2018). Pese a que, en papel, el proyecto reduciría costos y emisiones de gases de efecto invernadero en buena parte del mundo, su implementación supone diversos retos, no únicamente técnicos y económicos, sino geopolíticos también. A este respecto, se ha cuestionado el papel asimétrico que desempeñaría China como principal promotor de la iniciativa y pionero de la tecnología de transmisión de ultra alto voltaje. En términos geoestratégicos, el proyecto amplificaría las capacidades industriales y el poder blando de China, lo que otras potencias podrían interpretar como una apuesta expansionista (Downie, 2019).

De acuerdo con la lógica geopolítica clásica, el aumento de interconexiones eléctricas transfronterizas no contribuiría a la estabilidad del sistema energético internacional, sino que generaría riesgos de dependencia para países importadores, los cuales serían vulnerables a potenciales cortes de suministro y apagones. Es el caso de Estonia, Letonia y Lituania, cuyos sistemas eléctricos permanecen al día de hoy interconectados con Rusia. Ante la posibilidad de que Moscú intente coaccionar por esta vía a los países bálticos, estos han optado por voltear al oeste para sincronizar sus sistemas eléctricos con la red de Europa continental. No debe sorprender, entonces,

que este proyecto sea financiado en su mayoría por la Unión Europea y Estados Unidos, quienes buscan contrapesar la política exterior e influencia de Rusia en la región (The Economist, 2020).

La descentralización de los sistemas eléctricos a nivel mundial no sólo propiciará el desarrollo de superredes transfronterizas, sino que también favorecerá la proliferación de redes locales autónomas, también conocidas como microrredes. Típicamente, las microrredes están compuestas por recursos energéticos distribuidos que abastecen a múltiples centros de carga en la misma área geográfica; asimismo, pueden operar interconectadas a la red central o de manera aislada para satisfacer el consumo eléctrico de desarrollos residenciales y comerciales, comunidades remotas, complejos turísticos e industriales, campus universitarios o instalaciones militares (Hirsch *et al.*, 2018). Este modelo abona a la flexibilidad y resiliencia del sistema, pues amplía la capacidad para integrar y balancear energía renovable variable, además de que brinda autonomía en caso de apagones o disrupciones. En términos geopolíticos, se prevé que las microrredes serán un factor de distensión y estabilidad, ya que su expansión aumentará los niveles de autosuficiencia alrededor del mundo, con lo cual se reducirán las probabilidades de que la energía sea utilizada como arma o mecanismo de presión entre naciones. Ahora bien, resulta interesante cómo, desde un enfoque crítico, las microrredes ejemplifican la incorporación de nuevos actores *prosumidores* de carácter sub o transnacional en la toma de decisiones y, por tanto, el debilitamiento relativo del Estado como figura central del análisis geopolítico.

Aunque parezca contradictorio, hacia adelante se prevé un crecimiento considerable tanto de superredes como de microrredes. A medida que avance la revolución renovable, las regiones, Estados y entidades subnacionales habrán de incorporar una dimensión geopolítica a sus decisiones de inversión para optimizar la expansión y operación de sus sistemas eléctricos. En los hechos, esto significa que deberán encontrar un equilibrio entre integración regional y suministro local que les permita maximizar la flexibilidad y resiliencia de sus sistemas de cara a la descarbonización. Entre los factores que inciden en esta valoración estratégica, se encuentran el acceso a tecnologías renovables específicas, los mecanismos de financiamiento disponibles, los marcos legales y regulatorios vigentes, los modelos de negocio preponderantes en la región, las prioridades de política exterior, así como los riesgos y amenazas a la seguridad nacional. Dentro de este último rubro, el debate en torno a la ciberseguridad ha cobrado especial relevancia en los últimos años.

La digitalización de los sistemas eléctricos contribuirá a que estos operen de forma cada vez más eficiente, confiable y sostenible. No obstante,



este fenómeno también ha suscitado preocupaciones en materia de ciberseguridad, pues en la medida que un mayor número de tecnologías se automaticen, se integren al *internet de las cosas* y se conecten a la red eléctrica, el sistema estará más expuesto a posibles manipulaciones y *hackeos* que alteren su funcionamiento (AIE, 2020c). Desde un ángulo geopolítico, grupos terroristas, el crimen organizado transnacional e incluso gobiernos hostiles, pueden desarrollar las capacidades necesarias para robar, espiar y sabotear infraestructura eléctrica en línea con sus intereses (IRENA, 2019). Al día de hoy, el ciberataque energético de más alto perfil que se haya perpetrado se registró en diciembre de 2015, cuando un grupo de *hackers* deshabilitó 30 subestaciones eléctricas e interrumpió el servicio a más de 230,000 clientes en el oeste de Ucrania por un lapso de hasta seis horas (Zetter, 2016). Pese a que el ciberataque no ha sido formalmente reivindicado, el gobierno de Ucrania ha señalado que fue orquestado desde una plataforma de origen ruso, lo que refleja el clima de tensión que se ha profundizado desde la anexión de la península de Crimea en 2014.

Para minimizar los riesgos y vulnerabilidades en materia de ciberseguridad, los Estados, las empresas y los operadores de redes eléctricas han comenzado a montar sistemas de detección y mitigación de amenazas, así como protocolos de emergencia. En este sentido, el despliegue de microrredes que operen de forma autónoma en entornos de crisis aportará resiliencia adicional al sistema eléctrico en su conjunto. Más aún, en el plano multilateral será clave la definición de estándares que faciliten el monitoreo de amenazas y que agilicen los mecanismos de reacción (AIE, 2020c). Un argumento crítico que resulta útil para no sobredimensionar los retos asociados a la ciberseguridad, consiste en subrayar que los riesgos no son específicos para sistemas eléctricos con altos porcentajes de energía renovable, sino que atañen a la industria energética y a otros sectores de la economía de manera transversal (Vakulchuk *et al.*, 2020).

