

Dificultades de la transición energética

Geopolítica y transporte

Oscar Ugarteche

David Bonilla

Coords.



UNAM
Nuestra gran
Universidad



Dificultades de la transición energética.
Geopolítica y transporte



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Rector

Dra. Patricia Dávila Aranda

Secretaria General

Dr. Tomás Humberto Rubio Pérez

Secretario Administrativo

Dr. Miguel Armando López Leyva

Coordinador de Humanidades



CONSEJO LATINOAMERICANO
DE CIENCIAS SOCIALES

Pablo Vommaro

Director Ejecutivo

Gloria Amézquita

Directora Académica

María Fernanda Pampín

Directora de Publicaciones

Equipo Editorial

Lucas Sablich

Coordinador Editorial

Solange Victory

Producción Editorial



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
ECONÓMICAS

Dr. Armando Sánchez Vargas

Director

Dr. José Manuel Márquez Estrada

Secretario Académico

Dra. Nayeli Pérez Juárez

Secretaria Técnica

Mtra. Graciela Reynoso Rivas

Jefa del Departamento de Ediciones

Dificultades de la transición energética. **Geopolítica y transporte**

Oscar Ugarteche y David Bonilla
(Coords.)



UNAM
Nuestra gran
Universidad



dgapa

 **CLACSO**

Dificultades de la transición energética : geopolítica y transporte / Isabel Rodríguez Peña ... [et al.] ; Coordinación general de Ugarteche Oscar ; David Bonilla. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : CLACSO ; México : UNAM ; Ciudad de México :

Instituto de Investigaciones Económicas, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-631-308-061-8

1. Geopolítica. 2. Transportes. 3. Energía. I. Rodríguez Peña, Isabel II. Oscar, Ugarteche, coord. III. Bonilla, David, coord.
CDD 333.7968

Primera edición, mayo de 2025.

D.R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ciudad Universitaria, Coyoacán,

04510, Ciudad de México.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

Circuito Mario de la Cueva s/n,

Ciudad de la Investigación en Humanidades,

04510, Ciudad de México.

D.R. © CONSEJO LATINOAMERICANO DE CIENCIAS SOCIALES

Estados Unidos 1168 | C1101AAX |

Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Tel. [54 11] 4304 9145 | clacsoinst@clacso.edu.ar |

www.clacso.org

ISBN Clacso: 978-631-308-061-8.

ISBN IIEc-UNAM: 978-607-587-538-5.

Diseño de portada: Clacso.

Cuidado de la edición: Héliida De Sales Y. (México.)

Esta obra fue sometida a un proceso de dictamen en la modalidad doble ciego por académicos especialistas en el tema. Los dictámenes resultaron favorables para la totalidad de la obra, en todas sus secciones, partes y capítulos; por lo cual, el Comité Editorial del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades dio visto bueno para su publicación.

Este libro es producto del proyecto Universidad Nacional Autónoma de México- Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, IN303421, “El cambio de la matriz energética en México: un enfoque interdisciplinario desde la economía global y la economía de la energía”.

Estancia realizada gracias al PASPA de la DGAPA-UNAM.

Las opiniones expresadas en cada uno de los trabajos son de exclusiva responsabilidad de las autores y de los autores.

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en México.

Índice

INTRODUCCIÓN	9
<i>Oscar Ugarteche y David Bonilla</i>	
1. EL PETRÓLEO: CAUSA DE GUERRAS Y DESASTRES	27
<i>Alicia Puyana Mutis e Isabel Rodríguez Peña</i>	
2. LA COMPETENCIA ENTRE GRANDES POTENCIAS Y LA GEOECONOMÍA DE LA ENERGÍA	49
<i>Oscar Ugarteche</i>	
3. LOS LÍMITES ESTRUCTURALES A LAS TRANSICIONES ENERGÉTICAS JUSTAS EN AMÉRICA LATINA	87
<i>Esteban Serrani</i>	
4. TRANSPORTE ELÉCTRICO PÚBLICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA: UN ANÁLISIS DE SUSTITUCIÓN TECNOLÓGICA	131
<i>David Bonilla</i>	
5. ÁREAS DE OPORTUNIDAD Y RETOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS EN TIEMPOS DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA (MÉXICO)	183
<i>Isabelle Rousseau</i>	
6. LOS VAIVENES DE LA NUEVA GERENCIA PÚBLICA EN EL GOBIERNO DE MÉXICO: EL CASO DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA	211
<i>Israel Solorio</i>	
SEMBLANZAS	243

Introducción

Oscar Ugarteche
David Bonilla

ESTRUCTURA DE LIBRO

El objetivo general de esta obra es proponer un análisis de la oferta y la demanda de energía, principalmente del sector transporte. La oferta de energía se explora desde cuatro dimensiones: 1) el enfoque geopolítico, 2) la geoeconomía, 3) la justicia social en el acceso a la energía y 4) las políticas en materia de energía en México. Pocos trabajos confrontan los dos aspectos: prospectiva de la demanda de energía fósil y los desafíos de la oferta de ésta y de electricidad, así como del mercado energético global.

Este trabajo examina problemas energéticos (transición energética o TE) con arreglo a un análisis integral. Por *integral* se incluyen los aspectos tecnológico, social, geopolítico y geoeconómico de las energías fósiles. En cada transición energética hay factores importantes que permanecen iguales sin importar las particularidades del tipo de generación y de consumo de energía original a la final. Por ejemplo, unos autores definen las transiciones energéticas como el cambio de un sistema económico dependiente de una serie de fuentes energéticas y tecnologías a otras [Fouquet y Pearson, 2012]. Por el hecho de ser un fenómeno complejo que involucra todas las partes de una sociedad, Fouquet y Pearson [2012] concluyen que, en general, las transiciones energéticas ocurren en periodos largos

de tiempo, de 40 a 130 años aproximadamente. Con frecuencia, se busca con ellas encontrar fuentes más eficientes, menos costosas y nocivas para la salud de las personas y del ambiente. Así, esta propiedad une todas las definiciones y permite verla como un fenómeno que se puede estudiar en extenso.

La hipótesis general es que la demanda de energía fósil está estrechamente ligada a la evolución de la oferta de energía fósil; dada la abundancia de ésta, la demanda de energía fósil de transporte aumenta en exceso, lo que dificulta la transición energética. Una hipótesis adicional a este trabajo en su conjunto es que China lidera el cambio de matriz energética en el mundo y Norteamérica (que incluye a México) es su principal mercado en el continente americano.

El libro consta de seis capítulos; los dos primeros tratan de la oferta de energía desde el punto de vista de la geopolítica y la geoeconomía, mientras que el tercer capítulo analiza: 1) los principales límites estructurales que han enfrentado las transiciones energéticas en Latinoamérica durante varios años, y 2) la justicia energética. El cuarto capítulo discute la posibilidad de reducir la demanda de energía fósil (principalmente de derivados del petróleo) que es consumida cada vez más por el sector transporte. El quinto capítulo explora áreas de oportunidad y retos del sector hidrocarburos en tiempos de transición energética. El capítulo sexto describe los vaivenes de la administración pública de la política energética. Cada capítulo representa investigaciones sobre política energética. Los dos primeros describen el control de la energía entre Estados Unidos y su periferia y, del otro lado, los BRICS+ (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita, Egipto, Etiopía e Irán). En el resto de capítulos se debaten temas principales de preocupación para el diseño de políticas energéticas racionales en México (capítulos 4, 5 y 6).

El primer capítulo, de las autoras Alicia Puyana e Isabel Rodríguez, explora cuatro dimensiones de geopolítica. Primero, discute el papel del petróleo en la geopolítica y la geoestrategia

mundial y el surgimiento de conflictos políticos interestatales. Segundo, analiza las vías de solución de los dos trilemas energéticos básicos: 1) el trilema público: confiabilidad, accesibilidad y sostenibilidad del suministro de energía, y 2) el trilema del capital privado: invertir en petróleo y gas y en las energías nuevas y preservar las utilidades del capital y precios bajos al consumidor final. Tercero, el capítulo describe las tensiones por la intensificación de la minería para las nuevas fuentes de energía y los conflictos de interés intra- e interestatales entre los productores de combustibles fósiles y los de las fuentes renovables bajas en emisiones. Cuarto, se estima la distribución de costos y beneficios de la transición energética con criterios de equidad entre los actores sociales.

Oscar Ugarteche (segundo capítulo) describe el papel de China, que empieza a dominar el sector de energías renovables, y aclara el proceso de fractura de la globalización y las formas como el tema energético enfrenta a las dos grandes potencias en el continente americano. China es un socio destacado de inversión para la mayoría de los países de América Latina, sobre todo en la generación de energía renovable, minería de litio y expansión del transporte masivo urbano eléctrico. Las inversiones chinas abarcan una amplia gama de sectores, incluidos energía, transporte, minería, bienes raíces, finanzas, tecnología, turismo, entretenimiento, agricultura, salud, productos químicos, logística y servicios públicos, con un enfoque en iniciativas respetuosas con el medio ambiente, excepto en minería y petróleo.

Esteban Serrani (tercer capítulo) expone y evalúa los principales límites estructurales que han enfrentado las transiciones energéticas (TE) en la región durante varios años. Para ello, se enfoca en cuatro aspectos interrelacionados: primero, examina la relación histórica entre América Latina y las causas del cambio climático; segundo, vincula las actuales TE con su compleja relación respecto del aumento del bienestar derivado del acceso a la energía; tercero, explora cómo la evolución de la

economía verde se ha convertido en un campo de batalla global por la innovación, y la manufactura de sus cadenas globales de valor marca el inicio de un nuevo ciclo proteccionista en las economías más avanzadas; finalmente, analiza un conjunto de limitaciones estructurales que América Latina enfrenta al intentar profundizar sus transiciones energéticas.

David Bonilla (cuarto capítulo) se concentra en el otro lado del debate sobre la demanda de energía fósil en el contexto de la TE, desvía el enfoque de la política energética y explora un cambio de paradigma basado en el control de consumo de energía como resultado de la adopción del transporte público masivo. A diferencia de los capítulos anteriores, donde se analizan problemas geopolíticos de la oferta de energía actuales, Bonilla construye proyecciones de consumo de energía fósil (gasolina y diésel) de transporte público.

Isabelle Rousseau, en el quinto capítulo, ofrece un panorama amplio acerca de la complejidad de los retos que conlleva una transición de la matriz energética —para descarbonizar, conservar el medio ambiente y restaurar el tejido social desgarrado por un extractivismo desconsiderado— en países cuyo modelo de desarrollo ha estado basado en los hidrocarburos. Antes de centrarse en el caso mexicano, la autora ofrece una visión general, por ser el tema un asunto global. Rousseau busca presentar un abanico de temas sensibles al hablar de la transición energética, desde los diversos tipos de resistencia que suelen presentarse —tecnológica, institucional y cultural (identificadas en inglés como *carbon lock-in*)—, el “colonialismo verde” o la imposición brutal desde el norte de medidas sin adecuarlas a países emergentes con distinto grado de desarrollo (económico, social, político, tecnológico), hasta la necesidad de considerar el sistema energético como un sistema “sociotécnico” —con una interacción constante entre lo técnico y lo social—, lo cual implica que cualquier cambio en la matriz energética debe ser pensado y diseñado como un nuevo sistema “sociotécnico”.

El sexto capítulo, de Israel Solorio, aplica la perspectiva de Guerrero [2023] para explicar el sector eléctrico. Se ha dado la tarea de explorar la forma en que la nueva gestión pública (NGP) ha reconfigurado el aparato público-administrativo en México y cómo, pese a las fuertes resistencias que existieron durante años, penetró poco a poco en el aparato administrativo mexicano. Solorio demuestra que la reforma energética de 2013 estuvo fuertemente impregnada por dicha doctrina, en términos tanto de principios como de elementos configurativos del aparato administrativo y esquemas organizativos de gobernanza.

MATRIZ ENERGÉTICA Y SU TRANSFORMACIÓN

Este libro se basa en cierta medida en el proyecto “El cambio de la matriz energética en México: un enfoque interdisciplinario desde la economía global y la economía de la energía”. El proyecto estudia cómo China lidera el cambio en la matriz energética global y cómo lo hace particularmente en México. Dicho cambio en la matriz energética cuestiona, en primer lugar, la posición y el liderazgo de Estados Unidos, en general, y en México, en particular, en la medida en que el comercio de exportación de ese país está fuertemente liderado por el petróleo. En segundo lugar, el comercio automotriz de Estados Unidos, determinante para esa economía, se ve afectado por la creciente presencia de automóviles eléctricos e híbridos provenientes de China, dado que Estados Unidos no ha cambiado su matriz energética automotriz, si bien los consumidores han tomado conciencia del problema ambiental. La transformación de la matriz energética desde el lado de la demanda tiene un efecto negativo en las economías de México y Canadá, ambas articuladas a la economía estadounidense que produce vehículos de energía fósil, mientras que China lidera ampliamente en la fabricación y venta de automóviles eléctricos. También, en el mediano plazo, habrá repercusión en la balanza de

pagos de los países exportadores de petróleo, en general, y, en particular, de México, con efectos fiscales derivados cuando se produzca el cambio en la matriz de la oferta energética de una basada en energía fósil a otra centrada en energías renovables.

Las pruebas demuestran que Estados Unidos se ha rezagado en el proceso de cambio de matriz energética y sigue fuertemente anclado a la energía fósil, por lo que el proceso no se acelerará y, al parecer, México ha decidido tomar el mismo camino. La dinámica del mercado automotriz parece estar en otra dirección, al menos en México, si bien no se cuenta con instrumentos de política pública para incentivar el uso de los nuevos vehículos (véase el capítulo 4).

La generación de energía limpia va en aumento en México, aunque con muy poco peso. En América del Norte, México es el país más fosilizado con el 88 % del total de la energía que utiliza de ese origen. De otro lado, China está a la cabeza en la producción de equipo solar y eólico y en la construcción de presas hidroeléctricas y espera tener, en 2026, una generación significativa de energía renovable para sustituir el carbón y el petróleo. En paralelo, China es el país que tiene más vehículos eléctricos en las carreteras y más autobuses eléctricos. Ante esto, queda el reto de lograr una mayor generación y uso de la energía limpia. Existe un proceso de transformación hacia vehículos eléctricos de transporte masivo de pasajeros en las capitales latinoamericanas, con México en el tercer lugar, detrás de Bogotá y Santiago. Le siguen Sao Paulo, Quito y Buenos Aires [Statista, 2023]. En cambio, la Ciudad de México tiene otros medios de transporte de energía renovable complementarios a los autobuses, con lo que en total está en una posición líder si se incorporan los cablebuses, trolebuses, metros y trenes ligeros. México está en condiciones de impulsar una industria de autos eléctricos y sustituir la industria automotriz existente para que las empresas contribuyan con el costo de distribución eléctrica y la ampliación de la frontera de energía

limpia. De otro lado, se está ante la posibilidad de profundizar en el uso de energías limpias con tecnologías propias que se lo permitan e iniciar una nueva era de sustitución de importaciones para México, como lo hace Estados Unidos.

Cuando ocurra el cambio de la matriz energética desde el lado de la oferta (véase los capítulos 1 a 3), se sentirá en muchos frentes, ante la posibilidad de importar mucho menos gasolina refinada, diésel o gas natural (para generar electricidad), y la disminución de la inflación, hasta los reajustes monetarios y la reorganización de la energía. En este libro, se analiza el cambio energético desde el punto de vista de la economía política mundial y la economía de la energía, y se revisan los efectos económicos a largo plazo para México y el impacto político que podría tener. Igualmente se proponen políticas para lograr las metas deseadas.

Se pudo calcular y entender las consecuencias para la generación de electricidad y el sector transporte de las inversiones y tecnologías de China en la transición energética de México, dentro de las siguientes décadas a 2100, así como la participación de empresas de otras partes del mundo. Esto le abre a Pemex y a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) una oportunidad para hacer un giro en la generación de energía limpia, posibilitando una nueva sustitución de importaciones. En caso contrario, la economía mexicana puede terminar afectada adversamente en términos fiscales y de balanza de pagos, por su elevado déficit energético en gasolina, diésel y gas natural, así como en cuestiones ambientales.

El libro reproduce algunas ponencias directamente relacionadas con la investigación en curso y empieza con el efecto del petróleo y el gas en las tensiones internas e internacionales, así como su influencia en las políticas económicas y las relaciones globales. Destaca la interacción entre la demanda de energía y la política internacional, a partir de la geopolítica y la geoestrategia en este contexto. Se argumenta que el control de los recursos energéticos ha sido motivo de conflictos,

y se explora el papel de las energías renovables en la transición energética y sus implicaciones en la seguridad nacional. Con eso se abre el problema más general en el marco de la teoría de las dos esferas, de la presencia de capitales chinos en la minería estratégica para las nuevas energías frente a la ausencia de capitales occidentales en dicha minería, en especial, de Estados Unidos. Se podría argumentar que la presencia militar estadounidense creciente en Sudamérica es parte de la estrategia de contención de Estados Unidos a los capitales chinos. Por otro lado, los países mineros buscan las inversiones chinas por dinámicas y por grandes. La contribución minera al crecimiento del producto interno bruto (PIB) en Chile, Perú y Ecuador es visible y la promesa de crecimiento en Argentina y Bolivia con las minas de litio es muy notable.

Existen cambios en curso en la matriz energética de México, en parte inducidos por inversionistas europeos con tecnologías de origen chino sin una política pública en esa dirección. Hay una presencia silenciosa de China en el sector energético, así como de transporte en general en proceso de maduración acelerada y modificará la relación de México con Estados Unidos al reducir la intensidad del comercio bilateral automotriz. El cambio de matriz energética modifica la industria automotriz en México desde el lado de la demanda al pasar de ser fabricante de autos a energía fósil a eléctricos. Se estima que el peso de la industria automotriz estadounidense se reducirá en el país conforme gane peso la industria automotriz china, sobre todo si se electrifica su sector transporte pesado y masivo de pasajeros. El cambio de la matriz energética afectará positivamente la contaminación ambiental, con una reducción mensurable de CO₂ y gases con efecto invernadero. Los cambios serían profundos si se considera al parque vehicular al mismo tiempo que las ventas de equipo o componentes para autos eléctricos y de autos eléctricos en las décadas siguientes. El cambio en el mercado de automóviles, tráiler y autobuses altera el

perfil energético y ayudará a reducir el volumen de gasolina y diésel que se importa.

LA POLÍTICA ENERGÉTICA EN LATINOAMÉRICA

Como se demuestra en el libro, las políticas energéticas en América Latina son variadas. En Bolivia, una empresa nacional de litio asociada con capitales chinos trabaja en el salar de Uyuni, donde la tecnología de refinación proviene de capitales extranjeros. Esto difiere de Argentina, donde una empresa china tiene el proyecto Cauchari-Olaroz, en una asociación entre Ganfeng Lithium Co. Ltd. y Lithium Americas Corp., Canadá, con un pequeño porcentaje de Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE); el proyecto Fénix, en Catamarca, Antofagasta de la Sierra, de Livent Corporation, de Estados Unidos, y Salar de Olaroz (Sales de Jujuy) en Jujuy, Susques, de Allkem Ltd., Australia, Toyota Tsusho, Japón, y JEMSE. Hay 35 proyectos adicionales, de los cuales cinco están en construcción, dos de capital de China y los otros, de Australia, Corea del Sur, Canadá y Francia a medias con capitales de China. De los 38 proyectos, entre operativos y en proceso, sólo hay uno de capitales de Estados Unidos, lo que indica un cierto alejamiento de las inversiones directas extractivas de parte de ese país. No hay una empresa pública argentina en estos proyectos sino una participación en algunos casos de JEMSE, que es una empresa público-privada de Jujuy, que promueve desarrollos energéticos sustentables a fin de impulsar el cambio de la matriz energética de la provincia de Jujuy y del país.

El tercer esquema es el mexicano, parecido al boliviano pero antagónico a los capitales de China, con una empresa estatal denominada Litio para México (LitioMx). Ésta se fundó con base en el trabajo de exploración efectuado por Gang Feng Lithium en sociedad con Bacanora Lithium, empresas chinas,

y se cancelaron nueve concesiones de exploración a las mismas empresas. A diferencia del modelo boliviano, donde la empresa pública se asocia con capital chino, en México se disocia del capital chino como expresión del conflicto entre las dos esferas de interés, pues el país entra en la esfera estadounidense. Ahora debe buscar una asociación con empresas occidentales con la tecnología de refinación. El caso está en arbitraje internacional.

La fractura de la globalización y el sector energético contribuyen a las tensiones en la competencia entre grandes potencias en el continente americano. Se analiza la creciente influencia de China en América Latina, sobre todo en sectores como la energía renovable y la minería de litio. Se observa que las relaciones comerciales y políticas repercuten en la recepción de inversión extranjera, lo que separa al continente en esferas de influencia entre Estados Unidos y China. La fragmentación de la globalización, al imponer Estados Unidos prohibiciones comerciales y altos aranceles a productos de China, se concentra en las industrias vinculadas de alguna manera con la energía, sea de transporte o de chips.

Para las empresas chinas y europeas, el mercado mexicano de transporte de pasajeros masivo o privado está desarrollándose sin una presencia estadounidense visible, con lo que se aprecian dos cosas: creciente penetración de equipos chinos de transporte y proyección de una demanda creciente de electricidad sin una ampliación de la red eléctrica ni una renovación de la existente. Del otro lado es notable la expansión de proyectos para exportación de energías renovables en la zona de frontera con Estados Unidos, sin que la zona misma se vea beneficiada con mayor provisión energética. Esto abre la interrogante sobre el concepto de seguridad nacional y si se refiere a un país o la región de América del Norte, porque los proyectos indican mayor interconexión energética más que creciente autonomía. Hasta el año 2023, el 88 % de la energía de México tuvo fuentes fósiles y se concentró en transportes.

POLÍTICA CLIMÁTICA E INDUSTRIAL

La crisis climática implica la necesidad de una transición energética urgente. El presente libro discute los desafíos y las limitaciones estructurales de esta transición en América Latina, incluida la complejidad de las relaciones entre el acceso a la energía, el cambio climático y la economía global. Se exploran propuestas para alcanzar la neutralidad del carbono, considerando las reflexiones de Serrani (capítulo 3) sobre políticas proteccionistas en países desarrollados. En lugar de anticipar una explosión en la generación de empleo verde en los próximos años, el sector de las energías renovables, en particular la solar fotovoltaica y la eólica, experimentará un crecimiento moderado en la creación de empleo en los países de la región. Esto se debe principalmente a que la mayoría de los puestos de trabajo se genera en actividades de menor valor agregado durante la construcción de los parques, como la obra civil y el montaje, mientras que se crean muy pocos empleos directos para las tareas de operación y mantenimiento (OM), que son continuas a lo largo de la vida útil de los proyectos.

En resumen, sin una política industrial adecuada, será difícil observar un aumento importante en la creación de empleo derivado de: 1) las energías renovables, y 2) transporte sustentable y su equipo en la región. Esto indica que se debe impulsar empresas o promover que se fabriquen los paneles solares y los molinos eólicos en los países para masificarlos con rapidez conforme a una política de cambio de matriz, que parece ausente en general, aunque haya casos donde se observa su transformación, como Uruguay, Chile, Brasil y Costa Rica. La sustitución de la oferta energética en algunos países es menos importante que la sustitución de la demanda por el peso de las energías renovables hidroeléctricas y de biomasa.

Finalmente, se profundiza en la transición energética y sus desafíos, ante todo en economías dependientes de los hidrocarburos, como México. Se examinan las políticas para hacer

que la industria petrolera sea más sostenible y equitativa, al considerar los problemas ambientales y sociales. Se proponen alternativas basadas en el marco legal, institucional y tecnológico existente para lograr una transición más efectiva hacia una matriz energética más limpia.

Se abren algunos interrogantes como resultado de los trabajos. Primero, si México tiene seguridad nacional o si se apoya en el concepto de seguridad regional de América del Norte. El segundo es si la falta de disposición para efectuar el cambio de la matriz energética se debe a los costos fiscales, a la concepción de Pemex como rentable o a la convicción de que es irrelevante. ¿Existe una administración pública alerta que priorice este tema?, ¿le dan espacio político? Hay un proceso de cambio de transporte masivo de pasajeros y se han introducido los primeros vehículos privados de pasajeros eléctricos de origen chino que han llevado a que Estados Unidos cuestiona si son una amenaza a su seguridad nacional y también si son producidos para su mercado. Todo indica que son para el mercado mexicano, pero a su vez no hay política pública para recibir esta inversión que efectuará una transición del transporte.

PROSPECTIVA DE ENERGÉTICOS DEL SECTOR TRANSPORTE

El trabajo de Bonilla nos indica las proyecciones a 2100 para contribuir a reducir la demanda de energía fósil con base en la expansión del transporte de autobuses y propone una prospectiva de transporte público sobre todo de: 1) autobuses de pasajeros, 2) su demanda de electricidad a 2100 y 3) del crecimiento en su capacidad instalada (parque vehicular de autobuses eléctricos). A diferencia de los otros capítulos, el trabajo de Bonilla se concentra en la transformación de la demanda de energía fósil desde la óptica del transporte público.

Los automóviles son la causa de muchas de las emisiones de gases de efecto invernadero y la interacción con el transporte público (en su mayoría autobuses gestionados por el gobierno) implica que la expansión en el último podría ayudar a reducir emisiones del primero. Así, el análisis de Bonilla expone que la difusión de transporte eléctrico o el cambio hacia autos eléctricos o transporte público eléctrico (metrobusés o autobuses eléctricos) puede ser un gran impulsor para comenzar la transición energética. Los autobuses eléctricos ofrecen, en principio, un ahorro considerable de consumo de energía fósil comparado con el automóvil particular. Esta difusión del autobús eléctrico requiere generar electricidad de fuentes limpias, aunque esto dependerá de la matriz energética de cada país.

El cambio hacia energías limpias ocurre ante todo en países altamente desarrollados. Bonilla presenta el panorama actual de la tendencia hacia la adopción de autobuses eléctricos en diferentes escalas en México. Este autor demuestra que existe un punto de inflexión para la transición hacia autobuses eléctricos cuando la proporción de ventas (o la proporción de parque vehicular de autobuses eléctricos en el total de autobuses basados en energía fósil) entre autobuses eléctricos y automóviles basados en diésel o gasolina totales alcanza un 5 %; esto se observa en otros mercados también, como automóviles particulares. En este porcentaje, se muestra un crecimiento acelerado, aquellas ciudades o regiones que fuesen las primeras en adoptar la tecnología se podrían ver opacadas en número por la demanda popular y las ventas que crecen de manera más predecible y rápida. China y Noruega son el ejemplo prototípico y más exitoso de este fenómeno.

América Latina es un caso interesante, toda vez que la transición energética se encuentra en los dos lados de la dualidad: por un lado, se requiere energía fósil para seguir impulsando la economía pues todos los países se encuentran en

desarrollo. Mientras que, por otro, la región cuenta con un amplio potencial para energías renovables e hidroeléctricas, lo que hace factible la transición hacia energías limpias al mismo tiempo que deja de depender del petróleo a través del gas natural. Hay 26 millones de personas que carecen de acceso a electricidad en Latinoamérica [Cepal, 2019]; hay que tomar esto en cuenta en el plan de transición energética puesto que la decisión de optar por energías limpias, pero costosas, puede dejar a un mayor número de personas sin acceso a este recurso fundamental.

El concepto de seguridad energética a menudo se piensa como un concepto restringido a una nación. Para América del Norte se concibe como una región en la cual se ubican molinos eólicos en Baja California para vender energía a California en el país del norte, mientras Pemex compra una refinería en Texas para complementar su capacidad de refinación dentro de este país. De otro lado, la ausencia de política energética en Estados Unidos se repite en México donde las empresas no se encuentran ante una política pública que promueva el uso de energías renovables o, por el lado de la demanda, fomente el uso de vehículos eléctricos. La Ciudad de México tiene una política relacionada con la contaminación aérea y las partículas en el aire de transporte masivo de pasajeros con energías renovables.

Fuera de los autobuses, la Ciudad de México tiene cablebús, trolebuses, metro y tren ligero, lo que la convierte en una ciudad en la cual el transporte masivo de pasajeros se transforma con rapidez como respuesta a una política de control de la contaminación ambiental. Desde el punto de vista de la oferta energética, no parece haber un cambio significativo en la ciudad, si bien existe un consumo creciente de placas solares como respuesta a la oferta de las empresas. El patrón energético depende de energías fósiles, por lo que la electricidad consumida por los vehículos de transporte masivo, si bien no contamina la ciudad, no influye sobre el calentamiento

global, dado que el 88 % de dicha energía deriva de fuentes fósiles, ante todo.

La llegada de vehículos eléctricos a México obedece razones de mercado antes que de política pública. Los incentivos fiscales son insuficientes para la compra de éstos y, aunque existe una política de desarrollo de cargadores eléctricos por todo el país a cargo de la CFE, falta mucha inversión para este fin por parte de la propia empresa. En octubre de 2024 se acabaron los incentivos fiscales para la compra de autos eléctricos importados [Monroy, 2024]. Tampoco hay una política de sustitución energética por placas solares del hogar. Esto culmina en la llegada de fabricantes de autos eléctricos que quieren ensamblar y vender dentro del país, como las marcas Nissan, Ford, JAC, GM, Audi, BMW, Mercedes Benz, Mini, Volvo, Tesla, BYD, Porsche, MG, Omoda y, se espera, Renault. Fuera de esto se encuentran los vehículos híbridos. Estados Unidos ha solicitado una investigación sobre BYD dado que su fábrica estará en América del Norte y ellos consideran la empresa una amenaza a su seguridad nacional. Actualmente, la importación de automóviles chinos a Estados Unidos es baja debido a los altos aranceles. Se teme que estos aranceles no sean suficientes para resolver el problema, y algunas empresas chinas establecen plantas en México para evitarlos. El Departamento de Comercio planea investigar los riesgos para la seguridad nacional de los “vehículos conectados” provenientes de China y otros países hostiles. Es posible que las empresas chinas piensen en el mercado interno mexicano, y no en el estadounidense como tal, para instalar sus fábricas en el país.

LA NECESIDAD DE UN NUEVO PARADIGMA Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Urge una definición de política de sustitución energética en México y que no sea liderada sólo por el mercado. Por el lado de la demanda en el transporte masivo de pasajeros,

la sustitución no resuelve el problema del lado de la oferta; además, ambas deben tomarse en cuenta. La sustitución de vehículos privados será lenta si no hay una política pública la impulse mediante incentivos fiscales y con la instalación nacional de cargadores de parte de la CFE, como ocurrió en los primeros momentos en China y en Europa. Alemania, Noruega y China tienen lecciones de las cuales aprender en este campo.

Es necesario agregar que el paradigma actual de la TE se basa en un cambio tecnológico (ejemplo: de camiones de pasajeros a camiones eléctricos o de energía fósil para generar electricidad a energías renovables); sin embargo, es necesario considerar dos aspectos discutidos en los debates de energía sustentable y de política energética racional: los límites planetarios, los cuales se han visto rebasados por la economía mundial y donde el cambio climático es sólo un aspecto (como discuten ampliamente Steffen y colegas [2015], y Richardson y colegas [2023]), y la mayor escasez de la oferta de energía fósil y de minerales [Delannoy *et al.*, 2021; Michaux, 2021; Laherre *et al.*, 2022]. No hay suficiente energía fósil ni materias primas para continuar con el crecimiento ni tampoco es posible desacoplar la economía de los impactos ambientales, de emisiones de consumo de energía, de huella material (por ejemplo, Hickel [2020], Kallis *et al.* [2021]).

Este libro es producto del proyecto Universidad Nacional Autónoma de México-Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, IN303421, “El cambio de la matriz energética en México: un enfoque interdisciplinario desde la economía global y la economía de la energía”. Los trabajos se presentaron al Primer Seminario Interdisciplinario de Política Energética, en agosto de 2023, con el auspicio de la Fundación Friedrich Ebert.

BIBLIOGRAFÍA

- Cepal [2019], “ODS 7: garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos en América Latina y el Caribe”, <<https://bit.ly/423c5Ls>>.
- Delannoy, L., Longaretti, P. Y., Murphy, D. J., y Prados, E. [2021], “Peak oil and the low-carbon energy transition: A net-energy perspective”, *Applied Energy*, Ámsterdam, Elsevier, 304.
- Fouquet, R. y Pearson, P. [2012], “Past and prospective energy transitions: Insights from history”, *Energy Policy*, Ámsterdam, Elsevier, 50: 1-7.
- Guerrero, O. [2003], "Nueva gerencia pública: ¿gobierno sin política?", *Revista Venezolana de Gerencia*, Maracaibo, Universidad del Zulia, 8(23): 379-395, <<https://cutt.ly/xe0GQXmc>>.
- Hickel, J. [2020], *Less is more: How degrowth will save the world*, Londres, Penguin.
- Kallis, G. *et al.* [2020], *The case for degrowth*, Cambridge, Polity Press.
- Laherrère, J., Hall, C. A. y Bentley, R. [2022], “How much oil remains for the world to produce? Comparing assessment methods, and separating fact from fiction”, *Current Research in Environmental Sustainability*, Ámsterdam, Elsevier, 4(2): 100174.
- Michaux, S. P. [2021], “Assessment of the extra capacity required of alternative energy electrical power systems to completely replace fossil fuels”, GTK Open File Work Report, 42: 2021.
- Monroy, P. [8 de octubre de 2024], “Se acabaron los beneficios fiscales para autos eléctricos en México (incluidos los chinos) y eso sólo puede significar una cosa: a partir de este mes podrían empezar a ser más caros”, *Motorpasión México*, <<https://bit.ly/4iVST8F>>.

- Richardson, K. *et al.* [2023], “Earth beyond six of nine planetary boundaries”, *Science Advances*, Washington, American Association for the Advancement of Science, 9(37): eadh2458.
- Statista [2023], “Número de autobuses eléctricos en los sistemas de transporte público de algunos países de América Latina en julio de 2023”, Statista, <<https://bit.ly/4h4oHWP>>.
- Steffen, W. *et al.* [2015], “Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet”, *Science*, Washington, American Association for the Advancement of Science, 347(6223): 1259855.

1. El petróleo: causa de guerras y desastres

Alicia Puyana Mutis
Isabel Rodríguez Peña

OBJETIVOS

Esta investigación se propone, primero, analizar el papel del petróleo en la geopolítica y la geoestrategia mundial, además del surgimiento de conflictos políticos interestatales. Segundo, explorar las vías de solución de los dos trilemas energéticos básicos: 1) el trilema público: confiabilidad, accesibilidad y sostenibilidad del suministro de energía, y 2) el trilema del capital privado: invertir en petróleo y gas y en las energías nuevas y preservar las utilidades del capital y precios bajos al consumidor final. Tercero, examinar las tensiones por la intensificación de la minería para las nuevas fuentes de energía y los conflictos de interés intra- e interestatales entre los productores de combustibles fósiles y los de las fuentes renovables bajas en emisiones. Cuarto, estimar la distribución de costos y beneficios de la transición energética (TE) con criterios de equidad entre los actores sociales.

El trabajo asume que la seguridad nacional (SN) es el meollo de la seguridad energética (SE) y debe proponer y justificar cómo estructurar la transición energética. Hoy se requiere añadir la equidad energética (EE), puesto que los desequilibrios en el acceso a la energía son factor de desigualdad, fenómeno global que desafía la estabilidad mundial. Este supuesto

conduce a cuestionar en qué medida los cambios en el mercado petrolero y del gas y en la matriz energética mundial, constatados globalmente, han contribuido a consolidar la SN, la EE y la equidad global.

INTRODUCCIÓN

Analizar en qué medida el petróleo y el gas han sido causa de confrontaciones intra- e interestatales apunta a escudriñar cómo afectan las políticas económicas y las relaciones internacionales de los países. Se trata de explorar, desde la economía política de la energía, el papel del petróleo y el gas en la geopolítica y la geoestrategia de las naciones. También implica entender la interacción entre las diversas demandas de energía de cada país y la política internacional. Se trata, en primer lugar, de la demanda proveniente del sector militar, esencial para la preservación de orden mundial y la SN; en segundo término, la requerida para fines civiles, como el desarrollo económico, el crecimiento de las actividades manufactureras, la integración del mercado nacional y de éste con el externo, el transporte, el progreso social, todo lo cual sintetiza en el consumo de electricidad. La relación entre estas dos demandas es directa: a mayor grado de desarrollo y sofisticación de la economía y de la infraestructura física de un país, mayores las demandas de SN y de la capacidad militar para defenderla. Analizar estas relaciones, en el enmarque descrito, precisa establecer qué es geopolítica y qué geoestrategia.

En términos generales, la geopolítica es el campo de estudio interdisciplinario que analiza las relaciones políticas entre países o grupos de naciones al considerar el territorio y la geografía. Examina la influencia, en la política y en las estrategias nacionales e internacionales, de la ubicación geográfica de cada país, los estados con los cuales colinda, los recursos naturales que posee en su territorio y las características

físicas de éstos. A su vez la geoestrategia, a partir del conocimiento aportado por la geopolítica, planifica el uso de los recursos económicos, políticos, diplomáticos y de las capacidades militares disponibles con el fin de asegurar la posición de un país en el escenario internacional. Es claro que la geopolítica y la geoestrategia están estrechamente relacionadas. La primera proporciona el marco conceptual para definir el *espacio vital*¹ de cada nación según los recursos territoriales necesarios para la existencia y el desarrollo del Estado y la SN, y la segunda planifica y define las pautas a seguir y los requerimientos a emplear para consolidar dicho espacio. Ni la geopolítica ni la geoestrategia son disciplinas neutras, toda vez que el objeto de estudio de una y otra, el recuento y ponderación de los recursos territoriales y la estrategia a seguir se establecen en el marco ideológico de la SN y del espacio vital. De lo anterior emerge que todos los países institucionalizan estrategias geopolíticas, si bien sólo las grandes potencias pueden instrumentar geoestrategias.

En suma, este capítulo indaga cómo la geopolítica y la geoestrategia instrumentadas en buena parte del siglo xx y lo que va del XXI han estado moldeadas por la necesidad de las potencias mundiales de poseer petróleo para dominar el mundo, lo que conduce a conflictos por controlar las fuentes de energía, ya sea el agua, el carbón, el petróleo y el gas [Smil, 2006; Arora y Gupta, 2013]. Asegurar el suministro de petróleo es también prioridad vital de los países en desarrollo, en su procura por el crecimiento económico, cerrar las brechas

¹ El espacio vital es el área que un país considera necesaria para la existencia y el desarrollo del Estado, sus intereses y la prosperidad de su población. Es un término controversial esgrimido por Hitler y que cayó en desuso al terminar la Segunda Guerra Mundial. Resurgió en los años sesenta, al fragor de la Guerra fría, y sigue vigente. Rusia consideró que el expansionismo de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) y el ingreso de Ucrania a ésta, amenazan su SN, por lo cual su "operación especial" es una acción de legítima defensa. La reacción de los países europeos indica la vigencia de la SN. En la estrategia de SN del presidente Biden, para Estados Unidos, su espacio vital es el universo, toda vez que contempla, además del globo terráqueo, el espacio [Simón y García, 2022].

que los separan de los primeros y asegurar la integridad territorial en el espinoso proceso de la construcción nacional y cimentar la SE. Ante los avances de la TE, y dado el contexto de la geopolítica de la energía, la SN y la energética se exponen a viejas y nuevas dificultades y contradicciones derivadas del peso que los combustibles fósiles mantendrán en la vida de las naciones. Si bien las energías renovables dan independencia energética, los minerales para la transición son recursos no renovables y fuente de conflictos, hasta hoy latentes, que ya anuncian conflictos de interés entre los países que poseen las reservas o el capital y la tecnología para procesarlos y los grandes consumidores que carecen de éstos. Ya se evidencia cómo unos países incorporan a sus políticas nacionales la manera de asegurar el recurso, como lo hace el gobierno estadounidense y el de países de la Unión Europea. En el otro lado, aparecen los países que poseen las reservas y buscan un manejo nacional y controlar las rentas. El establecimiento de la TE alumbrará las implicaciones en términos de SN.

Después de la introducción, el capítulo se conforma de la siguiente manera: en la primera parte se presenta la relevancia económica y política del petróleo desde el marco de la geopolítica. La segunda parte analiza el petróleo como elemento central de la SN y de las estrategias de los países dependientes para garantizar el acceso, muchas veces con acciones militares. La tercera parte plantea los conflictos alrededor del petróleo, y la cuarta aborda los cambios en el sector energético por la TE y las probables presiones sobre la SE. Al final se resumen las evidencias del estudio.

LA GEOPOLÍTICA DEL PETRÓLEO Y LOS NUEVOS ESPACIOS DE CONFLICTO

La geopolítica del petróleo compendia las estrategias, los planes y las acciones ejecutadas por los estados nacionales, solos o en alianzas con naciones afines, para asegurar el suministro de

petróleo y para defender el recurso. Los países productores más relevantes crearon, en septiembre de 1960,² la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP) para elevar sus ingresos por petróleo y, en octubre de 1973, tomaron la rienda de las reservas y la producción, antes controladas por las Siete Hermanas.³ En respuesta, los países consumidores más importantes conformaron en febrero de 1974 la Agencia Internacional de Energía (AIE), para proteger sus economías de futuros choques de precios, y pactaron políticas vinculantes de seguridad y transición energética. Así, de un mercado dominado por el cartel privado de las Siete Hermanas, se pasó al conformado por dos carteles estatales antagónicos: la OPEP y la AIE, en un juego de intereses complejo en el cual la seguridad en el abasto de petróleo y demás combustibles fósiles era el primordial interés de los países consumidores, y para los productores lo era lograr precios justos y renta acorde con el valor del crudo. Se esperaba que las nuevas reglas del mercado y de precios remunerativos reducirían la intensa explotación registrada entre las dos guerras mundiales y pospondrían el agotamiento de reservas [Puyana, 2015; Yergin, 2011]. Para los países industrializados que en 1974 constituyeron la AIE, en la lógica de la SN, el suministro del petróleo era necesario para el crecimiento económico y ejercer su poder económico, político y militar en el mundo [Smil, 2017]. Para los países productores, suministrar el petróleo es la base de sus economías, el entramado político e institucional y la existencia del Estado, toda vez que su fiscalidad depende de estos recursos [Puyana y Rodríguez, 2023]. Los países productores y los consumidores requieren que el mercado funcione y el petróleo fluya, en torno a lo cual no siempre ha habido acuerdo,

² Los países fundadores fueron Irán, Iraq, Kuwait, Arabia Saudita y Venezuela. Para mayor detalle véase: Puyana [2015] y OPEC, "Brief history", en: <<https://bit.ly/3W7wj20>>.

³ Cartel de las siete grandes empresas petroleras inglesas, estadounidenses, holandesas y francesas que controlaban toda la cadena de valor en función de su rentabilidad, sin relación con el valor del petróleo [Puyana, 2015].

los conflictos han abundado y la solución no ha sido siempre pacífica [Buchelli, 2006; Puyana y Rodríguez, 2022], de lo que se colige que el petróleo ha constituido un factor de poder en las relaciones internacionales [Fournier y Westervelt, 2005]. La ecuación que plantea el autor se desplaza entre los conflictos de intereses nacionales de los países poseedores de las mayores reservas y los de las naciones más industrializadas, grandes consumidores de crudo, la mayoría sin reservas ni producción relevantes y dependientes de importaciones para satisfacer su consumo. Klare define la trascendencia del petróleo en la vida de los estados y la pone en el centro de la SN: “El petróleo no alimenta solamente los automóviles y los aviones. Nutre el poder militar, el patrimonio nacional y la política internacional; es un determinante del bienestar, la SN y del poder internacional para los países que lo poseen y lo contrario a los que no” [Klare, 2014: 5, traducción propia]. Devela la dicotomía entre consumidores y productores de crudo cuyo carácter antagónico desencadenó los choques de precios del petróleo en 1973-1982 y la creación de la AIE, el órgano de los países industrializados.

EL PETRÓLEO, FACTOR DE SEGURIDAD NACIONAL Y CASUS BELLI

En poco tiempo, la penetración del petróleo en la actividad económica generó “una auténtica geopolítica del petróleo, basada en la interrelación de tres factores: *territorios de producción, lugares de consumo y las rutas de transporte* que unen a ambos” [Colgan, 2013]. En el centro de la “civilización del petróleo” está la red de ductos de gas y petróleo y las de transmisión y distribución de alta y baja tensión, un complejo y vital sistema circulatorio.

Múltiples hechos pueden afectar las relaciones de estos tres factores, generar crisis políticas y consumir el potencial de guerra del petróleo. Vale mencionar:

[...] guerras por el control de los recursos o del territorio que los alberga; externalización de guerras civiles de los países petroleros; altercados por el control de rutas de tránsito, gasoductos y oleoductos, acciones para limitar las rentas petroleras a los países antagónicos, como Venezuela, Irán o Rusia; controversias por el control de las rutas de tránsito, gasoductos y oleoductos o las alianzas que trastocan el orden mundial como la OPEP y la AIE [Colgan 2013: 7, traducción propia].

Gráficamente expresó Churchill en 1909 el potencial del petróleo y su relación con el poder político y la SN: “El petróleo: una materia prima a dominar para dominar el mundo” [Puyana, 2015: 18].

Desde otras urgencias, el presidente Clemenceau, reiteró esa trascendencia al escribir al presidente Wilson, en la espera del ataque alemán en la Primera Guerra Mundial, *l'essence aussi nécessaire que le sang* (“la gasolina es tan necesaria como la sangre”) [Meierding, 2020]. En los dos casos, el punto neurálgico es la función del petróleo como instrumento de poder geoestratégico internacional y de SN. Por ello, Churchill decidió cambiar el carbón por el petróleo como combustible y alegar sus ventajas en términos de velocidad, espacio, tamaño de la tripulación y capacidad de fuego, y en 1909 creó la empresa estatal Anglo-Persian Oil Company. Para Churchill: “Quien controle el petróleo ganará la guerra” [Stevenson, 2015: 1]. Estados Unidos y Francia emularon la iniciativa de Churchill y adoptaron el crudo para sus armadas. Ni Inglaterra ni Francia poseían reservas de petróleo en su territorio, por lo cual debían controlar sus territorios coloniales y dominios que las tenían.

Así emerge la “geopolítica del petróleo”, el estudio de las interacciones entre la política internacional y el suministro y la demanda de petróleo, y la “geoestrategia petrolera” o la política de protección de los intereses nacionales para asegurar el abasto de combustibles fósiles esenciales. En suma: la

geopolítica y la geoestrategia de energía sintetizan el ejercicio del poder político, económico, militar y diplomático de un país para garantizar el acceso constante, seguro y a precios asequibles de los recursos energéticos requeridos por la economía, la estabilidad política y el desarrollo del Estado, es decir, la SN [Smil, 2006].

La escasez o abundancia de recursos ha sido un determinante de conflictos entre grupos humanos para apoderarse de los territorios que sí los tienen. En efecto, el suministro de agua, alimentos, animales y materias primas para la producción de bienes vitales ha dado lugar a enfrentamientos cuerpo a cuerpo y, con el avance tecnológico, con armas cada vez más sofisticadas, de mayor alcance y letalidad. Las guerras han sido un elemento incuestionable del avance de las ciencias y la tecnología desde tiempos remotos hasta el presente, incluidas la *Acción especial* rusa en Ucrania (denominada *guerra híbrida*) y la actual ofensiva israelí contra Palestina [Houriham, 2020; Brian, 1983]. Al inicio de la Primera Guerra Mundial las fuerzas armadas de Inglaterra tenían 823 automóviles, 15 motocicletas y sólo en el 5 % de los buques el combustible era petróleo. Para el final contaba con 23 000 automóviles, 63 000 camiones y 34 000 motocicletas, y en 1918 la producción mensual de aviones escaló a 2 688 unidades (durante la guerra Estados Unidos produjo 10 000 aviones). Para alimentar a la población civil y a los ejércitos, la agricultura respondió al impulso de la primera guerra y, para elevar los rendimientos por hectárea, desarrolló abonos, plaguicidas, mecanismos de riego, tractores y sistemas de conservación y transporte. Como bien lo anota Crawford [2019], la segunda guerra catapultó la industria aeronáutica, el radar, la computación, la producción de torpedos, bombas y muchos implementos más en contratos del gobierno con la iniciativa privada.

El autor señala que el costo monetario de las acciones bélicas estadounidenses, entre septiembre de 2011 y el fin de

2019, ascendió a unos 5.9 billones de dólares, y el consumo anual de crudo de las fuerzas armadas estadounidenses representa cerca del 16 % del consumo mundial y constituye el mayor emisor de CO₂ del globo [Crawford, 2019]. Por la intensidad del consumo de petróleo del país, proteger las rutas de suministro de crudo es una actividad constante de las fuerzas armadas estadounidenses, lo que implica mantener bases distribuidas en las zonas críticas del mundo y en capacidad de una rápida intervención en donde se requiera. Para sostener esa capacidad de una las fuerzas armadas y el Departamento de Defensa necesitan reducir la dependencia de la economía estadounidense del petróleo en general, y en especial del Medio Oriente, y por ello son uno de los primeros y más activos promotores de la TE y del fomento de las energías verdes, renovables [Fournier y Westervelt, 2005].

Al impulso del aumento del consumo de carbón para las máquinas de vapor catalizado por la Revolución industrial, surgieron nuevos conflictos de interés y dieron luz a la geopolítica y la geoestrategia petrolera y energética globales [Smil, 2017]. En 1912, la sustitución del carbón por el petróleo en la armada británica marcó el despegue de la geopolítica del petróleo, basada en los emplazamientos de la producción, las rutas de transporte y los lugares de consumo. A diferencia del carbón, las reservas de petróleo están concentradas en un territorio relativamente pequeño, en unas pocas zonas del mundo. Esta concentración y otras cualidades del petróleo que configuran su gran versatilidad cambiaron el carácter de las luchas geopolíticas por el control de los territorios en donde estaban las reservas, que poco han variado desde la manifestación de Churchill del petróleo como un bien a controlar para controlar el mundo, lo que implicaba dominar, a cualquier precio, la tecnología de toda la cadena de valor, además de los territorios y pactar complicados acuerdos políticos entre países productores y países consumidores [Puyana, 2015;

Yergin, 2020 y 1990].⁴ Durante la Segunda Guerra Mundial, el control del petróleo por Estados Unidos y la Unión Soviética fue factor central en la victoria sobre Alemania y se evidenció el vínculo entre el control del petróleo, la hegemonía nacional y su dominio imperial [Berenguer, 2010].

Las empresas petroleras adaptaron sus estrategias para responder a exigencias de los países dueños de las reservas de petróleo, de mayor participación en los beneficios de la explotación de este recurso. Tal fue el caso también de México y Colombia, luego que el primero, después de la nacionalización del petróleo, fuera sometido a embargo y sanciones de los gobiernos estadounidense e inglés y de las corporaciones petroleras que resistieron la nacionalización, desafiaron al gobierno y rechazaron todo acuerdo [Puyana, 2015 y Buchelli, 2006]. El gobierno colombiano, renuente a enfrentar a las empresas extranjeras y otorgar participación política a los trabajadores, optó por mantener el petróleo en manos de los grandes consorcios extranjeros a cambio de una participación menor de Ecopetrol en las ganancias petroleras, la que creció en consonancia con las condiciones planteadas por las corporaciones [Bucheli, 2006; Puyana, 2011]. En cualquier entorno, las empresas privadas han de resolver el trilema que enfrenta el capital en esta industria: 1) sostener las inversiones en el petróleo, su principal negocio; 2) defender los dividendos pagados a los socios, y 3) invertir en la TE [Pickl, 2021], todo ello sin afectar a los consumidores.

Durante la Guerra fría (1947-1991), el mercado petrolero estuvo sometido a la confrontación ideológica, la carrera armamentista y el control de territorios con conflictos políticos importantes, como la prohibición de Eisenhower de exportar petróleo a Europa oriental u oponerse a todo intento nacionalista en Irak, para lo que orquestó con Inglaterra el derrocamiento

⁴ Se utilizaron todas las formas de control: golpes de Estado (contra Mossadeg, por ejemplo), pactos secretos, invasiones y control neocolonial [Yergin, 2011; Buchelli 2006; Puyana, 2011].

de Mohammad Mossadegh en 1956, quien intentó nacionalizar el petróleo. El surgimiento de gobiernos nacionalistas en Irak, Irán, Libia, Siria, entre otros, intensificó la confrontación por el petróleo y la militarización de las relaciones con Medio Oriente y la invasión de Irak en 2003.

Para la reconstrucción de las economías de guerra a economías civiles en Europa y Japón, así como la estadounidense, se requerían precios del petróleo bajos, lo que se logró⁵ gracias al control del mercado por las Siete Hermanas. El acceso al crudo a estos precios estaba vetado a los países socialistas, por mandato explícito de la política internacional del presidente Truman, conocida como Doctrina Truman, en aras del objetivo central de contener la expansión del comunismo. En respuesta, la Unión Soviética aumentó su producción para satisfacer la demanda de combustibles de la reconstrucción de su economía y la de los países socialistas en Europa oriental.