El presente apartado analiza algunas implicaciones geopolíticas de la revolución renovable. Si bien existen posiciones encontradas en cuanto al impacto neto que tendrá la transición energética sobre la paz, seguridad y estabilidad del sistema internacional, han emergido nuevas ramas de investigación y análisis; tal es el caso de la disponibilidad de materiales críticos y la operación de sistemas eléctricos más complejos y dinámicos. No obstante, estos factores no son exhaustivos, por lo que quedan abiertas diversas áreas que ameritan más reflexión e investigación. Por ejemplo, el estudio de vulnerabilidades aplicado a regiones y actores específicos; la evaluación de impactos ambientales y sociales a nivel local; el desarrollo de metodologías para la gestión de riesgos geopolíticos; el análisis desagregado de tecnolo-



gías renovables y materiales críticos particulares; el impacto de tecnologías complementarias como el hidrógeno verde a base de electrólisis y la captura y utilización de carbono; la construcción de escenarios y rutas de mediano y largo plazo; así como la vigencia y utilidad de las visiones clásica y crítica de la geopolítica. La industria eléctrica global comienza a experimentar una transformación profunda; de momento predominan las incógnitas sobre las respuestas, sin embargo, las repercusiones geopolíticas y la reconfiguración del mapa energético global parecen ineludibles.

## V. PERSPECTIVA GEOPOLÍTICA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

México es un país con amplios y variados recursos renovables. Cuenta con un potencial hidroeléctrico y geotérmico estimado de 53 GW y 13 GW, respectivamente; así como zonas con alto potencial eólico que promedian factores de planta entre 35% y 40%; y una irradiación solar que en ciertas regiones registra un promedio anual de 5.5 kilowatts-hora por metro cuadrado al día (5.5 kWh/m<sup>2</sup>/día) (Chanona, 2016). Sin embargo, este potencial no siempre ha sido aprovechado a plenitud. Tras la nacionalización de la industria eléctrica en 1960, el sector creció a partir de la quema de combustibles fósiles como el carbón, el combustóleo y el gas natural. Por décadas, estos hidrocarburos fueron la opción más confiable y asequible para electrificar al país, sentando así una base para el crecimiento económico y el desarrollo social (Chanona, 2020a). Ante la falta de estándares ambientales más estrictos, la única fuente renovable contemplada era la energía hidroeléctrica, misma que había registrado un auge importante durante la primera mitad del siglo XX (Solis, 2012). Como ha ocurrido en la mayoría de las economías emergentes, no fue sino hasta el siglo XXI que las energías eólica y solar despegaron en México, impulsadas por una conciencia ambiental más institucionalizada, avances tecnológicos significativos y reducciones de costo pronunciadas que las hicieron más accesibles.

En la actualidad, las energías renovables en México están normadas y reguladas por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento, la Ley de Transición Energética y las disposiciones administrativas de carácter general aprobadas por la Comisión Reguladora de Energía. Asimismo, observan los acuerdos emitidos por el Centro Nacional de Control de Energía y las directrices contenidas en la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios. Vale la pena precisar que, si bien las energías

renovables están claramente definidas en el marco legal vigente, buena parte de los preceptos bajo los cuales se rige la descarbonización del sector eléctrico en México versan sobre las “energías limpias”. Además de incluir a las energías renovables, dicho concepto considera a otras fuentes libres de emisiones como la energía nuclear, la cogeneración eficiente y la energía generada por centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento de carbono. Así, México se ha propuesto generar 35.1% de su electricidad a partir de fuentes limpias hacia 2024, 39.9% hacia 2033 y 50% hacia 2050 (SENER, 2020a).

A pesar de contar con un potencial envidiable, un marco normativo sólido y metas de descarbonización claramente definidas, el futuro de las energías renovables en México es aún incierto. De igual manera, las implicaciones geopolíticas para el país no están definidas; estas dependerán de las decisiones de política pública, de las inversiones estratégicas y del modelo de industria que se adopte para las próximas décadas. Para caracterizar mejor la perspectiva geopolítica de México, a continuación se identifican sus potenciales pérdidas y ganancias de cara a la revolución renovable.

A partir de la descarbonización, países exportadores de petróleo como México enfrentarán un entorno cada vez más adverso, pues los mercados en los que suelen colocar su producto se irán encogiendo (Rystad Energy, 2020). A su vez, los países importadores estarán mejor posicionados para negociar los términos y precios de sus cargamentos petroleros. La contracción del mercado resultará en activos varados, mermará la renta petrolera de países exportadores y repercutirá negativamente en sus capacidades financieras, administrativas e institucionales (IRENA, 2019). Hacia afuera, esto se traduce en herramientas menos efectivas para promover los intereses del Estado en el exterior. Internamente, el debilitamiento progresivo de las capacidades estatales podría desembocar en vacíos de poder e inestabilidad política. En suma, visto desde una perspectiva geopolítica clásica, el poder e influencia de los países exportadores de petróleo —incluido México— se diluirá conforme aumente el consumo de energía renovable a nivel global.

Ahora bien, el caso de México es más complejo, porque si bien el país perderá peso geopolítico como exportador de petróleo, hay otras dimensiones de la descarbonización que le favorecerán. Por ejemplo, en las últimas décadas, México se ha vuelto dependiente de las importaciones de gas natural, gasolina y diésel, provenientes en su mayoría de Estados Unidos. A medida que avancen la descarbonización y la electrificación de usos finales, los países importadores —incluido México— podrán reducir el volumen de sus compras de combustibles, al sustituir sus plantas de generación fósil por centrales renovables y su parque vehicular convencional por uno eléctrico.

El aprovechamiento del vasto potencial renovable de México no sólo incrementaría los niveles de autosuficiencia energética; también redundaría en electricidad menos costosa, creación de empleos bien remunerados, beneficios ambientales y de salud pública. Desde una óptica geopolítica, al fortalecerse internamente, México podría aminorar la asimetría comercial con respecto a Estados Unidos y desplegar una política exterior más proactiva.

En el agregado, ¿México se beneficiará o se verá perjudicado por la transición energética? La respuesta es: depende de qué tan vigorosamente apueste por la descarbonización. El ascenso de las fuentes renovables a nivel global abre la oportunidad para descarbonizar el Sistema Eléctrico Nacional, y así fortalecer la posición geopolítica de México a nivel regional. Si, por el contrario, el país opta por un modelo de desarrollo basado en los hidrocarburos, se encontrará en una posición de desventaja frente a naciones que diversifiquen sus matrices energéticas aprovechando fuentes locales y que dependan menos del comercio internacional de combustibles fósiles (ya sea en calidad de exportadores o importadores).

La reconfiguración del mapa energético global trae consigo un nuevo entorno para México. Si bien ya se han explicado las dos principales posturas respecto al efecto neto que el ascenso de las energías renovables tendrá sobre la paz y seguridad del sistema internacional, lo más probable es que se registren impactos diferenciados alrededor del mundo. Esto arrojará un nuevo equilibrio con ganadores, perdedores, alianzas y rivalidades (Bazilian, 2019). De acuerdo con el índice GeGaLo —que evalúa las potenciales pérdidas y ganancias geopolíticas de 156 países en un contexto de transición energética— México ocupa la posición 72 en el escenario de referencia, lo que ubica al país en el estrato medio de la tabla (Overland *et al.*, 2019a). Como todo modelo, este índice compuesto no es más que una abstracción; no obstante, tiene un gran valor analítico debido a que pondera elementos tan diversos como las reservas, producción, importación y exportación de hidrocarburos, el potencial eólico, solar e hidroeléctrico de cada país, así como su gobernanza interna y proclividad al conflicto. La posición de México en el ranking se explica, en parte, por el tamaño y complejidad de la economía nacional; también por el hecho de que México cuenta tanto con hidrocarburos como con recursos renovables. Destaca que, en términos relativos, la posición de México en los distintos escenarios del modelo mejora a medida que se incluyen los indicadores de gobernanza y conflicto, y a medida que se minimiza el peso de la producción, importación y exportación de hidrocarburos. Esto sugiere que, hacia adelante, la fortaleza geopolítica de México estará determinada por el aprovechamiento de sus bases institucionales y la diversificación de su matriz energética.

Los beneficios de la descarbonización son cada día más claros para México. Sin embargo, parece no haber un consenso interno en cuanto a la estrategia renovable que el país debe adoptar en el largo plazo; las oscilaciones tan drásticas que han experimentado el marco jurídico y la política energética en la última década son muestra de ello. El modelo de industria verticalmente integrada, con un operador único y basada en energía fósil —que había estado vigente por décadas— fue reformado constitucional y legalmente entre 2013 y 2014. En su lugar, se estableció un modelo de libre competencia, abierto a la inversión pública y privada, tanto nacional como internacional. Este cambio implicó una descentralización del sector eléctrico que aceleró el crecimiento de las energías renovables. Entre otras medidas, la reforma contempló la creación los Certificados de Energía Limpia (CEL), la elaboración de una Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, así como la realización de subastas eléctricas de mediano y largo plazo.

Entre 2016 y 2018 se llevaron a cabo tres subastas de largo plazo en México, las cuales arrojaron inversiones superiores a los 8 mil millones de dólares y detonaron la construcción de más de 50 nuevas centrales eléctricas, en su mayoría eólicas y solares fotovoltaicos. Los proyectos ganadores de las subastas suman 7.4 gigawatts de capacidad, que equivalen a aproximadamente el 10% de la capacidad instalada en nuestro país en la actualidad (Chanona, 2020a). La competencia por ofertar la energía menos costosa en las subastas arrojó precios sorprendentemente bajos para las tecnologías eólica y solar, por debajo de los 30 e incluso los 20 dólares por megawatt-hora (USD 20/MWh). Así, México se convirtió en un referente internacional, no únicamente en cuanto a la asequibilidad de su energía renovable, sino en cuanto a la asequibilidad de su electricidad en general. En este sentido, las subastas marcaron un antes y un después en el desarrollo de las energías renovables en México; nunca antes se había invertido ni se habían construido tantas centrales eólicas y solares en un periodo tan corto (Cullell, 2020).

Ahora bien, el péndulo energético comenzó a oscilar de regreso a partir de la elección federal de 2018. En enero de 2019, la administración entrante tomó su primera gran decisión en materia eléctrica: cancelar la cuarta subasta de largo plazo en razón del cambio de gobierno y el nuevo enfoque de política energética (CENACE, 2019). En este sentido, la política eléctrica actual no niega su abierta preferencia por los hidrocarburos como principal fuente de energía. En el presente sexenio, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) planea instalar cuatro veces más capacidad fósil convencional que capacidad renovable (SENER, 2019). Asimismo, se ha justificado públicamente el uso de carbón y combustóleo, ambos reconocidos como los hi-

drocarburos más dañinos para la salud y el medio ambiente (Ritchie, 2020). Más aún, se ha suspendido el retiro programado de casi 12 gigawatts de plantas fósiles, enviando así una señal inequívoca de que se busca alargar la vida de centrales a base de combustibles fósiles (SENER, 2019).