A inicios de 1974, en respuesta al choque petrolero de 1973, se dio a luz a la política de SE, la estrategia de los países industrializados para reducir la dependencia de sus economías del petróleo de la OPEP mediante la diversificación de productores de crudo y de fuentes, el ahorro de energía, por las vías de la menor intensidad petrolera de las economías. Hacia mediados de la década de los ochenta se promovieron acciones sobre diversificación al impulsar la energía nuclear, el carbón y el gas y, al mediar la década de los noventa, estímulos para el crecimiento de energías no contaminantes, como la solar y la eólica, y de tecnologías para bajar la intensidad energética y la intensidad petrolera (IP) [Davis, 1990]. La reducción de la IP ha sido notable. En 2022, la IP fue 3.1 veces menor que en 1980 (268 millones y 837 millones de barriles por producto

⁵ Durante la Segunda Guerra Mundial, el precio del petróleo fue de 1.9 y 17.0 dólares corrientes y constantes el barril, respectivamente, y entre 1945 y 1973, de 1.9 y 16.6 dólares, respectivamente.

interno bruto, PIB, respectivamente). Sin esta disminución de la intensidad petrolera del PIB de cerca del 65 %, dos tercios del PIB entre 1980 y 2022, hoy se consumirían 300 millones más de barriles de petróleo al año y se emitiría tres veces más CO₂.

A principios del siglo XXI, la estrategia energética de Estados Unidos dio cabida a consideraciones ambientales, fiscales y de inversión, además de la SE en el marco de la reindustrialización del país, misma que fue adoptada, con variaciones, por la Unión Europea. Dicha estrategia contempla la consolidación de una reserva estratégica de hidrocarburos administrada por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), y entre cuyos objetivos más importantes están la diversificación de la oferta energética para reducir la dependencia del petróleo, garantizar el suministro energético contra posibles interrupciones en la cadena de producción y distribución, aumentar la eficiencia energética y crear un clima estable para el retorno de la inversión a largo plazo. En efecto, en 2008, el Consejo de Relaciones Exteriores diseñó la estrategia estadounidense para sancionar países que el gobierno de Estados Unidos clasifica como enemigos y que utilizan el petróleo como arma estratégica. Propuso reducir la demanda, aumentar la producción interna y electrificar el transporte para abatir la dependencia del petróleo importado y combatir los precios altos, calificados una carga financiera y transferencia de riqueza desde los consumidores estadounidenses hacia los países petroleros [ESLC, 2008].

CONFLICTOS EN TORNO AL PETRÓLEO

La geopolítica de la energía ha evolucionado a la par del impulso de la globalización, el avance de las cadenas de valor y el ascenso de gobiernos progresistas en varios países de América Latina y otras regiones del sur global. El conflicto entre

China y Estados Unidos por el liderazgo mundial como expresión de la competencia entre grandes poderes establecerá el futuro de la energía mundial, ya que, aunque comparten intereses comunes, las diferencias entre estas dos potencias se pueden intensificar y afectar el comercio y acciones contra el cambio climático y otros fenómenos globales que demandan acciones colectivas. La guerra en Palestina ha puesto al mundo en jaque y, junto con el conflicto en Ucrania, puede llegar a afectar el mercado de energía, la economía mundial y alterar la geopolítica de cada país y sus relaciones con naciones de uno u otro bando.

Klare [2014] afirma que las contiendas por la energía han sido factor determinante en la mayoría de los conflictos de las últimas décadas o al menos desde la guerra entre Irán e Irak (1980-1988). De los conflictos latentes o potentes naciones, Klare menciona aquel entre Rusia y Ucrania de 2014 y el desatado desde febrero de 2022. A pesar de la evidencia de que en las raíces del conflicto hay múltiples factores, se puede afirmar que el flujo de gas que transita por Ucrania juega un papel estratégico.

Nigeria es uno de los mayores productores africanos de petróleo que concentra, entre 1980 y 2020, alrededor del 30 % del continente, lo que rinde importante renta fiscal, incluso después del pago jugoso a las empresas petroleras privadas. Al haber ignorado propuestas sólidas sobre los efectos negativos de la riqueza en recursos naturales, se presenta como un Estado que ha manejado mal las rentas y desatado el rechazo de una población que subsiste con menos de dos dólares al día, razón por la cual no es de extrañar el surgimiento de grupos como Boko Haram.

Otro ejemplo de los conflictos en torno al petróleo es la creación de Sudán del Sur, cuyas reservas ascienden a 3.5 miles de millones de barriles. Si bien se consolidó la independencia del Sur el 9 de julio de 2011, y con ello el control de

las reservas, subsiste el problema de la salida del petróleo hacia los mercados de destino, la cual se realiza por el Norte. Por esta salida, Sudán cobra altos impuestos, lo que condujo a conflictos que se dimitieron en agosto de 2012, al acordar una fórmula para reparto de la renta.

Las reservas petroleras en el mar de China meridional son estratégicas para los países que limitan con este cuerpo de agua: Brunéi, Camboya, China, Indonesia, Malasia, Filipinas, Singapur, Taiwán, Tailandia y Vietnam. Los ejes del conflicto son el valor de las reservas y su centralidad como vía de comunicación. En los últimos diez años, China ha mostrado con creces su intención de fortalecer su presencia en el área a través de buques pesqueros, islas artificiales, ejercicios militares y establecimiento de guardias costeras.

América Latina no ha estado ausente de los conflictos interestatales en torno al petróleo. En efecto, se considera la Guerra del Chaco (1932-1935), entre Bolivia y Paraguay, la primera de esta naturaleza en el mundo; ha sido la mayor en América Latina por duración y unas 85 000 bajas y fue instigada por empresas petroleras y el gobierno estadounidense para controlar la región del Chaco, al parecer, rica en petróleo [Buchelli, 2006; Seiferheld, 2007]. Aparte de este conflicto armado, subyacen choques de interés latentes en cuyo trasfondo está el petróleo, como el caso del litigio fronterizo colombo-venezolano en torno al lago de Maracaibo, en el cual se especula que hay gran riqueza en petróleo y otros recursos naturales. Otro conflicto latente es el que prevalece desde hace casi dos siglos por el Esequibo entre Venezuela y Guyana, intensificado por la convocatoria del presidente Maduro a un referendo, el 3 de diciembre de 2023, para ratificar el río Esequibo como la frontera natural entre los dos países, lo que daría a Venezuela un territorio de 160 000 kilómetros cuadrados y cerca de 11 000 millones de barriles de reservas.

El mapa de la oferta energética ha evolucionado desde el dominio de las Siete Hermanas a la era de la OPEP, y ahora parece moverse hacia la hegemonía de los Tres Grandes Productores: Estados Unidos, Rusia y Arabia Saudita [Yergin, 2020], y un gran consumidor: China. Este último cada día ejerce más su influencia como potencia mundial y mediador político, de tal manera que logró el acuerdo entre Arabia Saudita e Irán, algo inconcebible, aun por los mayores y más finos analistas del mercado mundial y del poder político del petróleo.

EL AVANCE DE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA, NUEVOS ELEMENTOS A CONSIDERAR PARA LA SEGURIDAD NACIONAL

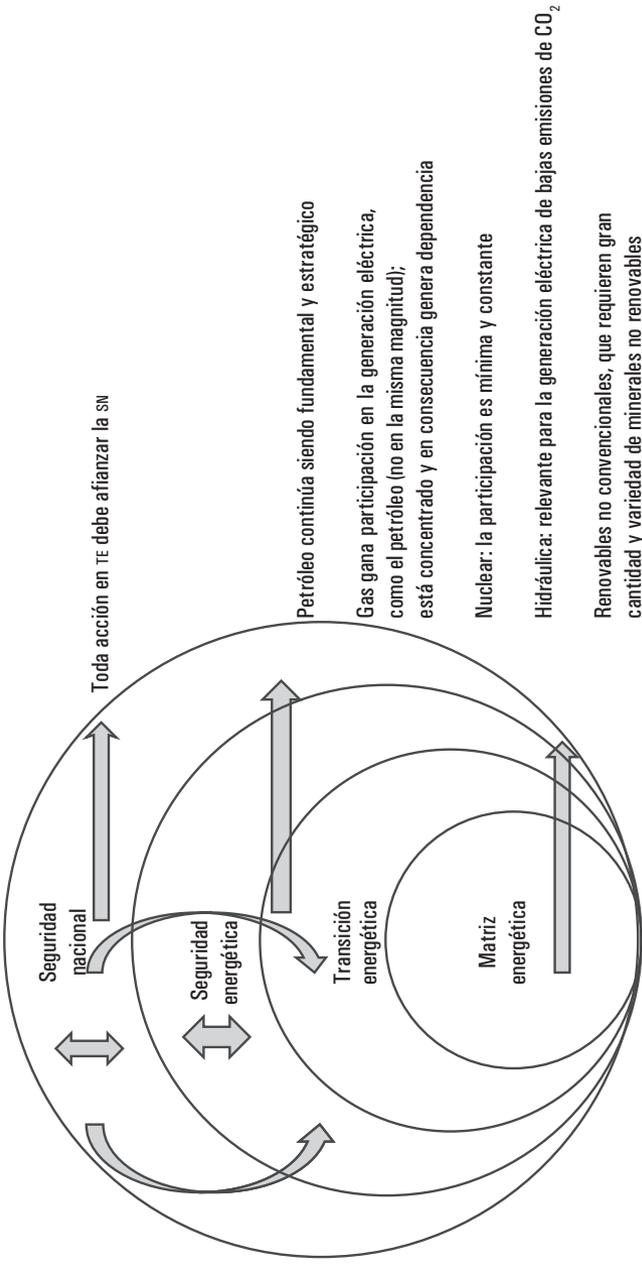
Con la evolución de la oferta y la demanda de energía surgen nuevos retos, como garantizar estabilidad en el sistema energético en tanto base de la SN de cada país. En la década de los setenta la SE giró en torno a la oferta, por ello, las políticas y estrategias a implementarse fueron la diversificación de fuentes y oferentes de energía. De este modo, si bien la TE no es un fenómeno nuevo, sí lo es como política pactada o acordada por los estados y declarado fundamento de la SN. Actualmente, bajo la visión de SE sustentable, la diversificación de la estrategia de cero CO₂ deviene en pacto de SN a escala global, para mantener la estabilidad del orden mundial y no sólo la del mercado energético.

La diferencia entre la transición que se detona con el *shock* petrolero y la actual son los factores que la motivan. En el primer caso, se planteó para reducir la dependencia hacia la energía más relevante, el petróleo, de esta manera se impulsa la energía nuclear, hidráulica y las renovables, en esta última, los biocombustibles son los que han tenido una mayor participación en las décadas finales del siglo xx. Además, se impuso la exploración en nuevas reservas de fuentes fósiles; por ello, las

reservas de petróleo crudo crecen sin parar, en especial se observa una amplia participación de Estados Unidos y el Reino Unido, entre otros.

Por otro lado, la TE actual se sustenta, sobre todo, en lograr un sistema bajo en emisiones de carbono. Es decir, descarbonizar a las naciones y, en particular, al sector energético, que es considerado el más contaminante. La TE traerá nuevos retos para reducir las emisiones de CO₂ y alcanzar las metas de 1.5 grados. La crisis energética por la ofensiva de Rusia a Ucrania en febrero de 2022 rememora el efecto del corte de la producción de la OPEP, si bien en un contexto diferente, como lo afirma la AIE. El impacto fue mundial toda vez que la subida del precio del gas se canalizó a todos los países y les afectó según su demanda de gas y de crudo. Ante el desequilibrio causado, la AIE, en el World Energy Outlook 2023, sostiene que el conflicto entre Rusia y Ucrania puede ser un punto de inflexión en la evolución del sistema energético mundial: “si las transiciones energéticas se hubieran realizado con mayor rapidez, habrían ayudado a moderar el impacto de esta crisis y, además, se habrían tenido mejores opciones para salir de ella”. Este conflicto explica en buena parte las estrategias que han puesto en marcha diferentes países para incentivar las energías renovables, entre ellos, el plan REPowerEU en la Unión Europea, el Programa de Transformación Verde propuesto por Japón, el objetivo de Corea de aumentar la proporción de energía nuclear y renovable a su matriz energética, la Ley de Reducción de la Inflación (IRA, por su nombre en inglés) en Estados Unidos, que proveerá subvenciones para financiar proyectos de energía limpia y climáticos, entre otros. Lo anterior muestra el interés político y económico de la transición energética como parte fundamental de la SE subsumida en las estrategias de SN (diagrama 1).

Diagrama 1. La transición y la seguridad energética, partes de la seguridad nacional



Fuente: elaboración propia, basada en el análisis de esta investigación.

La TE y la SE, forman una unidad indisoluble por el sentido mismo de la energía en la vida socioeconómica de los países, por lo que todo avance en la TE debe sustentar la SN. Si bien los costos de producción de los paneles solares han disminuido y hay mayor oferta de autos eléctricos, las reservas de los minerales necesarios para la TE están concentradas en ciertos países. Por ejemplo, Australia representa más de la mitad de la producción mundial de litio; la República Democrática del Congo domina el 70 % de la producción de cobalto, mientras que el 40 % del níquel procede de Indonesia. Por añadidura, es de preocupar que China controla más del 70 % del procesamiento de los minerales raros. Los fenómenos se integraron en la estrategia de SN del presidente Biden como parte de sus políticas productivas que, más que antiinflacionarias, son de fomento de las nuevas actividades industriales intensivas en conocimiento y tecnología en las cuales la competencia china desafía la hegemonía estadounidense [Simón y García, 2022]. Estrategia similar procura la Unión Europea en la Ley de Materias Primas Fundamentales promulgada en 2023 para asegurar el suministro de minerales para la TE con las naciones que los poseen y de esta manera garantizar estabilidad en el proceso de descarbonización.

CONCLUSIONES

Mientras el petróleo sea esencial para el ser humano, será parte fundamental de la política nacional de cualquier estado. Es su penetración en la actividad humana lo que ha causado que garantizar su acceso o en algunos casos mantener el control de las reservas sea la causa de conflictos inter- e intraestatales, y para quienes los deseen controlar será un detonante de su poderío internacional. Es decir, como lo dijo Robert Ebel, del Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales,

con sede en Washington, “el petróleo alimenta algo más que automóviles y aviones”.

El trabajo confirma que existe una relación entre los países grandes consumidores y su poderío militar, consecuencia de que la mayor parte de la estructura militar está direccionada a garantizar la seguridad de acceso a la energía. El caso más relevante para esta relación es la geopolítica que ha mantenido Estados Unidos. El ascenso de China como hegemonía internacional muestra acciones similares a las de los grandes consumidores de petróleo, con el mismo objetivo de mantener el control para garantizar la seguridad nacional. Al parecer, la transición energética podría relajar las presiones y los conflictos relacionados con el petróleo y el gas, empero, el hecho de que parte fundamental para la transición energética serán los minerales esenciales y el control de la tecnología para las energías renovables no convencionales cuestiona este argumento. Por el contrario, podríamos estar frente a un escenario mucho más complejo, puesto que la transición será fundamental para la estabilidad global, que con una diversificación tan amplia de minerales para la transición podría indicar que los intereses y conflictos también se diversificarán. Éstas son algunas especulaciones que muestran su inminente relevancia ante el hecho que Estados Unidos y la Unión Europea, por mencionar sólo un ejemplo, incorporen los temas como parte de su estrategia de seguridad nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Arora, S. y Gupta, A. [2013], “Control oil-rule the world”, *SSRN Electronic Journal*, <<https://bit.ly/3BMdBHk>>.
- Berenguer, F. J. [2010], “Geoestrategia de la energía”, en *La nueva geopolítica de la energía*, Ministerio de Defensa/ Instituto Español de Estudios Estratégicos (Monografías del Ceseden, 114): 79-90.

- Brian, M. [1983], "Science and war", Arthur Birch (ed.), *Science research in Australia: Who benefits?*, Canberra, Centre for Continuing Education, Australian National University, 101-108.
- Bucheli, M. [2006], "Multinational oil companies in Colombia and Mexico: Corporate strategy, nationalism, and local politics, 1900-1951", trabajo presentado en la International Economic History Conference, Helsinki, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1-23.
- Colgan, J. D. [2013], "Oil, conflict, and U.S. national interests", *Quarterly Journal: International Security, Policy Brief*, octubre, The Belfer Center for Science and International Affairs.
- Crawford, N. C. [2019], *Pentagon fuel use, climate change, and the costs of war*, Watson Institute for International and Public Affairs.
- Davis, G. [1990], "Energy for planet Earth", *Scientific American*, 263(3): 54-63.
- ESLC [2008], *A national strategy for energy security*, Washington, Energy Security Leadership Council.
- Fournier, D. F. y Westervelt, E. [2005], "Energy trends and their implications for U.S. Army installations", USA Army Corps of Engineers Engineers Research and Development Center.
- Hourihan, M. [2020], "Wartime innovation: Lessons from the Office of Scientific R&D. A look at the 'government startup' that drove U.S., Science and Technology during World War II", en American Association for the Advancement of Science, 3 de diciembre, <<https://goo.su/hFv0hrD>>.
- Klare, M. T. [2014], "Twenty-first century energy wars: how oil and gas are fuelling global conflicts", en *Energy Post*, 15 de julio, <<https://goo.su/Se2k8JO>>.
- Meierding, E. L. [2020], *The oil wars myth: Petroleum and the causes of international conflict*, Ithaca, Cornell University Press.

- Morse, E. y Myers, A. [2001], *Strategic energy policy: Challenges for the 21st century*, Nueva York, Council on Foreign Relations Press.
- Pickl, M. J. [2021], “The trilemma of oil companies”, *Extractive Industries and Society*, 8(2).
- Puyana, A. [2015], *La economía petrolera en un mercado politizado y global. México y Colombia*, México, Flacso-México.
- Puyana, A. [2011], “La economía política del petróleo colombiano”, en *Ecopetrol, Energía limpia para el futuro*, Universidad de los Andes-Ecopetrol, Bogotá, Colombia: 421-457.
- Puyana, A. [2006], “Mexican oil policy and energy security within NAFTA”, *Journal of Political Economy*, vol. 35(2), verano: 82-111.
- Puyana, A. y Rodríguez, I. [2023], “The green energy transition: Expansion and deepening of extractivism”, Henry Veltmeyer, Arturo Ezquerro-Cañete (eds.), *Extractivism to sustainability scenarios and lessons from Latin America*, <<https://goo.su/w4Yu>>.
- Puyana, A. y Rodríguez, I. [2022], “The green energy transition and energy security in Mexico, 1980-2016: expansion and intensification of extractivism”, *EFIL Journal of Economic Research*, vol. 2(2).
- Seiferheld, A. M. [2007], *Economía y petróleo durante la Guerra del Chaco: apuntes para una historia económica del conflicto paraguayo-boliviano*, Instituto Paraguayo de Estudios Geopolíticos e Internacionales.
- Simón, L. y García Encina, C. [2022], “La nueva estrategia de Seguridad Nacional”, Real Instituto ELCANO, <<https://goo.su/64fDWLU>>.
- Smil, V. [2017], *Energy and civilization: A history*, The MIT Press, Nueva York, Londres.
- Smil, V. [2006], *21st century energy: Some sobering thoughts*, *The OECD Observer*, París, Organisation for Economic Cooperation and Development.

- Stenvenson, A. [2015], “Winston Churchill: He who controls oil will win the next war”, *Huffpost*, 17 de marzo, <<https://goo.su/djH7>>.
- Yergin, D. [2020], *The new map: Energy, climate, and the clash of nations*, Nueva York, Penguin.
- Yergin, D. [2011], *The prize: The epic quest for oil, money & power*, Simon and Schuster.
- Yergin, D. [1990], *The Prize: the epic quest for oil, money and power*, Free Press.

2. La competencia entre grandes potencias y la geoeconomía de la energía

Oscar Ugarteche

INTRODUCCIÓN

Este capítulo busca aclarar el proceso de fractura de la globalización y las formas como el tema energético enfrenta a las dos grandes potencias en el continente americano. China es un socio destacado de inversión para la mayoría de los países de América Latina, sobre todo en la generación de energía renovable, minería de litio y mejoramiento de transporte masivo urbano eléctrico. Las inversiones chinas abarcan una amplia gama de sectores, incluidos energía, transporte, minería, bienes raíces, finanzas, tecnología, turismo, entretenimiento, agricultura, salud, productos químicos, logística y servicios públicos, con un enfoque en iniciativas respetuosas con el medio ambiente, excepto minería y petróleo.

Se observa que la entrada de inversión extranjera directa depende de la disposición de un país a permitir operaciones chinas en sus áreas de interés. Las naciones con fuertes lazos comerciales con Estados Unidos y relaciones políticas significativas, en particular en la cuenca del Caribe, muestran reticencia a fortalecer vínculos con el capital chino, en tanto los de América del Sur (a excepción de Colombia, más asociado con el Caribe), parecen estar más maleables a las inversiones del país asiático. Este capítulo buscará analizar la geoeconomía de la energía y la fractura de la globalización en el campo energético y sus consecuencias para México.

LA COMPETENCIA ENTRE GRANDES POTENCIAS
Y LA BÚSQUEDA DE HEGEMONÍA

Respecto de la concepción de la hegemonía internacional, Fusaro [2022] afirma que hay una diferencia entre las interpretaciones neogramscianas de Cox y Gills, que aplicaron de manera problemática los conceptos de Gramsci al ámbito global, y la perspectiva proporcionada por los *Cuadernos* de Gramsci porque los neogramscianos distinguen entre la dimensión nacional y la internacional. Cox examina la evolución de las perspectivas sobre el Estado y la sociedad civil en las relaciones internacionales. Destaca la contribución de enfoques críticos, influidos por el marxismo, la hegemonía y las teorías del sistema-mundo, para reforzar la importancia del poder material en el análisis de la creación de nuevos órdenes globales. La diferencia entre la *Pax Britannica* y la *Pax Americana* resalta sus efectos en las estructuras sociales, políticas y económicas en esos dos países. Además, enfatiza las diversas prácticas de internacionalización de la producción por medio de varios canales que generan las bases de las fuerzas de poder a finales del siglo xx. La hegemonía nacional se ejerce por medio de la autonomía geopolítica relativa de los Estados nacionales y utiliza el consenso y la coerción, mientras la hegemonía internacional implica la competencia entre Estados imperialistas por la preservación de la acumulación de capitales.

Gills [1993], por su parte, declara que las transiciones hegemónicas tienen consecuencias amplias económicas, sociales y políticas en el sistema-mundo, que conforma lo que se podría llamar un “modo de hegemonía”, que afecta el carácter del orden mundial. Sostiene que las transiciones hegemónicas reflejan el ritmo de competencia en el sistema-mundo que subyacen a los cambios en los patrones de acumulación mundiales y en especial a los ciclos de acumulación en el sistema mundial.

Desde la perspectiva del marxismo clásico y basándose en *El capital*, enfatiza que la construcción de la hegemonía es un

proceso que abarca elementos económicos, políticos y militares, que se diferencia de formas más débiles denominadas “hegemonía *sturm und drang*” (de pasiones y tormentas). Concluye que los conceptos mencionados pueden aplicarse al análisis de la economía política mundial, al utilizar las vicisitudes de la hegemonía estadounidense como ejemplo.

El orden mundial de inicios del siglo XXI está compuesto por la competencia entre grandes potencias. Mearsheimer [2003] sostiene que la búsqueda incesante de poder implica que las grandes potencias tienden a buscar oportunidades para alterar la distribución del poder mundial a su favor. Para ser considerado una gran potencia, un Estado debe tener suficientes recursos militares para luchar seriamente en una guerra convencional total contra el Estado más poderoso del mundo. Debe tener alguna perspectiva razonable de convertir el conflicto en una guerra de desgaste que deje al Estado dominante en verdad debilitado, incluso si ese Estado dominante gana a la postre la guerra. En este sentido, China, con la mitad del gasto militar de Estados Unidos en términos de su producto interno bruto (PIB) y un tercio en términos absolutos, no sería una gran potencia. Empero, la Casa Blanca considera sus acciones militares (ejercicios en el estrecho de Taiwán, y la disputa sobre las islas Diaoyu, que son las más visibles) y civiles (la venta de autos eléctricos, celulares, autobuses eléctricos, uso de Tik Tok, computadoras, entre las más publicitadas) como amenazas a la seguridad nacional.

Una amenaza es, por definición, una expresión de intención de infligir daño, hacer el mal, dañar. ¿Cómo se define una amenaza a la seguridad nacional si no es en términos militares? Otra comprensión, según el *Diccionario* de la Real Academia Española (DRAE), es como advertencia, intimidación, conminación, amonestación. Si China no es una gran potencia en términos militares, es una amenaza que quizás deba ser considerada como intimidante. Su liderazgo tecnológico la hace intimidante para Estados Unidos.

EL CONCEPTO DE SEGURIDAD NACIONAL

China es un gran inversionista en energía en el mundo. Del total que tiene ese país invertido en el planeta, 2.2 billones de dólares, 803 000 millones están en energía (cuadro 1). El 20.4 % de este monto se encuentra en el continente americano y, de eso, Canadá y Brasil concentran dos tercios de la inversión: 41 720 millones en Canadá y 56 660, respectivamente, en su mayor parte en petróleo y gas.

Cuadro 1. Inversiones de China en el mundo, 2021

Sectores	Porcentaje del total	Millones de dólares
Agricultura	4.5	102 300
Productos químicos	1.6	36 740
Energía	35.4	803 380
Entretenimiento	2.8	63 280
Finanzas	3.9	87 700
Salud	1.5	33 300
Logística	2.2	49 400
Metales	9.0	203 450
Otros	3.4	78 130
Inmobiliario	9.0	204 760
Tecnología	3.9	89 140
Turismo	2.4	53 650
Transporte	18.6	422 130
Servicios públicos	1.7	39 380
Total	100	2 266 740

Fuente: China Global Investment Tracker. Datos reunidos por The American Enterprise Institute and The Heritage Foundation, <<https://n9.cl/rn781>>.

En el continente americano, se observa que China invierte en petróleo y gas, mientras lo que se destina a fuentes alternativas apenas llega al 10 % del total invertido acumulado. Del total invertido en América del Sur que suma 197 450 millones de dólares, el 58 % está en energía y la mitad de eso es petróleo y recién aparecen las alternativas con el 10 % del total. El 7 % es compra de sistemas de distribución eléctricos que, llegado el caso, podrán conectarse a nuevas formas de generación eléctrica.

Las primeras inversiones de capital chino en el ámbito energético mexicano fueron en recursos fósiles realizadas por Sinopec en 2013 y China National Offshore Oil Corporation (CNOOC) en 2016 (cuadro 2). La asociación entre Sinopec y Pemex, establecida tras la reforma energética de 2013, marcó el inicio de la colaboración comercial. En 2016, CNOOC ganó dos bloques en la Ronda 1 mexicana, y paga regalías adicionales considerables para asegurar su presencia en el golfo de México y sus vastas reservas de petróleo en aguas profundas. La inversión de CNOOC se centró en garantizar la seguridad a largo plazo del suministro de petróleo y destacó su experiencia en tecnologías avanzadas para la exploración y producción en aguas profundas. Los bloques adjudicados incluyeron el bloque 1 en el Cinturón Plegado Perdido y el bloque 4 en el golfo de México, con lo que se consolidó la presencia china en la escena energética mexicana.

Los alcances de la contienda energética pasan por mantener el uso de los combustibles fósiles, de un lado, y, de otro, definir quién las controla. Visto desde el ángulo de la competencia entre grandes potencias (CGP), también pasan por las reservas de litio en el mundo, dado que este mineral se utiliza en las nuevas tecnologías energéticas. En el segundo escenario, Estados Unidos está del lado del combustible fósil y China lo reta, y China del lado del litio con el desafío estadounidense. No es que China descarte invertir en fósiles ni que Estados Unidos rechace el litio, sino que cada uno quisiera controlar el

mercado que le interesa y entrar al que el otro controla. Ésa es una manera no militar de comprender la CGP en el campo energético.

Cuadro 2. Inversiones de China en México

Millones de dólares	%	Empresa	Sector	Subsector
100	50	Vive Energía	Energía	Alternativa
230	100	Envision Energy	Energía	Alternativa
180	100	Neoen	Energía	Alternativa
530	100	Zuma	Energía	Alternativa
100	100	Risen	Energía	Alternativa
240	100	State Power	Energía	Alternativa
110			Energía	Hidro
280		Sinopec Pemex	Energía	Petróleo
1 110		CNOOC	Energía	Petróleo
180		Sinopec	Energía	Petróleo
360			Energía	Termoeléctrica

Fuente: China Global Investment Tracker. Datos reunidos por The American Enterprise Institute and The Heritage Foundation, < <https://n9.cl/rn781> > .

Del total invertido por China en México, en energía, sin incorporar litio, el 46 % está en petróleo. Es ligeramente menor a la proporción en América del Sur, donde es del 52 %. En Canadá, han invertido apenas 410 millones en energías alternativas, 8 910 millones en gas y 32 760 millones en petróleo. Esta forma de inversiones refleja la demanda petrolera de Estados Unidos (cuadro 3) más que los intereses de China en energías renovables en América del Norte. Desde México hacia el sur, los recursos están distribuidos a medias entre petróleo y energías renovables, alternativas e hidroeléctricas. No hay

inversiones de China en Estados Unidos en energía renovable porque existe una prohibición explícita sobre en ciertos campos.

Cuadro 3. Inversiones de China en Canadá

Millones de dólares	Porcentaje	Empresa	Sector	Subsector
260	70	Farm Owned Power	Energía	Alternativa
150			Energía	Alternativa
1 030	20	Shell	Energía	Gas
2 180	49	Encana	Energía	Gas
440			Energía	Gas
1 240	10 y 5	Petronas	Energía	Gas
170	100	New Star Energy	Energía	Gas
100		Perpetual	Energía	Gas
2 830	15	Shell	Energía	Gas
560	100	Long Run Exploration	Energía	Gas
360		CO Energy	Energía	Gas
130	17	Meg Energy	Energía	Petróleo
1 740	60	Athabasca Oil Corp.	Energía	Petróleo
4 650	9	ConocoPhillip	Energía	Petróleo
490		Athabasca Oil Corp.	Energía	Petróleo
1 220	5 y 45	Penn West, Penn West Energy	Energía	Petróleo
2 040	100	Opti Canada	Energía	Petróleo
670	40	Athabasca Oil Sands	Energía	Petróleo
300		Sunshine Oilsands	Energía	Petróleo
1 510	50	TransCanada	Energía	Petróleo
1 090	40	Athabasca	Energía	Petróleo
440	100	Bankers Petroleum	Energía	Petróleo

continúa...

...continuación Cuadro 3

Millones de dólares	Porcentaje	Empresa	Sector	Subsector
190			Energía	Petróleo
310			Energía	Petróleo
2 100	100	Daylight Energy	Energía	Petróleo
15 100		Nexen	Energía	Petróleo
300	100	Novus Energy	Energía	Petróleo
120			Energía	Petróleo

Fuente: China Global Investment Tracker. Datos reunidos por The American Enterprise Institute and The Heritage Foundation, < <https://n9.cl/rn781> > .

La Executive Order 14083, del 15 de septiembre de 2022, de título “Garantizar una sólida consideración de los riesgos cambiantes para la seguridad nacional por parte del Comité de Inversiones Extranjeras en Estados Unidos (CFIUS)”, sección 2, dice:

El Comité considerará, según proceda, si una transacción cubierta implica capacidades de fabricación, servicios, recursos minerales críticos o tecnologías que son fundamentales para el liderazgo tecnológico de Estados Unidos y, por tanto, para la seguridad nacional, como la microelectrónica, la inteligencia artificial, la biotecnología y la biofabricación, la computación cuántica, las energías renovables avanzadas y las tecnologías de adaptación al clima. El Comité también tendrá en cuenta, según proceda, los vínculos pertinentes con terceros que puedan hacer que la transacción amenace con menoscabar la seguridad nacional de Estados Unidos [Executive Office of the President, 2022].

El Congressional Research Service [2020] indica que se han bloqueado cinco inversiones extranjeras dentro de Estados Unidos desde 2012, todas de capitales chinos y sólo una relacionada con energía. Se prohibió a Ralls Corporation, propiedad de ciudadanos chinos, la adquisición de una empresa estado-

unidense de energía eólica situada cerca de una instalación del Departamento de Defensa (DOD, por su nombre en inglés) y se bloqueó a una empresa china, en 2016, la adquisición de Aixtron, una empresa de semiconductores, con sede en Alemania con activos en Estados Unidos. Se bloqueó en 2017 la adquisición de Lattice Semiconductor, Corp., por parte de la empresa china Canyon Bridge Capital Partners; en 2018, la adquisición de Qualcomm por parte de Broadcom; y en 2019, Grindr LLC, empresa de citas.

La empresa Ralls apeló ante el tribunal distrital de Estados Unidos para el distrito de Columbia y perdió. Los once criterios para definir una amenaza a la seguridad nacional bajo la ley citada (Executive Order 14083) son:

- 1) La producción nacional necesaria para satisfacer las necesidades de defensa nacional previstas.
- 2) La capacidad de las industrias nacionales para satisfacer las necesidades de defensa nacional, incluida la disponibilidad de recursos humanos, productos, tecnología, materiales y otros suministros y servicios.
- 3) El control de las industrias nacionales y la actividad comercial por parte de ciudadanos extranjeros en la medida en que afecta la capacidad de Estados Unidos para satisfacer sus necesidades de seguridad nacional.
- 4) Los efectos potenciales de la transacción propuesta o pendiente sobre las ventas de bienes, equipos o tecnología militares a [determinados] países.
- 5) Los efectos potenciales de la transacción propuesta o pendiente sobre el liderazgo tecnológico internacional de Estados Unidos en áreas que afectan la seguridad nacional de Estados Unidos.
- 6) Los efectos potenciales relacionados con la seguridad nacional sobre las infraestructuras críticas de Estados Unidos, incluidos los principales activos energéticos.

- 7) Los efectos potenciales relacionados con la seguridad nacional sobre las tecnologías críticas de Estados Unidos.
- 8) Si la transacción cubierta es una transacción controlada por un gobierno extranjero, según lo determinado en la subsección (b)(1)(B) de esta sección.
- 9) Según proceda, y en particular con respecto a las transacciones que requieren una investigación en virtud de la subsección (b)(1)(B) de esta sección, una revisión de la evaluación actual de [la relación del país extranjero con la seguridad nacional de Estados Unidos].
- 10) La proyección a largo plazo de las necesidades de Estados Unidos de fuentes de energía y otros recursos y materiales críticos.
- 11) Otros factores que el presidente [de Estados Unidos] o el Comité [CFIUS] puedan determinar apropiados, en general o en relación con una revisión o investigación específica [50 U.S.C. app. § 2170(f)].

El uso recurrente del término *seguridad nacional* obliga a definir el término: según la Heritage Foundation, organización empresarial [Holmes, 2014], los usos no militares del término incluyen siete acepciones:

- 1) Seguridad política: protección de la soberanía del gobierno y del sistema político, así como la seguridad de la sociedad frente a amenazas internas ilegales y presiones externas.
- 2) Seguridad económica: protección de la capacidad económica y financiera de una nación, que incluye la libertad para tomar decisiones económicas y financieras, así como la protección de la riqueza y la libertad económica frente a amenazas y coacciones externas.
- 3) Seguridad energética y de recursos naturales: acceso a recursos como petróleo, gas, agua y minerales, determinado por el mercado sin interferencias externas con motivos políticos.

- 4) Seguridad interior: funciones de seguridad nacional que incluyen seguridad aeroportuaria, portuaria, fronteriza, del transporte y aplicación de leyes de inmigración, organizadas en el Departamento de Seguridad Interna.
- 5) Ciberseguridad: protección de infraestructuras informáticas y sistemas de datos del gobierno y ciudadanos contra interferencias perjudiciales, tanto internas como externas.
- 6) Seguridad humana: protección de personas contra hambre, enfermedad, represión y perturbaciones de la vida cotidiana, con enfoque en causas sociales y económicas, administrada por las Naciones Unidas.
- 7) Seguridad medioambiental: respuesta a conflictos causados por problemas medioambientales y protección del medio ambiente y clima como fines en sí mismos, incluye el abordaje de la degradación medioambiental como una amenaza a la seguridad nacional.

La Agencia Internacional de Energía define la seguridad energética como la disponibilidad ininterrumpida de fuentes de energía a un precio asequible. La seguridad energética tiene muchos aspectos: por un lado, la seguridad energética a largo plazo se ocupa principalmente de las inversiones oportunas para suministrar energía en función de la evolución económica y las necesidades medioambientales. Por otro lado, la seguridad energética a corto plazo se centra en la capacidad del sistema energético para reaccionar con prontitud ante cambios repentinos en el equilibrio entre la oferta y la demanda.

En el caso de Ralls Corporation y la energía eólica, no se utiliza el concepto en el sentido de seguridad energética de la AIE ni lo incorporado en la tercera acepción de la Fundación Heritage. Otro enfoque desde el realismo es el de Sussex *et al.* [2017], quienes concuerdan con T. V. Paul y Norrin Ripsman

[2010] en que los Estados continúan como los actores básicos de la seguridad en las relaciones internacionales, lo que implica que es vital profundizar en cómo se define seguridad nacional en las circunstancias contemporáneas. La capacidad de los Estados para identificar, clasificar y responder a los daños se ha visto mermada por la globalización, los avances tecnológicos y el aumento de otras amenazas, desde los actores transnacionales hasta las catástrofes naturales. En este sentido, difieren de William Robinson quien propone que son las empresas transnacionales las que gobiernan y definen. La evidencia del fallo judicial del caso Ralls Corporation sugiere una fuerte presencia del Estado y una concepción de amenaza Estado-Estado. Dice:

- ANTECEDENTES. I. Antecedentes legales La Sección 721 de la Ley de Producción de Defensa de 1950, también conocida como la “Enmienda Exon-Florio”, estableció el CFIUS [Comité de Inversiones Extranjeras de los Estados Unidos]. La sección 721 otorga al CFIUS y al Presidente la autoridad para tomar medidas en relación con una “transacción cubierta”, que se define como “cualquier fusión, adquisición o toma de posesión... por o con cualquier persona extranjera que pueda dar lugar al control extranjero de cualquier persona que participe en el comercio interestatal en Estados Unidos” [50 U.S.C. app. § 2170(a)(3), 2012].

El CFIUS es un comité compuesto por los secretarios del Tesoro, Seguridad Nacional, Comercio, Defensa, Estado, Energía y Trabajo; el fiscal general de Estados Unidos; el director de Inteligencia Nacional y los jefes de cualquier otro departamento ejecutivo, agencia u oficina que el presidente considere oportuno o sus designados.

Es el Estado, como tal el CFIUS, de Estados Unidos quien define “la persona extranjera que pueda dar lugar al control

extranjero de cualquier persona que participe en el comercio interestatal en Estados Unidos”. Dado que Ralls Corporation es una empresa asentada en Delaware, el control extranjero se refiere al país de origen de los inversionistas y no a la empresa misma.

EL PROTECCIONISMO Y LAS AMENAZAS A LA SEGURIDAD NACIONAL:
EL TRANSPORTE DE PASAJEROS

En otros trabajos [Ugarteche y León, 2022; Ugarteche *et al.*, 2023; Ugarteche y Hernández, 2023], se ha afirmado que China lidera el cambio de la matriz energética mundial de los combustibles fósiles a las energías renovables, y siguen cuidadosamente los dictados de los Acuerdos sobre Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). El gobierno del país ha incluido este punto en varios de sus planes quinquenales de desarrollo y en la financiación de proyectos energéticos internacionales. Un resultado buscado en los periodos 2010-2020 fue la expansión de la tecnología de los coches eléctricos —en el lado de la demanda energética— y la producción barata de paneles solares —en el lado de la oferta—, cuyos precios han caído 85 % en el mismo periodo. A causa de esto, Estados Unidos y la Unión Europea acusaron a China por *dumping* en la Organización Mundial del Comercio (OMC); finalmente, la Unión Europea retiró su caso del tribunal de la OMC, en tanto que Estados Unidos lo mantuvo y aumentó sus aranceles mediante la guerra comercial; al mismo tiempo, sabotó el nombramiento de nuevos jueces al tribunal de controversias de la OMC en 2018 y al final, en noviembre del 2019, cesó sus funciones al terminar el periodo de trabajo de la última juez nombrada. Washington rechazó un nuevo plan de más de 100 países miembros para iniciar la contratación de nuevos jueces en 2020. Hay 170 casos de 57 naciones contra Estados Unidos en la OMC por proteccionismos diversos.

Para Estados Unidos, la importancia tanto de la industria petrolera como de la automovilística son cuestiones de seguridad nacional en términos de seguridad económica y energética, pues el combustible fósil es la principal exportación de Estados Unidos y las empresas petroleras son una parte importante del PIB. La industria automovilística, que fue un pilar de su economía, parece haber dejado de serlo. Luego de varios rescates fiscales a Ford, GM y Chrysler, la producción automovilística se exportó a otros países al tiempo que el consumo de automóviles de marcas no estadounidenses en dicho país creció. Hay proteccionismo a la industria automotriz eléctrica que es la nueva que podría relanzar el sector, con un productor importante: Tesla, y otros menores: Rivian, Ford y GM. La protección a la industria de autos eléctricos en Estados Unidos consiste en aranceles del 27.5 % sobre el precio de importación de vehículos terminados en China de marcas chinas y, a partir de la ley climática que el presidente Biden firmó en 2023, se introdujo un reembolso de hasta 7 500 dólares en créditos fiscales para los consumidores que adquieran vehículos eléctricos fabricados en Estados Unidos con materiales mayoritariamente nacionales. La ley incluye una prohibición general de los productos chinos. Los legisladores niegan a las empresas de China, Rusia, Corea del Norte e Irán el suministro de materiales a los coches que reciban las desgravaciones fiscales.

La administración de Biden propuso, en diciembre de 2023, nuevas regulaciones para aumentar la producción de baterías para vehículos eléctricos en Estados Unidos y reducir la dependencia de China en la cadena de suministro para limitar el acceso de empresas chinas a créditos fiscales federales y desalentar el uso de materiales chinos en la construcción de fábricas de baterías en este país. Las reglas cambian la dinámica de la industria automotriz, que actualmente depende en gran medida de China para sus materiales y su tecnología de baterías. El proteccionismo guarda relación con los altos

costos de producción estadounidenses de automóviles eléctricos en lo que es una nueva industrialización por sustitución de importaciones para fortalecer los eslabones internos.

La ley exige a los fabricantes de baterías que firmen contratos o acuerdos de licencia con empresas chinas que se aseguren de que conservan ciertos derechos sobre sus proyectos. Esta disposición pretende garantizar que una empresa china no controle efectivamente un proyecto de este tipo. Dice el portal del Servicio de Impuestos Internos (en inglés, Internal Revenue Service, IRS), autoridad fiscal de Estados Unidos: “Si pone en servicio un nuevo vehículo eléctrico enchufable (VE) o un vehículo de pila de combustible (VPC) en 2023 o después, puede optar a una desgravación fiscal para vehículos limpios”. Una condición es “ensamblaje final en Norteamérica”. Ésta es la protección a los fabricantes estadounidenses adicional al 27.5 % de arancel al vehículo fabricado fuera de Estados Unidos y que no puede ser fabricado en este país. En general, eso explica la mínima presencia de automóviles de origen chino en Estados Unidos.

Hay una advertencia sobre el liderazgo de los automóviles eléctricos autónomos chinos como una amenaza a la seguridad nacional de dicho país. Lewis [2021] afirma que la próxima ola de automatización, centrada en el transporte, destaca la importancia de los vehículos autoconducidos (AV) que representan avances significativos en productividad y seguridad. Además, las tecnologías detrás de los AV tienen amplias implicaciones comerciales y posiblemente militares. Un AV es un vehículo que puede operar sin intervención humana activa, son dispositivos autónomos que automatizan tareas comerciales rutinarias y tendrá un profundo efecto en la industria automotriz y afectará el transporte y la vida urbana. Los AV son una de las principales áreas de inversión en inteligencia artificial, lo que subraya su importancia futura.

El año 2023 pone a prueba la hipótesis de cómo se definen la seguridad nacional y la nueva industrialización por sustitución

de importaciones (ISI). En marzo de 2023, las autoridades chinas autorizaron la operación comercial de vehículos autónomos sin supervisión. En octubre de ese año, General Motors recibió la orden de retirar sus vehículos AV Cruise que circulaban en California. En diciembre de 2023, los industriales de AV le pidieron al Departamento de Transporte de Estados Unidos el apoyo para el mejoramiento de vehículos autónomos, por el riesgo de perder terreno frente a competidores como China.

La definición de “seguridad nacional” puede leerse “como rezago ante la competencia” y “nos ganan la partida”. Este tema se verá repetido en productos de alta tecnología con la red 5G lanzada por China en 2019 y 5.5G en 2024, mientras ATT no logró fabricar a tiempo su red 5G y salió al mercado en 2021. De 5.5G no hay noticias en América del Norte. Léase: es “una amenaza a la seguridad nacional”.

En 2021 se aprobó una ley que prohíbe la financiación federal del transporte público para los fabricantes vinculados con China. Esa prohibición afecta a BYD que manufactura autobuses eléctricos en una planta en Lancaster, California. La diferencia entre BYD y Proterra, la otra fábrica de autobuses eléctricos en California, yace en que Proterra es una empresa quebrada en proceso de reestructuración [Proterra, 2023], en tanto BYD es una empresa pujante que no puede hacer uso de fondos federales. La protección es, por tanto, a una industria no rentable que requiere de fondos federales para existir en Estados Unidos. Las mayores empresas que producen autobuses en Estados Unidos son: Proterra, BYD, Gellig, Volvo. Al decir del Centro de Transporte y Medio Ambiente, de los 70 000 autobuses de transporte público de Estados Unidos, sólo 2 % es de emisiones cero *versus* el 60 % de la flota de autobuses de China, según datos del gobierno chino para 2020. La única fábrica de autobuses de capital chino en Estados Unidos es BYD.

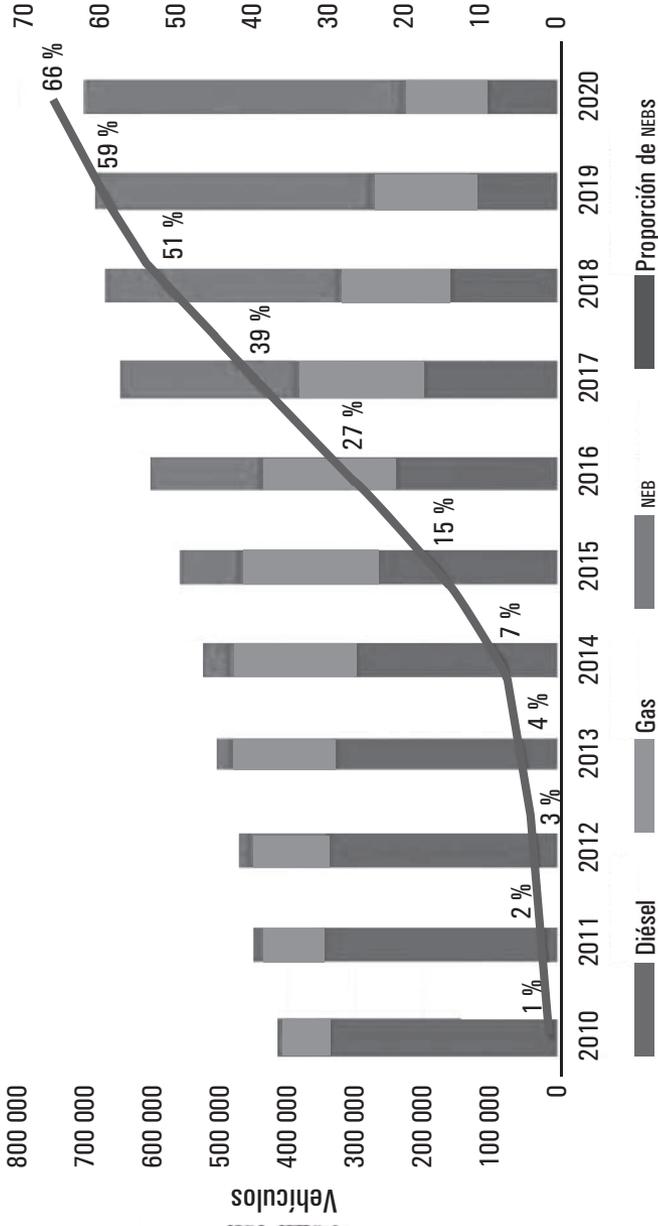
La definición de “amenaza a la seguridad nacional” —lenguaje de la Guerra fría— que contiene una amenaza estratégica militar, en realidad se refiere a las ramas donde las

empresas de capital estadounidense no logran competir con la tecnología del país asiático. Señaló Allison [2020] que el país asiático es el principal fabricante de autos del mundo, desde 2009, y de automóviles eléctricos. Tiene la mayor capacidad de energía solar y controla los eslabones iniciales de esta rama industrial, la mayor supercomputadora que implica una industria de microchips no clonados ni copiados y, finalmente, es el país con más investigación en inteligencia artificial (IA), lo que hace de TikTok y todo lo que contenga IA de origen chino, por ejemplo, una “amenaza a la seguridad nacional”.

Los nuevos vehículos voladores son otro ejemplo [Buckup, 2023]. Esta idea de taxis voladores fabricados en Alemania por Volocopter, empresa propiedad de Geely de China, entrará en operaciones. El vehículo es de dos plazas, tiene 18 rotores con capacidad para despegar y aterrizar verticalmente. En 2011, Volocopter fue el primero en construir y volar un prototipo inicial en Alemania, elaborado a partir del concepto del dron. Entra en fabricación en 2024. El 13 de octubre del 2023, la Administración de Aviación Civil de China (CAAC) autorizó al primer taxi de despegue y aterrizaje vertical eléctrico (eVTOL) del mundo, llamado eh216-s y fabricado por EHang, una sociedad privada con sede en Guangdong, y tiene la autorización para volar sin piloto a bordo. Existen similares estadounidenses (Doroni y Alef Aeronautics) y europeos (Airbus) inactivos aún, de modo que previsiblemente será declarado amenaza a la seguridad nacional.

La fabricación de autobuses eléctricos de pasajeros en China se inició en 2014. Su evolución fue muy acelerada y según el “XIV Plan Quinquenal para un Sistema de Transporte Moderno e Integral (2021-2025)”, publicado el 18 de enero de 2022, dado el principio de fomento de la transición ecológica, orientado a las personas y la innovación, los autobuses de nueva energía (NEB) cumplen un importante papel en la estrategia china de reducción de las emisiones de carbono en las ciudades (gráfica 1).

Gráfica 1. China. Evolución de la proporción de NEB, 2010-2019



Fuente: China Academy of Transportation Sciences (CATS) of the Ministry of Transport of the People's Republic of China (MOT), visto en Yiyang y Fremery [2022].

El transporte urbano complementa el transporte interurbano donde “más del 95 % de las ciudades con más de 500 000 habitantes estarán cubiertas por la red ferroviaria de alta velocidad, con trenes que circularán a 250 kilómetros o más por hora”. Éstos serán eléctricos y se continuará con la electrificación de la red ferroviaria de pasajeros y carga. Dice: “impulsaremos la electrificación del transporte público urbano y de los vehículos de distribución logística” [People’s Government of Fujian Province, 2021]. En dicho plan se espera que se incremente de 66 % al 72 % la proporción de VE en la circulación de los autobuses públicos urbanos de China en 2025, con la eliminación casi total de los vehículos a diésel. Esto va a acompañarse de la planificación y construcción de una red de recarga e intercambio eficiente para vehículos de nueva energía enfocada en centros de transporte, estacionamientos, áreas de servicio de autopistas y otras ubicaciones estratégicas. También destaca la importancia de una disposición racional de la generación de energía fotovoltaica y otras fuentes en estaciones de transporte y a lo largo de autopistas y ferrocarriles.

Cuadro 4. Número de autobuses eléctricos registrados por año (en millares)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
China	105	90	96	78	66	50	54	539
Europa	1	0	1	2	2	4	5	15
Estados Unidos	1	0	1	1	1	1	2	7
Otros	0	0	1	1	5	2	4	13
Total	107	90	99	82	74	57	65	574

Fuente: IEA (International Energy Agency), < <https://bit.ly/3DEQGy5> > .

El informe GTZ con el Ministerio Chino de Transporte muestra que 89 % de los nuevos autobuses vendidos en China en el 2019 fue eléctrico a batería y que las baterías son de litio. El

total de autobuses eléctricos registrados por el IEA entre 2015 y 2022 de China es de 539 000, seguido por Europa con 15 000 y Estados Unidos con 7 000 en el mismo periodo (cuadro 4).