La administración mantiene una posición escéptica frente a las energías renovables, especialmente la eólica y la solar. Su argumento principal gira en torno a la variabilidad de las energías renovables y los costos asociados a su integración a la red, elementos que han sido caracterizados como riesgos a la confiabilidad del sistema eléctrico (en contraste con la experiencia internacional detallada en el segundo apartado del presente artículo) (Solís, 2020). En consecuencia, en abril de 2020, el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) emitió un acuerdo que suspendería de manera indefinida la entrada en operación de nuevas centrales eólicas y solares, argumentando que “la generación intermitente afecta la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional” (2020). Al mes siguiente, la Secretaría de Energía (SENER) presentó una “Política de Confiabilidad, Seguridad, Continuidad y Calidad en el Sistema Eléctrico Nacional”, que impondría restricciones adicionales a la entrada en operación de centrales eléctricas eólicas y solares (2020b). Finalmente, en marzo de 2021, el Congreso de la Unión aprobó una serie de modificaciones a la Ley de la Industria Eléctrica, que relegan a las fuentes renovables en el criterio de despacho eléctrico y eliminan la obligatoriedad de comprar electricidad por subastas para el suministro básico (LIE, artículo 53 y artículo 101). Los tres casos se han judicializado, al presentarse diversas demandas de amparo y controversias constitucionales. De seguir por la ruta actual, el sector eléctrico en México incrementará sus emisiones contaminantes en lugar de reducirlas. De acuerdo con el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033, las emisiones de gases de efecto invernadero del sector eléctrico aumentarán de 85 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en 2020, a 105 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en 2033 (SENER, 2019).

México se encuentra ante una disyuntiva renovable. Desde una perspectiva geopolítica, al país le conviene acelerar la transición hacia las fuentes renovables para dejar de depender del comercio internacional de hidrocarburos, y así reducir sus vulnerabilidades en América del Norte. Como se ha argumentado, la descarbonización del sector eléctrico no consiste únicamente en la instalación de centrales renovables en lugar de plantas fósiles. Detrás de esa sustitución tecnológica, los sistemas eléctricos comienzan a experimentar una transformación profunda, amplificada por los procesos de descentralización, digitalización y electrificación de usos finales. Para entender cuáles son algunos de los retos y oportunidades que se le presentan a

México en esta materia, a continuación se retoman los fenómenos e implicaciones geopolíticas descritas en el apartado anterior y se analizan desde el punto de vista de México.

México cuenta con los recursos naturales para consolidarse como un actor relevante en la proveeduría de materiales críticos para la producción y despliegue de tecnologías renovables. En México se ubican 6% de las reservas de cobre a nivel mundial, 2% de las reservas de litio y 1% de las reservas de grafito (USGS, 2020). Más aún, el país se ha posicionado como uno de los tres principales exportadores de cobre, grafito, plata, plomo, selenio y zinc hacia Estados Unidos. De esta manera, se prevé que la incipiente descarbonización en la región ampliará un mercado en el que México se encuentra bien posicionado en la actualidad. Al mismo tiempo, se abre una oportunidad para que el país diversifique su cartera de socios comerciales, aprovechando su red de tratados y acuerdos vigentes.

Un caso destacado es el descubrimiento del depósito de litio más grande del mundo en el municipio de Bacadéhuachi, Sonora (reservas probadas de 244 millones de toneladas de litio) (Mining Technology, 2019). El aprovechamiento del yacimiento puede ser una espada de doble filo para México, ya que por un lado ofrece beneficios económicos y de desarrollo regional; sin embargo, debe mitigarse el impacto ambiental y social del proyecto extractivo. Desde un ángulo geopolítico, llama la atención que el proyecto será desarrollado por un consorcio formado por la compañía canadiense Bacanora y la empresa china Ganfeng Lithium, misma que en la última década ha sido clave en la estrategia de expansión y diversificación de China, extendiendo sus operaciones a Europa, América del Norte, América del Sur y Oceanía. Asimismo, deben analizarse y tomarse en consideración los intereses e historiales particulares de ambas empresas transnacionales, pues su desempeño puede incidir en la posición geopolítica de México hacia adelante. En vista de su escala, el proyecto ha despertado el interés de la opinión pública y de representantes populares; tanto el presidente como miembros del poder legislativo se han pronunciado al respecto, con lo cual se ha abierto la posibilidad de realizar una reforma legal y/o regulatoria (Ehrenberg, 2020). Si bien todavía no se conocen los detalles de las propuestas, será fundamental analizar si inhiben o incentivan la inversión productiva en el sector; si sólo se enfocan en la exportación de materia prima, o si promueven una política industrial integral a lo largo de la cadena de valor; y si propician condiciones de inestabilidad interna, o si fortalecen la política exterior y el perfil geopolítico de México.

Otro factor determinante para la transición energética en México es la operación flexible y resiliente del Sistema Eléctrico Nacional. A este res-

pecto, no se ha invertido lo suficiente en el mantenimiento, expansión y modernización de las redes de transmisión y distribución; históricamente, el ritmo de inversión en este rubro se ha rezagado con respecto al crecimiento económico y poblacional (Chanona, 2016). Un episodio crucial para la industria eléctrica fue la cancelación de dos líneas de transmisión de corriente directa en alta tensión. En enero de 2019, el gobierno informó a inversionistas y al público en general que suspendería la construcción de la línea que iría del Istmo de Tehuantepec a la región centro, al igual que la línea que hubiera interconectado a Baja California con el resto del país. Con ello, se desaprovechó una oportunidad para descongestionar puntos clave del sistema, al tiempo que se limitó la integración de energía eólica en el sur-sureste y solar en el noroeste. Hacia adelante, la expansión de las redes de transmisión y distribución debe planearse con un enfoque de sostenibilidad, es decir, que facilite la integración masiva de energía renovable, garantizando en todo momento la confiabilidad, seguridad y rentabilidad del sistema, tal y como ocurre en otros países. Sólo así se sentarán las bases de una transición energética ágil, justa y duradera.

México podría robustecer su infraestructura de transmisión y distribución para aumentar la flexibilidad y resiliencia del sistema eléctrico en su conjunto. Vale la pena precisar que este apuntalamiento no sólo comprende el tendido de redes eléctricas, sino que además incluye la instalación de microrredes, activos de generación distribuida y tecnologías de almacenamiento a gran escala. Con ello se podrían alcanzar mayores niveles de descentralización y autosuficiencia, pues al tiempo que mejorarían las condiciones para atender la creciente demanda eléctrica a nivel nacional, las redes podrían incorporar un mayor porcentaje de energías renovables, que a su vez sustituyeran la generación a base de gas natural importado. De esta manera, México podría minimizar vulnerabilidades existentes en la cadena de suministro (como evidenciaron los apagones en Texas y el norte del país en febrero de 2021) y así replantear la dinámica energética comercial con Estados Unidos.