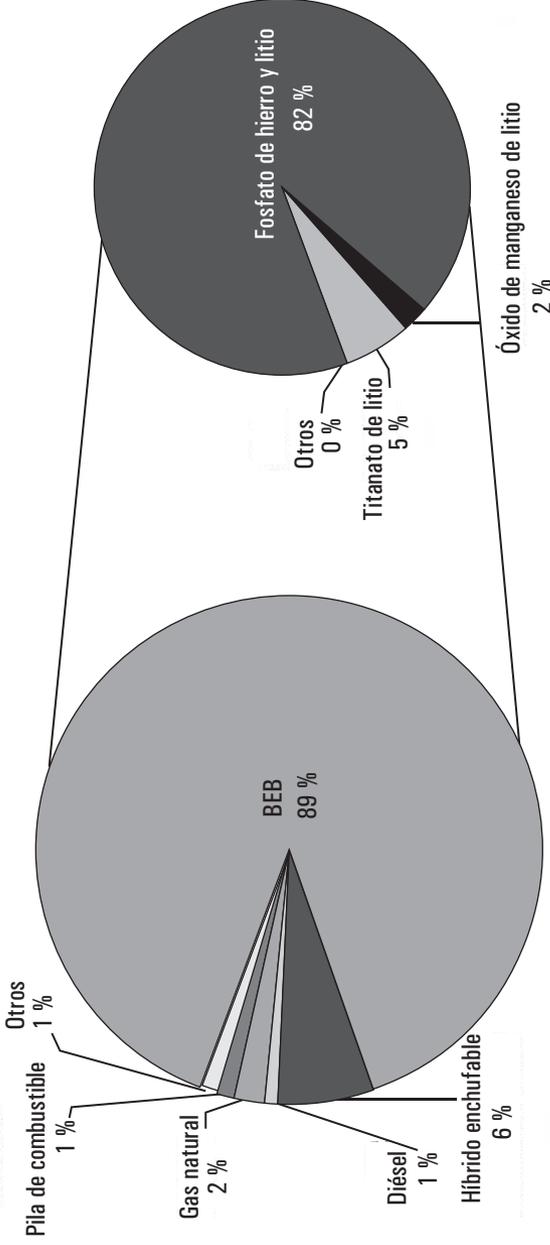
En su búsqueda de expansión, la empresa BYD construyó plantas en Brasil y compró en Estados Unidos en Lancaster, California. En México abrió una planta asociada con Marco Polo para fabricar buses que se venderán en México. El anuncio de la construcción de una planta automotriz de parte de BYD y de VW en 2024 para fabricar automóviles eléctricos para América del Norte son la estrategia que salvaría las restricciones de Estados Unidos anunciadas en 2023.

China logró el objetivo de alcanzar el 20 % de ventas de vehículos de nuevas energías tres años antes de lo previsto, a pesar de haber reducido por etapas sus subvenciones a la compra de VE desde 2017, y las ventas de coches eléctricos continúan al alza. Se espera que las ventas sigan en aumento debido, en parte, a la creciente disponibilidad de modelos de VE asequibles, aunque 2023 será el primer año sin ninguna subvención, según el IEA [2023]. El 60 % de ventas de LDV eléctricos proyectados en 2030 coincide con la cuota global en el escenario de emisiones netas cero para 2050. China está en la vanguardia del cambio de vehículos de pasajeros, privados y de transporte masivo y de vehículos de carga del mundo.

En 2019, vendió 930 000 vehículos en el mercado anual de 23.6 millones de automotores, lo que no lo hace un competidor significativo dentro de China. En Estados Unidos, tiene el 4 % del mercado automotriz de 2022, según Statista. Tesla es un éxito de publicidad.

Las marcas propias en China aumentaron su cuota de mercado hasta el 41.2 % en 2021, liderados por SAIC Motor Corporation, con 2.76 millones de unidades vendidas en 2021. Changan Automobile, con alrededor de 1.76 millones, y Dongfeng Motor Corporation, con 1.33 millones de unidades vendidas ese año. Las marcas alemanas y japonesas tienen el 20 % del mercado automotriz cada una.

Gráfica 2. China. Proporción de autobuses de nueva adquisición por tipo de motor y batería, 2019



Fuente: China Academy of Transportation Sciences (CATS) of the Ministry of Transport of the People's Republic of China (MOT), visto en Yiyang y Fremery [2022].

EL PROTECCIONISMO Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La matriz energética de Estados Unidos frente a la de China y Alemania se puede apreciar en el cuadro 5, donde Estados Unidos está orientado a fósiles de petróleo y gas, igual que Alemania, y el europeo tiene un peso de biomasa y de carbón importante (35.6 %); mientras que Estados Unidos no lo tiene (16 %). Los renovables en Estados Unidos pesan apenas el 16.6 %, en Alemania el 14.2 %. China tiene una matriz mucho más carbonizada con el 86 % concentrado en fósiles, liderado por carbón; tiene el 14 % de energías alternativas con más solar y eólica que los otros dos. México tiene la matriz más fosilizada de los cuatro países con el 88.3 % de la energía fósil y el 11.1 % de energías renovables.

Cuadro 5. Matriz energética
(Porcentaje de generación de terajoules, 2021)

	Europa		Asia			América del Norte			
	Alemania	Gran Bretaña	China	India	Turquía	México	Canadá	Estados Unidos	Brasil
Carbón	22.6	3.2	60.6	44.6	25.1	5	2.3	10.9	4.7
Petróleo	36.8	34.8	18.1	23.7	28.8	44.3	32.9	38.3	37.2
Gas	26.6	39.4	8.0	5.8	27.4	39	40.3	34.2	9.4
Subtotal fósiles	86.00	77.40	86.70	74.10	81.30	88.30	75.50	83.40	51.30
Nuclear	0.4	8.1	2.8	1.3	0.0	1.5	7.6	9.4	1.3
Hidroeléctrica	0.1	0.3	3.0	1.5	3.8	1.6	11.5	0.1	12.3
Alternativas	0.7	5.3	3.6	1.5	11.6	3.2	1.3	3.0	3.5
Biomasa y otras	13.0	8.9	3.9	21.6	3.4	5	4.2	4.1	31.7
Subtotal renovables	14.20	22.60	13.30	25.90	18.80	11.30	24.60	16.60	48.80
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: IEA.

Según el IEA, entre 2019 y 2024 se espera que China lidere el impulso mundial hacia las energías renovables, pues contribuye con el 40 % de la expansión global en capacidad renovable.

Este crecimiento se verá impulsado por mejor integración del sistema, menores tasas de restricción y mayor competitividad en la energía solar fotovoltaica y la eólica terrestre. Además, se proyectó que China represente casi la mitad del aumento mundial en energía fotovoltaica distribuida durante este periodo (supera a la UE) y se convirtiera en líder mundial en capacidad instalada para 2021. Asimismo, se posicionará como líder en el crecimiento mundial de la producción de biocombustibles, gracias a la implementación de la mezcla de etanol en un número creciente de provincias y al aumento de las inversiones en capacidad de producción.

La matriz energética de América del Norte parece inmóvil, centrada en el petróleo para transporte. Canadá utiliza el 30 % de la energía para transporte (cuadro 6), Estados Unidos el 39 % y México el 36 %. Eso los ata a la industria del transporte masivo y privado de pasajeros basado en el petróleo refinado. Dichos países tienen una presencia muy limitada de vehículos privados de transporte eléctrico y de transporte masivo de pasajeros, detrás de Europa y muy rezagados frente a las industrias líderes en China.

**Cuadro 6. Matriz de uso energético
(Porcentaje de uso en terajoules)**

	Industria	Transporte	Residencial	Comercio y servicios públicos	Agricultura y forestal	Uso no energético
Brasil	33.9	37.1	11.9	5.6	5.2	6.3
Canadá	24	29.5	16.7	14.2	3.5	12.1
Estados Unidos	18	39.2	17.3	13.5	1.2	10.8
México	31	36.6	19.6	3.7	3.0	5.8
Turquía	31.9	26	20.6	12.1	5.1	4.3
India	39.1	16.1	25.7	3.9	4.7	10.5
China	48.7	14.9	16.4	4	1.8	14.2
Gran Bretaña	18	30.3	31.7	13.4	1.16	5.44
Alemania	25	23.5	25.6	12.8	13	1

Fuente: IEA [2023].

No obstante, China enfrenta una alta demanda y capacidad de producción de carbón. Actualmente, una cuarta parte del carbón utilizado en el mundo se destina a la generación de electricidad en China. El mayor aumento de la demanda de carbón después de 2022 se prevé en la India, con un 7 %, seguida de la Unión Europea, con un 6 %, y China, con un 0.4 %. Dadas las condiciones actuales de precios del gas, las energías renovables como la eólica terrestre y la energía solar fotovoltaica son opciones mucho más económicas para la generación de electricidad en comparación con las nuevas turbinas de gas de ciclo combinado. No obstante, la contaminación por emisiones de CO₂ en términos per cápita está concentrada en los países productores de petróleo con Estados Unidos en el décimo lugar, China en el lugar 24 y Alemania en el 25 (cuadro 7). De la muestra de nueve países —dos grandes de Asia, uno grande de América del Sur, los tres de América del Norte, más dos grandes de Europa—, el resultado es que sólo Turquía tiene un peso de energía renovable sobre el umbral del 10 % de la energía generada. China está proyectada a ser líder, los países de América del Norte están rezagados y operan dentro del concepto de seguridad energética regional sobre la base del petróleo, y Brasil es el único que tiene la energía generada a medias entre fósiles y renovables.

El uso de la energía en Estados Unidos es de 39 % para el transporte, el 18 % para la industria y el 17 % residencial. La diferencia es comercio, servicios públicos, agricultura, silvicultura y otros. En China es, al contrario: el 49 %, industria; el 15 %, transporte; y el 16 %, residencial. En México, la energía se consume como en Estados Unidos: 37 %, transporte, 31 % para industria, con el 20 % en residenciales. El uso industrial de la energía hace que la matriz sea más eficiente y productiva, si bien la tendencia a descarbonizar debe acentuarse. México y Canadá parecen calcar las matrices de Estados Unidos desde el lado de la oferta y la demanda, más acentuadas.

Cuadro 7. Contaminación per cápita en toneladas de CO₂

– Mundo	T CO ₂ : 4.26	2000-2021
1 Qatar	31.69	104+
2 Kuwait	23.07	
3 Brunei Darussalam	20.45	
4 Gibraltar	19.57	
5 Emiratos Árabes Unidos	19.29	
6 Omán	15.42	
7 Curasao	14.51	–
8 Australia	14.02	+8
9 Arabia Saudita	13.83	+104
10 Estados Unidos	13.76	-21
China	7.54	+244
99 India	1.62	+156
25 Alemania	7.50	-23

Fuente: IEA [2023].

LA ENERGÍA Y ESTADOS UNIDOS

La relación comercial de Estados Unidos con el mundo se centra hasta cierto punto en el suministro de petróleo refinado. Según el Observatorio de Complejidad Económica (OEC, por su nombre en inglés), Estados Unidos fue, en 2021, el principal exportador e importador del mundo con 83.3 mil millones y 62.8 mil millones de un comercio total de 746 000 millones de dólares, lo que representa el 19.5 % del comercio mundial de petróleo refinado. En exportaciones de petróleo refinado, le siguen Rusia (81.8 mil millones), India (49 000 millones), Países Bajos

(45 000 millones), y Emiratos Árabes Unidos (42.5 mil millones de dólares). India y Países Bajos son reexportaciones. Rusia fue excluida del mercado occidental con las sanciones por la operación militar especial en Ucrania. Mediante las sanciones occidentales le obligaron a crear un mercado paralelo, a precio de sanciones económicas, con China, dominado en yuanes. China luego incorporó a todos los países sancionados por Estados Unidos a este mecanismo, y se transformó en un muy importante comprador de petróleo crudo y refinado. En importaciones le sigue Singapur (50 000 millones) a Estados Unidos, que refina y exporta; los Países Bajos (40 000 millones) que refinan y exportan; México (27.3 mil millones) que consume gasolina refinada, y Corea del Sur que la usa igualmente (24.3 mil millones). Los primeros dos son refinadores netos y centros de comercio. Los otros dos son consumidores grandes. La importancia del petróleo refinado en la estructura exportadora del país puede ser la explicación del retraso en la sustitución de vehículos de energías renovables y que todas las proyecciones muestren un retraso continuo.

EL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN AMÉRICA LATINA: LA DEMANDA

De acuerdo con World Energy Outlook 2023, de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por su nombre en inglés), las TE se centran en la electrificación y tecnologías como la eólica, la solar fotovoltaica y las baterías. Estas transiciones buscan fortalecer la seguridad eléctrica y diversificar el suministro mediante tecnologías renovables y minerales críticos en la agenda política. En el Escenario de Políticas Declaradas por los Estados (STEPS, por su nombre en inglés), casi el 80 % del crecimiento mundial de la demanda de electricidad proviene de economías de mercado emergentes y en desarrollo, que representan más de dos tercios en otros escenarios.

La capacidad de generación eléctrica de equipos de energía solar fotovoltaica observó un aumento anual de más de siete

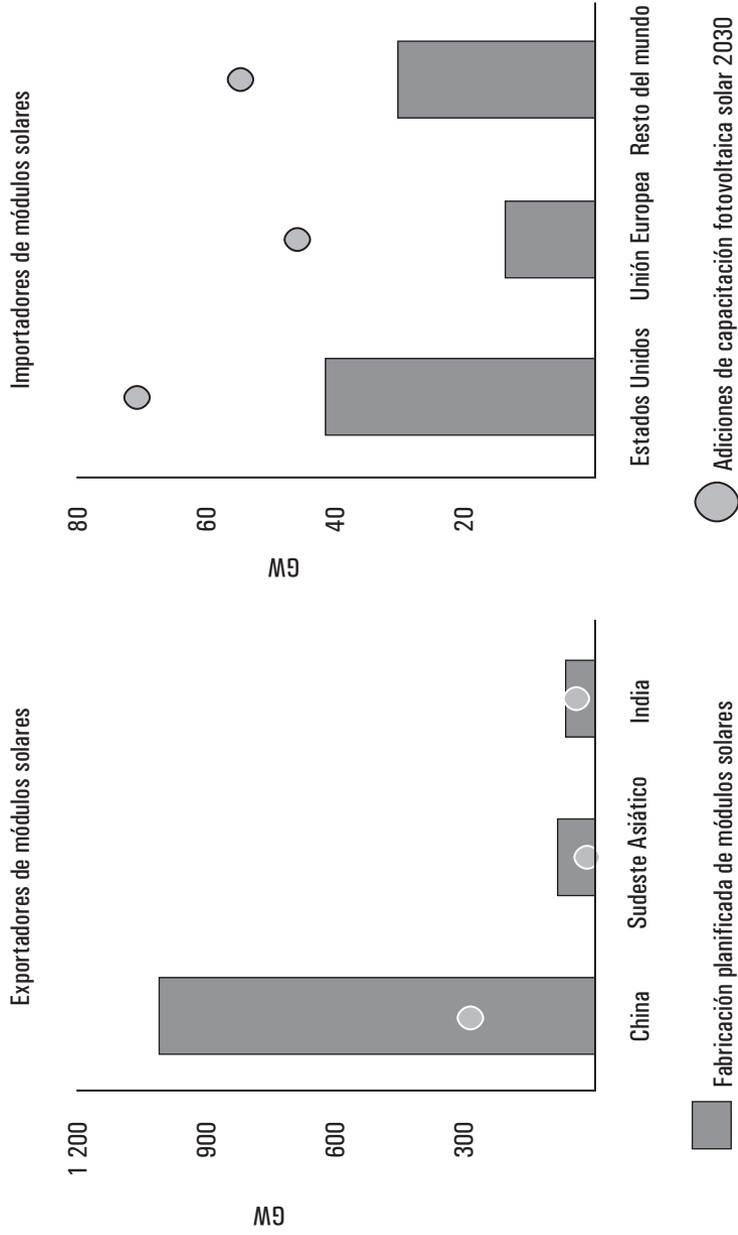
veces en la última década. La expansión de la capacidad de fabricación ha superado este ritmo, lo que ha llevado a una reducción en la tasa de utilización de la fabricación solar de alrededor del 60 % a menos del 40 % en 2022, por debajo del 70 % deseable para una industria madura. Los exportadores de equipos están en Asia, liderados por China, seguido por la India y los países del sudeste asiático. En el lado de la demanda se encuentra Estados Unidos seguido de países emergentes y la Unión Europea (gráfica 3).

En el STEPS se espera que el despliegue global de energía solar fotovoltaica continúe hasta llegar aproximadamente a 500 gigavatios en 2030 desde los 220 gigavatios en 2022. No obstante, la expansión sugiere que la tasa de utilización de la fabricación de energía solar se mantendrá por debajo del 40 % hasta 2030.

La incorporación de tecnologías de energía renovable en América Latina es impulsada en su mayoría por la adopción de vehículos eléctricos y la implementación de paneles solares. No hay evidencia de cambio de la matriz energética en el transporte privado de pasajeros ni que haya políticas que apunten en esa dirección en ningún país. Hay indicios de modificaciones en el transporte masivo de pasajeros en algunas ciudades capital, como Ciudad de México, Bogotá, San José, Santiago, Montevideo, Sao Paulo, con autobuses de fabricación de origen chino.

Según el IEA [2023: 232] la demanda de electricidad crece al doble que la demanda de combustibles fósiles. Si bien el consumo final de energía para transporte en América Latina y el Caribe (ALC) se sustenta principalmente en el petróleo, se prevé una disminución a medida que los países buscan alternativas de combustibles para el transporte. Brasil lidera la adopción de biocombustibles, mientras que Chile, Colombia, Costa Rica y México priorizan la rápida incorporación de vehículos eléctricos de transporte masivo de pasajeros.

Gráfica 3. Capacidad productiva planificada de módulos solares y agregaciones de capacidad FV solar en el STEPS, 2030



Fuente: IEA, 2023: 38.

Cuadro 8. Escenario con políticas declaradas (exajulios)*

	2010	2022	2030	2040	2050
Total, oferta energética	541	632	668	692	725
Renovables	43	75	120	178	227
Solar	1	7	23	49	70
Eólica	1	8	19	33	42
Hidro	12	16	18	20	23
Bioenergía sólida	23	35	44	51	57
Bioenergía líquida	2	4	6	8	9
Bioenergía gaseosa	1	1	2	5	8
Biomasa	25	24	19	18	16
Nuclear	30	31	37	43	48
Gas natural continuo	115	146	148	143	142
Gas natural con ccus	0	1	1	2	3
Petróleo	173	182	195	187	186
uso no energético	25	31	38	41	41
Carbón continuo	153	167	147	119	101
Carbón con ccus	0	0	0	0	1

* La energía generalmente se define como el potencial para hacer trabajo o producir calor. Esta definición hace que la unidad SI para la energía sea la misma que la unidad de trabajo: el julio (J). Julio es una unidad de energía derivada y lleva el nombre en honor de James Prescott Joule y sus experimentos sobre el equivalente mecánico del calor. Dado que la energía es una cantidad física fundamental y se usa en varias ramas físicas y de ingeniería, hay muchas unidades de energía en física e ingeniería. Es equivalente a 8.64×10^{10} megavatios día o 3.36×10^6 kilovatios por hora.

Fuente: IEA, 2023: 264.

El aumento en la propiedad de electrodomésticos resulta en un mayor consumo de electricidad en los hogares de ALC, y se calcula que para 2050, dos tercios de la energía en el sector

de edificaciones será suministrada por electricidad. El sector industrial en ALC muestra menor intensidad energética en comparación con la media mundial con el sector alimentario, que representa 45 % de la demanda de energía industrial, por encima del 30 % promedio global, con tendencia a aumentar.

Actualmente, la generación de electricidad en ALC proviene en su mayoría de la energía hidroeléctrica y del gas natural. No obstante, en los STEPS, en el futuro la energía solar fotovoltaica y la eólica constituirán la gran mayoría del nuevo suministro de electricidad. Las fuentes de bajas emisiones, que representaban más del 60 % de la generación total en 2022, se proyecta que aumentarán a más del 80 % en 2050. A pesar de ello, el gas natural se mantiene como el principal combustible fósil, con un incremento del 25 % en su producción, mientras que el uso de carbón y petróleo disminuirá al menos un 75 % durante el periodo proyectado.

El uso de paneles solares en América Latina, su adopción y las implicaciones para la generación de energía eléctrica experimentan un rápido crecimiento desde México hasta Argentina, aunque con una presencia menos destacada en Estados Unidos. China ha invertido de modo notable en grandes parques solares y ha reducido los precios de los paneles solares, compite de cerca con Alemania en este sector. Aunque Estados Unidos importa paneles solares con aranceles del 60 % de China, Italia, Alemania, España y otros países europeos, su propia industria en este campo es limitada. La protección arancelaria estadounidense busca impulsar la competitividad de la industria local y sustituir las importaciones de productos.

La universalización del uso de paneles solares contribuye a la disminución de la demanda de termoenergía, tendencia ya observada en China, donde se reemplaza la energía térmica a carbón y petróleo por fuentes más renovables, con la reducción así del consumo de petróleo importado.

Gráfica 4. Precios a futuro (marzo de 2024 a junio de 2034)



Futuros y Noticias del Petróleo Crudo WTI



Brent Gas natural Gasolina
WTI Midland

El precio actual del petróleo crudo West Texas Intermediate (WTI) es de \$78.09 por barril. A continuación, puede ver gráficos en vivo, datos históricos, contratos futuros y noticias de última hora sobre los precios del WTI.

WTI Jul 2024

76.90

+ 0.21 (+0.27%)

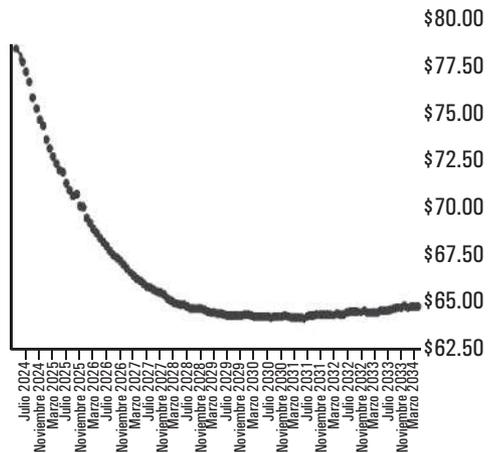
Abierto 76.90 Rango de días 76.90 - 76.90

Volumen 70 5 días -0.16%

1 mes +1.52% 3 meses +6.31%

YTD +6.41% 1 año Brent +6.80%

Precio en vivo Futuros



1 año | 3 años | 5 años | Máx.

Fuente: < <http://oilprice.com> > .

Se observa también una creciente transferencia de sistemas hidroeléctricos y redes de distribución de electricidad en América Latina hacia empresas chinas, lo que podría indicar una estrategia de penetración similar a la adoptada por las empresas estadounidenses después de la Segunda Guerra Mundial al adquirir compañías británicas. El proceso de venta de las empresas por parte de sus accionistas occidentales a compradores de China es masivo y se une a los procesos de privatización iniciados en la década de 1990 que ya están en la etapa final (cuadro 9).

Cuadro 9. Sector Energía. Empresas vendedoras a capitales chinos en América Latina

	ENDE (pública)	PDVSA (pública)
AGS (privada)	Enel (privada)	Penn West Energy (privada)
Actis (privada)	Energía Azul	Perpetual (privada)
Albanisa (semipública)	Exxon (privada)	Petroamazonas (pública)
AME (privada)	ExxonMobil (privada)	Petrobras (semipública)
Ashmore Energy (privada)	Farm Owned Power (privada)	Petronas (pública)
Athabasca (privada)	Galp Energía (privada)	Plena Transmissoras (privada)
Bankers Petroleum (privada)	gdf Suez (privada)	Repsol (privada)
Brazil Power Co. (ElectroBras) (privada)	Hidroequinoccio (pública)	Saipem (privada)
Bridas (privada)	Hidropaute (pública)	Sempre (privada)
Cachoeira-caldeirão (privada)	ISA (privada)	Shell (privada)
CEEE (privada)	Ishpingo (pública)	Sithe Global (privada)
Celec (privada)	Long Run Exploration (privada)	Statoil (pública)
Cernig (pública)	Luz del Sur (privada)	Sunshine Oilsands (privada)
CocaCodoSinclair (pública)	Mainstream Renewable Power (privada)	Talisman Energy (privada)
ConocoPhillip (privada)	MEG Energy	Total (privada)
Copel (privada)	Mexican Petroleum (Pemex) (pública)	TransCanada (privada)
Grupo Cornélio Brennd (privada)	Naturgy (privada)	Transelec (privada)
Corpoelec (privada)	Neoen (privada)	Triunfo Participacoes (privada)
CPFL (privada)	Nexen (privada)	TT Work (privada)
co Energy (privada)	Novus Energy (privada)	Venezuela National Electric Power Company (pública)
Daylight Energy (privada)	NuStar Energy (privada)	Venezuela National Electric (pública)
Duke (privada)	Occidental Petroleum (privada)	Vive Energía (privada)
EDF (privada)	Odebrecht (privada)	Wintershall (privada)
EDP (privada)	Ominex (privada)	YPF Luz (privada)
EISA (privada)	Opti Canada (privada)	Zuma (privada)
Electrobras (privada)	Panasolar (privada)	
Encana (privada)		

Fuente: China Global Investment Tracker. Datos reunidos por The American Enterprise Institute and The Heritage Foundation.

La introducción de la tecnología de energías renovables en América Latina se ha producido en los vehículos eléctricos y los paneles solares. En la actualidad, existe una flota masiva de autobuses eléctricos distribuidos por las principales capitales y las grandes ciudades, desde México hasta Argentina, como forma de avanzar hacia un aire más limpio en ciudades altamente contaminadas, como Ciudad de México, Medellín, Guayaquil, Santiago, Buenos Aires, Sao Paulo, y otras menos contaminadas como Montevideo, San José de Costa Rica y La Habana. Al mismo tiempo, hay una introducción de vehículos eléctricos de uso privado vendidos en algunos países y en proceso de fabricación, en otros. La posibilidad de fabricación de coches eléctricos en México y Colombia a la par con la venta de coches y todoterrenos eléctricos en varios países latinoamericanos inyectará al menos una nueva visión de cómo podrían cambiar el parque total de automóviles y otros vehículos. A medida que éstos crecen, disminuye la factura petrolera de esos países y crece la necesidad de más generación y distribución de electricidad. Hay algunas pruebas de la competencia europea y de la irrupción de una empresa mexicana en esta rama de la industria, y pocas en el lado estadounidense.

La conclusión es que el cambio en la matriz energética modificará la estructura de poder económico y político mundial y las relaciones construidas sobre el comercio mundial de petróleo a lo largo del siglo xx. Hay una importante sustitución de los equipos basados en el petróleo por nuevos equipos de generación de energía renovable que contribuirán a relanzar la economía mundial liderada por China y los países asiáticos. En cambio, la competencia de los países occidentales crecerá lentamente. Toda la flota de transporte cambiará en un futuro previsible. Automóviles, camiones, barcos, aviones serán eléctricos o híbridos con tecnología china y sustituirán a los actuales equipos basados en combustibles petrolíferos, con las inevitables consecuencias para el flujo comercial. La industria estadounidense va a la zaga, y parece apostar fuerte

por la continuidad de los combustibles fósiles, con alguna innovación para un aire más limpio que compita con éstos. La consecuencia es que los lazos entre los países latinoamericanos y Estados Unidos cambiarán.

El aumento en el uso de energías renovables, tanto en el lado de la oferta como en el de la demanda, depende de las políticas nacionales. Una estrategia de política energética renovable debe diferenciar entre uno y otro. Mientras que el de la oferta debe tener en cuenta el papel del Estado en acuerdos internacionales, el de la demanda debe resaltar las preferencias del consumidor. La diferencia radica en que, en el primero, los gobiernos y las empresas pueden llegar a acuerdos, mientras que, en el segundo, se trata de educar al consumidor y proporcionar facilidades, impuestos y otros incentivos para fomentar la compra de vehículos y equipos de energía renovable.

Los productores de vehículos eléctricos pueden ayudar a informar al consumidor sobre los beneficios de los vehículos eléctricos, si bien es principalmente responsabilidad de los gobiernos, tanto nacionales como subnacionales, educar a los ciudadanos sobre los beneficios personales y ambientales de utilizarlos. Además, deben invertir en estaciones de recarga para señalar al público que habrá soporte eléctrico para el consumo de esos vehículos.

En América Latina, la demanda de autobuses eléctricos ha aumentado sobre todo debido a la necesidad de reducir la contaminación del aire y acatar compromisos de emisiones cero para 2035. No obstante, se destaca la necesidad de políticas más fuertes para detener la adquisición de autobuses de combustibles fósiles.

Las políticas ambientales globales de algunos países latinoamericanos y de China tienen implicaciones productivas y comerciales. Mientras algunas naciones latinoamericanas han firmado acuerdos internacionales para reducir las emisiones de carbono y avanzar hacia un entorno renovable, hay dife-

rencias en la implementación. China lidera en tecnología de energía renovable y sus inversiones y préstamos han influido en la región.

En cuanto al comercio de vehículos eléctricos y autobuses desde China hacia América Latina, éste ha crecido con una división en el tipo de vehículos y las marcas. China lidera en tecnología de energía renovable y ha invertido sobremanera en América Latina. Los países más pequeños muestran una rápida transición en la matriz energética, sin depender necesariamente de la tecnología china. Los países más grandes, como Brasil y México, tienen patrones diferentes de producción y consumo de energía.

En resumen, la tecnología china domina tanto en el suministro como en la demanda de energía renovable en América Latina. Existen consideraciones geopolíticas en el cambio en la matriz energética, donde se destaca la necesidad de una competencia más amplia en el mercado de vehículos eléctricos y de paneles solares para reducir los precios unitarios. La competencia tecnológica, más que política, es crucial en este proceso.

Investigación realizada con recursos de la Universidad Nacional Autónoma de México-Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, IN303421, “El cambio de la matriz energética en México: un enfoque interdisciplinario desde la economía global y la economía de la energía”.

BIBLIOGRAFÍA

- Allison, G. [2020], “The new spheres of influence: Sharing the globe with other great Powers”, *Foreign Affairs* 99: 30.
- American Enterprise Institute and The Heritage Foundation [s. f.] “China global investment tracker”, <<https://n9.cl/rn781>>.

- Buckup, S. [2023], “World’s first flying taxi, and other technology stories you need to read”, *World Economic Forum*, 3 de noviembre, <<https://bit.ly/3BWvG5l>>.
- Congressional Research Service [2020], “Tracking China’s global economic activities: Data challenges and issues for congress”, 14 de julio 3 de noviembre, <<https://crsreports.congress.gov/R46302>>.
- Cox, R. W. [2013], “Fuerzas sociales, estados y órdenes mundiales: más allá de la teoría de relaciones internacionales”, *Relaciones Internacionales*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 24: 99-116.
- Executive Office of the President [2022], “Executive Order 14083: Ensuring robust consideration of evolving national security risks by the Committee on Foreign Investment in the United States” 15 de septiembre, 15 de septiembre, Federal register, 87(181), Presidential Documents: 57369.
- Fusaro, L. [2022], “Gramsci: concepto de hegemonía nacional e internacional”, *Ola Financiera*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 15(42): 197-235, <<https://doi.org/10.22201/fe.18701442e.2022.42.82604>>.
- Gills, B. [1993], “Hegemonic transitions in the world system”, en A. G. Frank y B. K. Gills (eds.), *The world system: Five hundred years or five thousand?*, Londres, Psychology Press: 115-142.
- Holmes, K. R. [2014], “What is National Security?”, *Heritage Foundation*, 7 de octubre, <<https://bit.ly/3PqCkEd>>.
- International Energy Agency (IEA) [2023], *Global EV outlook 2023*, París, IEA, <<https://bit.ly/4gG5Hym>>.
- Jackson, J. K. [2020], “The Committee on Foreign Investment in the United States (CFIUS)”, 26 de febrero, Congressional Research Service, <<https://bit.ly/4a9kZcj>>.
- Lewis, J. A. [2021], *National security implications of leadership in autonomous vehicles*, Washington, Center for Strategic & International Studies.

- Mearsheimer, J. J. [2003], *The tragedy of great power politics*, updated edition, WW Norton & Company.
- Paul, T. V. y Ripsman, N. [2010], *Globalisation and the National Security State*, Oxford, Oxford University Press.
- People's Government of Fujian Province [2021], "Outline of the 14th Five-Year Plan (2021-2025) for national economic and social development and vision 2035 of the People's Republic of China", 8 de septiembre, <<https://cutt.ly/Ke0x3tyW>>.
- Proterra [2023], "Proterra announces results of chapter 11 sale of the Proterra transit and energy business lines", *Yahoo! Finance*, 13 de noviembre, <<https://cutt.ly/Re0x8jaR>>.
- Ripsman, N. M. y Paul, T. V. [2010], *Globalization and the national security state*, Nueva York, Oxford University Press.
- Sussex, M., Clarke, M. y Medcalf, R. [2017], "National security: between theory and practice", *Australian Journal of International Affairs*, 71(5): 474-478.
- Ugarteche, O. y León, C. de [2022], "China and the change of the energy matrix in Latin America: A global political economy approach", *Brazilian Journal of Political Economy*, 42(2): 442-459.
- Ugarteche, O., León, C. de y García, J. [2023], "China and the energy matrix in Latin America: Governance and geopolitical perspective", *Energy Policy*, 177, 113435.
- Ugarteche, O. y Hernández, J. G. [2023], "Energy matrix transformation in Latin America: The global political economy of chinese investments", en L. Benites y E. Serrani, *Energy transitions in Latin America: The tough route to sustainable development*, Suiza, Springer: 59-78.

3. Los límites estructurales a las transiciones energéticas justas en América Latina

Esteban Serrani

INTRODUCCIÓN

En la última década, la crisis climática, visiblemente exacerbada por la frecuencia creciente de eventos climáticos extremos, ha emergido como uno de los desafíos preeminentes del siglo XXI. El sector energético y el papel central de los hidrocarburos son cruciales para comprender las raíces del calentamiento global desde la Revolución industrial hasta la actualidad, y son la causa de dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas. En este contexto, la deliberada búsqueda de descarbonización de las economías, mediante una transición energética que implica la paulatina reducción de la explotación de hidrocarburos, se ha erigido como un imperativo prioritario en la agenda global.

Dada la urgencia del desafío al que la humanidad se enfrenta en las próximas décadas para preservar la integridad ecológica, es pertinente plantear interrogantes que guíen la reflexión de este artículo. En primer lugar, ¿cuál ha sido el papel de América Latina y el Caribe en las causas del cambio climático? En segundo lugar, ¿existe un único modelo de transición energética al que los países de la región deben ajustarse para reducir las emisiones y lograr la neutralidad de carbono para 2050, como lo sugieren los compromisos climáticos reflejados en las Contribuciones Nacionales Determinadas

presentadas como parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático? Finalmente, ¿pueden las profundas transformaciones asociadas con la transición energética, que incluyen infraestructura, tecnología, financiamiento, producción, empleo, manufactura e impactos ambientales y territoriales, convertirse en un catalizador para que la región supere sus históricas limitaciones vinculadas con una inserción periférica en la economía global?

Este capítulo analiza los principales límites estructurales que han enfrentado las transiciones energéticas en la región durante varios años. Para ello, se enfoca en cuatro aspectos interrelacionados: primero, examina la relación histórica entre América Latina y las causas del cambio climático; segundo, vincula las actuales transiciones energéticas con su compleja relación con el aumento del bienestar derivado del acceso a la energía; tercero, explora cómo la evolución de la economía verde se ha convertido en un campo de batalla global por la innovación y la manufactura de sus cadenas globales de valor, marca el inicio de un nuevo ciclo proteccionista en las economías más avanzadas; y cuarto, analiza un conjunto de limitaciones estructurales que América Latina enfrenta al profundizar sus transiciones energéticas.

Por último, este capítulo profundiza las reflexiones planteadas por Benites y Serrani [2023b], quienes argumentan que, en los países desarrollados, lograr la neutralidad de carbono para 2050 implica revitalizar sus economías con una fuerte orientación proteccionista e implementar políticas de fomento industrial que beneficien a sus empresas y promuevan el empleo local en las cadenas de valor de la energía renovable [Benites y Serrani, 2023a: 14]. Los autores sugieren que este enfoque no se ha adoptado ampliamente en América Latina, debido a diversos factores que dificultan la articulación de los objetivos de la transición energética con las soluciones a los problemas específicos de la región. Este capítulo avanza en el análisis de los limitantes estructurales para la región.

CAMBIO CLIMÁTICO Y AMÉRICA LATINA

La gobernanza global del cambio climático ha coincidido en depositar en “el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas según sus respectivas capacidades” la responsabilidad del cuidado del ambiente, aunque no de forma uniforme entre sus miembros. Si bien el clima es un bien común, y la mitigación de los efectos del cambio climático constituye un desafío de alcance global que le compete a la humanidad en su conjunto, existe una vasta literatura que sostiene la responsabilidad mayoritaria de los países desarrollados en este proceso. No sólo por la presión efectiva ejercida en las emisiones de CO₂ al ambiente desde su temprana industrialización, sino también porque en la actualidad esos países son los que gozan de mayor bienestar derivado de aquel proceso de avance industrial, son los que cuentan con mayores recursos tecnológicos para acelerar las transformaciones necesarias para transitar hacia economías bajas en carbono, al tiempo que disponen de los recursos económicos tanto del sistema público como del sector privado para financiarlo.

En una mirada de largo plazo, con la información disponible y fiable para una muestra relevante de países a partir del año 1900, las mayores emisiones acumuladas de CO₂ proceden de las naciones de temprana expansión industrial, las cuales a su vez presentan un crecimiento acelerado del producto interno bruto (PIB) per cápita respecto de los demás países de menor progreso relativo (gráfica 1). En este sentido, en los últimos años emergen dos países de crecimiento acelerado en la periferia, como China e India, y también Rusia, los cuales presentan una significativa acumulación de emisiones de CO₂ y que, aun incrementado su proceso de acumulación de capital, hacia 2018 aún se encontraban alejados de los países desarrollados en términos del crecimiento del PIB per cápita.

En este proceso, América Latina y el Caribe (ALC) presentan trayectorias nacionales de menor crecimiento económico relativo respecto de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) al considerar la evolución de los ingresos, y también su *stock* acumulado de emisiones por países. Si bien crecen sostenidamente durante todo el siglo xx, al compás de la creciente urbanización de la estructura social [Portes y Hoffman, 2003], del incremento de productividad agrícola [Fujii Gambero, 1991] y de las estrategias de industrialización por sustitución de importaciones desplegadas por muchos de los países de la región [Cárdenas *et al.*, 2003; Centeno y Ferraro, 2018], aún están muy lejos del *stock* acumulado de los países desarrollados.

Hickel [2020] profundiza el análisis con base en la utilización de una metodología novedosa para analizar las responsabilidades nacionales en los efectos negativos sobre el cambio climático. De acuerdo con un método original fundado en el principio de la igualdad de acceso per cápita a los bienes comunes atmosféricos, el autor examina las contribuciones nacionales a las emisiones acumuladas que superan el límite planetario de 350 partículas por millón (ppm) de concentración de CO₂ en la atmósfera. Los resultados del estudio hasta 2015 son contundentes y refuerzan la evidencia presentada: Estados Unidos era responsable del 40 % del exceso de emisiones mundiales de CO₂, y la Unión Europea (UE-28), del 29 %; en esta dirección, los países del G8 (Estados Unidos, UE-28, Rusia, Japón y Canadá) eran responsables del 85 %, mientras que el sur global representaba sólo el 8 %, del exceso de emisiones [Hickel, 2020: 403].

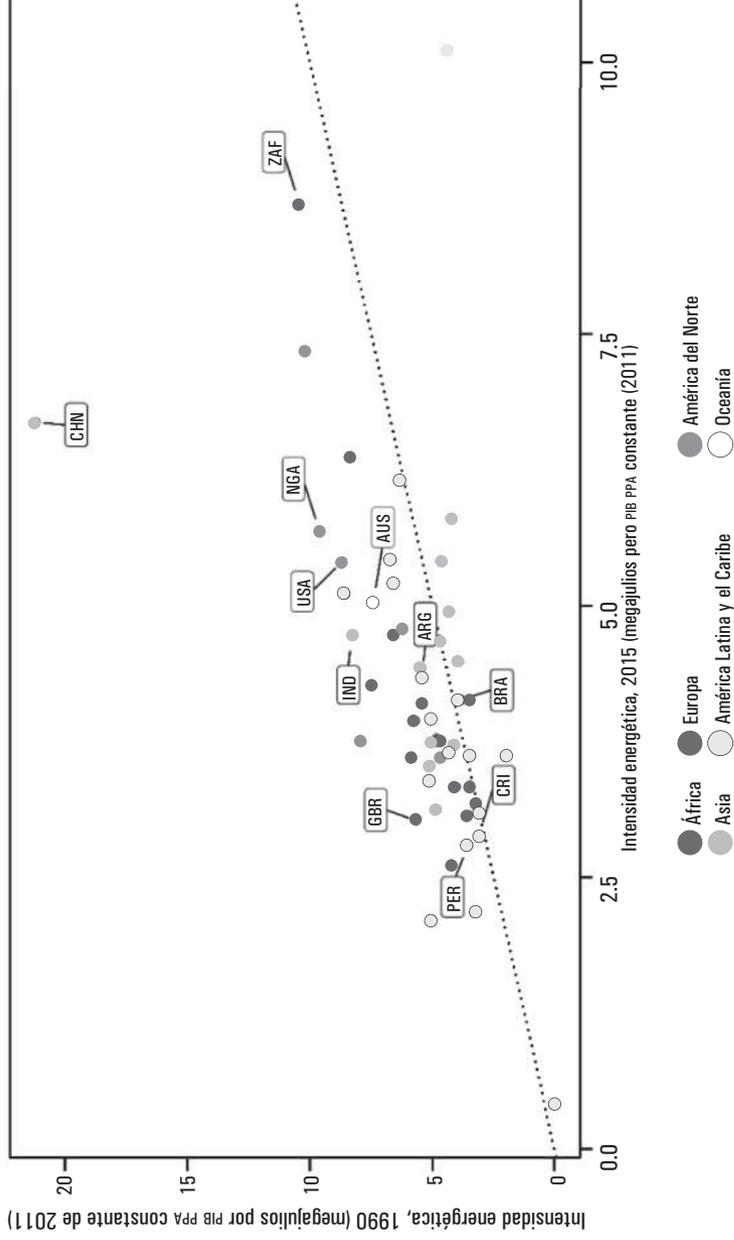
En efecto, si bien es necesario abonar a la idea contenida en la perspectiva sistémica de las responsabilidades compartidas y diferenciadas respecto del cambio climático, la idea de Hickel permite pensar a América Latina como un acreedor climático frente a los países desarrollados. Esta posición no lo exime de hacer esfuerzos para abordar los cambios necesarios

que impliquen avanzar en una reducción de las emisiones de largo plazo para constituir economías cada vez más bajas en carbono. Esto permite poner en perspectiva histórica los esfuerzos financieros que los distintos países deben afrontar para, en primer lugar, tomar medidas para adaptarse a las consecuencias negativas del cambio climático y, asimismo, avanzar en acciones concretas para cumplir con los necesarios planes de mitigación.

Ahora bien, despejada la variable histórica sobre las responsabilidades nacionales diferenciadas respecto de los efectos sobre el cambio climático, es necesario revisar lo que ha sucedido en las últimas décadas a escala internacional en la dinámica de las matrices energéticas y la evolución del consumo. Para ello, se revisa la intensidad energética de las economías nacionales entre 1990 y 2015, medida como la cantidad de megajulios de energía utilizados para producir el PIB en paridad de poder adquisitivo en dólares de 2011. Para fines explicativos, y como los ejes que toman los dos años miden distintas cantidades de energía, en la gráfica 2 se ha trazado una recta punteada que la separa en dos partes, de modo tal que el cociente entre ambas variables muestra que para aquellos países que quedan por arriba de la recta eran más intensos energéticamente en 1990 respecto de 2015, y viceversa: los que están por debajo de la recta fueron más intensos energéticamente en 2015 que en 1990.

En líneas generales, es posible constatar que todas las regiones del mundo han reducido su intensidad energética en 2015 en relación con 1990. Asia y América del Norte son las regiones que más reducen su intensidad, ambas lo hacen en un 32 %. Europa cae un 29 % y tanto África como Oceanía lo hacen en un 26 %. La región que menos reduce su intensidad es América Latina, que lo hace en un 12 % (gráfica 2).

Gráfica 2. Intensidad energética, 1990 y 2015 (megajulios sobre PIB en dólares según la paridad de poder adquisitivo de 2011)



Fuente: World Bank, < <http://hdl.handle.net/10986/38017> > .

Grosso modo, se podría sostener que las economías de los países desarrollados han reducido la intensidad energética fundamentalmente por la adopción de mejores técnicas vinculadas con la producción industrial, centradas tanto en prácticas de eficiencia energética como en los propios procesos de producción, además de un marcado proceso de crecimiento de los servicios en la matriz económica del perfil de especialización productiva de estas economías adoptado en las últimas décadas [Rodrik, 2016]. Entre los países occidentales se destaca la caída de 39 % en Dinamarca y Alemania, 38 % en Estados Unidos, 31 % en Países Bajos y 28 % en Canadá y Bélgica.

Asimismo, el proceso se complementa con el lugar destacado que el sudeste asiático ha tenido en el marco de la tercera Revolución industrial [Kohli, 2004; Stiglitz y Yusuf, 2001]. Es que en el caso de los asiáticos se evidencia una reducción de la intensidad de 32 %, fuertemente impulsada por los casos de China, India e Indonesia, que caen 68, 43 y 31 %, respectivamente, aun con altas tasas de crecimiento económico en las últimas décadas [Amsden, 2001; Joseph, 2019], las cuales también fueron acompañadas por la reestructuración productiva global (*offshoring* y *outsourcing*) que ha instalado una parte significativa de la producción industrial de Occidente en aquel continente [Chang y Amsden, 1994; Brown y Linden, 2005].

En este sentido, la trayectoria de ALC en su conjunto muestra una reducción del 12 % en su intensidad energética en 2015 respecto de 1990, y es la región que en comparación menores logros ha obtenido. Es importante comprender que este desempeño ocurre desde un nivel de consumo significativamente bajo de la región en relación con el desempeño de la economía regional en su conjunto, ya que entre 1980 y 1990 el PBI de ALC cayó un 2.3 %, América del Norte (Canadá y Estados Unidos) y Europa crecieron un 21 %, mientras que Asia lo hizo en un 22 %. Se explica sobre todo por la etapa final de la crisis

económica de la década de 1980 [Marichal, 2000], donde la deuda fue un persistente obstáculo al crecimiento económico de la región en su conjunto [Griffith-Jones, 1988; Devlin y Ffrench-Davis, 1994], y aun si se mira el *boom* de los precios de los *commodities* de la década de 2000, el cual impulsó a que gran parte de las economías tuvieran altas tasas de crecimiento económico. Es decir, si en los años ochenta la economía de la región había caído más de 2 %, entre 2005 y 2015, la economía creció 33 %, en sintonía con el crecimiento de Asia en conjunto (39 %), muy por encima del desempeño tanto de Europa como de América del Norte, que muestran un ritmo de crecimiento muy reducido: 10 y 7 %, respectivamente.

Esta reducción de la intensidad energética de ALC se da aun sin un ingreso masivo de “fondos verdes” [Stanley, 2021] como para financiar un acelerado proceso de incorporación de energías renovables de fuentes fotovoltaicas y eólicas a las matrices energéticas (ya que se incrementan, en especial, *a posteriori* del Acuerdo de París de 2015), ni con una búsqueda deliberada de lograr una mayor eficiencia energética respecto del consumo tanto del sector transporte como de la industria y los hogares residenciales. En este sentido, los bonos verdes buscan financiar proyectos que tengan un impacto ambiental de neutro a positivo. Stanley [2021] muestra que sólo 10 de los 33 países de ALC han emitido bonos verdes en el periodo 2015-2019 por un monto total de 13 858 millones de dólares (Brasil, México y Chile explican el 75 % de ese total), mecanismo impulsado en su mayor parte por los organismos financieros internacionales. Pese a los pocos países que lo han usado y el bajo monto de capital movilizado en el periodo, los bonos verdes representan el 25 % del total del financiamiento verde en el periodo para la región [Samaniego, 2021].

En efecto, es posible sostener que ALC llega al Acuerdo de París de 2015 como acreedor climático histórico y, en líneas generales, reduce su intensidad energética a pesar de haber

experimentado un periodo de fuerte crecimiento económico impulsado tanto por una reorientación de la intervención del Estado en la economía [Bizberg, 2015] como por un incremento de los precios de los *commodities* a lo largo de la década de 2000.

MATRIZ ENERGÉTICA Y BIENESTAR

En las últimas décadas, se ha identificado en la literatura especializada que la actual transición energética implica el pasaje de una matriz centrada en la explotación de recursos fósiles a otra sostenida en fuentes energéticas bajas en emisiones. Es posible advertir que aun a inicio de la década de 2020, la dependencia de los hidrocarburos en el mundo es elevada. La utilización de recursos fósiles representa el 82 % de la matriz energética primaria: el petróleo y el carbón explican el 58 %, y el gas natural, el combustible considerado por la Unión Europea en su *Taxonomy for Sustainable Activities* como de transición, el 24 % restante [Benites y Serrani, 2023a]; para el mismo periodo, las fuentes de energías bajas en emisiones (hidroelectricidad, nuclear, solar fotovoltaica, eólica, bioenergías, etcétera) tan sólo llegan a explicar el 18 % del total de la energía primaria generada.

Europa y ALC sobresalen por ser las regiones que menor dependencia fósil tienen en sus matrices eléctricas, un 41 % y un 37 %, respectivamente, bastante menos que el promedio mundial, que se encuentra en un 61 % [Benites y Serrani, 2023a]. Una de las principales diferencias es la mayor influencia en ALC del gas natural respecto de Europa. Asimismo, la presencia en ALC de las fuentes renovables, como la eólica, solar fotovoltaica y las bioenergías, es significativamente superior a África, Comunidad de Estados Independientes (CEI), Medio Oriente y Asia Pacífico, incluso mayor al promedio mundial (17 % frente a 13 %, respectivamente), similar al del conjunto de los países de la OCDE, aunque menor al promedio (23 %) de Europa.

En este sentido, a pesar de no haber dispuesto de una fuerte movilización de recursos financieros de la comunidad internacional para adaptarse a los efectos negativos del cambio climático, a partir de incrementar los proyectos bajos en carbono para acelerar las transiciones energéticas (como fuera una de los principales objetivos dispuestos en el Acuerdo de París de 2015), ALC es una de las regiones que más ha progresado, comparativamente con el mundo, en términos de reducir la participación de las fuentes energéticas más contaminantes tanto de su matriz primaria como en la de generación de energía eléctrica.

En efecto, no caben dudas respecto de la imperiosa necesidad de reducir la participación del carbón como fuente energética en el camino hacia transiciones energéticas que impliquen reducir emisiones y que tengan como finalidad lograr la carbono-neutralidad de las economías hacia 2050, sobre todo porque el carbón es la fuente energética que mayores emisiones genera a igual factor calórico [IEA, 2019]: para generar una misma cantidad de energía el carbón presenta un coeficiente de emisión de dióxido carbono de un 81 % superior al gas natural en hogares residenciales y el sector industrial, que es el hidrocarburo de menos emisiones. Incluso si se toma en consideración el estudio de Ritchie [2021], el cual estima no sólo las emisiones derivadas de la quema de combustibles, sino también de la extracción, el transporte y el mantenimiento durante el ciclo de la vida útil de una central eléctrica, no quedan dudas de que el carbón es el combustible más contaminante, ya que emite 67 % más que una planta de gas natural. Resulta evidente que, si se compara el carbón con el resto de las fuentes energéticas no fósiles, los coeficientes de emisiones por unidad calórica se incrementan de forma considerable.

En este sentido, ALC es la región del mundo que menos carbón utiliza en su matriz energética primaria:¹ 5 %, mientras que

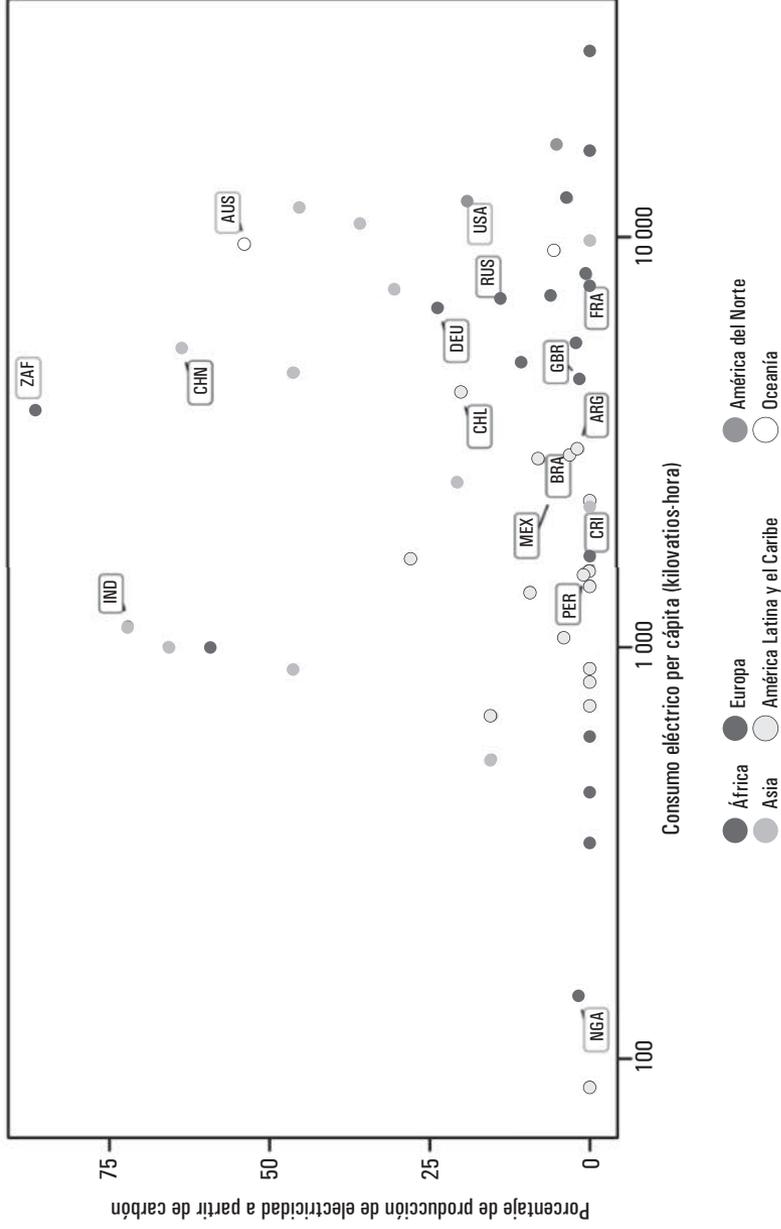
¹ Con la sola excepción de Medio Oriente, cuya matriz depende del 99 % de hidrocarburos: 55 % de gas natural y 44 % de petróleo.

en Europa su participación llega a 12 %, un 13 % en la CEI, un 21 % en África y un 47 % en Asia Pacífico [Benites y Serrani, 2023b]. Por países, destacan India (57 %), China (55 %) e Indonesia (40 %) en Asia, Sudáfrica con un 71 %, Polonia con un 42 %, República Checa con un 32 %, Alemania con un 17 % y Países Bajos con un 15 %. El país de ALC que más carbón utiliza en su matriz primaria es Chile, con el 16 %. Asimismo, al observar la matriz de generación eléctrica, ALC sólo depende en un 5 % del carbón, mientras Europa aun utiliza un 16 %, la CEI el 19 %, África el 28 % y el 57 % Asia Pacífico.

En este sentido, al observar por países de gran consumo eléctrico, se destacan India (74 %), China (63 %), Corea del Sur (35 %) y Japón (30 %) en Asia, Sudáfrica con 86 %, Rusia con 18 % y Estados Unidos con 22 %, y en Europa: Polonia con 73 %, Turquía con 31 %, Alemania con 28 % y Países Bajos con 15 % (gráfica 3).

En el contexto de abordar la crisis climática derivada del calentamiento global, ALC se destaca como la región con la menor dependencia de carbón en su matriz eléctrica, a la par que lo incorpora escasamente en su matriz primaria. Adicionalmente, y desde una perspectiva integral, los países de esta región sobresalen por su bajo consumo eléctrico per cápita. Esta distinción se evidencia no sólo al compararse con naciones desarrolladas de alto consumo, como Estados Unidos, cuyo consumo per cápita es cinco veces mayor que el promedio de ALC, Japón con 2.6 veces, Alemania con 2.3 veces y España con 1.5 veces. Se torna explícita al contrastar el consumo per cápita con China, donde, a pesar de las marcadas disparidades entre la población rural y urbana, ningún país de ALC supera el consumo per cápita de este gigante asiático (gráfica 3).

Gráfica 3. Porcentaje de carbón en matriz eléctrica y consumo eléctrico per cápita con base logarítmica
(países seleccionados de todas las regiones)



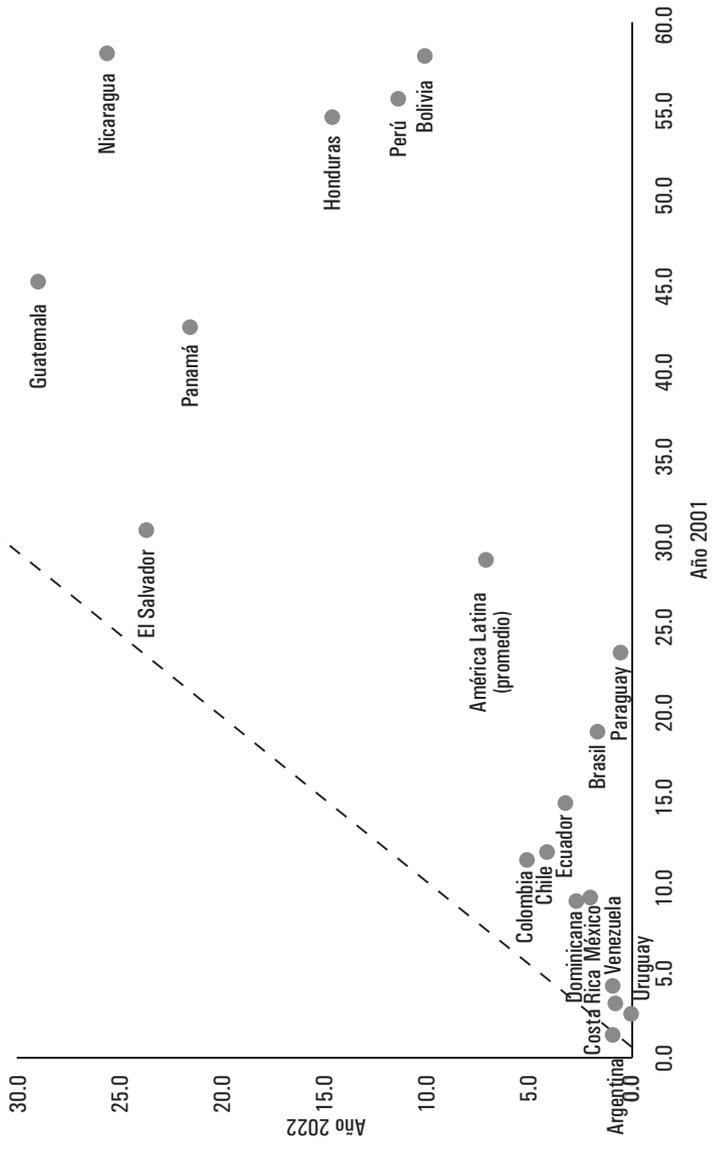
Fuente: BP Statistical Review of World Energy.

No obstante, una revisión inicial de la evolución de los indicadores y países de la región revela progresos heterogéneos y dispares. Un ejemplo de ello es el indicador que refleja la proporción de hogares sin acceso a electricidad, analizado por quintiles de ingresos. Este indicador se calcula como la proporción de personas que carecen de electricidad en cada país, anualmente, dividida por el total de residentes en dicho país. Los datos, recopilados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) mediante encuestas domiciliarias realizadas en cada país, se agrupan en quintiles de ingresos, los cuales representan el 20 % de la población, que ubica en el quintil 1 a las personas de menores ingresos hasta llegar al quintil 5, que considera a aquellas de mayores ingresos. De esta manera, se busca no sólo observar la evolución de la cobertura, sino también discriminar entre distintos grupos sociales según los ingresos del hogar.

En las últimas dos décadas, se ha avanzado en la cobertura global del acceso a la energía, alineándose con el crecimiento económico experimentado por la región desde principios de la década de 2000. Si los hogares del quintil 5 de ingresos (los de mayores ingresos) lograron reducir de 9.2 % en 2001 a 2 % en 2022 (gráfica 4), el porcentaje de hogares sin acceso a electricidad, en el quintil 1 se observa una disminución de 24.2 puntos porcentuales, y pasa de 31.6 % a 7.4 % en el mismo periodo (gráfica 5).

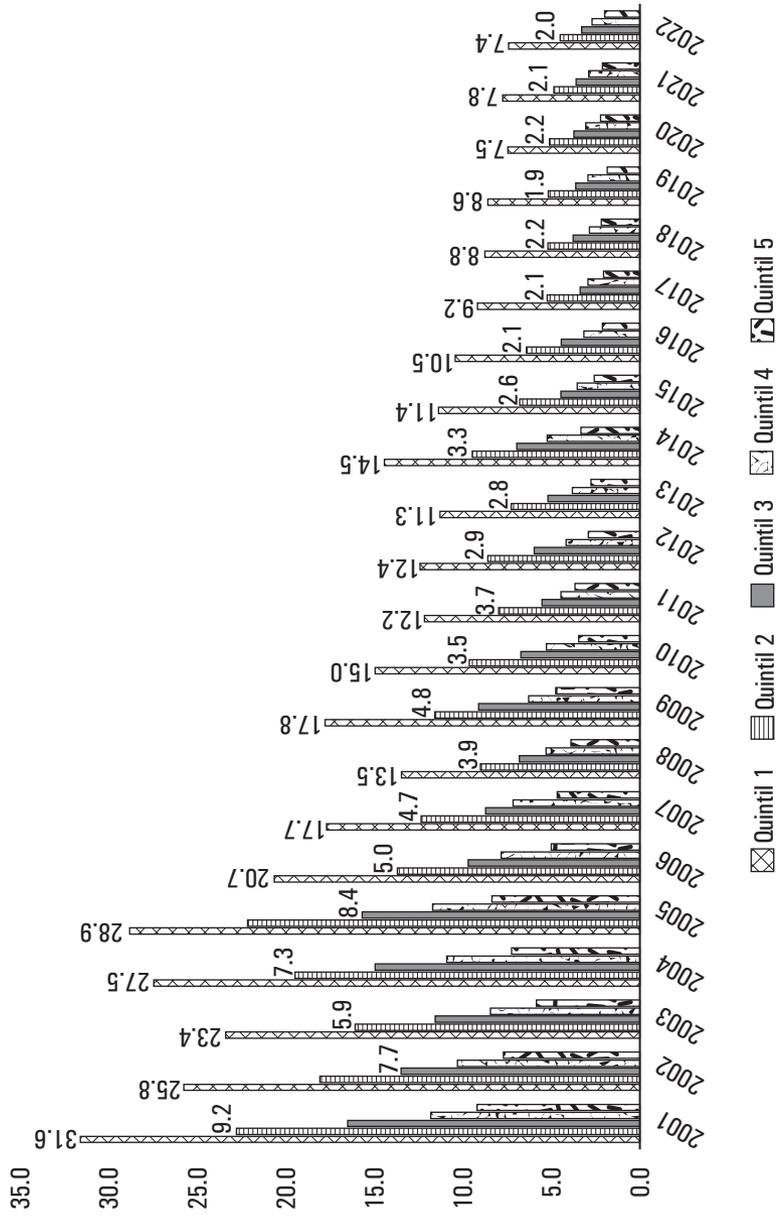
Al detallar el análisis centrado en los hogares de menores ingresos en los países de la región, la información proporcionada en la gráfica 4 permite discernir la evolución de cada país en la mejora del acceso a la energía eléctrica en esos hogares. Con fines interpretativos, es pertinente resaltar una aclaración análoga a la realizada para la gráfica 2: la línea recta punteada divide la figura en dos partes, que indica que los países por debajo de esta línea exhiben una cobertura menor en 2001 que en 2022, y viceversa.

Gráfica 4. Población sin acceso a electricidad del quintil 1 de ingresos en países de América Latina para los años 2001 y 2021 (porcentaje sobre el total)



Fuente: elaboración propia con base en encuestas de hogares de los países del Banco de Datos de Encuestas de Hogares de la Cepal.

Gráfica 5. Población sin acceso a electricidad, según quintil de ingreso. América Latina y el Caribe, 2001-2022
(porcentaje sobre el total)



Fuente: elaboración propia con base en encuestas de hogares de los países del Banco de Datos de Encuestas de Hogares de Cepal.

En primer lugar, se percibe una mejora generalizada en todos los países en el año 2022 en comparación con 2001, coherente con la información visualizada en la gráfica precedente. Se pone de manifiesto el esfuerzo conjunto de la región para optimar el acceso a la energía eléctrica en ese lapso.

En segundo lugar, se destaca un grupo de países que se han esforzado notablemente para mejorar dicho acceso. Ejemplos considerables son Bolivia, que ha reducido su porcentaje de hogares sin acceso del 58.1 % al 10.3 %, una disminución de 47.9 puntos porcentuales en dos décadas; Perú, con una reducción de 44.3 puntos porcentuales; Honduras, con una disminución de 39.9 puntos; Nicaragua, con 32.7 puntos; y Paraguay, con una reducción de 23.6 puntos. Los países han superado el esfuerzo promedio de la región, que indica una disminución de 21.7 puntos en el mismo periodo.

En tercer lugar, hay un conjunto de naciones donde la cobertura es de casi la totalidad de la población, como Argentina, Brasil, Costa Rica, Uruguay, Paraguay, Brasil y Venezuela. Paraguay es un caso singular, puesto que, desde la construcción de sus centrales hidroeléctricas binacionales con Argentina, ha consumado un gran esfuerzo en reducir el déficit de cobertura y alcanzar a casi la totalidad de la población.

No obstante, es imperativa una aclaración fundamental. Los porcentajes mencionados tienen el propósito exclusivo de evidenciar el esfuerzo sostenido por los países en la ampliación de la cobertura del acceso a la energía eléctrica, concebida como una fuente de energía segura, muy significativa para cumplimentar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) vinculados con el sector energía. Esta perspectiva facilita, de manera simultánea, la comparación internacional con otras experiencias mundiales. Es crucial destacar que, como han sostenido algunos autores que han analizado exhaustivamente el sistema energético de Brasil,

el acceso universal a la electricidad en Brasil es una opción narrativa que no está exenta de críticas. El indicador presentado (100 % de acceso) es un redondeo del 99.8 % [...], lo que significa que el 0.2 % de los hogares brasileños (más de 150 000) aún no tiene acceso a la electricidad. Corresponde a aproximadamente [a] 450 000 personas [...], lo que, para comparación, es mayor que la población de Islandia [Soares *et al.*, 2023: 311].

Lo que implica que las notables mejoras experimentadas por los países de la región en las últimas dos décadas deben ser contextualizadas dentro de análisis críticos que trasciendan las meras estadísticas.

ECONOMÍA VERDE Y PROTECCIONISMO ECONÓMICO EN EL CENTRO

En los últimos años, se han experimentado cambios acelerados en las estrategias de transición energética en los países centrales.

En principio, la conferencia de las Naciones Unidas (ONU) sobre el medio ambiente y el desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, adoptó formalmente el concepto de desarrollo sostenible definido por el informe Brundtland [World Commission on Environment and Development, 1987]. Veinte años después, la conferencia Río+20 acuñó el concepto de “economía verde” como un nuevo patrón para alcanzar el desarrollo sostenible [Barbier, 2012; Loiseau *et al.*, 2016]. En estos años, muchos países adoptaron medidas y planes para insertarse y liderar la economía política de la economía verde: en 2009, Corea del Sur anunció un plan quinquenal para invertir dos puntos del PIB en *green growth*; en 2011, China lanzó su plan quinquenal para invertir sectores clave de la economía verde, sobre todo en energías renovables y un plan quinquenal (2011-2015) que destina gran parte de sus inversiones a sectores clave verdes; la Unión Europea lanzó iniciativas

estratégicas vinculadas con la economía verde, como Europa 2020 y la Hoja de Ruta de Eficiencia de Recursos [Loiseau *et al.*, 2016]. El concepto de economía verde tiene una más larga trayectoria en el campo académico, por cuanto fue presentado por primera vez por Pearce y colegas [1989], “en respuesta a la infravaloración de los costos ambientales y sociales en el sistema de precios actual” [Le Blanc, 2011], y desde entonces, el concepto se ha ampliado en sus definiciones y en su aplicación [Loiseau *et al.*, 2016].

En ese marco general, desde mediados de la década de 1990 las estrategias de transición estuvieron marcadas ante todo en la búsqueda de incorporar energía renovable en las matrices eléctricas. Todo el esfuerzo estuvo puesto en liderar la innovación alrededor de las tecnologías de energía renovable, en especial eólica, como lo muestra el trabajo de Ratinen y Lund para el caso comparado de Dinamarca, Alemania, Finlandia y España [Ratinen y Lund, 2015].

El Acuerdo de París en 2015 tiene la particularidad de que no sólo fue impulsado por los países europeos que hasta ese momento lideraban la incorporación de energía baja en emisiones en sus matrices eléctricas, sino también, y en particular, por Estados Unidos y China [Eckersley, 2020]. Este acuerdo de alcance global le da un renovado impulso al concepto de economía verde a consecuencia de vincular la necesidad de articular estrechamente economía y ambiente que se traduce en estrategias nacionales de reducción mucho más enérgicas que en el pasado de emisiones ya no sólo del sector energético, sino de las economías en su conjunto.

El Acuerdo de París coincide con el inicio de una carrera tecnológica en la que China se embarca a competir desde finales de la década de 2010 y, por ejemplo, lograron una reducción significativa en los costos de producción de paneles solares en un 90 % en la siguiente década [Irena, 2020]. En 2015, lanza el Plan Made in China 2025, del cual se rescatan sólo dos líneas principales.

En primer lugar, debido al avance simultáneo de nuevas formas de industrialización, informatización, urbanización y modernización agrícola, la demanda interna acumulada aumenta y estimula la adquisición de nuevas manufacturas. Esta demanda interna requiere mejoras rápidas en las tecnologías de fabricación e innovación, así como fortalecimiento en la calidad y seguridad de los productos y actualizaciones en la infraestructura pública. La innovación tecnológica desempeña un papel crucial que ha permitido afianzar significativamente la competitividad de la fabricación en China, con avances en áreas sensibles, como el lanzamiento de naves espaciales tripuladas, la producción de aeronaves, el lanzamiento del Sistema de Navegación por Satélite Beidou, la creación de supercomputadoras, la construcción de ferrocarriles de alta velocidad y la instalación de equipos de perforación de petróleo a gran profundidad. A pesar de los avances, persisten brechas importantes entre China y las economías avanzadas. La capacidad de innovación independiente de China se percibe como débil, y la dependencia externa de tecnologías clave y equipos avanzados continúa alta [Wei *et al.*, 2019]. La calidad de los productos no consigue los estándares tecnológicos más avanzados, y China cuenta con pocas marcas reconocidas en el mundo. En este contexto, la eficiencia en el uso de recursos y energía continúa siendo baja, y la contaminación ambiental sigue como un desafío.

El segundo propósito del Plan Made in China 2025 es abordar estos problemas y convertir al país en una potencia manufacturera avanzada [Li, 2018]. En este marco general, la economía verde se destaca como un componente central del plan, centrada en equipamientos para parques de energías renovables, electromovilidad, eficiencia energética, infraestructura energética (transporte y distribución eléctrica), almacenamiento de baterías y nuevos desarrollos en tecnologías energéticas bajas en emisiones [Zenglein y Holzmann, 2019].

En la actual contienda geoestratégica por el liderazgo tecnoproductivo global en el ámbito de la economía verde [Li, 2018], las respuestas provenientes de naciones altamente industrializadas frente al avance de China en innovación manufacturera han sido inmediatas. La percepción de enfrentar la posibilidad de ingresar en una fase potencial de rezago tecnológico en este dominio se ha destacado como un desafío significativo para los países desarrollados [Benites y Serrani, 2023a]. En recientes años, la Unión Europea, Japón y Estados Unidos han implementado políticas públicas de gran envergadura con el propósito de vincular estratégicamente sus iniciativas de descarbonización con políticas industriales conexas y líneas de financiamiento específicas. Dichos países buscan fomentar la integración de la producción y el empleo local en las cadenas de valor de la economía verde, con el fin de frenar la importación tanto de bienes comúnmente utilizados en sectores económicos estratégicos (como acero, aluminio, litio, cobre, entre otros), como de bienes de capital, manufacturas de alto valor agregado y servicios esenciales para avanzar en la digitalización y descarbonización de sus respectivas economías.

En una iniciativa integral, Estados Unidos promulgó una serie de legislaciones con el propósito de impulsar su política industrial. En 2021, se destacó la aprobación de la Ley de Infraestructuras (*The Infrastructure Bill*), la cual tuvo como objetivo fortalecer proyectos de obra pública, que incluye la financiación para infraestructuras estratégicas, como la expansión de la red de banda ancha, la mejora del suministro de agua potable y la modernización de las redes eléctricas. Asimismo, se incluyeron programas destinados a la renovación de carreteras, el transporte de vehículos y el sistema ferroviario. A mediados de 2022, se promulgó la Ley de Chips (*Chips Act*), con el fin de fomentar la inversión del sector privado y la reubicación en Estados Unidos de una parte significativa de la cadena de suministro de semiconductores. En último término, en agosto de 2022, se sancionó la Ley de

Reducción de la Inflación (*Inflation Reduction Act*, IRA). Esta legislación tiene como objetivo acelerar la inversión en energías con bajas emisiones, por medio de un amplio esquema de incentivos fiscales, subvenciones, préstamos y reembolsos. También, busca fortalecer las cadenas de suministro de diversos productos, desde minerales críticos hasta electrodomésticos eficientes, y generar empleos calificados mediante el estímulo a la producción y la innovación interna. Para acceder a los subsidios se establecen condiciones, como la necesidad de ensamblar vehículos eléctricos en la zona del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA, por su nombre en inglés) o fabricar localmente baterías de ion-litio con componentes extraídos o procesados en Estados Unidos [Bordoff, 2022]. Además, la IRA prevé mayores incentivos fiscales para proyectos de energía renovable que utilicen materiales provenientes de fabricantes nacionales, así como para la producción de hidrógeno y amoniaco a partir de fuentes renovables en Estados Unidos, siempre que logren reducir los costos de exportación en comparación con la competencia asiática [Bordoff, 2022].

En particular, la estrategia de incentivos y subsidios implementada en el mercado de las celdas de baterías desde 2022 ha sido notoriamente intensa. Desde el punto de vista de la oferta, se introdujeron el Crédito Fiscal para la Producción de Manufacturas Avanzadas (AMPTC, por su nombre en inglés) y el Crédito Fiscal de Inversión para Proyectos de Energía Avanzada (AEPITC, por su nombre en inglés). Estas medidas propiciaron el inicio de la producción de celdas de batería de alto rendimiento de níquel-cobalto-manganeso (NCM 811) en Estados Unidos, con un costo aproximado de 135 dólares por kilovatio/hora, lo que representa un descuento de más del 30 % para los fabricantes estadounidenses en comparación con años anteriores [Mehdi y Moerenhout, 2023: 2]. En el ámbito de la producción de baterías, la IRA

impulsó el AEPITC que favoreció la formación de asociaciones estratégicas entre fabricantes de baterías y productores de celdas, en especial empresas asiáticas no chinas, como LG Energy Solution, Panasonic y SK Innovation. Un ejemplo reciente de esta colaboración es la asociación entre Tesla y Panasonic. Desde una perspectiva empresarial, en el supuesto de que el AEPITC se mantenga vigente hasta 2032, se estima que Tesla podría recibir hasta 45 000 millones en créditos fiscales. Una consecuencia relevante de esta dinámica será un mayor alineamiento geopolítico entre Estados Unidos y sus socios no chinos aguas abajo, en especial con los principales fabricantes surcoreanos de celdas, como LG Energy Solution y SK Innovation [Mehdi y Moerenhout, 2023: 5].

Desde el lado de la demanda, la IRA incentivó la adquisición de vehículos eléctricos mediante créditos fiscales directos al momento de la compra, que pueden ascender hasta 7 500 dólares para la adquisición de vehículos nuevos (depende de modelos, costos y marcas), y hasta 4 000 dólares para la compra de vehículos eléctricos usados. Los incentivos están condicionados al cumplimiento de criterios específicos, como el ensamblaje final del vehículo en América del Norte y requisitos de contenido local para los componentes de la batería y minerales críticos, es decir, aquellos que no provienen de países o regiones de origen extranjero, especialmente China.

Ante la reinstauración de políticas económicas proteccionistas por parte de Estados Unidos y la amenaza de quedarse rezagada en la carrera tecnológica e industrial en comparación con China, la Unión Europea también presentó sus respuestas. Después de lanzar en diciembre de 2019 el Pacto Verde Europeo (*European Green Deal*), en enero de 2023 introdujo el Plan Industrial del Pacto Verde europeo (*Green Deal Industrial Plan*). Aunque el objetivo declarado del plan es incrementar la capacidad de fabricación de Europa con tecnologías y productos de emisiones netas cero para cumplir

con sus metas climáticas, resulta evidente que constituye una reacción de la Unión Europea frente a las medidas proteccionistas adoptadas por sus competidores directos: China, Japón y Estados Unidos.

Este plan se fundamenta en varios pilares, uno de los principales es la creación de un entorno regulatorio predecible y simplificado. Esto tiene como propósito favorecer la producción en la eurozona de los bienes cruciales para lograr la neutralidad climática, como baterías, molinos de viento, bombas de calor, paneles solares, electrolizadores, tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, entre otros. Además, busca garantizar que las dependencias estratégicas para hacerse de insumos y bienes no constituyan obstáculos para avanzar en la transición verde y, por sobre todas las cosas, no quedar rezagado en la carrera tecnológica que la economía verde plantea. En esta dirección, el plan también reconoce la necesidad de asegurar el acceso a materias primas críticas para la transición energética, muchas de las cuales se encuentran fuera de Europa. Otro pilar es la agilización del acceso a financiamiento para la transición, sobre todo en sectores donde, aunque Europa posee capacidades industriales y tecnológicas, como en el ámbito de la energía eólica o las bombas de calor, la cuota de mercado de la UE enfrenta una presión significativa debido a las políticas industriales implementadas por países asiáticos.

Incluso Alemania ha publicado recientemente un documento titulado *Strategy on China of the Government of the Federal Republic of Germany* [2023], donde sostiene que la estrategia industrial de China persigue reducir su dependencia de otros países al mismo tiempo que incrementa la necesidad de los bienes y servicios de China en las cadenas de producción internacionales. En este contexto, Alemania describe su relación actual con China como la de “socio, competidor y rival sistémico”, lo que conduce a un cambio en el enfoque

de su relación. Aunque no pretende una desconexión total con China, aspira a disminuir la dependencia y vulnerabilidad de las cadenas de suministro, insumos, tecnologías, bienes y maquinaria críticos para la transición energética. Este cambio refleja un reconocimiento explícito del liderazgo tecnológico chino en la economía verde, en el camino hacia la neutralidad de carbono para el año 2050.

En última instancia, todas las principales economías desarrolladas están esforzándose por mejorar la competitividad de sus industrias de tecnologías bajas en emisiones, inherentes a la economía verde. En términos simplificados, las diversas estrategias buscan:

1. Materias primas críticas: establecimiento de relaciones estratégicas y enérgicas con el sur global para asegurar el suministro de materias primas esenciales destinadas a la economía verde y la transición energética.
2. Proteccionismo y cadenas de suministro resilientes: implementación de medidas proteccionistas y la construcción de cadenas de suministro para competir de manera eficiente sobre todo con China en las cadenas de producción de manufacturas estratégicas para la economía verde.
3. Inversión verde y control tecnológico: compromiso crucial de inversión pública por medio de diversos instrumentos financieros, incentivos y créditos fiscales, con el objetivo de impulsar el mejoramiento de tecnologías bajas en carbono generadas localmente.
4. Mercado interno y empleo: establecimiento de mercados locales protegidos para estimular el crecimiento de tecnologías ambientalmente sostenibles, así como para fomentar la producción interna y el empleo en la industria manufacturera.

DESAFÍOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN AMÉRICA LATINA

No caben dudas de que existen múltiples desafíos para cumplir las metas climáticas en las próximas décadas, y que éstas no sólo revisten transformaciones significativas en el área energética, sino que están en el corazón del modelo de desarrollo propio del siglo XXI.

En el marco más general de las disputas entre Occidente y Asia por liderar la producción, factoría e innovación de las manufacturas propia de esta transformación, vale preguntar: ¿cuál es el papel de América Latina en estas transformaciones? ¿Qué hacen al respecto? ¿Cuáles son sus limitantes estructurales hacia la sostenibilidad de su transición energética tanto como de su modelo de desarrollo?

Para fines metodológicos, y a fin de organizar el análisis, se toman las categorías utilizadas en la conceptualización y resumen de las estrategias que los países industrializados aplican actualmente en el marco general de las transformaciones de la política productiva propias de la economía verde.

Materias primas críticas

La propuesta de electrificación como respuesta a la salida de la sociedad fósildependiente conlleva desafíos de múltiples tipos y magnitudes. Una de ellas es que involucra una fase de considerable incremento de la extracción de minerales para producir las nuevas manufacturas [IEA, 2021]: cobre, manganeso, zinc y níquel para la energía eólica *onshore* (a lo que se agregan en especial tierras raras y, aún más, cobre para los nuevos aerogeneradores *offshore*); cobre y silicio para la energía solar fotovoltaica; cobre, níquel y cromo para las nuevas tecnologías nucleares, etcétera [IEA, 2021]. En particular para la producción de los autos eléctricos, al cobre, manganeso, níquel y

grafito se suma el litio, el cual es un componente central para la construcción de las baterías que almacenan energía y le da sentido a la carrera hacia la electromovilidad.

En la frontera entre Argentina, Bolivia y Chile se encuentra el triángulo del litio, que es una de las reservas más grandes del mundo de este mineral. Lejos de avanzar hacia la puesta en práctica de una estrategia común para la explotación regional, con la cual incrementar el poder de negociación internacional frente a la diplomacia energética de los países industrializados (carentes de este recurso) y escalar en la integración de valor agregado, cada país presenta estrategias individuales y diferentes.

En Argentina, la organización federal de los recursos naturales, con fundamento en el artículo 124 de la Constitución nacional sancionada en 1994, afirma que los recursos naturales son de dominio originario de las provincias en el nivel federal, lo que condiciona que, para avanzar en la explotación de litio, las decisiones se supediten a la iniciativa y la regulación de cada uno de los estados provinciales en su relación con las empresas privadas que vayan a invertir en estas iniciativas. En efecto, si bien hay directrices del Estado nacional para la explotación minera organizadas en la ley minera del país en particular, la iniciativa persiste en los niveles nacionales de gobierno. Entre otras cuestiones, ha obligado a que el modelo minero haya sido impulsado principalmente por empresas privadas extranjeras. No es diferente en el caso del litio.

Hasta la actualidad, hay 38 proyectos de minería de litio que están, en su mayoría, en una etapa de exploración avanzada. Sólo tres están en etapa de explotación comercial: Salar de Olaroz, en la provincia de Jujuy, la cual es operada por la firma australiana Allkem (66.5 % de las acciones), la japonesa Toyota Tsusho (25 %) y la empresa estatal de la provincia de Jujuy, Jemse (8.5 %); el Proyecto Fénix, en el Salar de

Hombre Muerto de Catamarca, el cual está en manos de la estadounidense Livent (con Blackrock y Vanguard como accionistas parciales); y, finalmente, el Proyecto Cauchari Olaroz, también de Jujuy, operado por Minera Exar, cuyos accionistas son la canadiense Lithium Americas Corp. (45 %), la china Ganfeng Lithium (45 %) y Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (10 %). Con matices, los demás casos son un tanto distintos.

Chile lanzó en 2023 la Estrategia Nacional del Litio, con la cual crea la Empresa Nacional del Litio de Chile, una Red de Salares Protegidos y, en aquellos salares que ya están en régimen de explotación, intenta asegurar el uso de tecnologías de bajo impacto ambiental, y, por último, incorpora al Estado en la actividad productiva del Salar de Atacama, el más productivo del país. De esta manera, se asegura que el Estado nacional participe de todo el ciclo de producción del litio, y que la forma de asociación pública-privada será la elegida para las actividades de exploración, explotación y agregación de valor. En diciembre de 2023, la estatal chilena Codelco (50+1 de las acciones) y la privada chilena SQM (el resto de las acciones), una de las principales productoras de litio del mundo, anunciaron la firma de un acuerdo para explotar en conjunto hasta 2060 el Salar de Atacama, una de las principales reservas del mineral en el mundo. Si bien en la estrategia se propone avanzar en la generación de productos derivados con mayor valor agregado, no se presentan iniciativas concretas (hasta el momento de escribir este capítulo).

Completa el triángulo Bolivia, quien mayor énfasis en la industrialización ha puesto, aunque con más rezago en la explotación respecto a sus países vecinos. Luego de varios diálogos, un tanto fallidos, con Rusia y China, que demoraron la puesta en marcha de los proyectos, en diciembre de 2023 logró inaugurar la primera Planta de Producción de Carbonato de Litio en el estado de Potosí, con una inversión de más de 100 millones de dólares en los últimos años para producir carbonato

de litio grado batería, para abastecer productores de baterías y autos eléctricos. Entre las principales firmas extranjeras que acompañan el proceso están las empresas chinas Catl Brunn & Cmc (CBC) y Corporación Citic Guoan, y la rusa Uranium One Group, que es parte de la Corporación Rosatom.

Fuera del triángulo del litio, en busca de convertirse en un actor relevante en este mercado en rápida expansión, aparece el caso de México. En abril de 2022, aprueba una reforma de la Ley minera y procede a nacionalizar el litio, ya que pasa a ser considerado de carácter estratégico para proteger la soberanía energética del país. De esta manera, otorgó a una empresa estatal, Litio para México (LitioMx), un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal y coordinado por la Secretaría de Energía, los derechos exclusivos para extraer litio. Aunque aún está más rezagado en relación con la etapa de explotación que los demás países, la nueva normativa busca reevaluar la legalidad de los proyectos privados ya establecidos, como el caso de la empresa china Bacanora Lithium, miembro del grupo Ganfeng International, una de las más importantes del mundo.

Efectivamente, la competencia por la explotación del litio en la región ha dado inicio, aunque a ritmos muy diferentes en los distintos países con reservas. Con la excepción de Argentina, parece que en los demás países el Estado desempeñará un papel relevante, ya sea en la explotación misma o en la dirección del incipiente mercado mediante asociaciones público-privadas con el capital. Hasta el momento no se han presentado proyectos concretos para avanzar hacia la integración productiva y tecnológica de la cadena de valor de las baterías de litio. Aunque es arriesgado hacer afirmaciones precipitadas (dada la novedad del tema y porque ocurre al mismo tiempo que la redacción de este capítulo), la manera en que evoluciona el mercado no indica que la región anticipe un nuevo ciclo de primarización de la economía del litio, más allá de la industrialización y exportación del carbonato de litio.

Proteccionismo y cadenas de suministro resilientes

Si tanto China como los países desarrollados han identificado que avanzar en las políticas de descarbonización e incorporación de energías renovables podría ser un vector para fomentar sus industrias nacionales, en América Latina existieron muy pocos incentivos a la participación de las empresas locales y la incorporación de tecnología propia en esos proyectos.

Si se toma el caso exitoso de transición en el sector eléctrico de Uruguay, Bertoni y Messina [2023] muestran que, dadas las escasas capacidades industriales nacionales al momento de la rápida implementación de los proyectos de energía renovable, la participación de los componentes nacionales más utilizados fueron la fuerza laboral civil y los estudios técnicos, en tanto la incorporación de la industria nacional se produjo en los eslabones de menor valor agregado de la cadena eólica.

Asimismo, para el caso de México, el trabajo de Galicia y Vega [2023], sobre la energía eólica de Oaxaca, muestra que la participación de las empresas locales estuvo supeditada a los eslabones de menor valor agregado del proceso de construcción de los parques. Los autores señalan tres razones principales para este resultado: por un lado, la gobernanza de la cadena de valor cautiva en manos de los dueños de los parques, en su mayoría empresas extranjeras; por otro lado, el escaso esfuerzo la reducida inversión puesta por los actores empresariales locales para acelerar la reconversión de sus procesos productivos y adecuarse a las necesidades propias de la tecnología eólica y, por último, la ausencia de una política pública de contenido nacional que promueva la creación de capacidades tecnológicas locales [Galicia y Vega, 2023].

Bajo el programa RenovAr de Argentina, abierto en 2016, la política de energías renovables tampoco buscó traccionar una acelerada generación de capacidades y proveedores locales.

El procedimiento de selección y adjudicación de proyectos de energía renovable consistió en clasificarlos en función del precio ofertado y, en caso de empate, se estableció como criterio secundario el porcentaje de Componente Nacional Declarado según el estudio Barrera y colegas [2022]. Al prevalecer el primer requisito para adjudicar los proyectos, la incorporación de la industria nacional no fue vinculante y se transformó en un incentivo económico más que como un estímulo a la producción nacional [Aggio *et al.*, 2018]. Lo que redundó en una pérdida de competencias industriales, susceptibles de poder insertarse en algunos de los eslabones con valor agregado de las tecnologías solar, eólica o las bioenergías.

En el caso de Perú, el trabajo de Campodónico y Carrera [2023] muestra que las subastas de energía renovable han sido lentas, y que para cumplir con los compromisos climáticos se requiere introducir un marco legal revisado y *aggiornado* a la nueva dinámica del mercado global, que busca deliberadamente la descarbonización y la transición energética. Y en ese marco, también sería deseable aprovechar la transformación del marco regulatorio para que sea posible incrementar la escasa participación de las empresas locales en la radicación de los parques de energías renovables.

Finalmente, el caso de Brasil permite mostrar matices frente a otros casos regionales. Desde 2009, la energía eólica ha experimentado un crecimiento vertiginoso en Brasil. Con el objetivo de maximizar los beneficios de este crecimiento para la economía del país, el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES) creó una política de contenido local para el sector a fin de fomentar el crecimiento de la cadena local de producción de aerogeneradores. La política permitió incrementar el valor agregado local en la producción de aerogeneradores, la creación de empleos industriales directos asociados al sector, reducir la dependencia de equipos importados (que, aunque continúa alta, es más baja que en las experiencias

del resto de los países de la región) y generó una cadena productiva con posibilidades de impulsar las exportaciones [Conte Ferreira, 2020].

En efecto, con la excepción de Brasil y su deliberada política de incorporación de componente nacional, la cual estuvo diseñada por el BNDES (el banco que financió una parte importante de los proyectos de energía renovable en la transición energética brasileña en la última década), no parece haber una política de protección e incentivo a la industria nacional. A contramano de lo que hacen los países desarrollados tanto como China y varias potencias industriales asiáticas, no se evidencia para América Latina que las políticas de transición energética sirvan para impulsar la incorporación de la industria nacional como tampoco para constituir cadenas de valor resilientes, o una política de inserción activa en los eslabones de las cadenas globales de valor de la economía verde donde hay capacidades.

Inversión verde y control tecnológico

Uno de los principales desafíos para avanzar en las acciones de mitigación del cambio climático, donde la transición energética constituye un componente crucial, radica en la limitada disponibilidad de financiamiento en los mercados de capitales latinoamericanos. Esta limitación está estrechamente relacionada con la marcada dependencia de los bancos y fondos de inversión privados extranjeros, así como de la inversión extranjera directa, con la notable excepción de Brasil, que ha implementado políticas de apoyo a las empresas locales promovidas por el BNDES.

En la región, se observa una notable escasez de estudios precisos que demuestran la verdadera magnitud de la inversión requerida para alcanzar las metas de adaptación y mitigación del cambio climático hasta 2030, así como el costo en

términos de infraestructura para que las economías latinoamericanas cumplan con sus compromisos climáticos. Uno de los primeros trabajos que surge en esta discusión es el de Galindo y colaboradores [2022], quienes proporcionan estimaciones generales que sugieren una necesidad de inversión anual que oscila entre 350 000 millones y 1 100 millones de dólares hasta 2030. En contraste, instituciones como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Corporación Andina de Fomento (CAF) sólo ofrecen un total combinado de 40 000 millones de dólares al año para la región [Galindo *et al.*, 2022: 8].

En el escenario más optimista, la banca financiera regional apenas cubre el 10 % de las necesidades de financiamiento para alcanzar las metas climáticas, incluida la transición energética. Además, los países desarrollados han incumplido su compromiso de invertir 100 000 millones de dólares anualmente en programas de mitigación y adaptación en los países en desarrollo desde 2013, según un estudio reciente de la OCDE [2022].

En este contexto, de manera discreta y firme, China ha emergido como el principal inversor individual en América Latina y el Caribe durante las últimas dos décadas. Según un artículo publicado recientemente por Ugarteche y colaboradores [2023], el país asiático ha destinado en la región 457 000 millones de dólares en inversiones entre 2005 y 2022. Es notable que una parte significativa de estas inversiones, el 38 % del total, se ha dirigido al sector energético. Además, se han realizado inversiones importantes en sectores como el transporte (12 %), la minería (10 %), los bienes raíces (9 %) y las finanzas (5 %).

El escaso respaldo del sistema financiero regional para canalizar recursos hacia los países de la región y apoyar sus objetivos climáticos, junto con la creciente influencia de China como el principal inversor extranjero en las últimas dos décadas, encuentra su contraparte en el proceso de reprimarización de las economías latinoamericanas, en especial desde

la década de 1980 (cuadro 1). Este periodo estuvo marcado por la crisis de la deuda y la desintegración de los procesos de industrialización sustitutiva, impulsados por reformas de mercado que promovieron la liberalización, desregulación, privatización y ajuste estructural.

En primer lugar, se observa un aumento en la participación de los ingresos derivados de la explotación de los recursos naturales propios a lo largo de la década. En segundo lugar, América Latina ha seguido una trayectoria similar a la de los países de ingresos medio-bajo: llega a representar el 6.2 % del PIB regional en 2021 (cuadro 1).

Cuadro 1. Rentas totales de los recursos naturales (porcentaje del PIB)

	1970	1980	1990	2000	2010	2021
Países de ingreso alto	0.7	4.7	1.3	1.3	1.8	2.0
Países de ingreso medio-alto	1.6	12.8	8.0	5.3	7.0	4.3
Países de ingreso medio	2.1	13.4	8.3	6.0	7.5	4.7
Países de ingreso medio-bajo	2.3	13.2	8.4	6.1	7.6	4.8
Países de ingreso medio-bajo	3.3	14.5	9.4	8.2	9.2	5.9
Países de ingreso bajo	5.5	8.9	9.5	9.9	9.9	13.3
América Latina y el Caribe	2.1	8.6	5.6	3.9	5.2	6.2
Mundo	1.0	6.3	2.6	2.2	3.7	3.0
Miembros de la OCDE	0.6	3.0	0.9	0.9	1.1	1.4
América del Norte	0.8	6.0	1.4	1.3	1.1	1.6
América Latina y el Caribe	2.1	8.6	5.6	3.9	5.2	6.2
África subsahariana	4.4	15.2	10.7	10.9	12.6	9.9
Oriente Medio y norte de África	13.1	48.8	24.2	23.5	23.6	18.6
China	0.8	19.7	8.6	2.7	6.3	1.7
Estados Unidos	0.7	5.7	1.2	1.1	1.0	1.3
Alemania	0.2	0.6	0.2	0.1	0.2	0.1

Fuente: elaboración propia con base en datos del Banco Mundial.

En tercer lugar, al comparar la región con otras del mundo, se evidencia claramente la dependencia en la explotación de los recursos naturales como un mecanismo fiscal fundamental para el financiamiento público. Esta dependencia se asemeja más a la de África Subsahariana (9.9 %) que a la de países de la OCDE (1.4 %), China (1.7 %) o Estados Unidos (1.3 %).

Si bien este patrón no es novedoso en la literatura económica latinoamericana de las últimas décadas, es de vital importancia para comprender el alcance del desafío. No sólo es escasa la canalización de financiamiento internacional para cumplir con las inversiones necesarias a fin de alcanzar las metas climáticas y avanzar decididamente hacia una transición energética en busca de la sostenibilidad. También es crucial reconocer que los esfuerzos de financiamiento que los países de la región deben emprender presuponen la finalización a mediano plazo de las actividades de explotación de recursos naturales, dado que estas actividades refuerzan las condiciones del cambio climático. En otras palabras, el esfuerzo necesario, cercano al 10 % del PIB según Galindo y colegas [2023], para cumplir con las metas climáticas deberá realizarse con los recursos provenientes de la renta de los recursos naturales, que para el año 2021 fue de 6.2 puntos del PIB.

No sólo representa un obstáculo estructural significativo para las economías de la región en su camino hacia la neutralidad de carbono para 2050, sino que también impone un límite concreto a cualquier intento de avanzar hacia una soberanía tecnológica que facilite el progreso económico sostenible y, al mismo tiempo, agregue valor local a los procesos productivos derivados de diversas cadenas de valor de la economía verde.

Mercado interno y empleo

La ausencia notable de una perspectiva industrialista en torno a la transición energética, combinada con una actitud

pasiva tanto de los países como de las empresas locales para implementar una estrategia consistente de integración en los eslabones con capacidades dentro de las cadenas de valor de las energías renovables, representa un obstáculo importante para vislumbrar positivamente la capacidad de generar una “revolución de empleo verde” en la región, tal como lo sugieren muchas publicaciones de organismos internacionales. A pesar de la falta de un sistema estandarizado de acceso a información homologable sobre el empleo en el sector de las energías renovables en América Latina, el informe anual de Irena [2023] proporciona cierta información al respecto.

En el caso de México, el país agregó aproximadamente 1 200 megavatios de capacidad solar fotovoltaica en 2022, lo que resultó en la creación de 19 000 empleos en el sector; esto equivale a un empleo por cada 16 megavatios instalados. El mercado eólico experimentó un crecimiento mucho más moderado en 2022, con una instalación de aproximadamente 160 megavatios. Según el Consejo Mundial de Energía Eólica, se estima que la energía eólica en México podría generar 55 000 empleos directos e indirectos a tiempo completo durante el periodo de crecimiento, construcción e instalación entre los años 2022 y 2026. Además, se espera la creación de 2 700 empleos para sostener las tareas de operación y mantenimiento (OM), los cuales continúan durante la vida útil de los parques eólicos [GWEC, 2022: 54]. En el caso de Brasil, el mismo informe del Consejo Mundial de la Energía Eólica sostiene que la energía eólica podría crear 285 000 puestos de trabajo directos e indirectos entre 2022 y 2026 durante el periodo de instalación de los parques, y otros 18 000 puestos en OM [GWEC, 2022: 32]. De esta manera, el informe estima la generación de 26 nuevos puestos de trabajo por cada megavatio instalado durante el periodo de construcción de los parques y menos de dos empleos en OM, que son los empleos que perduran durante la vida útil de los proyectos.

Según el informe de Irena [2023], Nicaragua ha experimentado un notable impulso en las fuentes de energía renovable; dentro de su matriz energética nacional, alcanzó los 743 megavatios en el año 2022. Ha resultado en la creación de un total de 8 400 empleos directos en el sector, que abarca biomasa, geotermia, energía solar fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica, lo que equivale a un empleo por cada 11 megavatios instalados.

En cuanto a Panamá, el empleo en energías renovables se concentra principalmente en la energía hidroeléctrica, que emplea directamente a 776 personas, con más de tres cuartas partes de ellas en grandes instalaciones hidroeléctricas. El empleo en la energía solar fotovoltaica y eólica en el país es marginal, con sólo 54 personas empleadas en 2021 [Irena, 2022]. En el caso de Colombia, se observa el aumento en los empleos directos e indirectos en energía solar fotovoltaica, que pasaron de 360 a 2 381 en 2021 [Irena, 2022], con un total de 184 megavatios instalados, lo cual representa aproximadamente 13 empleos por megavatio instalado. En Argentina, un informe oficial titulado *Generación de empleo. Energías renovables* [SSER, 2018], proporciona una visión de los empleos efectivamente creados en los proyectos de energía renovable adjudicados en el país bajo el Plan RenovAr entre los años 2016 y 2018. Este informe es especialmente valioso porque, a diferencia de la información hasta entonces presentada, se basa en datos reales de los proyectos ejecutados durante ese periodo, lo cual coincide con el de mayor dinamismo en la instalación de proyectos antes de que la crisis económica interrumpiera esta tendencia, como analizan Barrera y colaboradores [2022]. Según el informe, en promedio, se emplean 2.6 trabajadores por cada megavatio adjudicado en la fase de construcción de los proyectos, y 0.36 empleos directos por cada megavatio en la fase de operación y mantenimiento (OM), lo que implica crear un empleo por cada tres megavatios instalados.

En resumen, en lugar de anticipar una revolución en la generación de empleo verde en los próximos años, el sector de las energías renovables, sobre todo la solar fotovoltaica y la eólica, experimentará un crecimiento moderado en los países de la región. Esto se debe ante todo a que la mayoría de los empleos se genera en actividades de menor valor agregado durante la construcción de los parques, como la obra civil y el montaje, mientras que se originan muy pocos empleos directos para las tareas de OM, que subsisten a lo largo de la vida útil de los proyectos. En efecto, sin una política industrial adecuada, será difícil observar una creación significativa de empleo derivado de las energías renovables en la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Aggio, C., Verre, V. y Gatto, F. [2018], *Innovación y marcos regulatorios en energías renovables: el caso de la energía eólica en la Argentina*, Buenos Aires, Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (Documento de Trabajo, 14).
- Amsden, A. H. [2001], *The rise of “the rest”: challenges to the West from late-industrializing economies*, Nueva York, Oxford University Press.
- Banco Mundial [varios años], <<https://datos.bancomundial.org/indicador>>.
- Barbier, E., [2012], “The green economy post Rio+20”, *Science*, 338(6109): 887-888.
- Barrera, M., Sabbatella, I. y Serrani, E. [2022], “Macroeconomic barriers to energy transition in peripheral countries: The case of Argentina”, *Energy Policy*, 168, 113117.
- Bertoni, R. y Messina, P. [2023], “The ‘Wind Revolution’ in Uruguay and the role of the public sector in guiding energy transitions”, en *Energy transitions in Latin America: The*

- tough route to sustainable development*, Cham, Springer: 195-216.
- Bizberg, I. [2015], *Las variedades del capitalismo en América Latina*, México, El Colegio de México.
- Bolt, J. y J. L. van Zanden [2020], “Maddison style estimates of the evolution of the world economy. A new 2020 update”, The Maddison Project.
- Bordoff, J. [2022], “America’s Landmark Climate Law”, *Finance & Development*, Washington, International Monetary Fund, octubre: 35-37.
- Brown, C. y Linden, G. [2005], “Offshoring in the semiconductor industry: A historical perspective”, *Brookings trade forum 2005*, Washington, Brookings Institution Press: 279-322.
- Campodónico, H. y Carrera, C. [2022], “Energy transition and renewable energies: Challenges for Peru”, *Energy Policy*, 171, 113261.
- Cárdenas, E., Ocampo, J. A. y Thorp, R. [2003], *Industrialización y Estado en la América Latina: la leyenda negra de la posguerra*, México, FCE.
- Centeno, M. y Ferraro, A. [2018], *State and nation making in Latin America and Spain: The rise and fall of the developmental state*, Nueva York, Cambridge University Press.
- Chang, H. J. y Amsden, A. H. [1994], *The political economy of industrial policy*, Londres, Macmillan.
- Conte Ferreira, W. [2020], “Uma análise da política de conteúdo local do BNDES para o setor de energia eólica à luz dos argumentos presentes na literatura econômica”, *Revista Brasileira de Energia*, 26(3): 59-70.
- Devlin, R. y Ffrench-Davis, R. [1994], “The great Latin American debt crisis: a decade of asymmetric adjustment”, *Revista de Economía Política*, Sao Paulo, Centro de Economía Política, 15(3): 418-445.
- Eckersley, R. [2020], “Rethinking leadership: understanding the roles of the US and China in the negotiation of the

- Paris Agreement”, *European Journal of International Relations*, 26(4): 1178-1202.
- Fujii Gambero, G. [1991], “Relación entre la productividad media y la productividad agrícola”, *Revista de la Cepal*, 44: 117-126.
- Galicia Ramos, B. y Vega Navarro, de la, A. [2023], “La participación de las empresas locales en la industria eólica de Oaxaca, México”, *Región y Sociedad*, 35, e1716.
- Galindo, L. M., Hoffman, B. y Vogt-Schilb, A. [2022], *¿Cuánto costará lograr los objetivos del cambio climático en América Latina y el Caribe?*, Washington, Banco Interamericano de Desarrollo-División de Cambio Climático (Documento de trabajo del BID, 1310).
- Griffith-Jones, S. [1988], *Deuda externa, renegociación y ajuste en la América Latina*, México, FCE.
- Global Carbon Project [2021], <<https://www.globalcarbonproject.org/>>.
- GWEC [2022], *Capturing green recovery opportunities from wind power in developing economies*, Bruselas, Global Wind Energy Council.
- Hickel, J. [2020], “Quantifying national responsibility for climate breakdown: an equality-based attribution approach for carbon dioxide emissions in excess of the planetary boundary”, *The Lancet Planetary Health*, 4(9): e399-e404.
- IEA [2021], *The role of critical minerals in clean energy transitions*, París, International Energy Agency, <<https://cutt.ly/Je0x6d0g>>.
- IEA [2019], *The role of gas in today’s energy transitions*, París, International Energy Agency, <<https://cutt.ly/Ie0x6poE>>.
- Irena [2023], *Renewable energy and jobs. Annual review 2023*, Abu Dabi, International Renewable Energy Agency.
- Irena [2022], *Renewable energy and jobs. Annual review 2022*, Abu Dabi, International Renewable Energy Agency.
- Irena [2020], *Renewable power generation costs in 2019*, Abu Dabi, International Renewable Energy Agency.