Desde una perspectiva regional, podrían aumentarse las interconexiones eléctricas transfronterizas, así como los intercambios de energía, bajo una lógica de interdependencia y cooperación. Lo anterior cobra especial relevancia a la luz del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), ya que de acuerdo con un análisis del Instituto Noruego de Asuntos Internacionales en conjunto con las Universidades de Columbia y de Harvard, México podría desarrollar su potencial como exportador de electricidad a partir del ascenso de las fuentes renovables, con lo cual amplificaría su influencia geopolítica en América del Norte (O'Sullivan *et al.*, 2017).



Además de las oportunidades comerciales en materia renovable existentes al amparo del T-MEC, la arquitectura jurídica regional abre la puerta a una mayor integración en distintos frentes, incluyendo medidas de eficiencia energética, iniciativas de movilidad eléctrica y reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (Wood y Ramiro, 2021).

La ciberseguridad es otro frente al cual no se le ha destinado suficiente inversión en México. Aunque se detectaron cerca de 200 mil ciberataques durante 2019, la CFE —encargada de operar la mayoría de la infraestructura eléctrica en el país— no contó con un servicio de ciberseguridad que protegiera la integridad del sistema entre marzo y agosto de 2020 (Gante, 2020). Lo anterior, meramente por razones administrativas, lo cual denota una falta de planeación y una gran vulnerabilidad geopolítica ante posibles manipulaciones y *hacks* por parte de terceros. Entre los países de origen de los ciberataques registrados en 2019, se encuentran Estados Unidos, Rusia, Alemania, Canadá, Ucrania, Vietnam, China, Singapur, Francia, Brasil, India y Suecia.

En el presente apartado se han identificado riesgos y oportunidades geopolíticas para México de cara a la descarbonización del sector eléctrico. Pese a que el país cuenta con bases institucionales y normativas sólidas para el aprovechamiento de su vasto potencial renovable, la historia reciente indica que existen posiciones encontradas respecto al modelo energético de largo plazo que debe adoptarse. Desafortunadamente, el debate entre promotores de un sector verticalmente integrado e impulsores de un sistema eléctrico descentralizado, rara vez se aborda desde un enfoque geopolítico. Esta propensión a considerar sólo los factores domésticos se contrapone a la evolución de una industria cada vez más globalizada y cohesionada en torno al combate contra el cambio climático. Por esta razón, la primera y más importante definición en torno al futuro de las energías renovables en México debe ser de índole política. Tal y como lo apuntó el investigador Juan Luis del Valle hace más de 40 años cuando se le preguntó por el principal factor inhibitorio de la energía solar en México: “[el despliegue descentralizado de la energía solar constituye una] decisión política porque quien tiene una planta centralizada controla la energía y hay quienes se asustan de que cada quien sea dueño de su propia energía” (Valle, 1978).

## VI. CONCLUSIONES

A lo largo de la historia, distintos países han utilizado los recursos energéticos para promover sus intereses domésticos y potenciar su influencia en



el exterior. En la antesala de la Primera Guerra Mundial, Winston Churchill substituyó el carbón por el petróleo como combustible principal de la Marina Real, apuntalando así la hegemonía británica en la carrera naval anglo-alemana. Como parte de los esfuerzos de reconstrucción después de la Segunda Guerra Mundial, países como Francia, Reino Unido e Italia ejercieron mayor control estatal sobre sus industrias eléctricas, a través de nacionalizaciones y monopolios públicos. Tras el embargo de la OPEP en 1973, Estados Unidos creó una reserva estratégica de petróleo y Francia redobló su apuesta por la energía nuclear (Chanona, 2020a). Ahora toca a los principales actores de la comunidad internacional replantear sus estrategias energéticas en función de la revolución renovable y la descarbonización de la industria eléctrica.

La severidad de la crisis climática, los avances tecnológicos y las reducciones de costo registradas en materia renovable apuntan hacia a una reconfiguración del tablero geopolítico de la energía. A este respecto, está cambiando el paradigma clásico de dependencia entre Estados exportadores e importadores. En la medida en que se diversifiquen las fuentes y tipos de energía en el mundo, se descentralizarán los riesgos y las vulnerabilidades geopolíticas, lo que implica que el poderío de un Estado ya no únicamente será determinado por el control que ejerza sobre los hidrocarburos, sino cada vez más por el acceso que tenga a tecnología e infraestructura renovable. Este cambio de paradigma no únicamente tendrá repercusiones económicas, sociales y ambientales, sino que también tendrá un impacto sobre la paz, seguridad y estabilidad del sistema internacional. En este sentido, habrá pérdidas y ganancias diferenciadas para distintos países, al tiempo que se propiciarán nuevas alianzas y rivalidades entre actores estatales y no estatales por igual. Aún subsiste incertidumbre con relación a los detalles este nuevo equilibrio; sin embargo, Bordoff ha advertido que las consecuencias geopolíticas de la transición energética serán mucho más sutiles, complejas y contraintuitivas de lo que parecerían en principio (2020).