- Joseph, W. A. (ed.) [2019], *Politics in China: an introduction*, Nueva York, Oxford University Press,
- Kohli, A. [2004], *State-directed development: Political power and industrialization in the global periphery*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Lazaro, L. L. B. y Serrani, E. [2023a], “Energy transition in Latin America: historic perspective and challenges in achieving sustainable development goals”, en *Energy transitions in Latin America: The tough route to sustainable development*, Cham, Springer: 1-24.
- Lazaro, L. L. B. y Serrani, E. (eds.) [2023b], *Energy transitions in Latin America: The tough route to sustainable development*, Springer.
- Le Blanc, D., [2011], “Special issue on green economy and sustainable development”, *Natural Resources Forum*, Hoboken, Wiley, 35: 151-154.
- Li, L. [2018], “China’s manufacturing locus in 2025: With a comparison of ‘Made-in-China 2025’ and ‘Industry 4.0’”, *Technological Forecasting and Social Change*, 135: 66-74.
- Loiseau, E., Saikku, L., Antikainen, R., Droste, N., Hansjürgens, B., Pitkänen, K., Leskinen, P., Kuikman, P. y Thomsen, M. [2016], “Green economy and related concepts: An overview”, *Journal of Cleaner Production*, 139: 361-371.
- Marichal, C. [2000], *A century of debt crises in Latin America*, Nueva Jersey, Princeton University Press.
- Mehdi, A., y Moerenhout, T. [2023], The IRA and the US battery supply: One year on, Center on Global Energy Policy, 20 de septiembre.
- OCDE [2022], *Aggregate trends of climate finance provided and mobilised by developed countries in 2013-2020*, París, OECD, <<https://doi.org/10.1787/d28f963c-en>>.
- Pearce, D.W., Markandya, A. y Barbier, E.B. [1989], *Blueprint for a green economy*, Earthscan Publications, Londres.
- Portes, A. y Hoffman, K. [2003], “La estructura de clases en América Latina: composición y cambios durante la era neoliberal”, *Desarrollo Económico*, 43(71): 355-387.

- Ratinen, M. y Lund, P. [2015], “Policy inclusiveness and niche development: Examples from wind energy and photovoltaics in Denmark, Germany, Finland, and Spain”, *Energy Research and Social Science*, 6: 136-145.
- Ritchie, H. [2021], “What are the safest and cleanest sources of energy?”, OurWorldData.org, <<https://cutt.ly/8e0x6vnK>>.
- Rodrik, D. [2016], “Premature deindustrialization”, *Journal of Economic Growth*, 21(1): 1-33.
- Samaniego, J. [2021], “Datos sobre financiamiento climático en América Latina”, webinar: El Financiamiento Climático en América Latina y el Caribe-XXXIII Seminario Regional de Política Fiscal, Cepal.
- SSER [2018], *Generación de empleo. Energías renovables*, Buenos Aires, Ministerio de Energía-Subsecretaría de Energías Renovables.
- Serrani, E. [2013], “Transformaciones recientes en la industria petrolera argentina: el caso de yacimientos petrolíferos fiscales, 1989-2012”, *Revista de Gestión Pública*, 2(1): 247-280.
- Serrani, E. y Barrera, M. A. [2018], “Los efectos estructurales de la política energética en la economía argentina, 1989-2014”, *Sociedad y Economía*, 34: 121-142.
- Soares, R. S., Lampis, A., Lazaro, L. L. B. y Bermann, C. [2023], “Unfolding the relationship between poverty and energy consumption in Brazil: a first step toward the energy poverty debate”, en *Energy transitions in Latin America: The tough route to sustainable development*, Cham, Springer International Publishing: 301-320.
- Stanley, L. [2021], *Financiamiento verde en América Latina y el Caribe: debates, debilidades, desafíos y amenazas*, Madrid, Fundación Carolina (Documentos de trabajo, 57).
- Stiglitz, J. E. y Yusuf, S. (eds.) [2001], *Rethinking the East Asian miracle*, Washington, World Bank/Oxford University Press .

- Strategy on China of the Government of the Federal Republic of Germany* [2023], <<https://acortar.link/Uy1RqG>>.
- Ugarteche, O., de León, C. y García, J. [2023], “China and the energy matrix in Latin America: Governance and geopolitical perspective”, *Energy Policy*, 177, 113435.
- Wei, S. J., Xie, Z. y Zhang, X. [2017], “From ‘made in China’ to ‘innovated in China’: Necessity, prospect, and challenges”, *Journal of Economic Perspectives*, 31(1): 49-70.
- World Commission on Environment and Development [1987], *Our common future*, Oxford, Oxford University Press.
- Wübbecke, J., Meissner, M., Zenglein, M. J., Ives, J. y Conrad, B. [2016], *Made in China 2025. The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries*, Berlín, Mercator Institute for China Studies (Merics Papers on China, 2).
- Zenglein, M. J. y Holzmann, A. [2019], *Evolving made in China 2025. China’s industrial policy in the quest for global tech leadership*, Berlín, Mercator Institute for China Studies (Merics Papers on China, 8).

4. Transporte eléctrico público y transición energética: un análisis de sustitución tecnológica

David Bonilla

INTRODUCCIÓN

Los problemas de transporte urbano y rural se agravan y se relacionan con cinco dificultades: 1) su alta dependencia de energías fósiles, aunada a un déficit comercial en la balanza energética y el riesgo geopolítico de éstas; 2) su alto volumen de emisiones de gas de efecto invernadero, que es la principal fuente de cambio climático; 3) congestión urbana, que a su vez ocasiona 4) pérdida de productividad de trabajadores, y 5) accidentes. Por esta razón, el estudio de transporte, en especial el de carácter público, es clave para: a) acceder al desarrollo regional y alcanzar b) los objetivos de transición energética y c) la descarbonización de la economía, así como d) reducir el riesgo geopolítico de una eventual escasez de energías fósiles, como diésel y gasolina, entre otros.

La contribución de este trabajo es el diseño y la implementación de una metodología para evaluar el consumo energético y medir: 1) el parque vehicular en el futuro y 2) el ritmo de difusión tecnológica o de reemplazo de diésel a energía eléctrica. La difusión se define como el proceso mediante el cual las innovaciones son adoptadas por la población. Es un proceso dinámico relacionado con el tiempo, que requiere la transferencia de conocimiento, de información e innovaciones [Lechman, 2015]; involucra asuntos difíciles de analizar

adecuadamente. El tiempo participa. La incertidumbre es inherente. El cambio es un tema mayor. Los mercados imperfectos abundan [Stoneman, 2002].

Esta electrificación mediante la difusión tecnológica gradual permite también entender el ritmo de descarbonización del sector transporte. Como un producto derivado, comparamos la historia económica reciente, la situación histórica y política de México para explicar el avance del transporte público. A fin de alcanzar los objetivos ya descritos, se propone un nuevo método para determinar: a) el crecimiento y b) el reemplazo de autobuses con base en diésel por los eléctricos y su crecimiento a 2100. Se mantiene un enfoque en la medición del volumen de la flota de transporte público basado en autobuses, pero no se mide la percepción de la calidad del servicio, por cuanto el modelo se fundamenta en datos objetivos.

Para calcular el reemplazo por año de autobuses que dependen del diésel y la tasa de difusión anual de diésel por autobuses eléctricos, se aplica el método de los estudios de Fischer y Pry [1971] y de Grubler y Nakicenovic [1991] al caso del transporte público de México, lo que demuestra la flexibilidad del método con el uso de diferentes datos públicos. Woody y colegas [2023] utilizan un modelo de la flota de autos particulares y de emisiones para proyectar a 2030 la adopción de autos eléctricos para los Estados Unidos. El enfoque de Woody y colegas [2023] es de *top-down*, basado en la meta del 50 % de penetración de automóviles eléctricos y regulaciones propuestas (el 50 % de ventas en 2030 y el 67 % en 2032). El objetivo de ese trabajo fue calcular emisiones de CO₂ si esas metas son alcanzadas. Para el caso europeo, Fluchs [2020] estudia la difusión de electromovilidad.

La fortaleza del método es la selección de variables usando el parque vehicular de autobuses, capacidad de carga de pasajeros, ventas de éstos, entre otras. Se estima el flete de autobuses por medio de diversas variables, por ejemplo, la participación del

mercado de autobuses eléctricos, el crecimiento de la población, el aumento de la flota.

El presente análisis se basa en la sustitución de autobuses (microbuses, miniván y peseros) de gasolina y de diésel con autobuses o metrobuses eléctricos. El horizonte de las proyecciones de penetración de autobuses eléctricos aquí presentadas se extiende hasta 2100. La participación del transporte público en la investigación de economía energética, en planeación energética y en política energética es poco estudiada por economistas, y cuando se hace tal investigación se enfoca sobre todo en el efecto en la matriz energética de automóviles particulares y eléctricos. Por ejemplo, Bonilla y colegas [2022] proponen el modelo de difusión para calcular el ahorro de gasolina con sustitución de automóviles de gasolina por autos eléctricos. Por tanto, el presente capítulo enfatiza la función del transporte público para aumentar: a) la independencia energética, b) la seguridad energética y c) mantener el equilibrio macroeconómico mediante un gasto menor en la importación de energéticos. La participación de este segmento de transporte también afecta en la trayectoria y el inventario de emisiones de CO₂, este último considerado el más importante de los gases de efecto invernadero.

Los autobuses forman parte clave del sistema de transporte urbano por cuanto movilizan a la mayoría de los usuarios en todo el país. Sin embargo, los autobuses foráneos también son clave para la movilidad de personas dentro de regiones y entre éstas. Fuera de las grandes ciudades, como Guadalajara, Monterrey y la Ciudad de México, los usuarios dependen sobre todo del autobús. Por ejemplo, en la Ciudad de México el pesero, el autobús, la miniván, combinados con el metrobús, transportan al 30 % de todos los usuarios, y esta forma de transporte recorre el 67 % de la distancia total (el metro y el tren ligero cubren el 33 % restante), en todo el territorio de la urbe [Inegi, 2023a]. A pesar de que el sistema colectivo del metro transporta 63 % del total de pasajeros (de 99 millones de

pasajeros en la Ciudad de México), tiene la desventaja de carecer de la flexibilidad espacial del autobús, pues el primero cuenta con una red de estaciones relativamente poco extensa (insuficiente cobertura geográfica), si se compara con las de otros países.¹

Esa flexibilidad espacial del autobús se traduce en más altos niveles de distancias recorridas. Las ventajas de electrificar el transporte masivo y aumentar la flota de autobuses eléctricos son multifacéticas: reducen el número de autos en la calle y aumentan la calidad de aire, siempre y cuando se haga de una manera bien planeada. Los autobuses actuales más usados extensamente por el territorio mexicano para el transporte público son los camiones para pasajeros (autobuses urbanos y suburbanos, microbuses, camiones escolares, camionetas *pick up*, ómnibus y en general los vehículos con ocho asientos o más, destinados al transporte público o privado de personas). Los autobuses utilizados en calles y avenidas de México representan una importante fuente de: a) consumo de diésel y b) emisiones en el país; aunque estos autobuses producen menos emisiones que los automóviles particulares, es necesario analizar cómo reducir su consumo de diésel y gasolina y cómo estos autobuses al mismo tiempo pueden reducir aún más la emisiones de criterio —dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas suspendidas— que atentan contra la salud de niños y adultos, la congestión y el uso de autos particulares; este último modo de transporte es el que más contribuye a aumentar las importaciones de diésel y gasolina. Como se dijo anteriormente, el objetivo de este capítulo es desarrollar y aplicar un modelo para evaluar el impacto del transporte público en el parque vehicular de autobuses y en la matriz energética.

¹ El metro registra el 22 % de la distancia recorrida de todo sistema de transporte público [Inegi, 2023a].

Este documento consta de cinco partes. La primera se ocupa de los aspectos más importantes de la situación actual que enfrenta el transporte urbano, ante todo, el autobús. La segunda parte comienza con una descripción de la magnitud del transporte público y privado, la extensión geográfica del transporte público y los tipos de autobuses más usados en el país. La tercera trata la metodología aplicada para proyectar los escenarios de penetración de autobuses eléctricos; se desarrollan dos modelos: el de saturación y el de sustitución. Estos autobuses le restan participación de mercado a los autobuses de diésel y de gasolina. La cuarta parte presenta una descripción de los resultados de las proyecciones a 2100 de autobuses en el país. La quinta parte analiza todos los resultados y sus implicaciones de inversión pública requerida para alcanzar la transición energética y la sustitución del parque de transporte público con base en camiones de pasajeros.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL (1980-2020)

El propósito de esta parte es examinar las fuerzas sociopolíticas y económicas que rigen y han regido en el pasado el avance del transporte público y la infraestructura del sector transporte en general.

La política económica

El país ha atravesado por diferentes fases (basado en Suárez [2023: 202]): 1) porfiriato, “crecimiento con desigualdad” (1880-1910); 2) de la Revolución a la Gran Depresión (1910-1929); 3) desarrollo con transformación social: Cárdenas (1934-1940); 4) desarrollismo exitoso y crecimiento acelerado: desarrollo estabilizador (1940-1970); 5) desarrollo sin estabilidad (1970-1982); 6) gran crisis bancaria (1982-1994); 7) estabilidad sin

crecimiento, “estancamiento estabilizador”; 8) crisis económica y política (2006-2009). Finalmente, la economía nacional sigue creciendo muy poco durante el sexenio de Andrés Manuel López Obrador (AMLO).

Durante el desarrollo estabilizador, la economía del país creció a tasas muy altas, mientras que en el periodo “estancador” (1980-2023) fue de menos del 2 % anual. El siguiente resumen [Suárez, 2023] sirve para describir lo que el país atraviesa desde hace más de 40 años:

[...] se destaca el estancamiento en el ingreso per cápita desde hace 20 años; la desigualdad, en que el 20 % más rico tiene el 60 % del ingreso; un país con 50 % de pobres, es medio país. No gastamos [lo] suficiente en educación ni en una suficiente cobertura de salud. Baja productividad, pero ni ésa se va a salarios; exportamos, pero no crecemos; gran maquiladora; banca que genera groseras utilidades para dueños extranjeros, que no se traducen en crédito a la inversión, fisco con recaudación insuficiente y gasta mal [Suárez, 2023: 207].

Con este resumen se caracteriza el siglo xx y parte del presente, con los aciertos y los desaciertos. Primero, en el periodo de posguerra, el país y las arcas públicas dependieron mucho de la renta petrolera, pero eso ha cambiado en los últimos diez años: el país ahora exporta más y depende menos de la renta petrolera a diferencia del pasado; aunque exporta, no crece y pierde industria nacional; es miembro de numerosos acuerdos comerciales que sirven para aumentar las importaciones. Segundo, la inversión pública ha caído. Entre 1960 y 1981, el porcentaje de inversión bruta de capital fijo (incluye inversión en equipo de transporte) alcanza el 26.5 %, pero de 1981 hasta nuestros días la acumulación capital cae hasta el 20 % del producto interno bruto (PIB) (cifras basadas en Cordera y Tello [2010]). En el siglo pasado, en México se registran tasas de crecimiento económico sin parar: entre 1934

y 1981 el PIB per cápita crece al 3 %. Desde 1981 en adelante, esa misma cifra cae al 0.5 % anual [Cordera y Tello, 2010]. Obviamente, a consecuencia de esto, la infraestructura del país sufre por la caída de inversión pública y privada (incluye al transporte público).

La acción del Estado sobre el transporte público

Al inicio de la administración de AMLO, en octubre de 2018, las nuevas políticas económicas nacionales de “austeridad republicana” —que se reflejan en el control de gasto público y de salarios en el sector público, pero también en el aumento de los salarios mínimos, y otras más— marcarían la ruta bajo la cual el país funcionaría durante los siguientes seis años. Inicialmente esta nueva estrategia económica se aplicó también al transporte y a la infraestructura vial del país. En el país, se mantuvo la decisión de no ampliar sobremanera redes del metro a otras ciudades (excepto en Monterrey y Ciudad de México), después de que se terminó la línea 12 bajo la administración de Marcelo Ebrard. La estrategia de éste fue aumentar la red de metrobuses en lugar de la red del sistema de metro. En la Ciudad de México, en los años ochenta se construyeron 34 ejes viales, lo que era un claro incentivo para aumentar el uso del automóvil y el autobús de pasajeros. En este contexto, la acción del Estado está regida por intereses de los sectores de la construcción y automotriz, ambos con carácter monopólico. Esto ha desembocado en una política de infraestructura que cae bajo la influencia de intereses de estos monopolios en lugar de que fuese regida por un interés público.

La administración de AMLO tuvo como estrategia los siguientes proyectos que influyen en el transporte público o el autobús: expansión de la red de calles y carreteras, con un gasto de infraestructura contabilizado principalmente (0.14 % del PIB, 2019-2020) en estos rubros, lo que implica que el presupuesto

remanente es insuficiente para obras de transporte público (cuadro 1); y otras obras como los trenes Maya, Ciudad de México-Querétaro, Transistmico. El gasto en infraestructura se tabula en el cuadro 1 y se puede ver que el sector carretero es el que absorbe la mayor parte del presupuesto, mientras que el transporte ferroviario y el de “agua y puertos” reciben mucho menos, estos dos rubros son de bajo carbono y deben ser estimulados financieramente.

Cuadro 1. Presupuesto público federal para la función Comunicaciones y Transportes por destino del gasto, 2019-2020

Destino del gasto	% PIB	% PEF*
Transporte de carretera	0.14	0.59
Transporte: agua y puertos	0.001	0.01
Transporte de ferrocarril	0.02	0.07
Transporte aéreo	0.03	0.12
Otros relacionados con transporte	0.01	0.05
Comunicaciones	0.02	0.10
Servicios: comunicación y medios	0.001	0.01
Función pública	0.0006	0.002

* Presupuesto de Egresos de la Federación.

Fuente: Cámara de Diputados [2020].

El gobierno de la Ciudad de México introdujo en 2020 nuevos metrobuses y trolebuses eléctricos de tecnología importada que ayudarán a la electrificación. Todas estas obras de AMLO, aunque bienvenidas, no impiden el hecho de que la mayor parte del sistema de transporte urbano de superficie (autobuses) que realizan más del 50 % de viajes por día siga en manos privadas-concesionarios. Transcurrieron cinco años

y concluirá la administración de AMLO sin haber dado cumplimiento al compromiso ofrecido de mejorar la calidad de los usuarios en el país. Sin embargo, durante el gobierno de Claudia Sheinbaum en la Ciudad de México se expandió el parque vehicular por 100 nuevos trolebuses en 2022, un aumento clave que hizo que el sector registrara renovación luego de mostrar considerable antigüedad. El objetivo del gobierno de la Ciudad de México es aumentar la flota de trolebuses por 500 unidades en 2023; esto beneficiará a 100 000 usuarios al día. Estos trolebuses cuentan con capacidad para 87 pasajeros. También se inauguró: el trolebús elevado y el trolebús Chalco, y se renovó el tren ligero. Aunado a eso, se electrifica la línea 3 del metrobús en 2022 [Semovi, 2022].

En este sexenio, se han logrado y planeado proyectos relacionados con transporte público de alguna forma (cuadro 2). Algunos son de bajo carbono, es decir, tienen menos emisiones que otros modos de transporte: los proyectos del Tren Maya y del Corredor Interoceánico reducirían el consumo de energía fósil porque evitan mover mercancías o personas por tráiler, autobús u otro modo de transporte que fuesen intensivos en energía fósil. El cuadro 2 muestra proyectos que podrían inducir a un consumo mayor de energía fósil, como la refinería de Dos Bocas, nuevos aeropuertos, carreteras y otros, pero también que podrían reducir el consumo de energía fósil, como puertos, trenes, nuevas redes de tren interurbano y obras hídricas. El cuadro 2 tabula varios de estos proyectos (trenes, puertos, Corredor Interoceánico, aeropuertos, carreteras), los cuales aumentarán la demanda por servicios de movilidad y, en consecuencia, de servicios de transporte público para trasladar a la población local o regional. Otros proyectos descritos (refinería de Dos Bocas) también inciden en una mayor presión por gobiernos locales en proveer transporte público y de carga. Mientras que las obras hídricas podrían abastecer con base en plantas hidroeléctricas al sistema de transporte público eléctrico que se instale en los siguientes años.

Cuadro 2. Proyectos de infraestructura del sexenio de AML0

Trenes	<ul style="list-style-type: none"> • Corredor interoceánico: conectará el puerto de Salina Cruz, Oaxaca, y el puerto de Coatzacoalcos, Veracruz. • Tren Maya: “son 1 500 kilómetros de vías férreas con un tren moderno que va a tener una capacidad de desplazarse a 160km/h. Ya se están haciendo los trenes; el primer tren lo van a entregar en julio del año próximo”. • Modernización del ferrocarril del istmo en la frontera con Guatemala. • Modernización de la vía férrea Coatzacoalcos-Palenque. • Nuevo ferrocarril entre Chontalpa y Dos Bocas.
Puertos	<ul style="list-style-type: none"> • Modernización del puerto de Guaymas. • Modernización del puerto de Chiapas. • Modernización de los puertos de Salina Cruz y Coatzacoalcos como parte del futuro corredor interoceánico.
Aeropuertos	<ul style="list-style-type: none"> • Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles: la Secretaría de la Defensa lo entregará el 21 de marzo. • Aeropuerto internacional de Tepic. • Aeropuerto "Felipe Carrillo Puerto".
Carreteras	<ul style="list-style-type: none"> • Autopista Oaxaca-Puerto Escondido: por inaugurarse este año. • Carretera Istmo-Acayucan. • Circuito carretero de la costa de Jalisco entre Puerto Vallarta y Tepic.
Obras hídricas	<ul style="list-style-type: none"> • Presa "El Zapotillo". • Sistema de abastecimiento para pueblos indígenas yaquis. • Sistema de abastecimiento "Alejandro Gascón Mercado". • Presa "Santa María", incluido un sistema de generación de energía y suministro de agua. • Sistema de abastecimiento de agua de presa Picacho. • Acueducto para abastecimiento de La Laguna, en el estado de Durango.
Otros proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • Refinería de Dos Bocas. • Centro cultural y ecológico de las Islas Marías. • Modernización del sistema público de salud. • Ampliación del parque capitalino Chapultepec. • Reconstrucción de la línea 12 del metro. • Líneas de metrobús (varias ciudades del país). • Corredores de Cero Emisiones. • Planta Solar, Puerto Peñasco, Sonora, con 1 000 megavatios de capacidad instalada.

Fuente: Bonilla [2021].

La estrategia del metrobús y por qué

Entre 2005 y 2023, en la Ciudad de México, los gobiernos desplegaron el sistema de metrobús más grande de Latinoamérica: este sistema se enfocó en puntos estratégicos de calles, en las más transitadas, y en zonas geográficas centrales de la ciudad. El metrobús depende del uso del diésel. Como se señaló antes, en la capital mexicana en las últimas décadas hubo un cambio: en lugar de expandir el metro se prefirió expandir la capacidad del metrobús, tal vez por su bajo costo. La Ciudad de México no tuvo un jefe de gobierno democráticamente electo hasta la administración de Cuauhtémoc Cárdenas, en 1997-2000; antes estuvo Óscar Espinosa Villareal (1994-1997) como regente del entonces Distrito Federal. Fue hasta el gobierno de Cárdenas cuando se decide adoptar el metrobús, pues a Espinosa Villareal le tocó lidiar con la clausura de la Ruta 100, la empresa paraestatal.

En la administración de dos jefes de gobierno del Distrito Federal, Andrés Manuel López Obrador (2000-2006) y Marcelo Ebrard (2006-2012), se tomó la iniciativa de lanzar el proyecto de metrobús y la expansión de este sistema. En el gobierno de Claudia Sheinbaum, se puso en marcha ese proyecto de transporte. El proyecto tenía como objetivo inicial contar con un corredor piloto, el cual tendría beneficios de protección ambiental; sin embargo, después de haber sido desplegado el metrobús en la ciudad, estos dos jefes de gobierno usaron el proyecto como parte de su plataforma política para transformar el transporte terrestre y de esta manera apoyar al Partido de la Revolución Democrática (PRD). Mientras que las administraciones pasadas del Partido Revolucionario Institucional (PRI) usaban la autoridad del Estado o la “mano dura” para controlar a los “peseros” y taxis ilegales, el PRD buscó la negociación para ganar la participación de sectores clave en el sector. En tanto, el gobierno del PRI buscaba consolidar una conectividad de la

metrópolis que dependía de grandes inversiones de infraestructura de carreteras, calles, avenidas y del sistema colectivo del metro.

No obstante los beneficios del metrobús en la Ciudad de México, esta forma de transporte es responsable sólo por el 4.6 % del total de viajes; su participación se compara con el 47.8 % que representan peseros (colectivo, microbús, combis, etcétera) [Inegi, 2017]. El potencial del metrobús está limitado por dos razones: 1) las calles no pueden acomodar los grandes autobuses, y 2) las vialidades son angostas, lo que no permite tener un carril dedicado al flujo del metrobús. Sin embargo, este transporte ha contribuido a reducir el consumo de diésel y de gasolina directa e indirectamente. La agencia de metrobús ha publicado el ahorro en viajes indirectamente a consecuencia de su mayor participación. El sistema de transporte urbano, incluido el metrobús, enfrenta la necesidad de ampliar su cobertura, su frecuencia de servicio, aumentar su parque vehicular de camiones con tecnología limpia, incluyendo la eléctrica.

Problemas y barreras para el desarrollo de un sistema de transporte urbano eficiente en la Ciudad de México, ¿y en México?

Se puede considerar que la mayor parte de los problemas que inhiben la consolidación de un sistema de transporte público eficiente proviene de un origen común que es un reflejo del sistema económico del país ya descrito en la introducción. Según Barclay [1985], estos problemas se resumen en varias dimensiones aquí enumeradas.

- 1) Problemas técnico-administrativos.
 - a) Falta de claridad en la apreciación e interpretación del problema de transporte, lo que lleva a deficiencias en la planeación de éste.

- b) Falta de continuidad administrativa de planes y programas entre ciclos sexenales.
 - c) Ubicación de zonas industriales y de trabajo.
 - d) Alto congestionamiento de vehículos particulares.
 - e) Limitada oferta y cobertura de los autobuses municipalizados, etcétera. El parque de autobuses debe ser mayor que el actual.
- 2) Barreras estructurales.
- a) Causas externas: éstas llegan desde el exterior como dependencia de importaciones, falta de innovación tecnológica en México, causas de desequilibrio macroeconómico, etcétera.
 - b) Causas internas: alta tasa de urbanización, crecimiento demográfico, lento crecimiento anual del producto interno bruto e ingreso per cápita; balanza comercial del sector externo de la economía; deuda externa, pagos de ésta, etcétera.

En resumen, las causas en la lista anterior explican a) la lenta difusión tecnológica, en este caso de electrificación de autobuses; b) la falta de provisión de transporte público, y c) el lento reemplazo de transporte público con mejores tecnologías. Para repetir estas causas se pueden clasificar en dos áreas: 1) problemas técnico-administrativos, y 2) barreras estructurales. Estas dos áreas no están necesariamente ligadas entre sí.

Estudios previos

La literatura publicada en reportes de *think tanks* incluye el estudio del Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUEC) “Evaluación del diseño e instrumentación de la política de transporte público colectivo de pasajeros en el Distrito

Federal” [PUEC, 2011] y el del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) [Rivas *et al.*, 2019]. En el estudio del BID, se sostiene que el transporte público es esencial para reducir “la congestión que aumenta los tiempos de viajes y amenaza la sostenibilidad medioambiental” [Rivas *et al.*, 2019: 3]. Lo que más preocupa a los usuarios son las tarifas y la frecuencia nocturna del sistema de transporte público; para remediar esto se necesita mayor capacidad del sistema de transporte. Las ciudades han progresado en políticas de transporte público orientadas a los activos; aun así, las políticas que limitan el uso de automóviles y aquellas de transporte público orientadas a los servicios y la planificación del uso del suelo son menos comunes [Rivas *et al.*, 2019: 10]. Con todo, las conclusiones de Rivas *et al.* [2019] no se basan en un estudio cuantitativo que explique el futuro del transporte público como se hace en este capítulo.

Ahora bien, una revisión de estudios previos demuestra que éstos son muy escasos en el caso de fuentes arbitradas en *journals* especializados, pero existen algunos estudios publicados en forma de reporte, como el del PUEC [2011]. Se puede opinar lo mismo sobre estudios que enfatizan la importancia del transporte público para alcanzar la transición energética: son escasos para la realidad mexicana. Tal transición es necesaria dada la alta dependencia del sector sobre el diésel y la gasolina. El transporte público se basa sobre todo en la energía fósil (diésel y gasolina o gas comprimido): algunos autores analizan la expansión del sector en el ámbito regional o con respecto a su evolución a través del tiempo. A continuación, se menciona la literatura arbitrada. Tres estudios de electrificación de transporte: Alarfaj y colegas [2020], Milovanoff y colegas [2020] y Zhu y colegas [2021]; para el caso de Estados Unidos, enfatizan la dificultad que crea el largo periodo necesario para aumentar ventas de autos eléctricos y la necesidad para ambas: electrificación de autos y descarbonización del sistema eléctrico nacional y regional.

Estudios cualitativos advierten problemas estructurales que explican la falta de difusión tecnológica, en nuestro caso, de transporte público con baja contaminación. Mientras que los estudios cuantitativos se basan en teorías de difusión tecnológica: son pocos sobre la demanda de energía y la flota vehicular de transporte públicos desde dicho enfoque. Para el caso específico de México, se han realizado muy pocos modelos de sustitución tecnológica sobre el parque vehicular de autobuses de transporte público. En el presente capítulo, se adopta la metodología de Fisher y Pry [1971], más adelante mejorada por Marchetti [1977]. Grubbler y Nakicenovic [1991] en los años noventa formularon modelos de sustitución tecnológica de energía primaria (gas natural, energía nuclear que reemplaza el petróleo, etcétera) para generación de electricidad; estos autores proponen un modelo de sustitución para simular en el mundo cambios de tecnologías de transporte (trenes reemplazados por carreteras). Esta metodología se usa por primera vez para el caso de transporte público de México, aunque Bonilla y colegas [2022] la han aplicado para el caso de automóviles particulares de gasolina y automóviles eléctricos. Investigadores del fenómeno de sustitución y difusión tecnológica en un contexto dinámico [Grubbler y Nakicenovic, 1991] concluyen:

Los patrones de cambio tecnológico y la difusión de innovaciones parecen ser consistentes con la hipótesis de las ondas largas en el desarrollo económico. Hemos observado cierto grado de regularidad, correlación y recurrencia dentro de cada familia de tecnologías interrelacionadas, aunque el agrupamiento o la agrupación no es muy rígido. Existen evidencias más sólidas de sincronización en la saturación de los procesos de difusión en lugar de su aparición, de manera que el enfoque aumenta a medida que los sistemas maduran. En otras palabras, el lapso entre el inicio de la difusión de nuevos sistemas generalizados, es decir, entre los líderes y los rezagados, tiende a disminuir a medida que avanza la difusión, de modo que el proceso parece

estar mucho más centrado hacia la fase de saturación. Este efecto visible de recuperación se refiere únicamente a las tasas relativas de difusión y no a los niveles absolutos de difusión. Los líderes suelen alcanzar niveles de difusión más altos y los seguidores niveles más bajos, aproximadamente en proporción al rezago en la introducción de una determinada innovación [Grubler y Nakicenovic, 1991: 341].

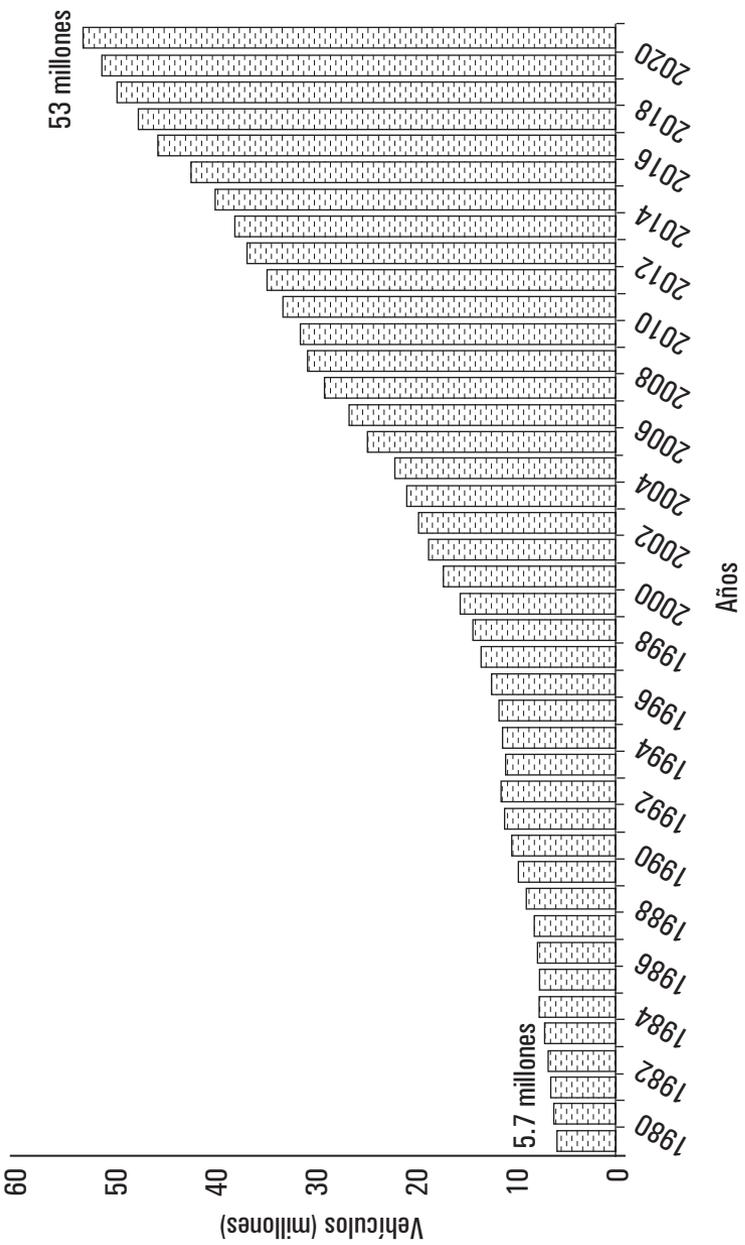
En el contexto general de autobuses eléctricos (o transporte público) se puede apreciar que México es un seguidor, no un líder, de la difusión de este tipo de tecnología limpia.

Difusión tecnológica: parque vehicular

El fenómeno descrito antes se puede visualizar con datos empíricos a través del tiempo como en la gráfica 1, la cual muestra el número de unidades vehiculares registradas por los gobiernos estatales y municipales, según el tipo de vehículo y el servicio que presta, además de la producción y venta nacional de automotores. La gráfica 1 incluye datos de 1980-2021 sobre parques vehiculares de las siguientes clases de vehículos: automóviles, camiones y camionetas para pasajeros, camiones para carga y motocicletas. Esto es evidente si se compara la adopción de tecnologías limpias, incluso renovables, y de autobuses eléctricos.

La gráfica 1 muestra que la expansión del parque vehicular ha sido enorme y al mismo tiempo se observa la difusión, con datos empíricos, de los autos basados en el motor de combustión interna. Sólo hace 23 años, el parque era menos de la mitad de hoy. El transporte absorbe más del 20 % del gasto familiar [Inegi, 2023c], requiere cerca del 50 % el consumo energético nacional [Sener, 2023] —considerando autotransporte, aéreo, marítimo, ferroviario, eléctrico—, mientras que el transporte terrestre utiliza el 42 % [Sener, 2023], más de dos horas —30 %— del tiempo de los trabajadores [Forbes, 2016], y es una de las principales causas de contaminación ambiental.

Gráfica 1. Difusión. Parque vehicular de todo tipo de vehículo



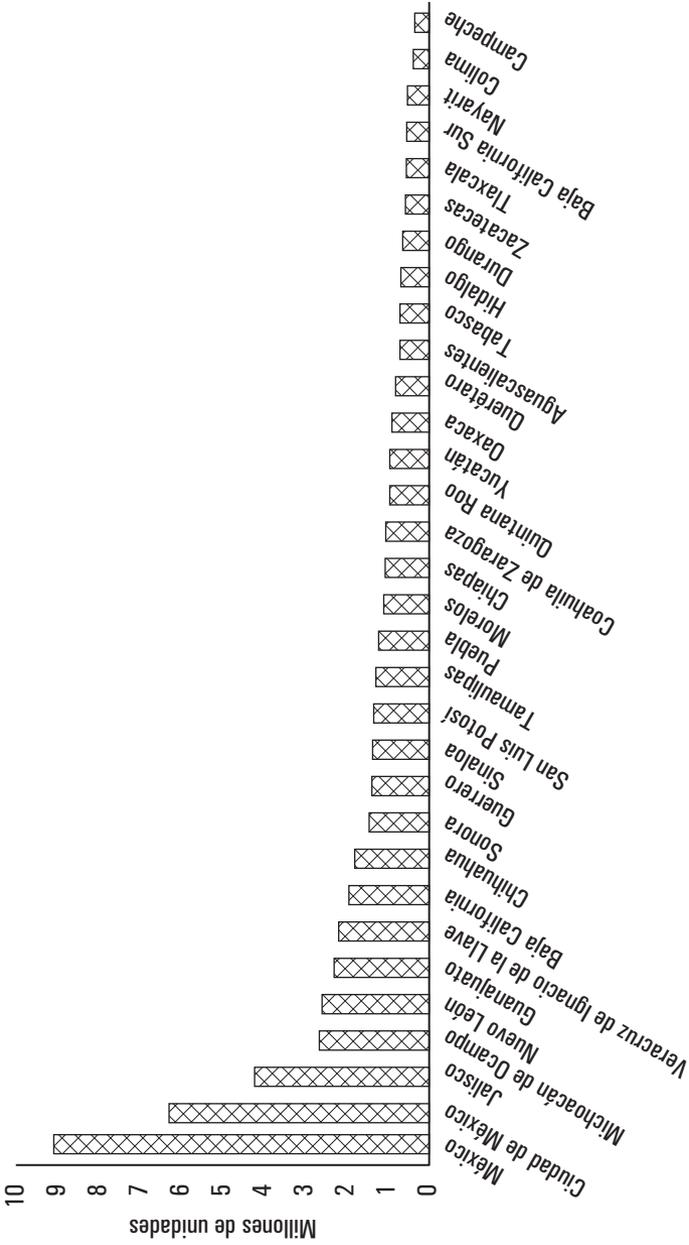
Fuente: Inegi [2023c].

En la gráfica 2, se muestra el aumento de la flota vehicular en regiones de México, lo cual es sinónimo del progreso económico, y del poder adquisitivo de estas regiones tanto del gobierno como de sus ciudadanos. La aceleración del crecimiento es mucho mayor a partir de 1996. El valle de México presenta el mayor número de autos en la calle, seguido por el estado de Jalisco y el de Veracruz; esto indicaría que la transición energética debe empezar en las zonas geográficas donde la demanda de movilidad por medio transporte público es más alta; en estas zonas es donde más inversión pública y privada se necesita. Los autobuses de bajo carbono, como los que usan biocombustibles, autos eléctricos y de hidrógeno, entre otros, son necesarios en estas regiones. La gráfica 2 muestra la regla de Pareto: las primeras tres regiones (Ciudad de México, Jalisco y Michoacán, Nuevo León) concentran el mayor número de autobuses. También tienen las ciudades más pobladas del país. La gráfica 2 refleja cómo la regla de Pareto emerge en dos escalas: 1) el 20 % de ciudades concentran la mayor parte del parque vehicular; 2) la difusión del vehículo con motor de combustión interna expone un alto nivel de difusión en el caso de estas ciudades más grandes.

La gráfica 3 muestra que los autobuses de combustión interna representan el 11 % de todos los sistemas de transporte motorizados registrados (motocicletas, camiones de carga, automóviles particulares). Significa que los autos particulares y motocicletas pueden perder participación si el transporte de autobuses de pasajeros aumenta su parque vehicular en un futuro.

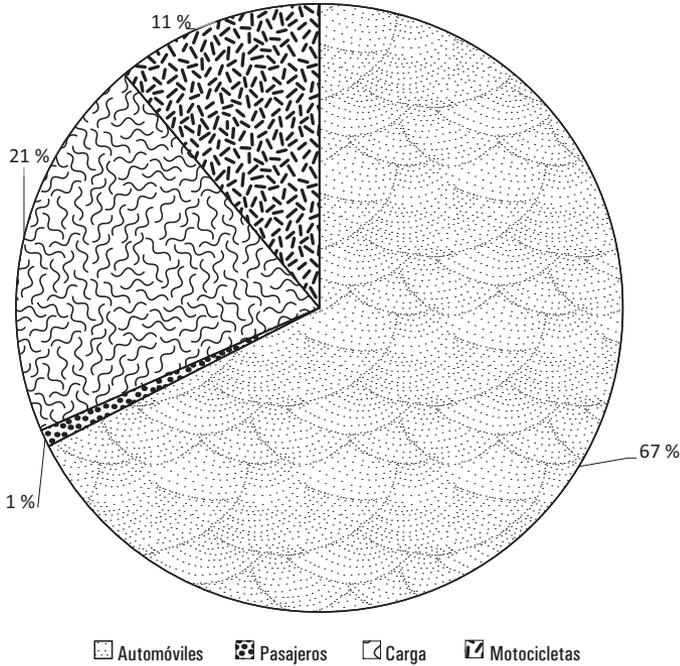
Aunque, según los datos del parque vehicular, el automóvil particular aparece como el líder en número de unidades en la calle, en términos de “pasajeros transportados” el transporte público (todos los tipos: metro, autobús y tranvía) es, por mucho, el líder en movimiento de pasajeros comparado con el sector de autos particulares (la gráfica 3 no muestra estas diferencias).

Gráfica 2. Vehículos de motor registrados en circulación en 2021 por estados de la república



Fuente: Inegi [2023c].

Gráfica 3. Distribución por tipo de vehículo



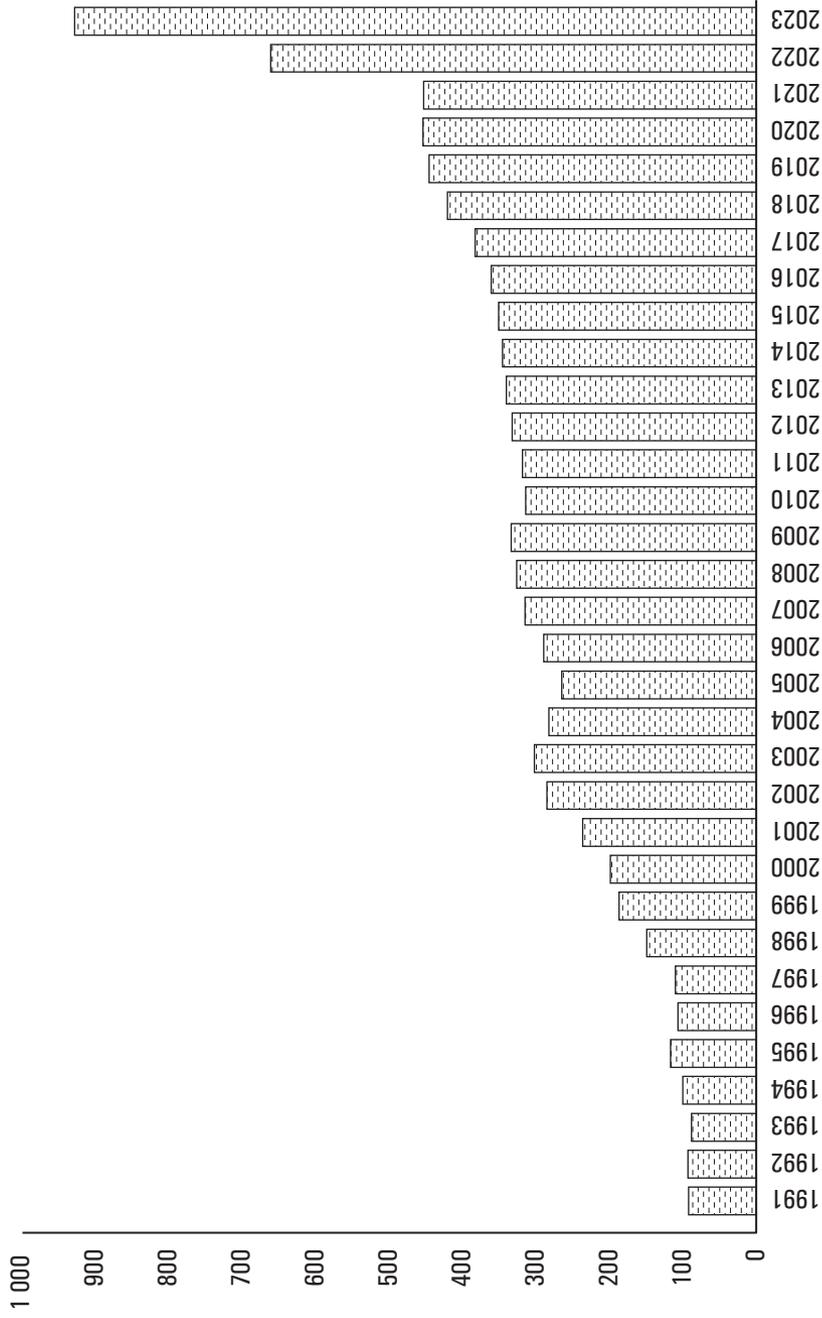
Fuente: Inegi [2023c].

Flete: peseros, autobuses urbanos

El parque de camiones (públicos, más aquellos en manos privadas, es decir, los concesionados) llega a subir con rapidez en los últimos años (gráfica 4), aunque no al mismo ritmo que el crecimiento del parque vehicular particular.

La definición (gráfica 4) de vehículos de motor registrados (camiones para pasajeros) se refiere a número de registros de camiones para pasajeros (autobuses urbanos y suburbanos, microbuses, camiones, transportes escolares, camionetas *pick up*, ómnibus y, en general, los vehículos con ocho asientos o más, destinados al transporte público o privado de personas) en el periodo de 1991 a 2023.

Gráfica 4. Camiones para pasajeros-total (1 000 unidades, vehículos registrados en circulación)



Fuente: Inegi [2023a].

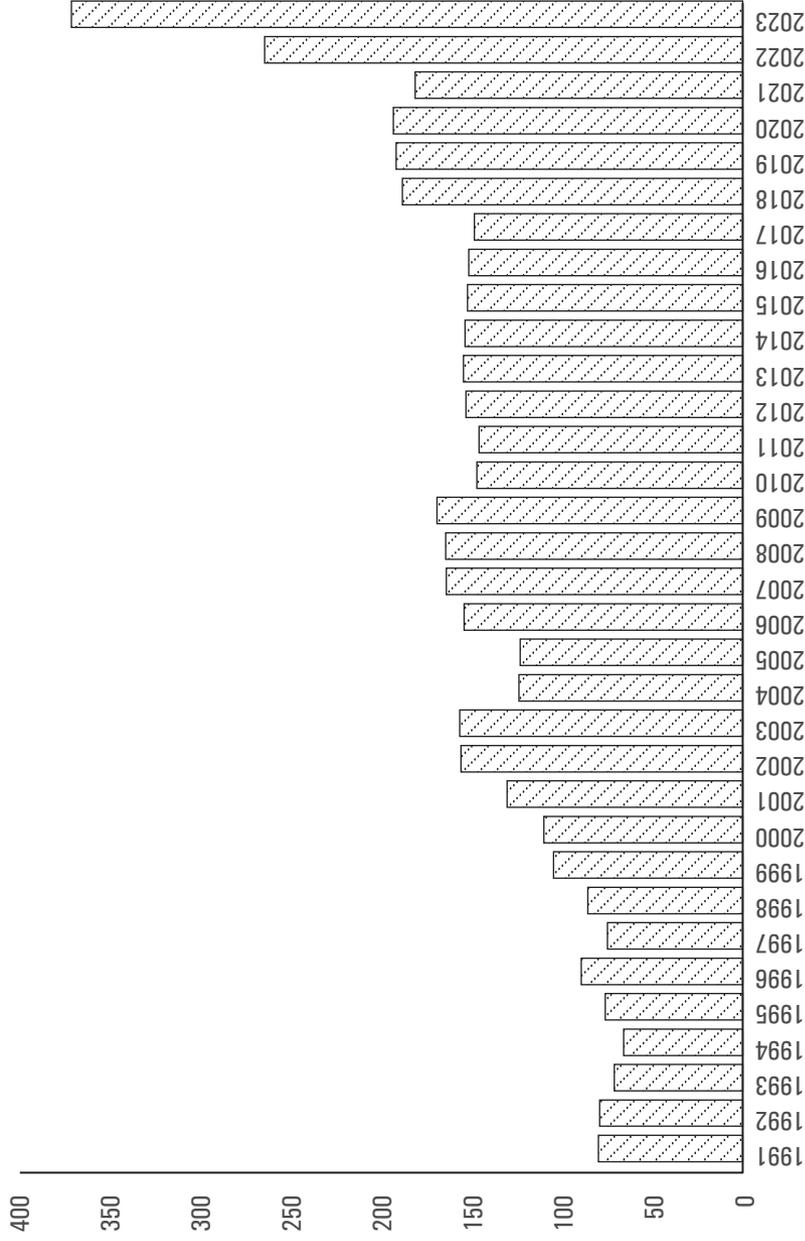
La gráfica 5 muestra cambios en la flota vehicular de camiones gestionados por sector público y se detecta un aumento en 1991-2001. Se estabiliza el volumen de autobuses en los años 2003-2017 y, finalmente, sube precipitadamente casi por el 60 % en sólo dos años (2019-2023).

La definición de datos de la gráfica 5 es la siguiente: número de registros de camiones para pasajeros (autobuses urbanos y suburbanos, microbuses, camiones escolares, camionetas *pick up*, ómnibus y en general los vehículos con ocho asientos o más, destinados al transporte público de personas) en el periodo de 1991-2023. Este segmento es el que debe expandirse en el futuro para: 1) poder proveer a más usuarios el servicio; 2) descarbonizar el sector transporte basado en el automóvil particular y en el motor de combustión interna, incluso los camiones de pasajeros, y 3) para acelerar la transición energética como ya se mencionó antes.

La gráfica 6 muestra que los registros anuales de autobuses gestionados por particulares (o concesionarios) en el país han crecido mucho en los últimos años, pero en un largo periodo no hubo mucha inversión en el sector; esto se corrobora con el bajo crecimiento del volumen de registros. De 2004 hasta 2020 el crecimiento de la flota es muy estable, aunque aumentó sólo un poco. Este tipo de gestión de autobuses sube más del 100 % en los últimos años. La gráfica muestra que el parque de camiones particulares ha crecido mucho más que el de camiones para pasajeros públicos.

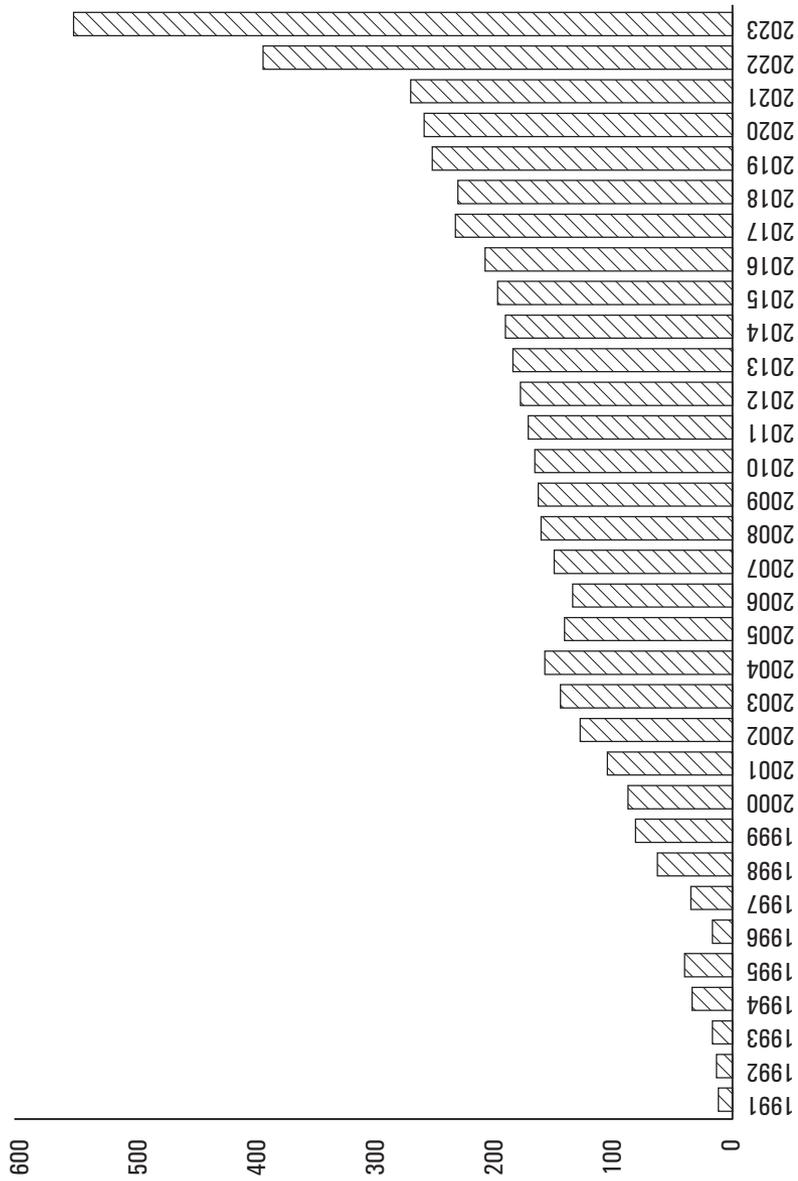
La definición de datos para la gráfica 6 es igual que para las gráficas 4 y 5. En esta sección se han descrito las tendencias en los cambios de distintas flotas vehiculares de varios tipos de camiones. Esto es clave para entender la evolución de consumo de gasolina y diésel en el futuro y poder construir la trayectoria de este consumo que se puede explicar por tres factores: cambios en el volumen del parque vehicular anuales, el volumen de consumo unitario de energético (litros de gasolina) por kilómetro recorrido y cambios en la distancia recorrida de

Gráfica 5. Camiones para pasajeros-públicos (1 000 unidades)



Fuente: Inegi (2023a).

Gráfica 6. Camiones para pasajeros-particulares (1 000 de unidades)



Fuente: Inegi [2023a].

estos vehículos. En los siguientes apartados se presentan proyecciones a 2100 del parque vehicular eléctrico de autobuses, el consumo energético del mismo y la sustitución de éstos.

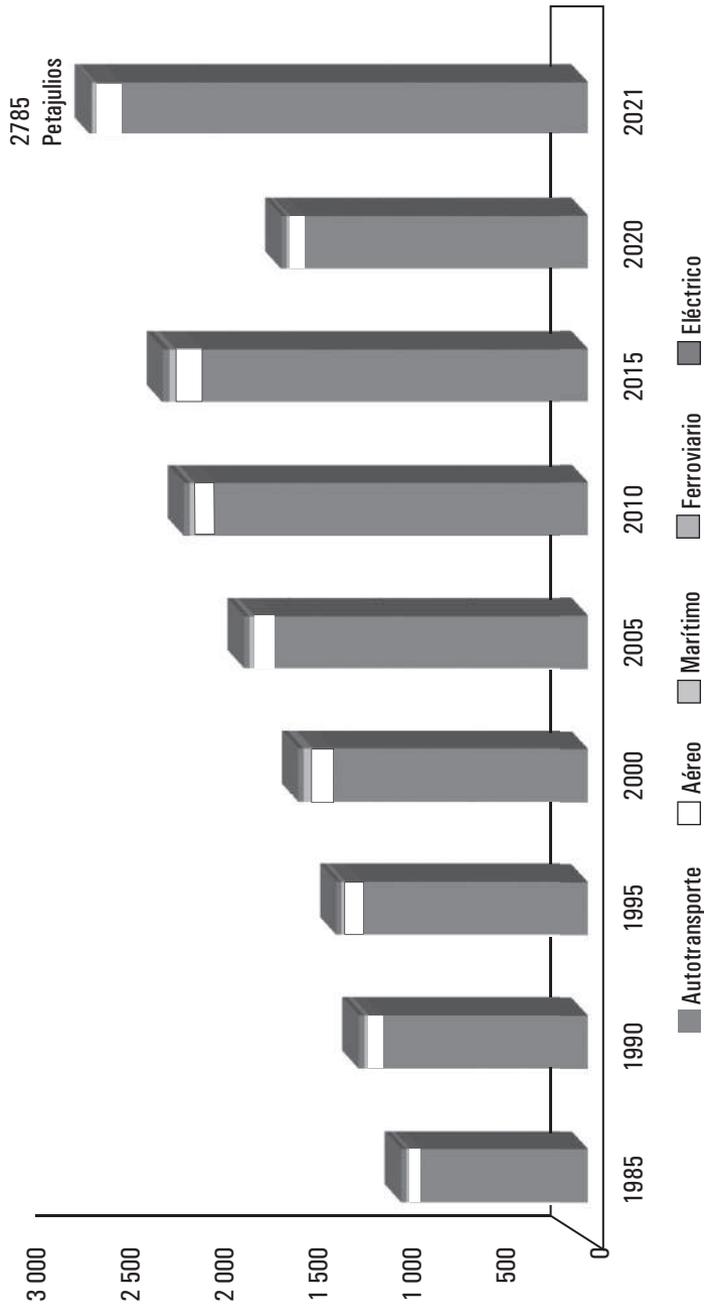
Efectos en consumo energético: transporte público nacional

La gráfica 7 muestra incrementos anuales en consumo energético final de modos de transporte (autotransporte, marítimo, ferroviario, aéreo y eléctrico). Las dependencias del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) y de la Secretaría de Energía (Sener) no reportan cifras estadísticas sobre consumo de energía exacto de transporte público. La gráfica 7 muestra que el sector autotransporte (autos particulares, camiones y tráileres) es el principal consumidor de energía fósil de todo el sector transporte: dentro de esta categoría los autobuses representan un porcentaje muy bajo; sin embargo, estos últimos mueven más pasajeros que los automóviles particulares en el país. En la gráfica 7 se observa la caída de 2020 por la pandemia y la importancia del sector transporte como el sector que más consume energéticos en el consumo final del país. Mientras que otros modos de transporte permanecen estables en su consumo de energía, el sector que más contribuye al incremento de consumo de energía es el automóvil particular en 1985-2021.

La gráfica 8 muestra incrementos anuales en consumo energético final de sectores residencial, industrial, comercial. También se presenta el sector público, transporte y el agropecuario. En dicha gráfica se observa la caída de 2020 por pandemia y la importancia del sector transporte que se convierte en el sector que más consume energéticos en el consumo final del país.

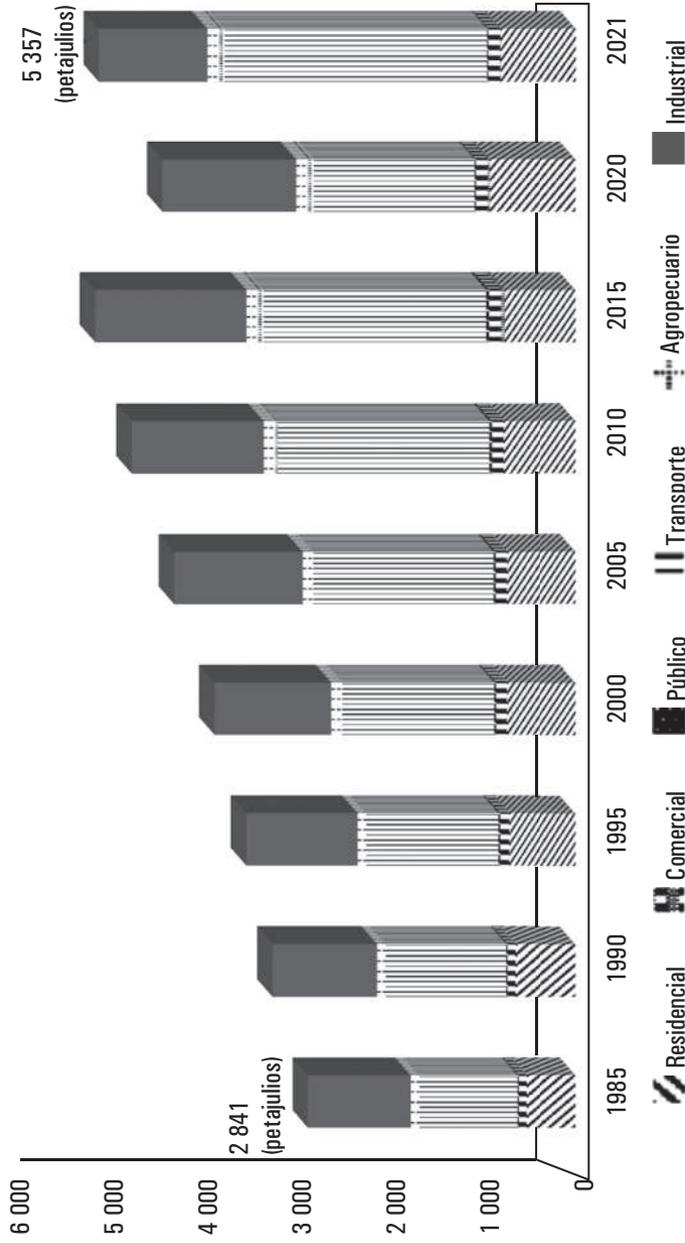
En los siguientes apartados se describe la metodología para construir proyecciones a 2050 y 2100 de la flota de autobuses eléctricos y aquellos basados en el diésel.

Gráfica 7. Consumo de energía (en petajulios) por sector de transporte (autotransporte aéreo, marítimo, ferroviario y eléctrico)



Fuente: Sistema de Información Energética, < <https://sie.energia.gob.mx> > .

Gráfica 8. Consumo de energía (en petajulios) por sectores productivos



Fuente: Sistema de Información Energética, < <https://sie.energia.gob.mx> > .

METODOLOGÍA

Se proponen dos modelos (sustitución y saturación) para medir el crecimiento del parque vehicular de autobuses, y para estimar el efecto de sustitución de autobuses de diésel por autobuses eléctricos. La difusión de este tipo de transporte y la trayectoria histórica del consumo de diésel ya han sido descritas en la sección “Análisis de la situación actual: 1980-2020”. El proceso de sustitución a lo largo del tiempo se basa en el cambio de un autobús de diésel a uno eléctrico por año; es decir, por cada autobús diésel que sale de circulación se reemplaza con uno eléctrico; mientras que el de saturación se refiere a la tenencia de autobuses por cada 1 000 habitantes en un año determinado de ambos tipos de autobuses. Esto ayudará a entender: 1) los ciclos largos que la transición energética del sector transporte requiere y 2) los obstáculos para transformar el sector transporte basado en el uso de alta intensidad de energía fósil a uno de baja intensidad de ésta por medio de una mayor electrificación de la flota de autobuses.

Se plantea un modelo de sustitución mediante variables como participación del parque de camiones eléctricos dentro del parque de camiones diésel y de gasolina; también se propone otro de saturación con variables de población y tenencia de camiones. Finalmente se describen los supuestos de estos modelos aplicados a datos de autobuses.

Modelo de sustitución

La sustitución se refiere en este documento al cambio entre porcentaje de tenencia de autobuses eléctricos y porcentaje de los de combustible. Es decir, contribuye a predecir en qué momento la proporción de automóviles eléctricos superará la de los de combustible.

$$N_{total}(t) = \frac{\tilde{N}}{1 + \exp(-\alpha t - \beta)} \quad (1)$$

La “ N_{total} ” en la ecuación 2 se calcula de la ecuación 1.

Para esto, también se ajusta un modelo logístico como el de la ecuación (1), sólo que esa vez, en lugar de la \tilde{N} , se toma la flota total de vehículos (por 1 000 personas, tomando N) en todo el país, de modo que se obtienen las siguientes dos ecuaciones:

$$N_{EV}(t) = \frac{N_{total}(t)}{1 + \exp(-\alpha_{EV} t - \beta_{EV})} \quad (2)$$

Y de forma similar se puede obtener la proporción anual de la flota de autos de diésel

$$N_{comb}(t) = \frac{N_{total}(t)}{1 + \exp(-\alpha t - \beta)} \quad (3)$$

Donde N_{EV} es la flota de autobuses eléctricos; N_{comb} es la flota de autobuses de combustible (diésel); N_{total} es la flota de autobuses de combustible, y k es igual a autobuses eléctricos, de combustible (gasolina y diésel).

Por la relación entre los vehículos (autobuses) totales tenemos (modelo de sustitución):

$$N_{total}(t) = N_{EV}(t) + N_{comb}(t) \quad (4)$$

Análisis de la curva S

Se puede combinar el modelo de sustitución (ecuación 4) con el de saturación (ecuación 2) si se multiplican ambas series de tiempo. Así obtenemos: 1) una proyección de los automóviles

por 1 000 personas, y 2) qué proporción de ellos son eléctricos y qué proporción de combustible. Esta comparación se hace para cada año observado y está dada por la siguiente ecuación:

$$S_{EV}(t) = N_{total}(t) = N_{EV}(t) \quad (5)$$

Dónde S_{EV} es la saturación de flota de autobuses eléctricos a 2100; S_{comb} es la saturación de flota de autobuses de combustible (gasolina o diésel), y S_{total} es la saturación de flota de autobuses de combustible (gasolina o diésel) y eléctricos.

Con una ecuación análoga para los vehículos de combustible, y considerando las ecuaciones anteriores, sabemos que:

$$N_{total}(t) = S_{EV}(t) + S_{comb}(t) = N_{total}(t) \quad (6)$$

Metodología: modelo de saturación

Para construir proyecciones de parque vehicular para el año 2100 y de su consumo energético se siguen los siguientes pasos. Con el modelo de saturación y sustitución, como se dijo antes, se multiplican sus dos series de tiempo. Así obtenemos: 1) una proyección de los autos por 1 000 personas, y 2) qué proporción de ellos son eléctricos y cuál de combustible.

A continuación, se explica el modelo de saturación vehicular junto con los supuestos. La saturación vehicular se mide en el número de automóviles particulares por cada 1 000 personas por año. Se requiere una cota definida *a priori* denominada:

\tilde{N} = número máximo de autobuses por cada mil personas

Así, con este número se puede observar el desarrollo de la flota vehicular y el de la población para predecir. Habrá que hacer un ajuste de regresión logística mediante la ecuación 1, donde α y β son parámetros que se aprenden para minimizar la suma de errores cuadráticos medios. Esta operación se

hace en Excel con la herramienta Solver. Sin embargo, cuando las proporciones son muy cercanas a 0 o 1 se tienen problemas para ajustarlo sólo por mínimos cuadrados; en ese caso, el ajuste se realiza con el *software* Python.

SATURACIÓN EN MÉXICO

Los datos empleados (parque vehicular total) para el cálculo de la gráfica 9 son obtenidos de Inegi [2023a]: “vehículos de motor registrados en circulación”, de donde se seleccionan los siguientes filtros:

- 1) Camiones para pasajeros-total (número de unidades).
- 2) Frecuencia: anual.
- 3) Mes: total.

Para obtener los coeficientes se aplica el modelo de regresión en la ecuación 11 descrita más adelante. La derivación de tal modelo sobre el cual se efectúa la regresión se explica en dicha ecuación:

N = número máximo de autobuses por cada 1 000 personas.

\tilde{N} = número máximo de autobuses por cada 1 000 personas.

α = coeficiente por calcular.

β = coeficiente por calcular.

t = tiempo, en años.

σ = coeficiente de saturación, número máximo de autobuses por cada 1 000 personas.

Sabemos que:

$$N(x) = \tilde{N}\sigma(x) = \frac{\tilde{N}}{1 + e^{-x}} \quad (7)$$

Donde $x = \alpha t + \beta$

$$\frac{N}{\tilde{N}} = \frac{1}{1 + e^{-\alpha t - \beta}} \quad (8)$$

$$\frac{\tilde{N}}{N} = 1 + e^{-\alpha t - \beta} \quad (9)$$

$$e^{-\alpha t - \beta} = \frac{\tilde{N}}{N} - 1 \quad (10)$$

$$\alpha t + \beta = -\log\left(\frac{\tilde{N}}{N} - 1\right) \quad (11)$$

Se calculan los valores de la ecuación 11.

El cuadro 3 muestra los coeficientes α , β :

Cuadro 3. Valores de coeficientes (basado en la ecuación 11)

Coeficientes	Valores
α	0.06413172
β	1.55561027

Para calcular el nivel de saturación (autobuses/1 000 población a 2050), se usó primero tasa de crecimiento poblacional de México a 2050, pero este supuesto produce una proyección del flete de autobuses muy baja.

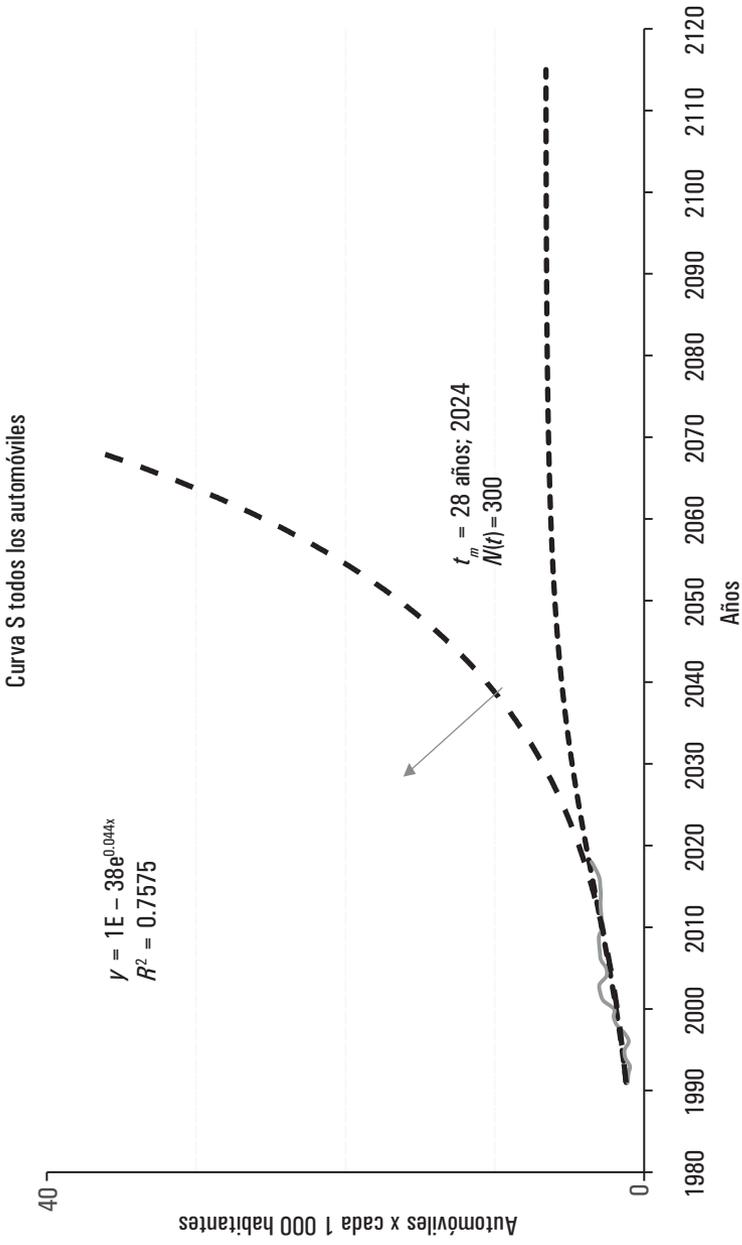
Consecuentemente, se decide usar el PIB proyectado [Daly y Tadas, 2022] para hacer la proyección de autobuses/1 000 población a 2050. La proyección de habitantes la publica Naciones Unidas.

$$t = 2018-2050$$

$$\tilde{N} = 1\ 000 \times \text{flete} (t = 2050) / \text{población} (t = 2050)$$

La proyección del flete se hace con datos del Inegi [2023a], como se muestra en la gráfica 9. En este ejercicio, se hace la

Gráfica 9. Saturación: autobuses por 1 000 habitantes en 1990-2100. Ecuación de saturación (11).
La línea sólida resulta de la ecuación 11.



proyección de todos los autobuses por cada 1 000 habitantes; en otras palabras, la tenencia de autobuses. El nivel inicial es de 3.61 autobuses por cada 1 000 habitantes (1.21 en 1991); este valor llega hasta 5.94 en 2050, y el mismo alcanza 6.58 para 2100. La línea sólida resulta de la ecuación 11. Ésta representa el grado de saturación mediante un valor de $\tilde{N} = 6.589$ que se obtiene con el PIB de Daly y Tadas [2022]. Para la simulación se puede experimentar con otros valores en la tasa de crecimiento.

En la misma gráfica, la línea sólida irregular representa los valores reales del flete del número de unidades por cada 1 000 habitantes. La tenencia de autobuses se dobla de 2050 en adelante hasta llegar a 6.5 autobuses por 1 000 habitantes, como se mencionó antes. Asimismo, la línea negra punteada es la proyección por medio de una regresión a una función exponencial.

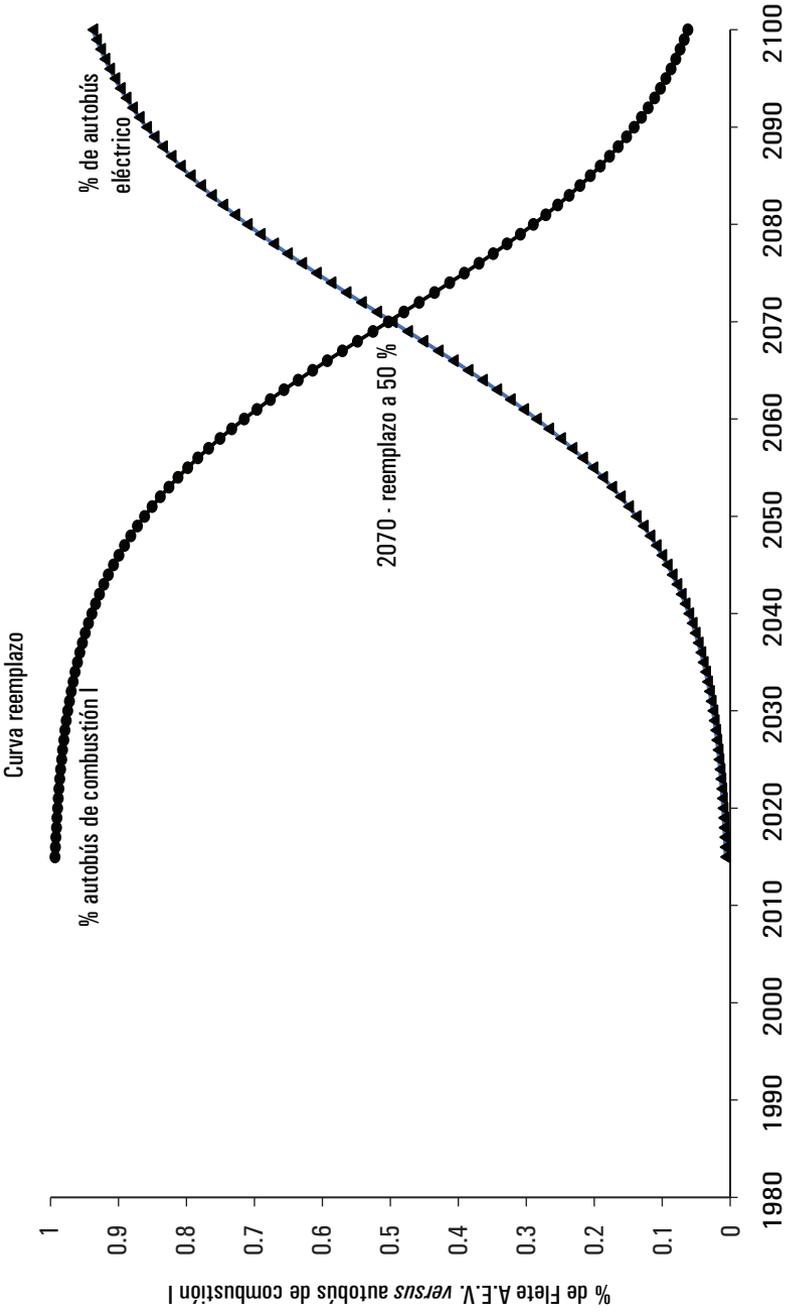
Sustitución en México

Los valores para \tilde{N} , α , β (de la ecuación 1) se preservan en la gráfica 10. Además, se emplearon los siguientes datos:

- 1) Trolebús de la Ciudad de México, desde 1995 hasta 2018.
- 2) Trolebús de Guadalajara, desde 1997 hasta 2018.

Toda esta información es obtenida de Inegi [2021a]. Existen otras fuentes de datos de transporte, como Inegi [2021b], pero tal banco de datos carece de registros anteriores a 2018 (esto lo requiere el análisis de modelo de saturación). La gráfica 10 muestra la curva de difusión de autobuses eléctricos y cómo éstos desplazan a los de diésel y gasolina en el periodo de 2019-2020 a 2100. En 2070 los autobuses eléctricos capturan el 50 % del flete de autobuses totales. Sin embargo, si el nivel de captura de mercado de eléctricos alcanza > 2 % del total, la tasa de difusión de autobuses se acelera a partir de ahí.

Gráfica 10. Curvas de reemplazo: autobús eléctrico versus combustión I (diésel)



Fuente: elaboración propia.

La gráfica 11 muestra el incremento de autobuses totales (de diésel y de electricidad juntos), el proceso de sustitución de autobuses diésel por los de electricidad. Primero, se puede ver que la tasa de difusión de diésel va en declive mientras que la de electricidad captura mercado gradualmente.

El flete sube mucho en años iniciales y su tenencia se duplica en 2060. El flete de autobuses aumenta hasta 2060 y de ahí en adelante se estabiliza en 6.46 autobuses por cada 1 000 personas.

Como sostienen Grubler y Nakicenovic [1991], la duración del proceso de difusión se mide como el tiempo que pasa entre el nivel del 10 % de autobuses eléctricos a una penetración del 90 % de saturación, como nos muestra la gráfica 2.

$$F = \frac{N}{\tilde{N}} \quad (12)$$

N = autobuses/1 000 pob.; \tilde{N} = nivel de saturación a 2050, autobuses/1 000 población.

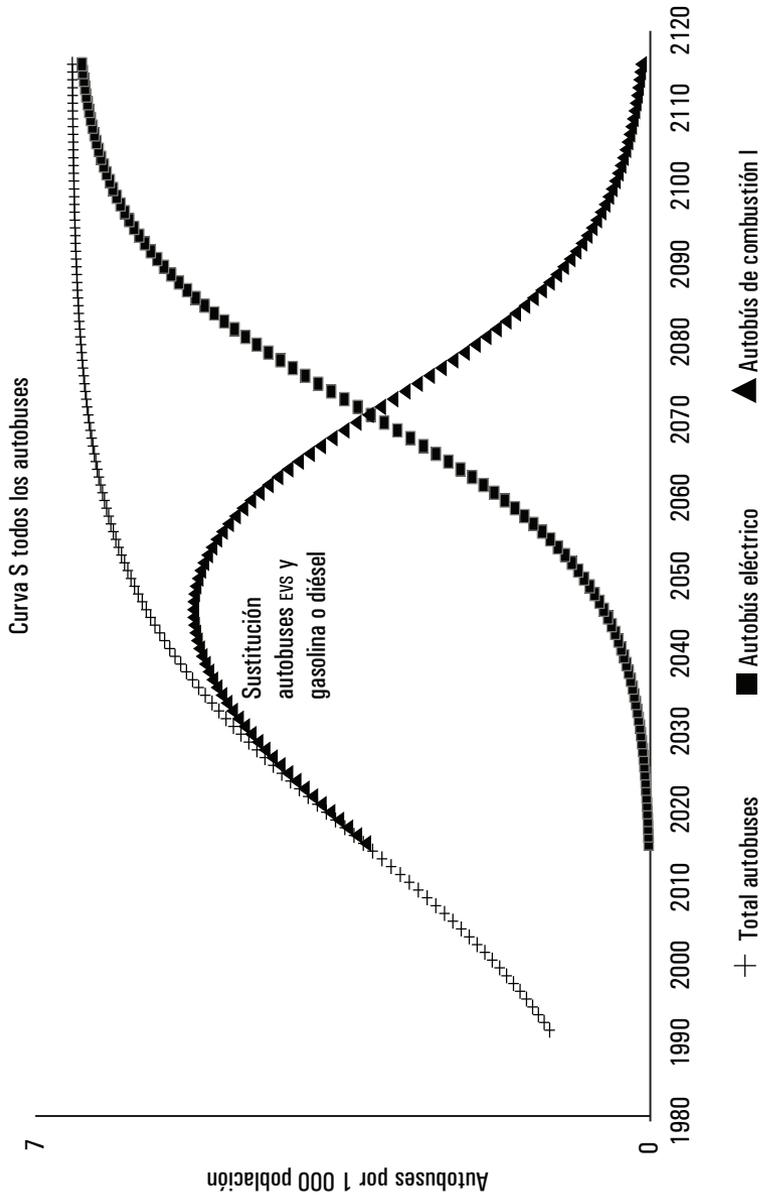
La definición de la F difiere del modelo de saturación y de sustitución aquí. Cuando N se aproxima a \tilde{N} , $F=1$. El cálculo se expone en la gráfica 12.

Supuestos para México

A continuación, se describen los supuestos para dos modelos: saturación y sustitución para transporte público.

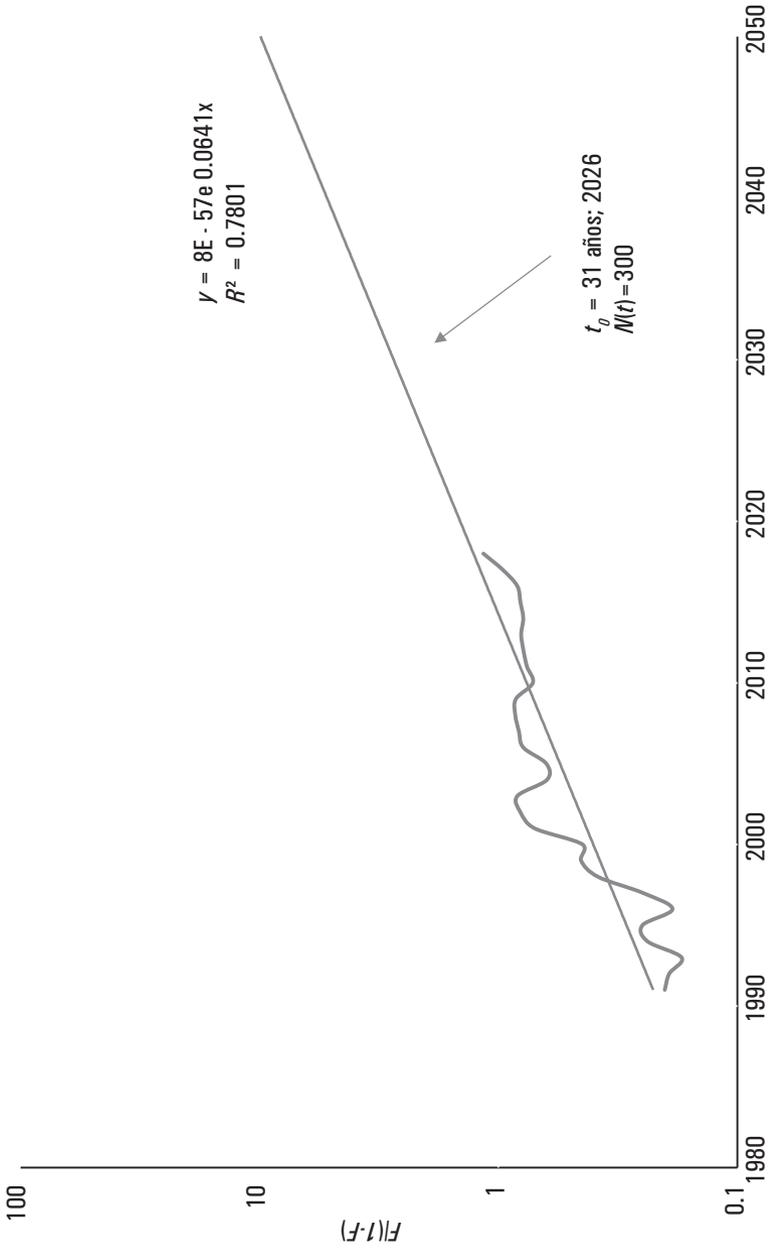
- 1) Supuestos para saturación:
 - a) Se tienen los datos del flete de transporte público de la Semarnat [2020] y del Inegi [2023b]; se emplean estos últimos para todos los cálculos.

Gráfica 11. Curvas S sustitución: autobús eléctrico % de Flete A.E.V. versus Autobús combustión I (diésel)



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 12. Cálculo de F



Fuente: elaboración propia.

- b) Para las gráficas 9, 10 y 11 (parte “Sustitución en México”) se emplean los datos de trolebuses en Guadalajara y la Ciudad de México, de 1995-2018, obtenidos del Inegi [2021a].
 - c) Para el cálculo de \tilde{N} y, por tanto, de α y β , se probó hacer una proyección del crecimiento del flete por medio de la tasa de crecimiento poblacional aplicada a los valores actuales de la cantidad de transporte público; lo anterior da como resultado un valor de \tilde{N} de aproximadamente 3.1, una tenencia muy baja. Después, se aplicó la tasa de crecimiento del PIB dada por Daly y Tadas [2022] y se obtuvieron valores más favorables y plausibles para evitar problemas con indeterminaciones en el cálculo de logaritmos.
- 2) Supuestos para modelo logarítmico (ML) de sustitución. Conforme a la información del flete proporcionada por el Inegi, se asume que dicho flete se distribuye en:
- a) 1/3 para miniván.
 - b) 1/3 para peseros.
 - c) 1/3 para microbús.

Para construir la variable en el denominador de la tasa F se consideró que, según Datanoticias [2019], se tienen las siguientes capacidades para el transporte público:

- 1) Miniván: 15 pasajeros.
- 2) Peseros: 60 pasajeros.
- 3) Microbús: 24 pasajeros.

Para hacer un correcto cálculo de la F (unidades eléctricas/ unidades totales), se requiere hacer una conversión del número de unidades totales al de metrobuses, en función de la cantidad de pasajeros (de ahí el uso de los valores anteriormente mencionados). Un metrobús lleva 160 pasajeros

mientras que una miniván lleva 15 pasajeros, por lo que un metrobús sustituye a 10.66 combis. Así se transforma todo el flete al equivalente de metrobuses eléctricos.

$$\log \left(\frac{F}{1 - F} \right) = \alpha t + \beta \quad (13)$$

Se asume que el gobierno federal invierte en 500 metrobuses por año en cada estado hasta 2050. En la Ciudad de México, el gobierno consideró esa meta para expansión de metrobuses; en consecuencia, el crecimiento en la flota de eléctricos es el mismo que hubo en 2023. Además, con las metas del gobierno, se tiene la promesa de seguir con los mismos objetivos ambiciosos.

Se puede suponer que para cada estado de la república habrá 500 unidades eléctricas nuevas anualmente; es decir, el crecimiento será constante.

De acuerdo con el gobierno de la Ciudad de México [2023], los metrobuses eléctricos tienen capacidad para 160 pasajeros, por lo que se usará como factor de conversión. Como resultado, se tiene la flota del Inegi traducida a un número de metrobuses; así, el cálculo del valor de F será dado correctamente.

El Excel exige el uso de los valores de la flota de los años 2016, 2017 y 2018. El resultado da lugar a un modelo con tendencia negativa, lo cual no permite contar con la tendencia creciente del flete eléctrico. Entonces, se ocupan los valores de 2018 y 2024 para obtener una tendencia positiva.

Para construir la F o el porcentaje de adopción de transporte eléctrico se considera lo siguiente. Los valores actuales para el número de unidades eléctricas son:

- 1) 215 unidades: trolebús en la Ciudad de México [Inegi, 2023b].
- 2) 10 unidades: trolebús en Guadalajara [Inegi, 2023b].

- 3) 60 unidades: metrobús línea 3 en la Ciudad de México.
- 4) Una unidad articulada en la línea 5 de la Ciudad de México.
- 5) 37 unidades o camiones eléctricos de la publicación “Mi transporte eléctrico” por Inegi [2021b].

Para obtener datos del numerador de la ecuación (o tasa F) se suman los fletes de trolebuses y de metrobuses y de otros tipos de transporte eléctrico, referidos en los puntos 1 a 5:

- a) Emplear la tendencia de diésel para eléctricos. A partir de esta fecha a 2100, se utiliza la tasa de crecimiento del diésel para asumir el crecimiento de autos eléctricos.
- b) ¿Qué rango se emplea para la regresión? 20 años atrás.
- c) Emplear varios escenarios para el crecimiento (primeros 20 años, últimos 20 años).

Consumo total en México

Se listan aquí los supuestos para el modelo de consumo de energía (gasolina, diésel y electricidad) de transporte público de México:

- 1) Para la eficiencia energética (litros/100 kilómetros) se toman datos de Semarnat [2020], donde se encuentra información por tipo de autobús de consumo por vehículo kilómetro recorrido (VKR).
- 2) Donde se hizo una interpolación constante con decrecimiento anual del 1.3 % hasta llegar a la última cifra de 2019; después de esto se continúa bajando constantemente un 1.3 % hasta llegar a 2030, donde se hace la suposición de que se saturará y se mantiene constante.

En la gráfica 13, se muestran los niveles de consumo de kilovatios/hora por VKR, por autobús eléctrico (véase rubro “Total” en la gráfica 13). Estos datos se ocupan para construir las simulaciones a 2100 de consumo de electricidad de autobuses.

- 3) Para los datos de distancia recorrida de autobuses se usa información de VKR con base en datos de comunicación personal, la cual reporta kilómetros recorridos totales de autobuses de tipo C6 y C7 (diésel y gasolina). Los VKR de estos rubros se dividen por el parque vehicular respectivo para obtener el VKR por autobús. Se asume que el VKR de combis es similar al de peseros de coraza C6.
- 4) Los datos de VKR, eficiencia energética por kilómetro recorrido y parque vehicular total se utilizan para calcular el consumo de diésel. Se ocupan las proyecciones de parque vehicular y de otras variables hasta 2100.

La gráfica 13 muestra los factores de influencia en el consumo de electricidad de un autobús; llama la atención el factor “clima”, el cual tiene un peso mayor sobre el consumo que la “carga de pasajero”. Ambos, “calidad de carretera” y “hábito de manejo”, son mucho menos determinantes sobre el consumo eléctrico que factores como “manejo de carretera”.

Para construir el modelo de consumo de electricidad, diésel y gasolina se utiliza la siguiente notación de consumo de diésel de autobuses:

C = consumo de diésel (litros por año) o consumo de kilovatio hora de flota nacional autobuses.

FE = desempeño energético; litros de gasolina y diésel por kilómetro o kilovatio hora por VKR o distancia recorrida de autobuses anual.

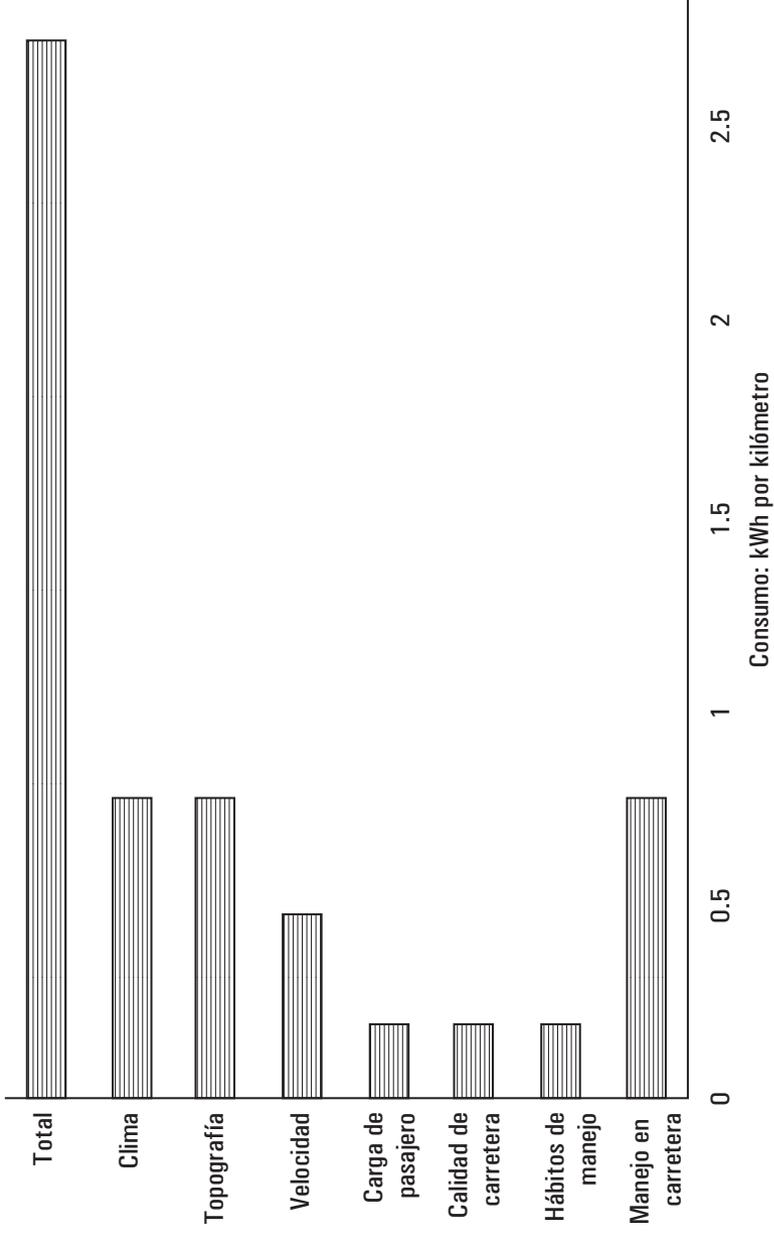
BEV = parque de autobús eléctrico (miles de unidades).

DA = parque de autobús diésel (miles de unidades).

VKR = vehículo kilómetro recorrido anualmente (miles).

i = BEV , flete de DA .

Gráfica 13. Influencia de factores en el consumo de electricidad de autobuses



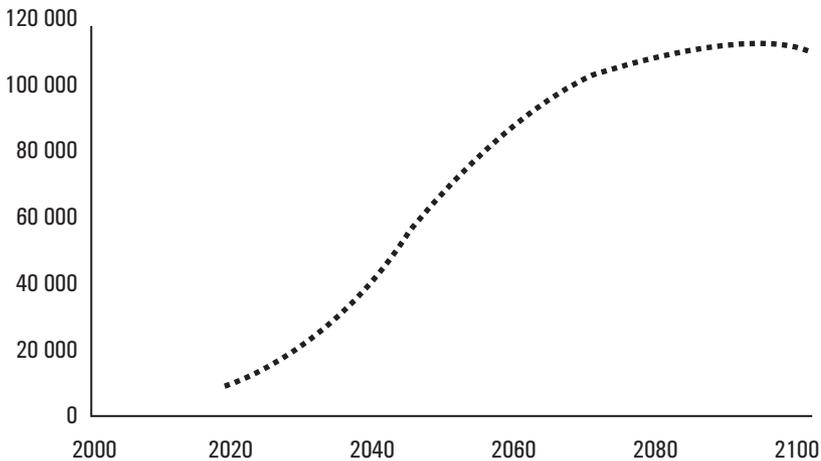
Fuente: Jobson [2015].

Se usa la siguiente fórmula de consumo de diésel de la flota nacional de autobuses:

$$C_i = N_i \times KVR_i \times FE_i \quad (14)$$

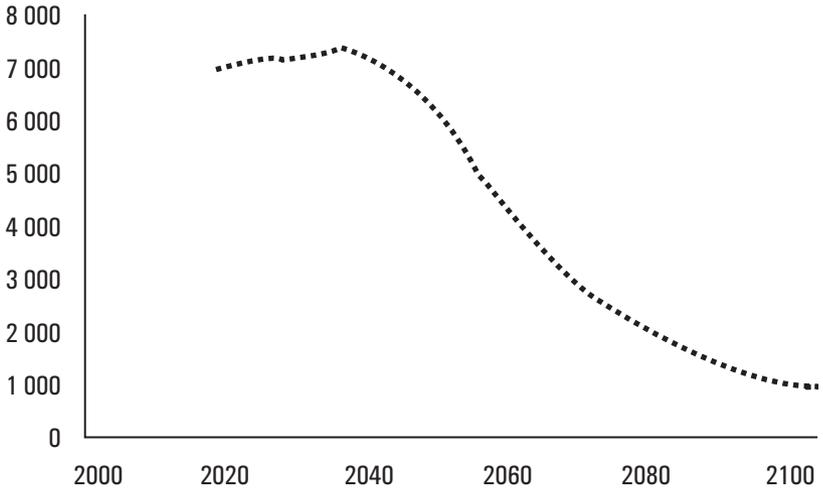
A continuación, se construye un escenario de consumo energético al cual se le nombra “transición energética”. El escenario considera que el cambio tecnológico se acelerará durante 2020-2100; se asume difusión tecnológica en este caso, ya que la electrificación captura el mercado en el parque vehicular. El escenario toma en cuenta que el cambio tecnológico se acelera y el parque de autobuses ya no sigue dependiendo del motor de combustión interna con diésel y gasolina, tal como ocurre hoy en día. En este caso el consumo de electricidad crece seis veces en 2020-2100 (gráfica 14); mientras que el diésel y la gasolina decrecen más del 85 % en el mismo periodo después de la difusión de autobuses con base en electricidad (gráfica 15).

Gráfica 14. Escenario “transición energética”: electrificación de parque de autobuses en gigavatios hora



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 15. Escenario “transición energética”: consumo de diésel y gasolina decrece a 2100 en millones de litros gasolina y diésel



Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se describen los rasgos generales y los dos modelos: saturación y sustitución, así como de las proyecciones al 2100.

Resultados cuantitativos del modelo de saturación

Se ha analizado la trayectoria de saturación futura que gradualmente se aleja de autobuses diésel y se acerca a la difusión de autobuses eléctricos a 2100 por medio de un modelo de saturación de la tenencia de autobuses de diésel y de electricidad con la métrica de autobuses por cada 1 000 de población. Este análisis se basa en ecuaciones, del apartado “Metodología” en este documento, enumeradas de la 5 a la 11.

Modelo de sustitución

Se explora la relación histórica de sustitución alejada de autobuses diésel y que se acerca al transporte de autobuses eléctricos. El análisis revela la tasa de sustitución y puede indicar si existe una tendencia en esa sustitución a 2100. Con herramientas de análisis económico (modelo de sustitución, población, etcétera) se puede explicar la tendencia y es posible construir predicciones a futuro sobre el potencial de la economía para continuar la sustitución que se aleja del transporte de diésel. Este capítulo ofrece un entendimiento estructurado del papel de la electrificación del transporte público de autobuses que podría tener en la descarbonización.

Las curvas de reemplazo (con base en sustitución) de autobús de diésel y gasolina por eléctrico indican que para que el mercado o parque vehicular de autobuses eléctricos capture el 50 % de éste, se necesitan por lo menos 50 años. Al mismo tiempo, autobuses de diésel disminuyen su participación en el parque vehicular total al 50 % para 2070.

Resultado de consumo energético

Bajo un escenario de “transición energética”, es decir, de electrificación rápida del parque de autobuses, se puede apreciar en las gráficas 14 y 15 que la demanda de electricidad se dispara de manera considerable de 2050 y sube más de seis veces entre 2020 y 2100, mientras que el parque vehicular de diésel registra un descenso en ese consumo por 85 % en el mismo periodo.

CONCLUSIONES

Este capítulo consta de cinco partes. Queda pendiente un análisis del impacto de una expansión de capacidad del transporte público que causaría cambios en el parque de autos particulares y sobre su consumo de energía fósil. Este trabajo contribuye a entender las oportunidades y dificultades que la transición energética implica.

La principal hipótesis de este capítulo es que la flota vehicular eléctrica depende: 1) del grado de sustitución de autobuses diésel por eléctricos, y 2) de la tasa de difusión de autobuses eléctricos, lo que a su vez depende de la inversión pública en transporte público electrificado para 2100. El análisis presentado ofrece una diagnosis de la situación actual del transporte público, que incluye varias causas de su atraso y soluciones para una política de transporte sustentable.

Se alcanzaron los siguientes objetivos en este estudio: 1) se utiliza la óptica de economía energética para entender la situación actual y las razones por la falta de transporte público; 2) se describieron las dificultades para adoptar y aumentar la flota vehicular mediante un modelo de flota vehicular a 2100, basada en el diésel y de las barreras multidimensionales: la situación económica, la falta de continuidad en planeación entre sexenios, entre otras. Esto ayuda a explicar la futura difusión de autobuses eléctricos que la economía mexicana requiere.

El sector transporte utiliza la mitad de la energía fósil consumida total y es una fuente importante de emisiones de CO₂. Se necesita mitigar estas emisiones para combatir el cambio climático, reducir la dependencia en importaciones de diésel, aumentar la seguridad energética y reforzar la transición energética. El transporte público eléctrico puede ayudar a alcanzar esos objetivos más efectivamente que sus dos competidores: el transporte particular eléctrico y el autobús diésel.

La contribución de este análisis es el diseño y la implementación de una metodología basada en el modelo de Fisher y Pry [1971], más tarde mejorado por Marchetti y Nakicenovic [1979], que utilizan herramientas económicas. Estas últimas, como la tasa de sustitución de diésel por electricidad y la tasa de saturación del parque vehicular de autobuses, entre otras, permiten hacer proyecciones a 2100. La metodología permite: 1) construir una tasa de sustitución de consumo de diésel a energía eléctrica; 2) construir la tasa de difusión del parque vehicular de autobuses por tipo de energético; 3) la evaluación del transporte público, sobre todo, consumo energético de autobuses de pasajero, y 4) como un producto derivado, se compara la historia económica reciente, la situación histórica y política de México para explicar la evolución, el impacto y las barreras para el transporte público. En consecuencia, es necesario aumentar la inversión en transporte público con el objetivo de reducir equipo y componentes importados y aliviar la balanza comercial deficitaria.

Para alcanzar estos objetivos, se propone un nuevo método para determinar: 1) el crecimiento y 2) el reemplazo de autobuses con base en diésel con los eléctricos y su crecimiento a 2100. El estudio se enfoca en la medición del volumen de la flota de transporte público basado en autobuses, pero no se mide la percepción de la calidad de su servicio, ya que el modelo se construye con datos cuantitativos.

Según el análisis de los modelos de sustitución y difusión, se espera que el consumo energético de energías fósiles siga aumentando para 2100 en un escenario sin cambio tecnológico donde está ausente la electrificación. Mientras que en la situación de cambio tecnológico (que asume un transporte electrificado) se espera que el consumo de diésel se contraiga 85 % al año entre 2020 y 2100. La electrificación gradual trae muchos beneficios, pero en este capítulo sólo se mide su efecto sobre el consumo del parque de autobuses que conforman el transporte público.

Investigación realizada con recursos de la Universidad Nacional Autónoma de México-Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, IN303421, “El cambio de la matriz energética en México: un enfoque interdisciplinario desde la economía global y la economía de la energía”.

Estancia realizada gracias al PASPA de la DGAPA-UNAM.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarfaj, A. F., Griffin, W. M. y Samaras, C. [2020], “Decarbonizing US passenger vehicle transport under electrification and automation uncertainty has a travel budget”, *Environmental Research Letters*, 15, 0940c2
- Barclay, M. [1985], “Problemas para la instrumentación de un sistema de transporte urbano eficaz y eficiente en la zona metropolitana de la Ciudad de México”, ponencia en la Facultad de Arquitectura, UNAM.
- Bonilla D. [2021], “Petrolíferos, infraestructura de transporte, covid-19 y crisis económica”, en Sánchez Vargas, A. y Nava Bolaños, I. (coords.), *Efectos económicos de la pandemia de covid-19*, México, UNAM-HEC: 268-282.
- Bonilla, D., Arias, H. y Ugarteche, O. [2022], “Electric vehicle deployment & fossil fuel tax revenue in Mexico to 2050”, *Energy Policy*, 171: 113276.
- Cámara de Diputados [2020], “Presupuesto Público Federal para la Función Comunicaciones y Transportes, 2019-2020”, reporte, SAE-ISSS-15-20, <<https://acortar.link/Bfvez6>>.
- Cordera, R. y Tello, C. [2010], *México: la disputa por la Nación. Perspectivas y opciones del desarrollo*, México, Siglo XXI.
- Daly, K., y G. Tadas [2022], “The path to 2075: Slower global growth but convergence remains intact”, Goldman Sachs-Economics Research.
- Datanoticias [2019], “Cuántos pasajeros pueden ir en una combi, micro y camión”, *Datanoticias*, <<https://cutt.ly/ce0GwGx7>>.