A pesar de contar con un potencial renovable envidiable, un marco normativo sólido y metas de energía limpia claramente definidas, México se encuentra ante una disyuntiva renovable: aún debe decidir qué modelo eléctrico le conviene para afrontar los principales desafíos del siglo XXI. En este cálculo entran consideraciones de política interna, crecimiento económico, desarrollo social, medioambientales, de salud pública y hasta históricas. Sin embargo, la elección de modelo también debe valorarse a la luz de la lucha contra el cambio climático y la descarbonización de la industria eléctrica a nivel global. La transición hacia un futuro bajo en carbono debe enten-

derse como una oportunidad única para transformar el Sistema Eléctrico Nacional, acelerar la adopción de las energías renovables a gran escala y, en consecuencia, fortalecer la posición geopolítica de México en América del Norte y ante el resto del mundo.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, 2020a, *Clean Energy Innovation*, <https://www.iea.org/reports/clean-energy-innovation>.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, 2017, *Digitalisation and Energy*, <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, 2020b, *Electricity security in tomorrow's power systems*, <https://www.iea.org/articles/electricity-security-in-tomorrow-s-power-systems>.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, 2019, *Renewables 2019: Analysis and forecast to 2024*, <https://webstore.iea.org/download/summary/2854?fileName=1.%20English-Renewables-2019-ES.pdf>.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, 2020c, *Power Systems in Transition*, <https://www.iea.org/reports/power-systems-in-transition>.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, 2020d, *World Energy Outlook 2020*, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>.
- AKRAMI, Alireza *et al.*, 2019, "Power system flexibility: an overview of emergence to evolution", *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 7, <https://link.springer.com/article/10.1007/s40565-019-0527-4>.
- BAZILIAN, Morgan *et al.*, 2019, "Model and manage the changing geopolitics of energy", *Nature*, <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01312-5>.
- BELLINI, Emiliano, 2020, "Abu Dhabi's 1.5 GW tender draws world record low solar bid of \$0.0135/kWh", *PV Magazine*, <https://www.pv-magazine.com/2020/04/28/abu-dhabis-2-gw-tender-draws-world-record-solar-bid-of-0-0135-kwh/>.
- BETANCUR-DÍAZ, Ana María, 2020, "De la geopolítica clásica a la geopolítica crítica: perspectivas de análisis para fenómenos del espacio y del poder en América Latina", *FORUM. Revista del Departamento Ciencia Política*, volumen 179, <https://revistas.unal.edu.co/index.php/forum/article/view/79687/74508>.
- BLOOMBERG New Energy Finance – BNEF, 2020, *New Energy Outlook 2020*, <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>.

- BORDOFF, Jason, 2020, “Everything You Think About the Geopolitics of Climate Change Is Wrong”, *Foreign Policy*, <https://foreignpolicy.com/2020/10/05/climate-geopolitics-petrostates-russia-china/>.
- BOSNJAKOVIC, Branko, 2012, “Geopolitics of climate change: A review”, *Thermal Science*, 16(3): 629, [https://www.researchgate.net/publication/301889077\\_Geopolitics\\_of\\_climate\\_change\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/301889077_Geopolitics_of_climate_change_A_review).
- BP, 2020, *Statistical Review of World Energy 2020 | 69th edition*, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>.
- CALIFORNIA ISO, 2020, *Supply and renewables*, <http://www.caiso.com/TodaysOutlook/Pages/Supply.aspx>.
- CARBON Brief, 2020, *South Korea follows Japan and China in carbon neutral pledge*, *Daily Briefing*, <https://www.carbonbrief.org/daily-brief/south-korea-follows-japan-and-china-in-carbon-neutral-pledge>.
- CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA, 2020, *Acuerdo para garantizar la Eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad y Seguridad del Sistema Eléctrico Nacional con motivo del reconocimiento de la epidemia de enfermedad por el virus SARS-CoV-2 (Covid-19)*, México, <https://www.cenace.gob.mx/Docs/MarcoRegulatorio/AcuerdosCENACE/Acuerdo%20para%20garantizar%20la%20eficiencia,%20Calidad,%20Confiabilidad,%20Continuidad%20y%20seguridad%20del%20SEN%202020%2005%2001.pdf>.
- CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA, 2019, *CENACE informa la cancelación de la SLP-1/2018*, México, <https://www.cenace.gob.mx/Docs/MercadoOperacion/Subastas/2018/40%20Acuerdo%20de%20Cancelaci%C3%B3n%20de%20la%20SLP%20N.1%202018%20v31%2001%202019.pdf>.
- CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA, 2014, Decreto por el que se crea el Centro Nacional de Control de Energía, *Diario Oficial de la Federación*, México, [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5357927&fecha=28/08/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357927&fecha=28/08/2014).
- CHANONA, Alejandro, 2017, “Almacenamiento de energía: ¿La pieza faltante de la industria eléctrica?”, *Nexos*, México, [https://www.nexos.com.mx/?p=31712#\\_ftnref2](https://www.nexos.com.mx/?p=31712#_ftnref2).
- CHANONA, 2020a, “El papel de las energías renovables frente a la crisis”, *Nexos*, México, <https://www.nexos.com.mx/?p=48087>.
- CHANONA, 2020b, “Energía eólica marina: vientos de cambio”, *Nexos*, México, <https://www.nexos.com.mx/?p=49400>.

- CHANONA, 2016, “Tracking the Progress of Mexico’s Power Sector Reform”, *Wilson Center Mexico Institute*, [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/tracking\\_progress\\_of\\_mexicos\\_power\\_sector\\_reform.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/tracking_progress_of_mexicos_power_sector_reform.pdf).
- CHURCH, Clare y CRAWFORD, Alec, 2018, “Green Conflict Minerals: The fuels of conflict in the transition to a low-carbon economy”, *International Institute for Sustainable Development*, <https://www.iisd.org/system/files/publications/green-conflict-minerals.pdf>.
- COMISIÓN Europea, 2020, *Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability*, Bruselas, COM 474, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0474>.
- CONVENCIÓN Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – CMNUCC, 2015, *Acuerdo de París*, [https://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_spanish\\_.pdf](https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf).
- CORNELL, Phillip, 2020, “International grid integration: Efficiencies, vulnerabilities, and strategic implications in Asia”, *Atlantic Council*, <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/international-grid-integration-efficiencies-vulnerabilities-and-strategic-implications-in-asia/>.
- CUÉLLAR, Rubén, 2012, “Geopolítica. Origen del concepto y su evolución”, *Revista de Relaciones Internacionales de la UNAM*, núm. 113, 31 de mayo.
- CULLELL, Jon, 2020, “Las energías renovables baten su récord en México pese a las tensiones con el Gobierno”, *El País*, [https://elpais.com/economia/2020/02/26/actualidad/1582694040\\_481642.html](https://elpais.com/economia/2020/02/26/actualidad/1582694040_481642.html).
- DOWNIE, Edmund, 2019, “China’s Vision for a Global Grid: The Politics of Global Energy Interconnection”, *Reconnecting Asia*, <https://reconnectingasia.csis.org/analysis/entries/global-energy-interconnection/>.
- ECHEVARRÍA, Carlos *et al.*, 2017, “Integración Eléctrica Centroamericana: Génesis, Beneficios y Prospectiva del Proyecto SIEPAC”, *Banco Interamericano de Desarrollo*, <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Integraci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-centroamericana-G%C3%A9nesis-beneficios-y-prospectiva-del-Proyecto-SIEPAC-Sistema-de-Interconexi%C3%B3n-El%C3%A9ctrica-de-los-Pa%C3%ADses-de-Am%C3%A9rica-Central.pdf>.
- EHRENBERG, Alejandro, 2020, “Will Lithium Power Mexico Into the Future?”, *Mexico Business*, <https://mexicobusiness.news/mining/news/will-lithium-power-mexico-future-0>.
- EXXON Mobil, 2019, *Outlook for Energy: A perspective to 2040*, <https://corporate.exxonmobil.com/Energy-and-environment/Looking-forward/Outlook-for-Energy>.

- FRIEDMANN, Julio *et al.*, 2019, “Low-carbon heat solutions for heavy industry: sources, options, and costs today”, *Columbia University-SIPA Center on Global Energy Policy*, [https://www.energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/file-uploads/LowCarbonHeat-CGEP\\_Report\\_100219-2\\_0.pdf](https://www.energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/file-uploads/LowCarbonHeat-CGEP_Report_100219-2_0.pdf).
- GANTE, Diana, 2020, “Deja CFE operación expuesta a hackeo”, *Reforma*, [https://www.reforma.com/deja-cfe-operacion-expuesta-a-hackeo/gr/ar2062923?md5=58e363b11d77bc8b583c74aa47fb068e&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2efe&utm\\_source=twitter&utm\\_medium=social&utm\\_campaign=promocion\\_suscriptor](https://www.reforma.com/deja-cfe-operacion-expuesta-a-hackeo/gr/ar2062923?md5=58e363b11d77bc8b583c74aa47fb068e&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2efe&utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_campaign=promocion_suscriptor).
- HIRSCH, Adam, *et al.*, 2018, “Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 90, julio.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO-INECC, 2018, *Efectos del cambio climático*, <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/efectos-del-cambio-climatico>.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY-IRENA, 2019a, *A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation*, [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/Global\\_commission\\_geopolitics\\_new\\_world\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/Global_commission_geopolitics_new_world_2019.pdf).
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY 2020, *Global Renewables Outlook*, [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA\\_GRO\\_Summary\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_GRO_Summary_2020.pdf).
- JADUN, Paige *et al.*, 2017, “Electrification Futures Study: End-Use Electric Technology Cost and Performance Projections through 2050”, *National Renewable Energy Laboratory*, <https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/70485.pdf>.
- JOHNSTONE, Phil y MCLEISH, Caitriona, 2020, “World wars and the age of oil: Exploring directionality in deep energy transitions”, *Energy Research & Social Science*, vol. 69, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7471716/#b0035>.
- KRANE, Jim, 2020, “The Geopolitics of FDI: Can Weak States Deter Hegemons Using Foreign Investment?”, *Rice University’s Baker Institute for Public Policy*, <https://www.bakerinstitute.org/media/files/files/ce3b2e6f/fdi-krane-fdi-deterrent-to-hegemons.pdf>.
- LAZARD, 2019, *Lazard’s Levelized Cost Of Energy Analysis-Version 13.0*, <https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-13-0-vf.pdf>.
- LEY de la Industria Eléctrica-LIE, 2021, *Diario Oficial de la Federación*, México, [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5613245&fecha=09/03/2021](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5613245&fecha=09/03/2021).

- LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA-LTE, 2015, *Diario Oficial de la Federación*, México, <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>.
- MÄNBERGER, André y STENQVIST, Björn, 2018, “Global metal flows in the renewable energy transition: Exploring the effects of substitutes, technological mix and development”, *Energy Policy*, vol. 119, agosto.
- MÄNBERGER, André y JOHANSSON, Bengt, 2019, “The geopolitics of metals and metalloids used for the renewable energy transition”, *Energy Strategy Reviews*, vol. 26, noviembre.
- MCKINSEY & COMPANY, 2020, *Ørsted’s renewable-energy transformation*, <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/orsteds-renewable-energy-transformation>.
- MINING TECHNOLOGY, 2019, *Top ten biggest lithium mines in the world*, <https://www.mining-technology.com/features/top-ten-biggest-lithium-mines/>.
- MULVANEY, Kieran, 2019, “Climate change report card: These countries are reaching targets”, *National Geographic*, <https://www.nationalgeographic.com/environment/2019/09/climate-change-report-card-co2-emissions/>.
- NACIONES UNIDAS-NOTICIAS ONU CAMBIO CLIMÁTICO, 2018, “La interconexión energética mundial es un proyecto ambicioso para conseguir los objetivos del Acuerdo de París”, *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, <https://unfccc.int/es/news/la-interconexion-energetica-mundial-es-un-proyecto-ambicioso-para-conseguir-los-objetivos-del>.
- NYQUIST, Scott, 2016, “Energy 2050: Insights from the ground up”, *McKinsey & Company*, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/energy-2050-insights-from-the-ground-up>.
- O’SULLIVAN, Meghan *et al.*, 2017, “The Geopolitics of Renewable Energy”, *Columbia University – SIPA Center on Global Energy Policy, Belfer Center for Science and International Affairs Harvard Kennedy School y Norwegian Institute of International Affairs*, <https://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/CGEPTheGeopoliticsOfRenewables.pdf>.
- ØVERLAND, Indra *et al.*, 2019a, “The GeGaLo index: Geopolitical gains and losses after energy transition”, *Energy Strategy Reviews*, vol. 26, noviembre.
- ØVERLAND, 2019b, “The geopolitics of renewable energy: Debunking four emerging myths”, *Energy Research & Social Science*, vol. 49, marzo.
- PALTSEV, Sergey, 2016, “The complicated geopolitics of renewable energy”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 72, [https://www.researchgate.net/publication/309212789\\_The\\_complicated\\_geopolitics\\_of\\_renewable\\_energy](https://www.researchgate.net/publication/309212789_The_complicated_geopolitics_of_renewable_energy).