- Fischer, J. C., y R. Pry [1971], “A simple substitution model of technological change”, *Technological Forecasting and Social Change*, 3(1): 75-88.
- Flores Dewey, O. [2016], “How Mexico City is transforming a jitney system into a world class bus rapid transit system”, Reporte TUT-Pol, Volvo Research and Educational Foundation.
- Fluchs, S. [2020], “The diffusion of electric mobility in the European Union and beyond”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86(5): 102462.
- Forbes [2016], “Mexicanos pierden hora y media diario en el transporte público”, *Forbes México*, 12 de diciembre, <<https://cutt.ly/Ie0GeeQY>>.
- Gobierno de la CDMX [2023], “Características de autobuses eléctricos”, Portal de gobierno de la Ciudad de México, <<https://cutt.ly/Se0Grrge>>.
- Gobierno de la CDMX [2022], “Nuevas unidades de trolebús”, Portal de gobierno de la Ciudad de México, <<https://cutt.ly/Qe0GecZl>>.
- Grubler, A., y N. Nakicenovic [1991], “Long waves, technology diffusion, and substitution”, *Review (Fernand Braudel Center)*, 14, (2): 313-343, <<https://tinyurl.com/4jcep5uy>>.
- Inegi [2023a], “Parque vehicular”, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <<https://cutt.ly/me0GrSM4>>.
- Inegi [2023b], “Trolebús”, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <<https://cutt.ly/Ee0GrBqq>>.
- Inegi [2023c], “Encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares estacional (ENIGH-E), 2022”, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <<https://cutt.ly/ie0Gtve9>>.
- Inegi [2021a], “Transporte de pasajeros”, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <<https://cutt.ly/Le0Gr6ru>>.
- Inegi [2021b], “Mi transporte eléctrico”, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <<https://cutt.ly/pe0GtsF7>>.
- Inegi [2017], “Encuesta origen destino en hogares de la zona metropolitana del Valle de México (EOD) 2017”, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- Jobson, E. [2015], “Influencia de factores en el consumo de electricidad de autobuses”, Environmental Blog <<https://acortar.link/jVLc0e>>.
- Lechman, E. [2015], “Technology diffusion”, en Lechman, E., *ICT diffusion in developing countries*, Nueva York, Springer International Publishing: 29-82.
- Marchetti, C. [1977], “Primary energy substitution models: On the interaction between energy & society”, *Technological Forecasting and Social Change*, 10(4): 345-356.
- Marchetti, C. y Nakicenovic, N. [1979], *The dynamics of energy systems and the logistic substitution model*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg (Working Paper RR, 79-13).
- Milovanoff, A., Posen, I. D. y MacLean, H. L. [2020], “Electrification of light-duty vehicle fleet alone will not meet mitigation targets”, *Nature Climate Change*, 10: 1102-1107.
- Mobility [2023], “CDMX pone en marcha primera línea de metrobús 100 % eléctrica del mundo: ‘Es un gran sueño’”, Mobility Portal Latinoamérica, <<https://cutt.ly/me0GtAvE>>.
- Naciones Unidas [2024], World population Prospects, 2024. Graphs and profiles. <<https://acortar.link/Tz9r3m>>.
- PUEC [2011], “Evaluación del diseño e instrumentación de la política de transporte público colectivo de pasajeros en el Distrito Federal”, reporte preparado para el Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal (EValua-DF), por la Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, <<https://cutt.ly/9e0GrcgL>>.
- Rivas, M. E., Suárez-Alemán, A. y Serebrisky, T. [2019], *Políticas de transporte urbano en América Latina y el Caribe: dónde estamos, cómo llegamos aquí y hacia dónde vamos*, México, Banco Interamericano de Desarrollo (Monografía del BID, 719).

- Semarnat [2020], “Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2018”, Semarnat, <<https://acortar.link/veTHAW>>.
- Semovi [2022], “Electromovilidad Semovi”, Semovi, <<https://cutt.ly/ce0Gt9Hm>>.
- Sener [2023], “Sistema de Información Energética”, Secretaría de Energía, <<https://sie.energia.gob.mx>>.
- Stoneman, P. (ed.), [2002], *The economics of technological diffusion*, Oxford, Blackwell.
- Suárez Dávila, F. [2023], *Un viaje por la historia económica de México (y sus crisis): mis primeros ochenta años*, México, Penguin Random House.
- Woody, M., Keoleian, G. y Valshnav, P. [2023], “Decarbonization potential of electrifying 50 % of U.S. light-duty vehicle sales by 2030”, *Nature Communications*, 14: 7077.
- Zhu, Y., Skerlos, S., Xu, M. y Cooper, D. R. [2021], “Reducing greenhouse gas emissions from U.S. light-duty transport in line with the 2 °C target”, *Environmental Science and Technology*, Washington, American Chemical Society, 55(13): 9326-9338.

5. Áreas de oportunidad y retos del sector hidrocarburos en tiempos de transición energética (México)

Isabelle Rousseau

CONSIDERACIONES GENERALES

Si bien el sector energético ha conocido, a lo largo del tiempo, sucesivos cambios en la composición de su matriz energética, la transición actual tiene un significado distinto. Anteriormente se adoptaba un nuevo recurso al aparecer uno dotado de un poder energético superior al anterior; hoy día, el problema es diferente. Desde hace algunos años, el crecimiento económico global, alimentado por el muy alto consumo de recursos intensivos en carbono, ha fomentado un fenómeno —el cambio climático— que es indispensable atender de prisa. La amenaza de un crecimiento de temperatura superior a 2 °C es cada vez más apremiante: so pena de no contrarrestar esta evolución, los efectos serán incontrolables en el tiempo y el espacio. Obliga a reconsiderar el lugar y la participación de las tres grandes energías fósiles dominantes, por sus emisiones de CO₂, desde inicios del siglo xx hasta la fecha.

Es un tema muy complejo para los economistas porque encierra diversas contradicciones. En 2012, Jean-Marie Chevalier y colegas señalaban:

Hay una contradicción mayor entre, por un lado, la producción de bienes privados —la energía— y, por el otro, la gestión de un

bien público indivisible que pertenece a 71 000 millones de individuos, el clima. Por otra parte, las energías fósiles son la fuente histórica de la primera revolución industrial; sin embargo, la degradación del clima podría implicar un costo extremadamente elevado para la economía mundial [Chevalier *et al.*, 2012: 15, traducción propia].

Más allá de un razonamiento puramente económico, el tema es esencial para cualquier nación productora de hidrocarburos, recurso que ha sido central en la evolución del país. Implica, *in fine*, una transformación profunda de su modelo de desarrollo (macroeconómico e industrial, y también político, social y cultural) y no sólo un cambio de sistema energético, con la sustitución de una fuente por otra.

No es una cuestión sencilla. Si bien hay un acuerdo (científico) casi unánime acerca del cambio climático y la necesidad de transformar el modelo energético, existen opiniones y tesis divergentes acerca de las modalidades y la temporalidad de esta mutación. Los grandes actores internacionales del sector —Agencia Internacional de la Energía (AIE), Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA, por sus siglas en inglés), Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), Consejo Mundial de Energía (WEC, por sus siglas en inglés), British Petroleum (BP), Exxon, etcétera— pronostican panoramas bastante distintos al respecto; coexisten escenarios radicales con unos más progresivos y, además, cada uno de ellos prevé contextos diversos según el tipo de medida adoptada. A pesar de sus diferencias, la mayoría reconoce que la transición puede tomar tiempo. Es cierto que, en el pasado, las transiciones han tomado varias décadas, quizás “no se aplica necesariamente a la transición energética actual, que se desarrolla bajo políticas y condiciones tecnológicas muy diferentes, impulsadas por fuerzas exógenas a la industria tales como movimientos sociales y comunitarios, frente a los históricos cambios producidos por una evolución

tecnológica” [Peleteiro y Biersinger, 2022: 196]. En efecto, con la globalización, los sistemas nacionales se integraron cada vez más y se convirtieron en grandes sistemas internacionales de la actualidad.

Hoy en día, además, una buena parte de la sociedad —por lo menos en las economías más desarrolladas— está consciente de las consecuencias del calentamiento global. Empero, no es suficiente para implementar de manera acelerada un proceso de descarbonización. En países como México, cuya economía no es tan desarrollada, los costes de las medidas y las necesidades propias de la economía representan contrapesos a la voluntad que han expresado en ciertos acuerdos (Acuerdo de París, por ejemplo). Su avance es más lento que lo que marcan los compromisos adquiridos e incluso que lo que las diversas reformas y adecuaciones legales realizadas daban a entender.

Por su parte, las empresas de petróleo y gas natural están bajo mucha presión para que reduzcan su huella de carbón en todas sus operaciones a lo largo de la cadena de valor. No obstante, los grados de compromisos varían mucho en función de su tamaño. En Latinoamérica, las empresas nacionales (National Oil Companies, NOC), como Pemex, adoptan con cierta reserva estas medidas. En efecto, su primera misión es la de asegurar el aprovisionamiento energético de sus países y ser fuente de ingresos públicos. Además, desde la crisis de 2014, el fuerte endeudamiento y la escasa rentabilidad de muchas de ellas explican en buena parte esta cautela.

En este contexto general, este capítulo pretende explorar las políticas que sería conveniente fomentar en la industria de los hidrocarburos en México durante esta fase de transición. ¿Qué medidas adoptar en cada eslabón de la cadena de valor para volver la industria más sustentable? Este capítulo eligió estudiar dos campos en particular. El primero abarca el tema de la contaminación medioambiental con tecnologías y *modus operandi* más limpios; el segundo se enfoca en el tema social

en general, desde cuestiones de seguridad industrial y laboral hasta los impactos sociales causados en los territorios por la presencia de la infraestructura para los megaproyectos de hidrocarburos.

En aras de presentar, en la última parte, algunas alternativas para ayudar al sector hidrocarburos a operar de manera más sustentable en lo general y equitativa en lo social, se ofrecen consideraciones de diversa índole acerca de los diferentes retos que implica una transición de la matriz energética para países —como México— cuyo modelo de desarrollo se fincó durante más de un siglo en los hidrocarburos (petróleo en particular). Luego, se realiza una sucinta revisión de los problemas y obstáculos que este sector vive en la actualidad en su parte industrial, ambiental y social en aras de proponer a continuación algunas pistas que podrían ser útiles, que se respaldan en el marco legal, institucional, tecnológico y social existente.

LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA: ¿RUPTURA O CAMINO GRADUAL?

En el ámbito global

Si bien la transición energética actual apremia, por múltiples razones, es difícil pensar que los cambios serán inmediatos. En efecto, existe una resistencia al cambio en el uso de fósiles, aun si la causa es justa (combatir el calentamiento global). Esta resistencia para repensar y rediseñar el conjunto de instituciones, tecnologías y conductas que han sido el sustento de las actividades económicas e industriales hasta la fecha se suele llamar el *carbon lock-in*. Constituye una modalidad de la teoría de la dependencia (*path dependence*); en última instancia, favorece el *statu quo*. En opinión de Seto y colegas, el *carbon lock-in* se expresa de tres maneras diferentes y

complementarias: la tecnológica, la institucional y la conductual [Seto *et al.*, 2016].

Respecto de lo tecnológico y las infraestructuras, se suelen invocar las rigideces propias de los sistemas energéticos: marcados por el peso de la historia, con el progreso rápido del transporte fundado en un petróleo barato, representan el primer desafío. De hecho, la infraestructura y la tecnología moldean el suministro de energía. Todavía, a inicios de los 2000, más de la mitad del petróleo consumido en el mundo se utilizaba para el transporte aéreo, marítimo y por carretera. “No se modifica a corto plazo una estructura de este tamaño; se suele actuar al margen, intentando influir el desarrollo de la demanda y de la oferta” [Chevalier, 2004: 23]. Por otro lado, si uno revisa la historia de la energía, observa que el surgimiento de un nuevo recurso, por lo general más eficiente que los anteriores, nunca ha sustituido al anterior. En este sentido, el *lock-in* no es específico para los fósiles; representa la dificultad frente al cambio de una fuente de energía por otra.

El segundo aspecto del *carbon lock-in* es institucional: incluye el tipo de gobernanza institucional, la toma de decisión, así como la manera de producir y consumir energía. El bloqueo al cambio se manifiesta tanto en lo internacional como en lo nacional. En 1997, en el marco del Protocolo de Kioto, se decidió aplicar el principio de una reducción progresiva y voluntaria de las emisiones de gases de efecto invernadero. Aquél no se aplicó antes de 2005 y finalizó en 2012. Además, muchos países no lo firmaron, en particular los dos más grandes contaminadores: Estados Unidos y China. Por su parte, los países emergentes no han dejado de invocar la responsabilidad histórica de los países industrializados y una mayoría se resiste a asumir el costo de un fenómeno que no han provocado. En este escenario complicado, Europa ha actuado como jinete solitario, liderando el esfuerzo global y fijando objetivos muy ambiciosos, aunque no puede, con sus limitadas fuerzas

y representatividad, impulsar un cambio radical. Algo similar pasa con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), bajo los auspicios de la Organización de Naciones Unidas (ONU). Constituye el marco general que orienta la discusión global sobre el clima: publica reportes anuales y ha creado diversos mecanismos que propician reflexión y acciones en el mundo [Yergin, 2020: 379]. Si bien estos acuerdos establecen pautas globales para atender la emergencia climática y prevenir el daño al medio ambiente, las acciones concretas en cada nación distan de estar alineadas con estas indicaciones. En efecto, las políticas del sector energético de un país no pueden soslayar ciertos parámetros: el crecimiento demográfico y del producto interno bruto (PIB), los recursos disponibles (en el suelo, y los derivados de las condiciones geográficas y climáticas), las instituciones y el estado de las políticas públicas, así como los avances tecnológicos. Por ende, no existe homogeneidad ni en los tiempos ni en los pasos a seguir: cada nación está influida por determinantes ligados a su propio contexto histórico, institucional, geológico, tecnológico y humano. En último término, el esfuerzo hacia un crecimiento sostenible (económico, social y ambiental) no debe olvidar la meta de seguridad energética y nacional que va a marcar el ritmo del cambio de matriz.

En el marco de un mundo muy desigual, es necesario recordar que la demanda de energía con horizonte a 2050 va a crecer el 15 % en el mundo y será impulsada casi únicamente por la necesidad de progreso de los países emergentes [Exxon Mobil, 2022]. La mayor parte de los escenarios señala que los países y las regiones —la India, África y América Latina— requerirán hidrocarburos durante los años futuros (por lo menos hasta este horizonte), por su papel vital en el transporte pesado y en la petroquímica. La inercia de progreso y crecimiento económicos de los países más desfavorecidos pesará inevitablemente en la velocidad del cambio

de matriz en general. En este contexto es importante interrogarse acerca de la pertinencia de aplicar las mismas medidas en mercados y países con diferentes grados de maduración social, industrial y económica para conseguir optimizar los objetivos de mitigación. Algunos autores invitan a no imponer soluciones del Norte en países que no están en capacidad de aplicarlas so pena de desembocar en el “fracaso de sus acciones, el colapso de los esfuerzos de desarrollo realizado en las últimas décadas y la confrontación de culturas y civilizaciones” [Peleitero *et al.*, 2022: 211]. Al respecto, hablan de la posibilidad de caer en un “colonialismo verde”.

Bajo nobles intenciones —la conservación del medio ambiente—, los movimientos de cambio climático pueden fácilmente caer en una nueva forma de colonialismo —llamado el colonialismo verde—, sobre todo las naciones en desarrollo.

El colonialismo verde es, como el colonialismo del siglo XIX, un movimiento por el cual los países más desarrollados aprovechan sus ventajas, en este caso tecnológicas, para tomar control —directo o indirecto— de los países menos desarrollados. Los mismos que habían sufrido políticas extractivistas y de destrucción medio ambiental, pero que habían podido librarse del yugo exterior externo, son los objetivos de este movimiento [Peleitero y Biersinger, 2022: 211].

Los autores no niegan la importancia de emprender una transición en los países emergentes, si aplican medidas conforme a su propio potencial institucional, económico, tecnológico, etcétera.

Finalmente, el *carbon lock-in* se refiere también a la resistencia en términos de comportamientos, hábitos, así como bienes y servicios vinculados con la energía. Son aspectos fundamentales que suelen ser olvidados —despreciados—, aunque tienen un peso enorme. Según algunas estimaciones,

una transformación en los comportamientos podría disminuir el 50 % de las emisiones de CO₂ de aquí al final del siglo [O'Rourke y Lollo, 2015: 433-459, como se citó en Seto *et al.*, 2016: 439].

Entre los enfoques y propuestas que han surgido a escala internacional, los más radicales instan a erradicar en el muy corto plazo todas las fuentes fósiles (y sus cadenas de valor), aunque sin explicar cómo preservar el ritmo del crecimiento del producto interno bruto (PIB). La visión opuesta cuestiona el origen antropoceno del cambio climático e invoca el *statu quo*. Entre estos dos extremos, la visión intermedia propone una transición progresiva del modelo que obligaría, mientras se modifique por completo la matriz energética, volver más sustentables las operaciones de las industrias fósiles para limitar la contaminación. En el caso del petróleo, se habla de “producir un barril más verde y más sostenible”.

En este panorama, es importante recordar que la sustentabilidad va más allá de la reducción de las emisiones: para alcanzar el *net zero*, es necesario además implementar políticas para capturar y almacenar el CO₂ que el uso de fuentes limpias (renovables) no puede eliminar o bien absorberlo mediante acciones deliberadas (restauración del suelo, gestión forestal, etcétera). En términos sociales, la sustentabilidad invita a revisar la manera de actuar y operar en el territorio: integrar a usuarios y ciudadanos en la construcción de la política energética, ofrecer educación para consumir de manera distinta e implementar programas de responsabilidad social que alientan la participación de los diferentes actores en los estados y municipios con actividades petroleras o gasera (producción, transmisión, refinación, petroquímica, etcétera). Deben ser copartícipes de los beneficios de una industria que genera una renta extraordinaria y no estar condenados a sólo padecer sus externalidades negativas. ¿Cómo se concretan estas consideraciones en México?

El caso de México

En México, país productor de hidrocarburos, el consumo de energías fósiles alcanza todavía el 87 % (49 % de gas natural). Es indicativo del peso del *carbon lock-in*, en sus diversos aspectos (tecnológico, institucional y conductual).

Por su peso en las finanzas públicas a partir de los años ochenta, la extracción de crudo ha jugado un papel predominante desde el punto de vista macroeconómico. No obstante, en la década de los noventa, el tema ambiental empezó a ser considerado en la agenda pública. Con el ejemplo de Estados Unidos, en 1997 se optó por privilegiar el gas natural con ciclos combinados (en lugar de combustóleo) para generar electricidad. Esta medida se contrarrestó por razones hacendarias: se decidió reducir la producción nacional e importar a un precio menor este combustible desde Estados Unidos. Esta decisión —racional en lo económico y lo financiero— ha solapado la soberanía y la seguridad energéticas: las importaciones crecieron de manera exponencial y una dependencia brutal de un solo país. Por su lado, durante los sexenios de Felipe Calderón y de Enrique Peña Nieto, el marco legal ha incorporado de manera paulatina una serie de leyes a favor de la transición energética y del desarrollo sustentable. En la industria eléctrica, en aras de atender una demanda creciente en electricidad (alrededor del 3.2 % por año) se dividió el trabajo entre la Comisión Federal de Electricidad (CFE) —encargada sobre todo de la generación con gas por ciclos combinados— y el sector privado, al que se concedió la posibilidad de generar vía tecnologías renovables (fotovoltaica y eólica). Con base en este esquema, en 2016, se realizaron dos subastas de largo plazo que tuvieron un notable éxito.

El gas natural contribuye altamente a la dinámica descrita por la teoría del *carbon lock-in*. Desde el Acuerdo de París (2015), el uso del gas natural ha aumentado más de 10 %,

sobre todo en Norteamérica y en Asia, sin considerar que su uso implica quema de metano y fugas alrededor de la cadena de producción [Calles *et al.*, 2023].

En México, los imperativos climáticos y las respuestas han estado moldeados por el viejo debate sobre el peso y el papel del Estado contra el mercado. Durante el siglo XX, el modelo de las industrias eléctrica y petrolera se edificaron desde una visión nacionalista que desembocó en un estatismo energético, con la creación de dos monopolios de Estado —Petróleos Mexicanos, (Pemex) y CFE— y diversas legislaciones que convirtieron todas las cadenas de valor del sector en industrias estratégicas, sujetas sólo al control y la administración del Estado. La reforma energética (2013-2014), en aras de contrarrestar inercias e ineficiencias derivadas de este modelo, buscó abrir paso a un mercado de energía y diseñó un nuevo dispositivo institucional que no ha podido cuajar del todo. A partir de 2019, la nueva administración cuestionó severamente este nuevo sistema y buscó restaurar viejas piezas en el nuevo arreglo organizacional, lo que afectó la implementación de numerosos proyectos (en particular en energías renovables), provocó una gran incertidumbre jurídica y una importante caída en las inversiones privadas. Por otro lado, tampoco este sexenio tuvo visión y política claras en cuanto a la descarbonización.

Sin duda, las rupturas intersexenales en los modelos de energía afectan al sector de múltiples maneras y quitan visibilidad a los inversionistas y otros actores. En el futuro sería recomendable obtener un amplio consenso político y social en aras de respaldar una mayor continuidad entre las políticas energéticas sexenales. Este breve recordatorio sintetiza algunos de los principales factores problemáticos que deberán considerarse para modificar el modelo energético nacional. Integrar la dimensión climática y buscar una relación Estado-mercado aceptable por la mayoría del cuerpo social (y político) deberán ser acompañados por la necesidad de atender la

seguridad energética y un crecimiento económico y social equilibrado (que incluya las necesidades de los estratos socioeconómicos menos favorecidos).

En aras de ofrecer algunas alternativas para encaminar la industria hacia una mayor sustentabilidad, empezaremos por presentar los temas particularmente problemáticos en el sector.

LOS HIDROCARBUROS EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE MÉXICO

Desde inicios de los años 1900, México es un país productor de petróleo (y, en menor medida, de gas natural). Rápidamente se colocó como el segundo productor en el mundo después de Estados Unidos; aunque, a partir de la mitad de los años veinte, fue rebasado por Venezuela y otros países. Con la expropiación y la nacionalización del petróleo en 1938, se forjó lo que Ángel de la Vega llamó el Modelo Mexicano de Organización Petrolera (MMOP), una combinación específica de derechos de propiedad sobre los recursos del subsuelo con una organización de la industria centrada en un monopolio de Estado [Vega, 1999: 93]. Si en un primer momento este sistema fue encargado de propiciar la industrialización y el crecimiento estable del sistema económico y político, a partir de los años 1978-1980, con la petrolización de la economía (y aun después), Pemex, vía su régimen fiscal, vino a ser un factor de equilibrio macroeconómico para el país. Por la importancia del sector hidrocarburos en el modelo de desarrollo de esta nación, un cambio de matriz energética que busca erradicar los fósiles, obliga a preguntarse lo siguiente: en el periodo de transición, ¿qué función pueden desempeñar los hidrocarburos para atender la seguridad energética y permitir un crecimiento socioeconómico y ecológico más sano?; ¿qué áreas de oportunidad podrían aprovecharse para lograr esta finalidad?

Sin duda, estas preguntas encaminan hacia una reflexión de fondo sobre el modelo institucional y organizacional de la industria a futuro. Aquí nos enfocaremos sólo en las áreas de oportunidad durante la transición: es difícil diseñar modalidades de buen gobierno del sector sin conocer las características de la nueva matriz energética.

Antes, recordemos brevemente el estado del arte de la industria, en sus dos dimensiones: operativa y socioambiental.

Panorama del sector hidrocarburos en 2023: sus principales retos

En términos generales, el sector hidrocarburos en México presenta deficiencias numerosas a lo largo de toda la cadena de valor.

Ámbito productivo

Una enorme dependencia de las energías fósiles y de las importaciones son los principales retos que el país enfrenta.

En 2023, las energías fósiles predominan todavía en la matriz energética (87 %). El crecimiento de la demanda de gas natural es el único factor de cambio. Representa el 49 % de las energías fósiles, por las múltiples ventajas que ofrece; su demanda rebasó en 2019 la de los productos petrolíferos: su precio es más accesible y emite menos gases de efecto invernadero (GEI). El peso de las importaciones representa el segundo desafío: en 2021, el 47 % de la energía consumida fue importada (petrolíferos, gas seco y coque de petróleo), y afectó el presupuesto nacional.

Al revisar brevemente los diversos eslabones de la cadena de valor, evidenciamos la naturaleza de algunos de los problemas actuales.

Las reservas en petróleo (reservas probadas), calculadas en función de la producción actual, aseguran una extracción menor a diez años. La cancelación de las rondas, a inicios de 2019, restringe su avance y afectará la producción futura. Por su lado, las reservas de gas natural alcanzan apenas para seis años al ritmo actual de producción [Barnés de Castro *et al.*, 2023: 8].

En términos de exploración y extracción, la producción de crudo está estancada en 1.6 millones de barriles por día, en contra de las previsiones que ofreció esta administración a inicios del sexenio. Si bien la producción de gas natural ha vuelto a crecer recientemente, apenas logra abastecer a Pemex: cerca del 90 % del gas utilizado por el sector eléctrico y la industria nacional se importa de Estados Unidos. Es urgente que el gobierno y Pemex diseñen una estrategia integral para asegurar el abasto de gas natural al país.

El Sistema Nacional de Refinación, por su parte, enfrenta múltiples problemas. Las refinerías —que fueron diseñadas para funcionar con crudo ligero (tipo Olmeca)— reciben de Pemex en la actualidad crudo pesado (tipo Maya). Por ende, producen un volumen menor de gasolinas y diésel y, en cambio, una cantidad mayor de combustóleo. Para deshacerse del combustóleo, Pemex lo vende a un precio menor a la CFE y exporta lo que sobra a las refinerías de alta conversión de Estados Unidos y del Lejano Oriente. Para transportarlo, lo tiene que mezclar con crudo ligero que se importa. En vez de que las refinerías del país operen con este crudo ligero para reducir la producción de combustóleo y producir más gasolinas, se usa el crudo ligero para transportar el combustóleo fuera del país. Es una operación irracional en lo económico y en lo energético. Finalmente, la falta de presupuesto y de un mantenimiento adecuado de las refinerías ha ocasionado un número exponencial de accidentes y ausencias laborales.

La petroquímica básica, otro eslabón de gran importancia, ha estado abandonada desde hace 30 años. Esta administración no intentó reactivarla. En tiempos anteriores, el puntal de la industria petroquímica de Pemex era la petroquímica del etano; desafortunadamente, ha caído de manera acelerada a lo largo de los años [Barnés de Castro, 2023]. Es grave porque los productos que provienen del etano representan en volumen y en valor un alto porcentaje de lo que son básicos por Pemex. Las causas de esta escasez de etano en México son múltiples: 1) la disminución de la producción petrolera y sus efectos sobre la producción de gas húmedo asociado; 2) la creciente contaminación de nitrógeno en el gas natural que proviene de la zona marina noroeste y de la zona sur, que ha obligado a aumentar la quema de gas natural a la atmósfera; 3) el bajo factor de planta con el que trabajan las planas criogénicas de los centros de procesamiento de gas; 4) la falta de presupuesto y de mantenimiento de los centros procesadores de gas y de los complejos petroquímicos de Pemex que cuentan en su mayoría con más de 50 años de antigüedad, y 5) el descuido de los programas de capacitación del personal en el sector de la petroquímica (entre otros).

El transporte y la distribución también ofrecen una situación preocupante. Las redes existentes de gas natural no alcanzan la cobertura deseada; la presencia de dos redes de gasoductos resta flexibilidad al sistema de transporte, que además ha sido afectado los últimos años por una regulación de acceso abierto poco transparente. La falta de mantenimiento de los oleoductos ha ampliado el deterioro de las instalaciones y de los ductos. Por su parte, el robo de combustible y el sabotaje (“huachicol” incluido) han empeorado el panorama. Finalmente, Pemex no posee tecnologías de punta (tipo drones) para detectar fugas o robos; en caso de necesidad, tiene que recurrir a las compañías privadas, lo cual evidencia su enorme retraso tecnológico.

Problemas de sustentabilidad

Además de las deficiencias operativas, este sector opera de manera poco sustentable en varios aspectos. Es altamente contaminador: la quema y el venteo de gas son ilustrativos. México no ha buscado ni logrado cumplir con los compromisos nacionales e internacionales: en venteo, ocupa el octavo lugar mundial. A menudo, Pemex pasa por alto las reglas emitidas por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y prefiere pagar sanciones en vez de disminuir la quema de gas para no afectar el volumen de su producción. Por falta de infraestructura, el 16 % del gas natural se quema a la atmósfera o se deja escapar [Barnés de Castro *et al.*, 2023: 8]. Por su parte, la obsolescencia de las plantas de procesamiento de gas natural aumenta la contaminación ambiental. Al mismo tiempo, las consecuencias sociales de operaciones deficientes conducen a resultados drásticos para la población.

Las deficiencias en la seguridad industrial han aumentado últimamente y repercuten sobre la vida laboral. Por falta de mantenimiento de los equipos y de las plantas, el número de accidentes se ha multiplicado, se ha dañado la salud de los empleados, además de contaminar suelos, aire, agua (ríos, mar, etcétera). Por su parte, la mala capacitación del personal y la falta de supervisión en las operaciones (con deficiencias de disciplina operativa en la aplicación de procedimientos de seguridad y falta de comunicación en actividades de riesgo) juegan un papel importante [Pemex, 2022: 110].

La vida social de la industria incluye también otras facetas. “La generación, distribución y consumo de energía no son solamente procesos técnicos o físicos; están también amarrados a dinámicas de cambio social, político y cultural” [Artizia y Ureta, 2022: 8]. La industria de los hidrocarburos en todo el mundo ha sido desarrollada y operada desde una visión vertical, tecnocrática y excluyente, sin tomar en cuenta a la

ciudadanía en el proceso decisional (consumidores, usuarios, etcétera) ni incluir a las comunidades, afectadas por la presencia de la infraestructura de los megaproyectos en sus tierras, en la apropiación de la energía. En el caso de México, se trata de una dinámica que va en contrasentido de las señales enviadas por la expropiación y nacionalización petroleras. En efecto, México fue el primer país en expropiar a las compañías extranjeras y nacionalizar sus recursos en tierra (18 de marzo de 1938) para restituir a la nación sus prerrogativas sobre bienes mineros y recursos naturales (así como su soberanía nacional). Contradictoriamente, aquel movimiento de liberación va a ignorar los derechos fundamentales de las poblaciones locales (indígenas o mestizas) —y agraviar su condición de exclusión— en los territorios en los que se instalaron los numerosos proyectos petroleros.

Durante muchos años, los temas de gestión social —y ambiental— relacionados con las afectaciones ligadas a la presencia de la infraestructura de megaproyectos energéticos fueron las asignaturas pendientes de las diversas políticas energéticas. Hubo que esperar la Reforma Energética (2013-2014) —que abrió toda la cadena de valor de la industria a la inversión privada— para que las externalidades negativas oriundas de la exploración y extracción de hidrocarburos (y la energía eléctrica) en las comunidades fueran, por fin, parte de la agenda pública. Se creó una nueva legislación y nuevas entidades para dar certidumbre a los nuevos inversionistas y, de cierta manera, a las comunidades, así como mejorar la gobernabilidad territorial, si bien los cambios no evidencian una mejor convivencia entre operadores, gobiernos locales y comunidades. Los conflictos siguen, con retrasos o cancelaciones de proyectos, mientras que las comunidades se dividen y se enfrentan respecto a las oportunidades y/o los daños de los proyectos. El marco normativo edificado sigue presentando múltiples deficiencias que le impiden asegurar mejor

governabilidad en los municipios y estados. Tampoco puede atender adecuadamente la deuda histórica del Estado hacia el campo y las comunidades indígenas [Rousseau, 2017a].

Por último, la fragilidad económico-financiera de Pemex representa un reto considerable. El comportamiento deficiente de las variables operativas de Pemex y de malas decisiones financieras acumuladas a lo largo de los años generaron problemas estructurales fuertes. Si la capacidad de generación de flujo antes de impuestos es aceptable, la política fiscal anula los resultados y el flujo final residual es negativo. El sobreendeudamiento de la empresa a mitad del sexenio anterior transformó a Pemex en la empresa más endeudada del mundo. A partir de 2017, el gobierno destina recursos para cubrir la brecha financiera y rescatar a la empresa [Rousseau, 2024]. En este sexenio, varias acciones han afectado las finanzas públicas: la política de subsidios de los combustibles fósiles (1.6 % del PIB) así como los pasivos laborales enormes de Pemex. Las diversas calificadoras (Fitch, Moody's y Standard & Poors) bajaron sus calificaciones de positivas a negativas. Además, hoy en día la producción de hidrocarburos ya no es la palanca de desarrollo que fue en el pasado para México: si se descuentan las aportaciones de capital del gobierno federal a Pemex los últimos años, la aportación neta de los ingresos petroleros representa sólo 5.6 % de los ingresos totales del gobierno federal, comparados con 30 % hace unos 10 o 15 años [Barnés de Castro *et al.*, 2023: 8].

¿HACIA UNA MEJOR SUSTENTABILIDAD DEL SECTOR HIDROCARBUROS EN MÉXICO?

Edificar un marco institucional que propicie una nueva gobernanza para atender la complejidad regulatoria e interinstitucional en la que operarán Pemex, CFE y la industria privada en un contexto de descarbonización gradual del sec-

tor, es un reto imprescindible de atender. Este capítulo no aborda este tema, sumamente amplio y complejo; se limita a examinar las oportunidades y retos que enfrentará el sector si quiere cooperar para un progreso más equilibrado y justo en lo económico, social y ambiental.

La descarbonización y sostenibilidad del sector

Áreas de oportunidad para disminuir las operaciones contaminantes

Mientras la matriz energética del país siga basada en los fósiles, será indispensable atender los problemas y rezagos mencionados para propiciar mayor sustentabilidad del sector. De los tres tipos de alcance de descarbonización, sería conveniente que, por lo menos Pemex —y las empresas del sector hidrocarburos en México—, tenga como objetivos reducir las emisiones del alcance 1: las emisiones generadas de manera directa en las operaciones a lo largo de la cadena de valor [Peleteiro y Biersinger, 2022: 195]. Para ello, en este capítulo se propone examinar en un primer momento tecnologías de punta que contribuyen a reducir la huella de carbono en el horizonte 2050; se concentra en tres de ellas. La primera está dirigida a los hidrocarburos: la captura de carbono y el almacenamiento del CO₂. Las otras dos provienen de la búsqueda de combustibles que no son de origen fósil (en particular, para el transporte): los biocombustibles y el hidrógeno.

La captura de carbono y el almacenamiento del CO₂

El interés por capturar el CO₂ surgió hace más de una década. Es una tecnología que permite trabajar con el carbono mismo: consiste en capturar el CO₂ del crudo producido para

reinyectar en reservorios herméticos, que sean yacimientos agotados de petróleo o de gas o bien cavernas salinas que cumplan con ciertas normas [Yergin, 2020: 404]. Se comprime para reducirlo en un líquido, se transporta por ductos y se almacena bajo tierra.

La “captura y almacenamiento de carbono” (CCS, por su expresión en inglés) se considera una de las vías tecnológicas imprescindibles para alcanzar una intensa descarbonización en el horizonte 2050. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21) y el Acuerdo de París volvieron a estimular esta tecnología con proyectos de CCS; poco después, se habló de “carbón, uso y almacenamiento” (CCUS, por su expresión en inglés). Después del Acuerdo de París, la Oil and Gas Climate Initiative —un grupo de trece compañías petroleras y/o gaseras— creó un fondo de investigación de 1.3 mil millones de dólares para estudiar tecnologías propicias a la transición energética, centradas sobre el CCUS. El gobierno de Estados Unidos, por su parte, estableció lo que se conoce como el “45Q”, que otorga un incentivo fiscal para las tecnologías de CCUS, análogo a los créditos fiscales cruciales para comercializar lo eólico y lo solar en Estados Unidos [Yering, 2020: 405]. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), las instalaciones actuales de CCUS en el mundo permiten capturar del orden de 20 millones de toneladas de CO_2 . El CO_2 capturado puede almacenarse y utilizarse de diversas maneras (reinyección en yacimientos de petróleo como recuperación secundaria para mantener la presión); también puede utilizarse en la industria como insumo (química, alimentaria y fertilizantes principalmente) y ofrece un potencial enorme como combustible del futuro. Es una técnica todavía muy costosa, y es de esperar que los avances en la innovación tecnológica en los próximos años permitan reducir los costes. Por otro lado, la búsqueda actual vuelve a mirar la naturaleza y su manera de absorber el carbono y hay proyectos de investigación que fabrican plantas enormes dotadas de un gran apetito por

absorber el CO₂ [ExxonMobil, 2022; Yergin, 2020: 405]. Lograr que estas tecnologías sean aplicables masivamente tomará tiempo y tiene un alto costo económico. Según ciertos cálculos, sólo en los años de la década de 2030 se empezará a tener visibilidad sobre el ritmo de los avances en este campo.

En México, la experiencia del CCUS ha sido poco afortunada, a pesar de las ventajas que existen por la presencia de grandes yacimientos agotados (crudo, gas) para almacenar el CO₂. Esta reticencia es poco explicable en la medida en que podría permitir manufacturar acero y cemento, entre otros productos.

Fuentes de combustibles alternativos

Los biocombustibles líquidos

La importancia de los biocombustibles va a crecer mucho, en particular en el transporte aéreo y marítimo (aumento exponencial) y en el transporte pesado comercial (se triplicará) [ExxonMobil, 2022]. Hoy día el transporte aéreo no está listo para ser electrificado, lo cual hace muy atractiva la opción de los biocombustibles. El *sustainable aviation fuel* (SAF) presenta una ventaja enorme: no requiere adaptar los motores existentes, y evita así inversiones en gastos de capital (Capex, por su expresión en inglés). Son combustibles —fabricados con caña de azúcar, etanol, etcétera— para motores a explosión destinados a la combustión. Su defecto es que compiten con la superficie agraria para la alimentación y plantean el dilema “alimentación humana (o animal) *versus* energía para el transporte”. Recientemente ha habido innovaciones interesantes con los biocombustibles llamados de “nueva generación”, que se obtienen mediante materias primas de lignocelulosa y algas.

Exxon Mobil trabaja con la camelina: una planta que no desplaza los cultivos alimentarios, es de bajo costo y con emisiones ultra bajas en carbono. En 2022, firmó un acuerdo con Global Clean Energy Holdings para comprar 2.5 millones de barriles de diésel renovable por año durante cinco años. Total Energies, por su parte, ha desarrollado proyectos similares. Estas opciones deberían ser materias de investigación en México.

Por su parte, el biogás es prometedor. Es un gas renovable que se obtiene de la digestión anaerobia de la materia orgánica (procesos de descomposición biológica en ausencia de oxígeno) y de la gasificación de la biomasa [Peleteiro y Biersinger, 2022: 205]. Contribuye a la gestión de residuos y al mejoramiento del medio rural y de la economía circular: su materia prima proviene de aguas residuales, vertederos de basura y residuos agrícolas, ganaderos y de la industria alimentaria. La producción mundial actual es pequeña, con un gran potencial de crecimiento. Puede ser una de las fuentes energéticas para sustituir gradualmente el gas natural. Al igual podría ser un nicho interesante para México si decide otorgar incentivos económicos.

El hidrógeno: otra alternativa a los combustibles fósiles

El hidrógeno como fuente de combustible podría disminuir la huella carbono en los sectores de la industria y del transporte, sobre todo si es hidrógeno verde. El hidrógeno no es una fuente de energía primaria sino sólo un vector. Es producto de la conversión de otra energía para transformarlo en energía, lo que le resta sentido en materia de termodinámica: la tasa de conversión energética es muy alta y, por ende, su rendimiento no es tan interesante. El hidrógeno natural o blanco (*naturally occurring hydrogen*) es el único que es realmente interesante, con pocas fuentes localizadas todavía.

No obstante, el uso del hidrógeno —aunque no sea blanco (natural)— puede ser de interés para la movilidad y la industria (petroquímica, cementera, acerera y alimenticia); además, se puede almacenar y transportar fácilmente. El sector de los hidrocarburos produce alrededor del 90 % del hidrógeno, sobre todo a partir del gas natural. De éste, la mayor parte es hidrógeno gris (con generación de CO_2 que se emite a la atmósfera); por su lado, el hidrógeno azul se obtiene de la misma manera que el gris excepto que, allí, se captura el CO_2 (almacenamiento permanente o insumo para otras aplicaciones). A pesar de que no es completamente limpio, emite menos CO_2 que el hidrógeno gris. El verde se obtiene mediante electrólisis del agua desmineralizada con fuentes renovables para generar la electricidad necesaria: sus emisiones son nulas [Peleteiro y Biersinger, 2022: 207-208].

En general, las empresas petroleras se interesan más por el hidrógeno azul por las sinergias con su negocio tradicional de procesamiento de gas natural y refinación de crudo. Es una manera de alargar la vida del gas natural como “energía de transición”. En el mundo funcionan 448 proyectos de hidrógeno (Europa, 250; Asia y China, 121, y América, 77) con una producción total de 90 millones de toneladas al año —el 90 % de hidrógeno gris (con base en gas natural)—. México ha acumulado mucho retraso en comparación con sus vecinos latinoamericanos, por el poco interés manifestado por la actual administración. No obstante, existen tres proyectos de hidrógeno en consolidación: en Baja California, Guanajuato y Durango.

No se abordarán aquí dos campos que México debería promover con más empuje. Uno es la cogeneración eficiente: es la tecnología más relevante si bien no ha tenido éxito en México. Nuevo Pemex es el único en elaborar un proyecto exitoso (2013-2033), mientras que los proyectos aplicados a refinerías o petroquímicas enfrentaron muchos problemas (contratos y tarifas entre CFE y Pemex). Sería muy oportuno

reactivar los proyectos de cogeneración eficiente sin replicar los errores del pasado. Otro es el ahorro y uso eficiente de la energía que representa la mejor manera de contribuir a la reducción de emisiones. Sería conveniente fortalecer a la Comisión Nacional para el Ahorro y Uso Eficiente de la Energía, así como actualizar las normas oficiales.

Alternativas para una sustentabilidad social más apropiada

Como se mencionó anteriormente, el tema de sustentabilidad social está ligado a la dimensión tecnológica del sistema energético vigente. Constituye un sistema sociotécnico (en la línea de la escuela de Tavistock) y no sólo un sistema técnico-tecnológico. El espacio organizacional en torno a la cadena de valor de las diferentes fuentes de energía es también un espacio de poder y de dominio con una apropiación desigual de la energía (en producción, distribución y consumo). Así, la transición energética no puede ser sólo un cambio de *mix* energético (menos carbonado), sino una transición socioeconómica y política. En este sentido, es un momento idóneo para repensar y rediseñar las dinámicas sociales ligadas a la emergencia de nuevas fuentes y tecnologías. Mientras tanto, el esfuerzo que hará el sector de los hidrocarburos para operar de manera más limpia debe también alcanzar la búsqueda de alternativas para integrar mejor a la población en las decisiones que la afectan, y en los beneficios que la industria deja al ejecutar la actividad en sus territorios.

Es importante integrar a la ciudadanía en la toma de decisiones lo que requiere una verdadera e intensa política de información y una educación de calidad (en diversos ámbitos —escolares, mediáticos, de asociaciones—, de buen nivel y accesible a todos para evitar toda demagogia) en aras de eliminar la práctica nefasta de buscar el apoyo ciudadano en el último momento al tener soluciones tecnológicas ya predeterminadas.

El consumidor —que además paga impuestos— debe estar mucho más involucrado en decisiones que lo afectan directamente, en su monedero y en su vida cotidiana. Esta política de integración también debe beneficiar a los políticos de nivel medio: muchos de ellos (cámaras de diputados —estatal o federal— y, a veces, de senadores) desconocen el contenido de las iniciativas que deberán votar.

Por otro lado, habrá que revisar de manera cuidadosa los artículos 118 y 121 de la Ley de Hidrocarburos y su respectivo Reglamento, artículos del 78 al 89, que son los rectores de la política pública en materia de impacto social y consulta previa libre e informada (CPLI) en hidrocarburos. Será necesario fortalecer de diversas maneras los órganos constituidos en 2015: darles mayor autonomía política y administrativa (no pueden ser juez y parte), aumentar sus partidas presupuestales. Estas carencias impiden que contraten personal suficiente para la cantidad de evaluación de impacto social (Evis) a revisar y para orientar y dar seguimiento a los casos. Por otro lado, implementar la regulación requiere de una buena coordinación entre los tres niveles de gobierno (federación, estado, municipio) porque muchas veces se actúa desde una posición política que resulta en enfrentamiento. Las demandas sociales que surgen de proyectos o temas energéticos en diversas ocasiones se han mezclado con otras demandas y rezagos sociales que tienen diferentes orígenes y con intereses político-electorales de numerosos actores.

Una adecuada normatividad, y su debida aplicación organizativa y operativa en campo, permitiría transparentar las acciones ante las demandas y conflictos sociales y abstraerse del juego político-electoral. Por su lado, en su mayoría, las empresas perciben las Evis como un mecanismo procedimental para continuar con el proceso administrativo y no como la herramienta clave que les permitiría tener una relación positiva de largo plazo con la comunidad. Tienden a emplear empresas consultoras para realizar Evis, sin conocimiento

en temas de derechos humanos, materia indígena ni experiencia con las comunidades. Lleva a cabo Evis de escritorio, lo cual no les permitirá entender ni comunicarse con las comunidades. Si bien es cierto que ha mejorado un poco la situación, falta todavía una mayor profesionalización y regulación de los consultores para realizar las Evis (establecer criterios mínimos para un trabajo de esta naturaleza e importancia).

La mayor conflictividad en hidrocarburos se ha dado en la construcción de gasoductos. Lo ejemplifican la falta de conclusión de las obras Tuxpan-Tula, El Encino-Topolobampo y el Gasoducto Sonora. En los tres casos, se trata de comunidades indígenas; son los ejemplos más claros en el subsector de la judicialización de los casos. Sobre el petróleo, la constante es el bloqueo a instalaciones y pozos de Pemex en el sureste, con liderazgos sociales y políticos arraigados. Finalmente, falta discutir con la profundidad necesaria la situación de inseguridad en el país y su relación con los conflictos sociales, secuestros, amenazas, derecho de piso, extorsión. ¿Qué sucede al converger estas situaciones con problemas en las comunidades? ¿Cómo van las empresas a manejar esta situación? ¿Cuál ha sido la experiencia en otros países, como Colombia? [PNUD *et al.*, 2016]. ¿Cómo evitar que un proyecto no forme parte del círculo de las extorsiones y se convierta en rehén de situaciones que ahondan los conflictos en las comunidades?

A MANERA DE CONCLUSIÓN

Este capítulo se ha dado como misión ofrecer un panorama amplio acerca de la complejidad de los retos que conlleva una transición de la matriz energética —para descarbonizar, conservar el medio ambiente y restaurar el tejido social desgarrado por un extractivismo desconsiderado— en países cuyo modelo de desarrollo está fincado en los hidrocarburos.

Antes de enfocarse en el caso mexicano, se ha querido ofrecer una visión general, por ser el tema un asunto global. Se ha buscado presentar un abanico de temas sensibles al hablar de transición energética: desde los diversos tipos de resistencia que suelen presentarse —tecnológico, institucional y cultural (*carbon lock-in*)—, el “colonialismo verde” o la imposición brutal desde el Norte de medidas poco adaptadas a países emergentes con distinto grado de desarrollo (económico, social, político, tecnológico), hasta la necesidad de considerar el sistema energético como un sistema “sociotécnico” —con una interacción constante entre lo técnico y lo social—, lo cual implica que cualquier cambio en la matriz energética tendrá que ser pensado y diseñado bajo este criterio. La presentación rápida de los principales problemas que conoce la industria petrolera (y gasera) en México hoy en día es un pretexto para exponer algunos caminos por los cuales podría encaminarse la política del próximo gobierno en términos de hidrocarburos.

Finalmente, la selección de tecnologías de punta que se respaldan en los hidrocarburos —con posibilidad de extender su plazo de vida sin dañar el medio ambiente— es una invitación a que México examine hacia dónde dirigir una parte de su política de investigación y desarrollo en los próximos años. En lo social, sólo se ofrecieron consideraciones generales; un estudio más profundo exigiría un espacio mucho mayor. Estas indicaciones son relevantes para empezar a diseñar propuestas en varios niveles.

BIBLIOGRAFÍA

- Aritzia, T. y Ureta, S. (eds.) [2022], *La vida social de la energía. Políticas, fricciones y futuros de las transiciones sustentables*, Santiago, FCE.
- Barnés de Castro, F. J. [2023], “La petroquímica del etano en Pemex. Crónica de una muerte anunciada”, *Energía a Debate*, México, Mundi, 19(90): 14-17, <<https://cutt.ly/ZwCHbUbv>>.

- Barnés de Castro, F. J.; Barrios, C.; Borrás, R.; De la Garza, R.; Estrada, B. *et al.* [2023], “Problemas del sector energético”, ms., Méxicolectivo.
- Calles Almeida, P.; Strambo, C. y Arond, E. [2023], *Transition or lock.in? Tracking institutional support for gas in two Latin American case*, Estocolmo, Stockholm Environment Institute.
- Chevalier, J.-M. [2004], *Les grandes batailles de l'énergie. Petit traité d'une économie violente*, París, Gallimard.
- Chevalier, J.-M. Derdevet, M. y Geoffron, P. [2012], *L'avenir énergétique: cartes sur table*, París, Gallimard.
- Díaz, S. [2024], “Pemex pierde 18.17 millones de pesos al día por huachicol”, *El Economista*, México, 1 de febrero, <<https://bit.ly/3OFF6pa>>.
- ExxonMobil [2022], “Outlook for Energy 2022”, Exxon Mobil, <<https://rb.gy/1ei8eh>>.
- Nava, D. [2023], “Los accidentes en Pemex aumentan en lo que va del sexenio morenista”, *Expansión.mx*, 28 de febrero, <<https://bit.ly/3OFKg4s>>.
- O'Rourke, D. y N Lollo [2015], “Transforming consumption: From decoupling, to behavior change, to system changes for sustainable consumption”, *Annual Review of Environment and Resources*, San Mateo, Annual Reviews, San Mateo, Annual Reviews, 40: 233-259.
- Peleteiro, M. y Biersinger, M. [2022], “Tecnologías de puente para alcanzar la transición energética en México/ América Latina”, en Enríquez, D. y Villegas, Y. (coords.), *Energía 2050. Tecnologías, mercados y regulación*, México, Tirant lo Blanch, 189-217.
- Pemex [2023], “Resultados al segundo trimestre 2023”, Gobierno de México, Pemex, <<https://bit.ly/48gKRAD>>.
- Pemex [2022], “Informe de sostenibilidad 2022”, Gobierno de México, Pemex, <<https://cutt.ly/zwCHctTn>>.
- PNUD *et al.* [2016], “Diagnóstico de la conflictividad social: estrategia territorial para la gestión equitativa y sostenible

- del sector hidrocarburos”, Bogotá, Agencia Nacional de Hidrocarburos/Ministerio de Minas y Energía/Ministerio del Interior/Ecopetrol/PNUD, 2016, <<https://rb.gy/dgjskm>>.
- Rousseau, I. [2024], “Desafíos para plantear un nuevo modelo energético en México”, *Este País. Tendencias y Opiniones*, 5 de febrero.
- Rousseau, I. [2017a], “La nueva regulación de la gestión social de los proyectos energéticos en México. Seguridad, sustentabilidad y gobernabilidad”, *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, nueva época, LXII(230), mayo-agosto: 197-220.
- Rousseau, I. [2017b], *Tribulaciones de dos empresas petroleras estatales, 1900-2017 (Trayectorias comparadas de Pemex y PsVSA)*, México, El Colegio de México.
- Ruiz Alarcón, F. [2023], “Pemex en el cuarto trimestre de 2022”, México, Comisión de Energía del Senado de la República.
- Seto, K. C.; Davis, S. J.; Mitchell, R. B.; Stokes, E. C.; Unruh, G. y Urge-Vorsatz, D. [2016], “Carbon lock-in: Types, causes, and policy implications”, *Annual Review of Environment and Resources*, San Mateo, Annual Reviews, 41: 425-452.
- Unruh, G. [2000], “Understanding carbon lock-in”, *Energy Policy*, Ámsterdam, Elsevier, 28(12): 817-830.
- Vega Navarro, A. [1999], *La evolución del componente petrolero en el desarrollo y la transición de México*, México, UNAM-Programa Universitario de Energía.
- Yergin, D. [2020], *The new map. Energy, climate and the clash of nations*, Nueva York, Penguin.