- PAUSELLI, Gino, 2013, “Teorías de relaciones internacionales y la explicación de la ayuda externa”, *Revista Iberoamericana de Estudios de Desarrollo*, vol. 2, número 1, <http://ried.unizar.es/index.php/revista/article/viewFile/65/29>.
- PEEL, Michael y SANDERSON, Henry, 2020, “EU sounds alarm on critical raw materials shortages”, *Financial Times*, <https://www.ft.com/content/8f153358-810e-42b3-a529-a5a6d0f2077f>.
- QUINT, Dominic y VENDITTI, Fabrizio, 2020, “The influence of OPEC+ on oil prices: a quantitative assessment”, *European Central Bank-Working Paper Series*, núm. 2467, <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp2467~c8f35853cc.en.pdf>.
- RITCHIE, Hannah, 2020, “What are the safest sources of energy?”, *Our World in Data*, <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>.
- ROSSER, Andrew, 2006, “The Political Economy of the Resource Curse: A Literature Survey”, *Institute of Development Studies*, <https://open-docs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/20.500.12413/4061/Wp268.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- RYSTAD ENERGY, 2020, *Covid-19 and energy transition will expedite peak oil demand to 2028 and cut level to 102 million bpd*, <https://www.rystadenergy.com/newsevents/news/press-releases/covid-19-and-energy-transition-will-expedite-peak-oil-demand-to-2028-and-cut-level-to-102-million-bpd/>.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA-SENER, 2020a, Acuerdo por el que la Secretaría de Energía aprueba y publica la actualización de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, en términos de la Ley de Transición Energética, *Diario Oficial de la Federación*, México, [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5585823&fecha=07/02/2020&print=true](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5585823&fecha=07/02/2020&print=true).
- SECRETARÍA DE ENERGÍA, 2020b, Capítulo VI, numeral 10. Incorporación de Energías Limpias Intermitentes, Acuerdo por el que se emite la Política de Confiabilidad, Seguridad, Continuidad y Calidad en el Sistema Eléctrico Nacional, *Diario Oficial de la Federación*, México, [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5593425&fecha=15/05/2020](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5593425&fecha=15/05/2020).
- SECRETARÍA DE ENERGÍA, 2019, *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033*, [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/475498/PRODESEN\\_VII.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/475498/PRODESEN_VII.pdf).
- SINE, Wesley y LEE, Brandon, 2009, “Tilting at Windmills? The Environmental Movement and the Emergence of the U.S. Wind Energy Sector”, *Administrative Science Quarterly*, vol. 54, núm. 1, 1 de marzo.

- SOLÍS, Arturo, 2020, “CFE responde a la IP: la energía renovable sí está subsidiada”, *Forbes*, <https://www.forbes.com.mx/cfe-responde-a-la-ip-la-energia-renovable-si-esta-subsidiada/>.
- SOLIS, Ana, 2012, “La generación eléctrica en México: una aproximación cuantitativa, 1880-1930”, *Simposio Internacional Globalización, Innovación y Construcción de Redes Técnicas Urbanas en América y Europa, 1890-1930*, [http://www.ub.edu/geocrit/Simposio/cSolis\\_Lageneracion.pdf](http://www.ub.edu/geocrit/Simposio/cSolis_Lageneracion.pdf).
- STEINER, Rupert, 2020, “A Danish Energy Giant Has Switched to Wind Farms. Its Stock Is Blowing Higher.”, *Barron's*, <https://www.barrons.com/articles/a-danish-energy-giant-has-switched-to-wind-farms-its-stock-is-soaring-51595579400>.
- THE ECONOMIST, 2020, *Why the Baltic states are reconfiguring their electric grids*, <https://www.economist.com/europe/2020/08/13/why-the-baltic-states-are-reconfiguring-their-electric-grids>.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-EPA, 2014, *Global Greenhouse Gas Emissions Data*, <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>.
- US DEPARTMENT OF ENERGY-DOE, 2015, *Energy Infrastructure Resiliency: Framework and Sector-Specific Metrics*, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/01/f19/SNLResilienceApril29.pdf>.
- US GEOLOGICAL SURVEY-USGS, 2020, *Mineral Commodity Summaries 2020*, <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>.
- UNIVERSAL Ecological FUND – UEF, 2019, *The Truth Behind the Climate Pledges*, <https://feu-us.org/behind-the-climate-pledges/#:~:text=An%20analysis%20of%20current%20commitments,are%20unlikely%20to%20be%20achieved>.
- VALLE, Juan Luis del, 1978, “La energía solar en México. Una encuesta”, *Nexos*, México, <https://www.nexos.com.mx/?p=3219>.
- VAKULCHUK, Roman *et al.*, 2020, “Renewable energy and geopolitics: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 122, abril.
- WOOD, Duncan y RAMIRO, Montserrat, 2021, “Re-Building a Complex Partnership: The Outlook for U.S. –Mexico Relations under the Biden Administration”, *Wilson Center Mexico Institute*, <https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/uploads/documents/US-Mexico%20Energy%20Relations.pdf>.
- ZETTER, Kim, 2016, “Inside the Cunning, Unprecedented Hack of Ukraine’s Power Grid”, *Wired*, <https://www.wired.com/2016/03/inside-cunning-unprecedented-hack-ukraines-power-grid/>.