6. Los vaivenes de la nueva gerencia pública en el gobierno de México: el caso de la política energética

Israel Solorio

INTRODUCCIÓN

En las últimas tres décadas, la administración pública en México ha experimentado diversas reformas administrativas que reconfiguraron su estructura y funcionamiento [Pardo y Cejudo, 2016]. De forma similar a otras partes del mundo [Dussauge-Laguna, 2009], en nuestro país estas reformas sirvieron para dar respuesta a un conjunto de crisis que enfrentaba el Estado: fiscal, financiera, socioeconómica y, sobre todo, de índole política. Cabrero [1997] explica la necesidad de modernizar la administración pública como una forma de solucionar la crisis de legitimidad del Estado benefactor y las exigencias de un repliegue estatal por parte de diferentes sectores sociales. En este mismo sentido, Uvalle [2012] plantea el desgaste de las prácticas de los Estados intervencionistas (centralidad, burocratización, verticalidad) en un contexto de globalización.

La crítica no sólo recayó sobre el tamaño y la dimensión del Estado, sino también sobre los métodos de organización y prácticas de gestión [Cejudo, 2011]. En este contexto, la nueva gestión pública (NGP) emergió como doctrina para reorientar las ideas sobre la administración pública [Hood, 2011], constituyéndose en una “visión privada de lo público” que cimbró

las estructuras gubernamentales alrededor del mundo —que incluye a México [Guerrero, 2003: 381]—. En palabras de Cejudo, la “combinación de reducir costos, flexibilizar burocracias, empoderar a los ciudadanos y mejorar bienes y servicios públicos representaba una oferta atractiva en sus recomendaciones a los gobiernos de todo el mundo” [Cejudo, 2011: 31].

Tras más de 30 años de su surgimiento, la NGP no sólo ha perdido su frescura, también dejó de ser la promesa de revolucionar el sector público [Kettl, 2000]. Como concepto paraguas su utilidad teórica residió en la capacidad para englobar el conjunto de doctrinas similares que predominaron en las reformas administrativas de las décadas finales del siglo pasado [Hood, 2011]. En la práctica, los gobiernos aplicaron selectivamente algunos de sus elementos (gestión más adecuada de los fondos públicos, favorecer la competencia, aplicación de propuestas y metodologías propias del sector privado a la gestión pública, asimilación del ciudadano al cliente, la medición y el control del impacto que tiene una medida en el bienestar de la población) y dejaron fuera otros de acuerdo con sus necesidades, restricciones y problemas político-administrativos particulares [Cejudo, 2011; Gómez Cárdenas, 2011].

En años pasados, estudiar la forma en que se diseñaron e implementaron los programas inspirados en esta doctrina se convirtió en una atractiva agenda de investigación [Barzelay, 2003; Bryson *et al.*, 2014]. En la literatura emergió un consenso de que, si bien la NGP fue innovadora en muchos aspectos, puesta en su justa dimensión nunca terminó de desplazar a la “vieja administración pública” [Arellano Gault, 2002]. En realidad, prevalece una mezcla de distintos modelos o paradigmas publiadministrativos donde lo viejo coexiste con lo nuevo [Dussauge-Laguna, 2009; Osborne, 2006].

Mucha tinta ha sido vertida para discutir los alcances y límites de ésta y sus reformas administrativas, estas últimas orientadas hacia la transformación interna de las organizaciones públicas en términos de estructura, funcionamiento y

resultados [Gómez Cárdenas, 2011]. En México, la NGP como discurso y práctica llegó ante el agotamiento del Estado interventor [Uvalle, 2012]. A partir del sexenio de Ernesto Zedillo (1994-2000), esta doctrina fue introducida vigorosamente por medio de agendas y planes para mejorar las administraciones [Cejudo, 2011], aunque no todos los sectores ni niveles de gobierno fueron afectados ni al mismo tiempo ni con la misma intensidad.

En la academia mexicana, el principal esfuerzo por comprender su potencial transformador fue coordinado por Pardo y Cejudo [2016]. Las contribuciones a esta obra colectiva ponen atención en el llamado núcleo duro de la administración pública, tal es el caso de las reglas burocráticas [Nieto Morales, 2016], la gestión del personal público [Méndez, 2016] y otros temas como la descentralización administrativa [Olmeda, 2016]. En el ámbito estatal, las investigaciones de Martínez Vilchis [2005 y 2009] han significado valiosas contribuciones para conocer su impacto en la estructura gubernamental de las entidades federativas. Lo cierto es que el grueso de publicaciones ha tenido una inclinación más teórica que empírica, y queda mucho por explorar sobre la forma en que esta doctrina se ha impregnado en el sector público mexicano. Particularmente hacen falta estudios que den cuenta de la forma en que inspiró cambios organizacionales en los diferentes sectores de la administración pública mexicana [Manzano, 2018].

En paralelo a la NGP, el concepto de gobernanza adquirió centralidad como modelo para describir la nueva forma de relaciones entre Estado y sociedad en la búsqueda por la eficiencia [Aguilar, 2007]. Si su sello emblemático fue “constituir una interfase entre el Estado y la sociedad a través del mercado” [Guerrero, 2003: 381], la gobernanza se convirtió en el dispositivo ideal para reestructurar las relaciones de poder en línea con sus prescripciones gerenciales. Este texto tiene como objetivo estudiar la forma en que las reformas administrativas en México retomaron tanto principios y conceptos centrales de la

NGP como esquemas organizativos de la gobernanza. Este artículo se adentra en los cambios al sector energético mexicano, y ahonda en el análisis de las reformas administrativas dentro del subsector eléctrico. Dada la dimensión temporal del análisis, se espera no sólo explorar la forma en que ésta inspiró los cambios administrativos en el sector energético mexicano, sino también observar el posible revés de esta agenda ante los cambios políticos recientes. En este análisis, no se consideran los cambios aprobados en octubre del 2024 (por lo reciente de su adopción).

A esta introducción le siguen cuatro partes. La siguiente parte presenta, de forma muy sucinta, la NGP y gobernanza como marco analítico de este trabajo. Tras ello, un breve apartado metodológico explica la forma en que este trabajo se aproxima al estudio de las reformas administrativas en el sector energético y justifica la selección del caso de estudio, así como el análisis temporal. Previo a la parte empírica de esta investigación, se presenta al sector de la energía como parte del sistema público administrativo de México. El caso consiste en un análisis de las reformas administrativas en el subsector de la electricidad, que incluye los esquemas organizativos de gobernanza. La última sección presenta algunas reflexiones finales sobre su implementación en México, así como su impacto en la administración pública y dinámicas de resistencia.

MARCO ANALÍTICO

Nueva gestión pública

Como ya se ha mencionado, la NGP es ante todo un concepto paraguas que permite “denotar un conjunto de decisiones y prácticas administrativas orientadas a flexibilizar estructuras

y procesos y a introducir mayor competencia en el sector público” [Cejudo, 2011: 17]. Christopher Hood [2011], autor del texto fundador del debate académico sobre el tema, la define como una unión de corrientes de ideas sin que haya una explicación única y aceptada de cómo y por qué se fusionaron. Como doctrina, se nutre tanto de la escuela de elección pública como del gerencialismo [Cejudo, 2011]. Hay autores que trazan sus orígenes desde la expansión temprana del neoliberalismo [Guerrero, 2003] y quienes la señalan cercana al libertarismo [Arellano y Cabrero, 2005].

Ella emerge como una crítica a la centralización jerárquica y a la reglamentación precisa e inalterable [Aguilar, 2007]. Por ende, esta doctrina defiende la superioridad de las técnicas de gestión del sector privado sobre las de la administración pública tradicional y estima que su aplicación en los servicios públicos conducirá de forma automática a mejorar la eficiencia y eficacia de los servicios [Osborne, 2006]. Como respuesta, desde un sector de la academia de la administración pública ha persistido la crítica sobre la falta de soporte empírico para sus postulados [Cejudo, 2011].

En su texto fundador, Hood [2011] define diferentes componentes doctrinarios: 1) la gestión profesional activa en el sector público con el propósito de dar mayor control discrecional de las organizaciones públicas a los altos directivos; 2) estándares y mediciones explícitos del desempeño idealmente expresados en términos cuantitativos; 3) mayor énfasis en los controles de resultados y asignación de recursos y recompensas con base en esta lógica; 4) cambio hacia la desagregación de las unidades del sector público para dismantelar los viejos sistemas de gestión jerárquicos; 5) cambio hacia una mayor competencia en el sector público como clave para reducir costos y mejorar niveles en la prestación de servicios; 6) hacer hincapié en las prácticas administrativas del sector privado junto con la flexibilización en la contratación, y 7) mayor disciplina

y ahorro de los recursos para hacer más con menos en el sector público. Como apunta Osborne [2006: 383], la NGP se inclina por el establecimiento de una administración pública de naturaleza desagregada con un enfoque en la gestión intraorganizacional y se pone por encima de los valores de eficacia y competencia a la ética del sector público.

Si bien algunos trabajos empíricos han rastreado la penetración de ésta en América Latina de forma exitosa con el marco antes presentado [Pliscoff-Varas, 2017], esta investigación emplea la propuesta por Guerrero [2003] para estudiar su configuración en México. Por un lado, el autor pone sobre la mesa un conjunto de conceptos fundacionales: *privatización*, que incluye la exprivatización para transferir la producción de bienes y servicios a la administración privada y la endoprivatización para incluir las técnicas de la administración privada en el sector público; *mercado*, utilización del modelo de mercado dentro del sector público; *competencia*, las organizaciones públicas son rediseñadas dentro del modelo de contrato y emergen las figuras de subcontratación y externalización; y *orientación al cliente*, donde la idea del cliente sustituye a la noción del ciudadano.

Por otro lado, el autor también señala los elementos que reconfiguran el funcionamiento del aparato administrativo: el *enfoque empresarial gerencial*, donde se combinan los papeles de empresario y gerente; la *gerencia por objetivos y resultados*, donde se formulan estándares explícitos y medidas de rendimiento; la *agenciación*, que implica la desarticulación en unidades menores para operar con libertad y flexibilidad; y la *reducción de costos* para ensanchar la eficiencia en la asignación de los recursos públicos (cuadro 1). Los elementos propuestos por Guerrero [2003] se describen en el siguiente cuadro en aras de guiar mejor el análisis.

Cuadro 1. Elementos configurativos de la NGP

Conceptos fundacionales	Elementos configurativos del aparato administrativo
Privatización	Enfoque empresarial gerencial
Mercado	Gerencia por objetivos y resultados
Competencia	Agenciación
Orientación al cliente	Reducción de costos

Fuente: elaboración propia con base en datos tomados de Guerrero [2003].

*Gobernanza*¹

Gobernanza es un término que puede ser hallado casi en cualquier parte del mundo político; gobiernos, organizaciones no gubernamentales (ONG), académicos y consultoras, todos emplean, para bien o para mal, esta palabra. Tanto así que algunos de sus máximos exponentes han advertido sobre los riesgos que conlleva su uso. Levi-Faur [2012] ha referido que gobernanza es un concepto paraguas que puede incluir agendas de investigación tan diversas como la eficiencia o legitimidad en el ejercicio de gobierno o la producción de un orden multidimensional dentro del Estado, por el Estado, sin el Estado e incluso más allá del Estado. Por su parte, Peters [2012] lo ha definido como un concepto de moda tan común que alcanza el grado de fetiche, empleado en contextos tan disímolos como el de las organizaciones internacionales o en relación con la gobernanza corporativa de las organizaciones del sector privado.

Para Knill y Tosun [2012: 200], la vaguedad del concepto gobernanza puede ser rastreada en el hecho de que éste ha sido usado no solamente para fines analíticos sino, sobre todo,

¹ Esta sección retoma extractos publicados en Solorio [2021].

en un sentido normativo. Al ser reinterpretado en el marco de la reforma neoliberal del Estado en la década de 1980, la gobernanza pronto adquirió tintes normativos con la idea de fortalecer la legitimidad del Estado y su responsabilidad ante los ciudadanos [Rhodes, 2012]. Desde entonces, la agenda de la “buena gobernanza” ha sido promovida por organizaciones internacionales, como Naciones Unidas, el Banco Mundial, y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), para promover valores propios de las democracias liberales occidentales. En un contexto de reformas neoliberales y transición política en muchos países, la búsqueda de eficiencia económica dio como resultado la difusión de la gobernanza como método para la apertura del proceso de políticas públicas a actores privados y de la sociedad civil [Aguilar, 2007].

Con este telón de fondo, es fácil entender la prevalencia de aproximaciones normativas a la gobernanza en México, lo cual es visible al acercarse a la obra de los principales estudiosos del gobierno y los asuntos públicos. Por ejemplo, para Aguilar [2006], gobernanza incluye la distinción entre capacidad y eficacia directivas del gobierno. En la misma lógica, Uvalle [2012: 112] sostiene que con la gobernanza “emergen condiciones, actores y acciones que luchan para incidir en la redistribución del poder, hasta estructurar uno nuevo —apertura, publicidad, innovación, responsabilidad—”. De tal manera, se vuelve importante distinguir entre la acepción normativa y descriptiva del término. La primera hace referencia a la importancia de que la dirección de la sociedad trascienda la acción gubernamental, mientras la segunda alude a la mayor capacidad de decisión e influencia que los actores no gubernamentales [Aguilar, 2006].

Progresivamente, el uso de gobernanza se ha asentado para indicar más un nuevo modo de gobierno, distinto al modelo jerárquico de control, más cooperativo, donde el Estado y los actores no estatales participan en redes público/privadas

[Mayntz, 2003: 27]. Para Knill y Tosun [2012: 201], la gobernanza implica —en un sentido amplio— un esfuerzo de conducción política y, por ende, de coordinación de las acciones individuales para alcanzar ciertos objetivos de política pública. Si la gobernanza se refiere a los nuevos métodos bajo los cuales la sociedad es gobernada [Rhodes, 2012], el elefante en la sala es, a todas luces, el grado y tipo de participación social que involucra. Ésta es una fractura fundamental en la literatura sobre gobernanza: mientras la NGP puso entre la década de 1990-2000 el énfasis en los enfoques de mercado y en una visión del ciudadano como cliente [Guerrero, 2009], más recientemente ha ido más allá de este criterio y sostiene que la participación ciudadana contribuye a una acción de gobierno más legítima, inclusiva, flexible y efectiva [Howlett *et al.*, 2017].

Esta investigación se inclina por estudiar la gobernanza en su acepción descriptiva. Si la gobernanza implica para el Estado una creciente necesidad de cooperar con el mercado y los diferentes sectores sociales [Serna de la Garza, 2010], se cuestiona qué tanto la competencia es parte de la participación y, por ende, la gobernanza implica (o no) la misma posibilidad de incidir en el proceso político para todos los actores [Fischer, 2018].

MÉTODO Y FUENTES

En su revisión de la NGP en México, Cejudo [2011: 39] argumenta que flexibilidad y competencia como sus componentes centrales han estado “prácticamente ausentes” de las reformas administrativas. Si bien pone como ejemplos la creación del servicio profesional de carrera o la Ley de Transparencia y Acceso a la Información, el autor sostiene que escasamente se han tocado las estructuras de las agencias o la delegación de autoridad a los directivos [Cejudo, 2011]. Empero, cabe señalar que, desde que la agenda de investigación sobre la

NGP tuvo vigor a la fecha, ha pasado más de una década. En este tiempo, reformas largamente promovidas por un sector de la clase política mexicana fueron adoptadas, tal es el caso de las llamadas reformas estructurales (como energía y telecomunicaciones) aprobadas en el sexenio de Enrique Peña Nieto (2012-2018), gracias al acuerdo transversal llamado Pacto por México [Solorio *et al.*, 2021].

La selección de la política energética como sector a estudiar responde, por una parte, a la relevancia de analizar la forma en que este conjunto de reformas retomó elementos inspirados por ésta, y, por el otro, a que el sector energético en México ha sido uno donde mayores resistencias se han encontrado a su transformación y modernización administrativa [Rousseau, 2017; Solorio y Tosun, 2023]. Por ende, permite explorar los alcances y límites de las reformas administrativas de la NGP en contextos adversos a su implementación [Gómez Cárdenas, 2011].

El periodo de observación comprende desde el gobierno de Ernesto Zedillo (1994-2000) hasta el de Andrés Manuel López Obrador (2018-2024). La atención se pone en los últimos dos sexenios presidenciales (sin incluir las reformas aprobadas durante los primeros días del gobierno de Claudia Sheinbaum). La dimensión temporal es relevante, por un lado, porque permite observar la forma en que ésta vino de la mano de las reformas neoliberales. Por el otro, porque el sexenio presidencial de Andrés Manuel López Obrador (2018-2024) ha estado caracterizado por cambios radicales de política pública y una retórica antineoliberal [Dussauge-Laguna, 2022]. En términos de política energética, se ha centrado en revertir la liberalización del sector y recuperar la centralidad de las empresas del Estado: Petróleos Mexicanos (Pemex) y Comisión Federal de Electricidad (CFE) [Hernández y Bonilla, 2020; Solorio *et al.*, 2021]. En palabras de Viscidi y colegas [2020], la política energética ha regresado a ser Estado-céntrica. La expectativa, entonces, es que este periodo temporal facilite observar el

revés de por lo menos una parte de las reformas administrativas inspiradas en la NGP.

El estudio se basa en un análisis documental de textos derivados de la Reforma Energética de 2013, como son la Ley de la Industria Eléctrica, el Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica, así como el Reglamento de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad. Adicionalmente, se revisan los planes de negocios de CFE para el periodo a observar. Para el análisis de los esquemas organizativos de gobernanza, esta investigación recupera experiencias participativas estudiadas en Solorio y colegas [2023]. En particular, se retoma el proceso de consulta promovido para la realización del proyecto Eólica del Sur.

EL SECTOR DE LA ENERGÍA EN LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA MEXICANA

Históricamente, el sector de la energía en México ha estado vinculado con el nacionalismo energético [Meyer, 2022]. Aunque contiene dos subsectores diferentes en la naturaleza de sus actividades y servicios públicos que proveen hidrocarburos y electricidad, ambos han seguido una trayectoria histórica similar: tras un inicio donde la industria fue controlada por manos privadas hubo un proceso de nacionalización y estatización seguido por un reciente intento de privatización y dotar al sector de mayor competitividad. Ambos subsectores son estratégicos para el funcionamiento de la administración pública en México, no sólo por su relevancia económica, sino también por su función social, lo que ha hecho que las discusiones sobre reforma administrativa en el sector energético hayan estado fuertemente politizadas. En cuestión administrativa, ambos subsectores han estado controlados por monopolios estatales: Pemex y CFE, respectivamente. Como apunta Rousseau, “Pemex y la CFE se constituyeron como monopolios de Estado

e inscribieron su misión nacional y social como objetivos centrales en sus estatutos jurídicos” [Rousseau, 2020: 866].

Para el caso específico de la industria eléctrica, su nacimiento se da a finales del siglo XIX e inicios del XX, caracterizado sobre todo por inversión privada mexicana complementada por capital extranjero [Sánchez *et al.*, 2004]. La CFE surgió en 1937 como una institución del Estado para organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y expandir el servicio eléctrico. Después de la nacionalización de la industria eléctrica en 1960, se constituyó un monopolio del Estado compuesto por CFE y Luz y Fuerza del Centro (concentrada en la Ciudad de México y sus alrededores), lo que propició una integración vertical de la industria eléctrica [Natorski y Solorio, 2023]. Tras haber crecido a la sombra del proceso de nacionalización, el sector eléctrico mexicano ha tenido un “valor simbólico” tanto para la política como para la administración pública mexicana [Rousseau, 2020: 855].

Hasta la Reforma Energética de 2013 tanto Pemex como CFE funcionaron como organismos públicos descentralizados; son éstos, según la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, “entidades paraestatales cuya responsabilidad es hacerse cargo de un área estratégica, un área prioritaria, proporcionar un servicio público o social” [Presidencia de la República, 1976]. De esta manera, durante años se reconoció tanto el carácter estratégico como de servicio público del sector energético (no como un producto de mercado). Para analistas del sector energético, Pemex y CFE generaron la mayor parte del avance industrial y tecnológico en México, son en la práctica súper agencias del gobierno usadas para promover los objetivos de desarrollo socioeconómico [Stojanovski, 2012: 286]. Si se toma en cuenta que la Secretaría de Energía surge hasta 1994, y su predecesora la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal en 1982, es fácil notar la centralidad de la que

Pemex y CFE gozaron durante años dentro de la administración pública de México.

Cabe notar que ambos subsectores fueron progresivamente centro de diversas reformas administrativas desde el sexenio de Carlos Salinas de Gortari (1988-1994) hasta el de Enrique Peña Nieto (2012-2018). El periodo que coincidió con la entrada y profundización de las políticas neoliberales en México observó muchos de los cambios orientados hacia flexibilizar su estructura en aras de fomentar la competitividad y abrir puertas al mercado [Vargas, 2015a]. Aunque la transformación del sector energético ha sido centro de debate académico en México, administrativamente poco se ha explorado sobre la forma en que la NGP funcionó como fuente de inspiración doctrinal.

LA NGP Y EL SECTOR ENERGÉTICO EN MÉXICO

La presente sección tiene como objetivo presentar los hallazgos empíricos sobre la forma en que la NGP impregnó en las reformas administrativas derivadas de la Reforma Energética de 2013, hasta en los nuevos esquemas de gobernanza. En este sentido, es preciso analizar la reforma aprobada con Enrique Peña Nieto y sus leyes secundarias como el epítome de un proceso de transformación de la administración del sector de la energía en México que coincide con la llegada del neoliberalismo. El gobierno de Andrés Manuel López Obrador ha cuestionado este proceso. Esta sección empírica primero presenta los antecedentes de la Reforma Energética de 2013. Tras ello, se exponen los hallazgos sobre la forma en que ésta impregnó las reformas administrativas en el subsector de la electricidad. En última instancia, se presenta una experiencia práctica de gobernanza en el sector energético de México.

Antecedentes

Si existe un punto de quiebre para el inicio de las reformas en el sector energético, éste es la negociación y entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN, hoy TMEC). Aunque las “reservas mexicanas” al capítulo energético negociado en 1992 daban señales de que la reforma del sector no estaba sobre la mesa de discusión [Vargas, 2015a: 105], en lo interno, diversas modificaciones legales cambiaron sustancialmente las reglas de juego.

En cuanto al subsector de la electricidad, en 1992 se aprobó una reforma a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica que permitió a actores privados generar electricidad bajo ciertos esquemas [Rodríguez Padilla, 2016]. Dado que la Constitución excluía la participación privada de la prestación del servicio público de electricidad, para algunos analistas esta reforma representó una apertura simulada del sector eléctrico mexicano [Belmont, 2012]. En términos organizacionales, empero, mayores cambios fueron obviados dada la resistencia de los sindicatos —en especial del Sindicato Mexicano de Electricistas (SME) perteneciente a la empresa Luz y Fuerza del Centro— [Natorski y Solorio, 2023].

Resulta sorprendente que ni Ernesto Zedillo ni Vicente Fox, dos presidentes que promovieron reformas administrativas con tintes neoliberales, hayan logrado hacer cambios sustantivos en el sector energético [Gutiérrez, 2008]. En cambio, Felipe Calderón se enfrentó no sólo con la caída en la producción del petróleo, sino también con los efectos negativos en el presupuesto público y afectaciones a la seguridad energética que le obligaron a proponer una reforma para el sector [Samples y Vittor, 2011].

Los cambios aprobados en el periodo de Felipe Calderón fueron limitados, en comparación con los retos del sector. Lo cierto es que se logró transformar tanto el subsector de hidrocarburos como el de electricidad: en cuanto al primero, se proveyó

a Pemex de una gobernanza corporativa y se le otorgó de mayor autonomía presupuestaria y administrativa; en cuanto al segundo, reguló la participación de compañías privadas en la generación de electricidad [Melgar, 2010; Carreón y Grunstein, 2011; Solorio y Tosun, 2023]. Por si fuera poco, Felipe Calderón disolvió, mediante decreto, Luz y Fuerza del Centro, y transfirió sus activos a la CFE, lo que debilitó el papel de los sindicatos en la política energética de México [Belmont, 2012; Natorski y Solorio, 2023; Solorio y Tosun, 2023]. Todo allanó el camino a la Reforma Energética de 2013, la cual transformó radicalmente las reglas del juego en el sector energético.

Como enlista Vargas [2015b: 132], tres cambios constitucionales fueron clave para transitar de un modelo de servicio público a uno de negocios: 1) la reforma del artículo 25 de la Constitución para convertir a Pemex y la CFE de organismos públicos descentralizados a empresas productivas del Estado; 2) la autorización, vía la reforma del artículo 27 constitucional, para dar contratos y concesiones para el subsector hidrocarburos, y 3) la eliminación del artículo 28 constitucional de la referencia sobre la explotación del petróleo y demás hidrocarburos como facultad exclusiva de la Nación.

La NGP en el subsector de electricidad

Conceptos fundacionales

Privatización. La Ley de la Industria Eléctrica (LIE) de 2014 considera que el suministro eléctrico es un servicio de interés público. No obstante, contempla que los servicios de generación y comercialización de energía eléctrica se podrán prestar en un régimen de libre competencia [Presidencia de la República, 2014c: art. 4]. Se regulariza *de jure* algo que en la práctica ya pasaba *de facto*: la participación de actores privados en la generación eléctrica en México [Natorski y

Solorio, 2023]. La expectativa de la reforma era facilitar la instalación de nuevas centrales eléctricas mediante la participación de actores privados [Gobierno de la República, 2013]. Respecto de la comercialización al usuario final, la intención de la reforma era que también se abriera a la participación del sector privado. En el gobierno de López Obrador, se ha detenido la dinámica de expansión de los actores privados en la generación eléctrica [Viscidi *et al.*, 2020; Solorio y Tosun, 2023]. De igual manera, la participación de privados en la comercialización de electricidad no ha terminado por concretarse.

Mercado. La LIE establece la operación de un mercado eléctrico mayorista (MEM) sujeto a las reglas de mercado [Presidencia de la República, 2014c: art. 96]. Como cualquier otro sistema de mercado, el objetivo del MEM era garantizar a los generadores el acceso abierto y equitativo a la red nacional de transmisión y a las redes generales de distribución [Gobierno de la República, 2013]. Aunque la LIE contempla obligaciones de servicio universal de la electricidad [Presidencia de la República, 2014c: art. 113], éste no queda sujeto a la dinámica del mercado, sino que es responsabilidad del gobierno federal. A fin de instalar la nueva capacidad de generación eléctrica, la LIE establece un sistema de subastas [Gobierno de la República, 2014b: art. 11] concebido con miras a funcionar en condiciones de igualdad para todos los participantes. En aras de cumplir con los objetivos de energía limpia, la LIE también establece un mercado de Certificados de Energía Limpia para ser negociables en el marco del MEM [Presidencia de la República, 2014c: art. 121]. El gobierno de López Obrador no sólo paralizó las subastas de nueva capacidad [Viscidi *et al.*, 2020], sino que aprobó una reforma de la LIE que abre la puerta a que no solamente plantas nuevas de generación reciban los Certificados de Energía Limpia [Solorio y Tosun, 2013]. En el sexenio de López Obrador, también se han modificado los documentos de planeación y las reglas del MEM de manera que afectan la participación de actores privados [Viscidi *et al.*, 2020].

Competencia. Según un documento oficial, “la reforma constitucional busca apuntalar las actividades de la CFE de la manera que más le convenga a la Nación” [Gobierno de la República, 2013: 21]. Aunque la CFE mantiene la operación de sus redes de transmisión y distribución de electricidad, la LIE abre la puerta a que se celebren contratos con privados con la finalidad de instalar, modernizar o ampliar la infraestructura [Presidencia de la República, 2014c: art. 31]. En este sentido, el gobierno de López Obrador canceló dos líneas de transmisión que representaban la interconexión del centro del país con Baja California, por un lado, y con el istmo de Tehuantepec, por el otro [Viscidi *et al.*, 2020].

Orientación al cliente. La confrontación entre visiones sobre el sector de la electricidad (como servicio público opuesto a la necesidad de tener una mayor orientación al cliente) han estado presentes en la discusión nacional desde la extinción de Luz y Fuerza del Centro en el sexenio de Felipe Calderón [Natorski y Solorio, 2023]. En este marco, la LIE fue diseñada para que los usuarios del sistema eléctrico pudieran acceder a los beneficios de la competencia [Gobierno de la República, 2013]. Para ello, se creó una distinción entre usuarios calificados y usuarios básicos [Presidencia de la República, 2014c: art. 3]. La diferencia no sólo reside en el tamaño, los primeros grandes y los segundos pequeños consumidores, sino también que los usuarios calificados pueden adquirir su electricidad de forma libre en el MEM [Ramírez, 2020]. De esta manera, la LIE buscaba garantizar la operación eficiente de la industria eléctrica en beneficios de los usuarios [Presidencia de la República, 2014c: art. 1]. El sexenio de AMLO ha estado marcado por la confrontación entre el gobierno federal y los grandes consumidores de electricidad [Cullell, 2021]. Mientras en el sexenio de Peña Nieto la CFE se presentaba como “una empresa de clase mundial”, en la actualidad la CFE hace énfasis en la seguridad y la soberanía energética nacional, así como en el servicio público de electricidad.

Elementos configurativos del aparato administrativo

Enfoque empresarial gerencial. El consejo de administración de la CFE, instalado en octubre de 2014, refleja el enfoque empresarial adoptado tras la Reforma Energética. Su integración consta de consejeros representantes del gobierno federal, trabajadores y consejeros independientes [Presidencia de la República, 2014a]. El consejo de administración es responsable de definir políticas, lineamientos y visión estratégica de la CFE. Asimismo, el consejo de administración tiene la potestad de modificar el estatuto orgánico de la CFE, tal como se hizo en la administración de López Obrador [Presidencia de la República, 2021].

Gerencia por objetivos y resultados. El Reglamento de Ley de la CFE estipula que la evaluación anual de sus actividades empresariales deberá realizarse conforme a las mejores prácticas en la materia y procura una evaluación por resultados a través del tiempo [Presidencia de la República, 2015c: art. 22]. Incluso en la administración de López Obrador, aunque se trató de revertir el modelo operativo y organizacional de la CFE, se ha mantenido un modelo de medición del desempeño [CFE, 2023b].

Agenciación. Parte central de la reforma energética consistió en la desintegración vertical de la CFE [Rodríguez, 2016]. Para ello, la LIE especifica que las actividades de generación, transmisión distribución y comercialización de electricidad se realizarán de manera independiente y “en estricta separación legal” [Presidencia de la República, 2014c: art. 8]. El reformado marco legal también contempla el establecimiento de un operador independiente del sistema eléctrico, el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace), y refuerza la autonomía de la Comisión Reguladora de Energía [Gobierno de la República, 2013]. Además, establece que la Secretaría de Energía será la encargada de “coordinar la política energética del

país en materia eléctrica” [Presidencia de la República, 2014c: art. 11]. Por su lado, la CFE quedó fragmentada en varias subsidiarias según su actividad: generación, transmisión, distribución y suministro. En total, la CFE se convirtió en una empresa productiva del Estado compuesta por diez empresas productivas subsidiarias y varias empresas filiales. Este proceso de fragmentación ha tratado de ser revertido por AMLO, quien ha establecido una política para recuperar la centralidad de la CFE en el sector eléctrico [Viscidi *et al.*, 2020]. En este sexenio, el control de la política eléctrica volvió, en los hechos, a manos de la CFE [Solorio y Natorski, 2023].

Reducción de costos. En el Manual de Organización General de la CFE se reconoce a la Reforma Energética de 2013 como un hito, no sólo por su transformación hacia ser una empresa productiva del Estado, sino también porque “su operación futura habrá de conducirse conforme a estándares internacionales y orientarse hacia la generación de valor y rentabilidad económica, en el nuevo entorno de competencia empresarial del mercado eléctrico, caracterizado por la eficiencia y competitividad de sus operaciones” [CFE, 2023a: 2]. Aunque ésta fue la línea seguida en los primeros años tras la Reforma Energética, la actual apuesta gubernamental por recuperar a toda costa la centralidad de la CFE ha implicado un desbalance financiero para la empresa estatal [IMCO, 2023].

Gobernanza y el subsector de la electricidad

El sector de la energía en México poco a poco ha incorporado las preocupaciones sobre desarrollo sustentable. Si bien la Reforma Energética de 2013 fue fuertemente motivada por las preocupaciones de competitividad en el sector, también es cierto que desde diferentes aristas representó un avance en términos ambientales y sociales [Solorio y Tosun, 2023]. De hecho, la

LIE recoge la importancia de que los proyectos de infraestructura de los sectores público y privado en la industria eléctrica atiendan los principios de sostenibilidad [Presidencia de la República, 2014c: art. 117].

En este mismo sentido, la LIE mandata a la Secretaría de Energía llevar a cabo los procedimientos de consulta necesarios para velar por los derechos de las comunidades y pueblos indígenas [Presidencia de la República, 2014c: art. 119], así como la necesidad para los promotores de proyectos de infraestructura de presentar una evaluación de impacto social [Presidencia de la República, 2014c: art. 120]. Los procedimientos para ambos instrumentos se especifican con mayor claridad en el Reglamento de la LIE [Presidencia de la República, 2014b]. Para el caso de la consulta, se señala que deberá realizarla la Secretaría de Energía en coordinación con la Secretaría de Gobernación y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas [Presidencia de la República, 2014b: art. 90] y que la consulta deberá tener las siguientes características: plan de consulta, acuerdos previos, informativa, consultiva, deliberativa, y tener seguimiento de acuerdos [Presidencia de la República, 2014b: art. 90]. De esta manera, la Reforma Energética abre la puerta a una nueva gobernanza en el sector energético, donde actores privados y comunidades tienen la posibilidad de incidir en el proceso de política pública.

Experiencia práctica de gobernanza en el subsector eléctrico: Eólica del Sur

Promovido por inversionistas privados extranjeros y nacionales, el proyecto Eólica del Sur es representativo de la expansión reciente en términos de participantes dentro del subsector eléctrico mexicano. Este proyecto se localiza dentro del corredor eólico del istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca, cuya explotación ha sido clave para el auge de la energía

renovable en México incentivado por las reformas legales y administrativas formuladas en sexenios previos. Conforme el progresivo crecimiento de la industria eólica en la región ha surgido, emergieron resistencias socioambientales que denuncian los “lados oscuros” de la transición energética. En palabras de Guzmán [2021], la expansión de Eólica del Sur representa “una prolongada historia de resistencia comunitaria y, en su contraparte, de insistencia de los desarrolladores del proyecto” [Guzmán, 2021: 137]. Luego de una serie de protestas contra el proyecto original inicialmente propuesto para ser localizado en San Dionisio del Mar, los promotores plantearon su relocalización en el municipio de Juchitán de Zaragoza dentro de la misma región.

Derivado de la judicialización del proyecto, hubo una instrucción judicial para llevar a cabo un proceso de consulta para obtener los acuerdos necesarios con la comunidad. Pese a la resistencia de los promotores, el proceso tuvo lugar entre noviembre de 2014 y julio de 2015, organizado por la Secretaría de Energía, que culminó con la firma del acto protocolario y el otorgamiento del consentimiento al proyecto. En septiembre del mismo año, un sector de la población de Juchitán interpuso una demanda por la violación a los estándares internacionales del proceso de consulta a los pueblos indígenas. La batalla judicial retrasó el proyecto por cuatro años, hasta que en mayo de 2019 el parque Eólica del Sur fue inaugurado bajo el gobierno de López Obrador. En este sentido, investigaciones recientes han apuntado que este proyecto es representativo del compromiso gubernamental con la política de descarbonización del subsector eléctrico, con actores de todos los niveles de gobierno dentro de los promotores para su realización [Solorio *et al.* 2023].

En este contexto, opositores comunitarios a la construcción de grandes parques eólicos en el istmo han llamado al proceso de consulta una “trampa burocrática” [Dunlap, 2019]. Encima, investigaciones recientes, como la de Solorio y colegas [2023],

han apuntado a que, si bien el proceso de consulta permite la negociación entre empresas y actores comunitarios, los últimos no tienen la misma capacidad de incidir en el proceso político. Además, se ha detectado que el gobierno juega el papel de juez y parte, pues es organizador de la consulta y promotor del proyecto a la vez. En la práctica, los esquemas organizativos de gobernanza que se desprenden de la Reforma Energética se han impulsado como un dispositivo para reestructurar las relaciones de poder en favor del mercado.

CONCLUSIONES

Al utilizar el marco analítico propuesto por Guerrero [2003], y tomar como caso sectorial a estudiar el subsector eléctrico, este texto se ha dado la tarea de explorar la forma en que la NGP ha reconfigurado el aparato público-administrativo en México. Como se pudo ver, pese a las fuertes resistencias que existieron durante años, esta doctrina influyó progresivamente en el aparato administrativo mexicano. Esta investigación ha demostrado que la Reforma Energética de 2013 estuvo fuertemente impregnada por la NGP, tanto en términos de principios como de elementos configurativos del aparato administrativo y esquemas organizativos de gobernanza.

Con el énfasis en los conceptos fundacionales, es de resaltar que la CFE no fue privatizada dado el valor simbólico de la empresa para México. En cambio, el sector abrió sus puertas a la participación de actores privados en generación y comercialización de electricidad. Si bien este proceso se ha revertido con el gobierno de López Obrador, sólo ha sido de forma parcial (aunque estos cambios han sido profundizados con las reformas aprobadas en los primeros días del gobierno de Claudia Sheinbaum). Los actores privados aún participan en la generación eléctrica, aunque cada vez con mayores trabas legales, políticas y económicas. En este nivel de análisis, también es

importante señalar la forma en que las reglas del mercado se volvieron la norma durante sexenios anteriores, aunque en la actualidad este proceso está cuestionado e incluso parcialmente revertido.

En cuanto a la forma en que la Reforma Energética de 2013 retomó elementos de la NGP para la reconfiguración del aparato administrativo, es de remarcar la fragmentación y agenciación de la CFE en aras de tener una operación más flexible y eficiente. Aunque este proceso también se ha revertido en la práctica, legalmente la CFE es una empresa del Estado dividida en partes según su función operativa. La fragmentación y agenciación de la CFE fue un proceso que llevó muchos años. No es una sorpresa, por tanto, que sea un proceso difícil de revertir.

Dos lecciones centrales se pueden obtener de esta experiencia: 1) en México la NGP se implementó tardíamente y de forma selectiva acorde con las necesidades, restricciones y problemas político-administrativos del país, y 2) este proceso no ha estado exento de cuestionamientos y críticas y fue parcialmente revertido por el actual gobierno de López Obrador. Por un lado, la empresa del Estado no fue puesta a la venta como en otras partes del mundo, lo que se debió a las dificultades políticas que habría enfrentado tal apuesta. La NGP tuvo que adecuarse así a las condiciones propias de la política nacional. Por el otro, resulta interesante observar la forma en que las reformas inspiradas en ella son cuestionadas por los más recientes gobiernos de México. Por lo menos en cuanto al subsector eléctrico, esto nos habla de un retorno hacia la energía como servicio público. En este sentido, es importante señalar que en otras partes del mundo las reformas del sector energético inspiradas en esta doctrina también son revertidas.

En tanto a la puesta en marcha de los esquemas de gobernanza dentro del sector, la experiencia de Eólica del Sur nos muestra la forma en que la gobernanza se ha convertido en un dispositivo para reestructurar las relaciones de poder en favor del mercado —en línea con las prescripciones gerenciales de

la NGP—. En la práctica, la consulta previa ha funcionado como un mecanismo legitimador del despojo que Estado y empresas han ejercido sobre territorios comunitarios para favorecer una transición energética con enfoque de mercado. Esta dinámica ha continuado incluso con el gobierno de López Obrador. Como sea, queda claro que tanto la implementación de la NGP como de la gobernanza en México requieren de mayor análisis empírico. En particular, resulta interesante explorar si la dinámica de reversión observada es exclusiva del sector energético o más bien marca la pauta de las actuales reformas administrativas en México. Sólo así podremos saber si verdaderamente ésta ha llegado a su fin...

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, L. F. [2014], “Las dimensiones y los niveles de gobernanza”, *Cuadernos de Gobierno y de Administración Pública*, 1(14), Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 11-36.
- Aguilar, L. F. [2007], “El aporte de la política pública y de la nueva gestión pública a la gobernanza”, *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, Caracas, Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo, 39: 5-32, <<https://cutt.ly/ve0GmorZ>>.
- Aguilar, L. F. [2006], *Gobernanza y gestión pública*, México, FCE.
- Arellano Gault, D. [2002], “Nueva gestión pública: ¿el meteorito que mató al dinosaurio? Lecciones para la reforma administrativa en países como México”, Documento de trabajo, <<http://hdl.handle.net/11651/5214>>.
- Arellano, D. y Cabrero, E. [2005], “La nueva gestión pública y su teoría de la organización: ¿son argumentos antiliberales? Justicia y equidad en el debate organizacional público”, *Gestión y Política Pública*, México, Centro de Investigación y Docencia Económicas, XIV(3), julio-diciembre: 599-618.
- Barzelay, M. [2003], *La nueva gestión pública*, México, FCE.

- Belmont, E. [2012], “Luz y Fuerza del Centro: ejes del conflicto entre el Sindicato Mexicano de Electricistas y el gobierno federal”, *Estudios Sociológicos*, México, El Colegio de México, 30(89): 331-365.
- Bryson, J. M., Crosby, B. C. y Bloomberg, L. [2014], “Public value governance: Moving beyond traditional public administration and the new public management”, *Public Administration Review*, Hoboken, Wiley, 74(4): 445-456, <<https://doi.org/10.1111/puar.12238>>.
- Cabrero, E. [1997], *Del administrador al gerente público. Un análisis de la evolución y cambio en la administración pública y del perfil de dirigentes de organizaciones gubernamentales*, México, INAP.
- Carreón, V. y Grunstein, M. [2011], “Pemex: ¿la no empresa de todos los mexicanos? Por qué Pemex no es una verdadera ‘empresa pública’ y por qué debe serlo”, *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública*, México, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, 4(8): 115-152.
- Cejudo, G. [2011], “La nueva gestión pública. Una introducción al concepto y a la práctica”, en Cejudo, G. (comp.), *Nueva gestión pública*, México, Siglo XXI: 17-47.
- CFE [30 de junio de 2023a], “Manual de organización general de la Comisión Federal de Electricidad”, *CFE Normateca*, <<https://cutt.ly/Ze0GmOgQ>>.
- CFE [2023b], “Plan de negocios 2023-2027”, México, Comisión Federal de Electricidad, <<https://cutt.ly/Ye0GmLlh>>.
- CFE [2021], “Modificaciones al Estatuto Orgánico de la Comisión Federal de Electricidad”, *Diario Oficial de la Federación*, México, 4 de febrero.
- Cullell, J. [2021], “Grupo Bimbo, el presidente López Obrador y la polémica sobre las bajas tarifas eléctricas”, *El País*, 25 de marzo, <<https://cutt.ly/te0Gm3Mn>>.
- Dunlap, A. [2019], *Renewing destruction: Wind energy development, conflict and resistance in a Latin American context*, Londres, Rowman & Littlefield.

- Dussauge-Laguna, M. [2022], “The promises and perils of populism for democratic policymaking: the case of Mexico”, *Policy Sciences*, Nueva York, Springer, 55: 777-803, <<https://doi.org/10.1007/s11077-022-09469-z>>.
- Dussauge-Laguna, M. [2009], “¿Todos los caminos llevan a la nueva gestión pública?: tres argumentos sobre las reformas administrativas en los países en desarrollo transición”, *Estado, Gobierno y Gestión Pública*, Santiago de Chile, Universidad de Chile, 7(13): 23-51, <<https://doi.org/10.5354/0717-8980.2009.13513>>.
- Fischer, F. [2018], “Participatory governance and collaborative expertise”, en H. Heinelt (ed.), *Handbook on participatory governance*, Cheltenham, Edward Elgar: 142-156.
- Gobierno de la República [2013], “Reforma energética”, México, Gobierno de la República, <<https://cutt.ly/Ye0GQvBs>>.
- Gómez Cárdenas, C. [2011], “Reformas administrativas y sus marcos cognitivos: entre el burocratismo, el postburocratismo, la responsabilización o la hibridez”, *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal*, Santa Fe, Universidad Nacional del Litoral, 17: 41-80, <<https://cutt.ly/6e0GQAZ1>>.
- Guerrero, O. [2009], “El fin de la nueva gerencia pública”, *Estado, Gobierno y Gestión Pública*, Santiago de Chile, Universidad Nacional de Chile, 7(13): 5-22, <<https://doi.org/10.5354/0717-8980.2009.13520>>.
- Guerrero, O. [2003], “Nueva gerencia pública: ¿gobierno sin política?”, *Revista Venezolana de Gerencia*, Zulia, Universidad del Zulia, 8(23): 379-395, <<https://cutt.ly/xo0GQXmc>>.
- Gutiérrez, R. [2008], “La reforma petrolera de México: ¿dos sexenios sin política energética?”, *Argumentos*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 21(58): 33-83, <<https://cutt.ly/Ke0GQ8Vn>>.
- Guzmán, I. [2021], “Palabras al viento. Límites (y oportunidades) de la consulta previa como instrumento para integrar a los pueblos indígenas en la gobernanza climática de México”,

- en I. Solorio (coord.), *México ante la encrucijada de la gobernanza climática. Retos de participación*, México, UNAM: 129-152.
- Hernández, A. [2018], “Participación colectiva emergente. Reflexiones teóricas preliminares sobre su naturaleza organizacional”, en Hernández Magallón, A. (coord.), *Perspectivas teóricas y casos sobre análisis de las organizaciones públicas*, México, UNAM/La Biblioteca: 209-225.
- Hernández, J. y Bonilla, D. [2020], “Examining Mexico’s energy policy under the 4T”, *The Extractive Industries and Society*, Ámsterdam, Elsevier, 7(2): 669-675, <<https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.03.002>>.
- Hood, C. [2011], “Una gestión pública para todo momento”, en Cejudo, G. (comp.), *Nueva gestión pública*, México, Siglo XXI: 48-74.
- Howlett, M., Kekez, A. y Poocharoen, O. [2017], “Understanding co-production as a policy tool: integrating new public governance and comparative policy theory”, *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, Londres, Taylor & Francis, 19(5): 487-501.
- IMCO [2023], “CFE en la mira. Análisis de resultados al tercer trimestre de 2023”, México, Instituto Mexicano para la Competitividad, <<https://cutt.ly/deOGWgjjw>>.
- Kettl, D. [2000], *The global public management Revolution. A report on the transformation of governance*, Washington, Brookings Institution Press.
- Knill, C. y Tosun, J. [2012], *Public policy: A new introduction*, Londres, Palgrave MacMillan.
- Levi-Faur, D. [2012], “From ‘big government’ to ‘big governance’”, en *The Oxford Handbook of Governance*, Oxford, Oxford University Press: 3-18.
- Manzano Peña, L. E. [2018], “La nueva gestión pública. Consecuencias y desafíos en la transferencia organizacional del modelo en una corporación policial”, *Administración*

y *Organizaciones*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 15(28): 117-138, <<https://cutt.ly/Ve-0GWEJo>>.

- Martínez Vilchis, J. [2009], “La nueva gerencia pública en México: una medición de su intensidad e impactos en las entidades del país”, *Convergencia*, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, 16(49): 199-227, <<https://tinyurl.com/3cukzwae>>.
- Martínez Vilchis, J. [2005], “Nueva gerencia pública: análisis comparativo de la administración estatal en México”, *Convergencia*, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, 12(39): 13-49, <<https://tinyurl.com/596v3584>>.
- Mayntz, R. [2003], “New challenges to theory of governance”, en Bang, H. P. (coord.), *Governance as social and political communication*, Manchester, Manchester University Press: 27-41.
- Melgar, L. [2010], “Energy transition: A path toward sustainable development for Mexico”, *Latin American Policy*, Hoboken, Wiley, 1(1): 98-113, <<https://doi.org/10.1111/j.2041-7373.2010.00006.x>>.
- Méndez, J. L. [2016], “La gestión del personal público en México: del sistema de botín a la profesionalización simulada”, en Pardo, M. C, y Cejudo, G. (eds.), *Trayectorias de reformas administrativas en México: legados y conexiones*, México, El Colegio de México: 185-224.
- Meyer, L. [2022], *Las raíces del nacionalismo petrolero en México*, México, FCE.
- Natorski, M. e I. Solorio [2023], “Policy failures and energy transitions: the regulatory bricolage for the promotion of renewable energy in Mexico and Chile”. *Climate Action*, Londres, Nature, 2 (8), <<https://doi.org/10.1038/s44168-023-00039-4>>.
- Nieto Morales, F. [2016], “¿Cambios eficientes? Reforma de las reglas burocráticas en México, 1995-2012”, en Pardo, M. C, y Cejudo, G. (eds.), *Trayectorias de reformas*

- administrativas en México: legados y conexiones*, México, El Colegio de México: 121-148.
- Olmeda, J. C. [2016], “Patrones de reforma administrativa en el federalismo mexicano: el caso de las políticas de monitoreo y evaluación”, en Pardo, M. C, y Cejudo, G. (eds.), *Trayectorias de reformas administrativas en México: legados y conexiones*, México, El Colegio de México: 227-250.
- Osborne, S. [2006], “The new public governance?”, *Public Management Review*, Londres, Taylor & Francis, 8(3): 377-387, <<https://doi.org/10.1080/14719030600853022>>.
- Pardo, M. C. y Cejudo, G. (eds.) [2016], *Trayectorias de reformas administrativas en México: legados y conexiones*, México, El Colegio de México.
- Peters, G. [2012], “Governance as a political theory”, en Levi-Faur, D. (ed.), *The Oxford handbook of governance*, Oxford, Oxford University Press: 19-32.
- Pliscoff-Varas, C. [2017], “Implementando la nueva gestión pública: problemas y desafíos a la ética pública. El caso chileno”, *Convergencia Revista de Ciencias Sociales*, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, 73, <<https://tinyurl.com/mr2x7a7t>>.
- Presidencia de la República [2014a], “Reglamento de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad”, Diario Oficial de la Federación, México, 31 de octubre.
- Presidencia de la República [2014b], “Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica”, Diario Oficial de la Federación, México, 31 de octubre.
- Presidencia de la República [2014c], “Ley de la Industria Eléctrica”, Diario Oficial de la Federación, México, 11 de agosto.
- Presidencia de la República [1992], “Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos subsidiarios”, Diario Oficial de la Federación, México, 16 de julio.
- Presidencia de la República [1976], “Ley Orgánica de la Administración Pública Federal”, Diario Oficial de la Federación, México, 29 de diciembre.

- Ramírez, V. [2020], “Usuarios básicos y calificados: ¿qué son y con qué se comen?”, *Nexos*, 27 de febrero, <<https://tinyurl.com/ycy5azxx>>.
- Rhodes, R. A. W. [2012], “Waves of governance”, en Levi-Faur, D. (ed.), *The Oxford handbook of governance*, Oxford, Oxford University Press: 33-48..
- Rodríguez Padilla, V. [2016], “Industria eléctrica en México: tensión entre el Estado y el mercado”, *Problemas del Desarrollo*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 47(185): 33-55, <<https://tinyurl.com/mw3yww6k>>.
- Rousseau, I. [2020], “La reforma energética (2013-2014) a la luz de la nueva legislación sobre los impactos sociales de los proyectos”, *Foro Internacional*, México, El Colegio de México, 60(2): 853-887.
- Rousseau, I. [2017], *Tribulaciones de dos empresas petroleras estatales 1900-2014 (trayectorias comparadas de Pemex y pdvsa)*, México, El Colegio de México.
- Samples, T. R. y Vittor, J. [2011], “Energy reform and the future of Mexico’s oil industry: The Pemex bidding rounds and integrated service contracts”, *Texas Journal of Oil, Gas & Energy Law*, Austin, The University of Texas, 7(2): 215-240.
- Sánchez, M. T., Casado, J. M. y Saavedra, E. [2004], “La inversión privada en el sector eléctrico en México: marco institucional y estructura territorial”, *Investigaciones Geográficas*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 54: 67-92, <<https://tinyurl.com/ysvcyc5a>>.
- Serna de la Garza, J. [2010], *Globalización y gobernanza: las transformaciones del Estado y sus implicaciones para el derecho público*, México, UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Solorio, I. [2021], “Los diversos caminos de la gobernanza climática en México. Repensando la Administración pública frente al cambio climático”, en I. Solorio (coord.),

- México ante la encrucijada de la gobernanza climática. Retos institucionales*, México, UNAM: 19-42.
- Solorio, I., Guzmán, J. y Guzmán, I. [2023], “Participatory decision-making in the policy integration process: indigenous consultation and sustainable development in Mexico”, *Policy Sciences*, Nueva York, Springer, 56: 115-140, <<https://doi.org/10.1007/s11077-022-09487-x>>.
- Solorio, I., Ortega, J., Romero, R. y Guzmán, J. [2021], “AMLO’s populism in Mexico and the framing of the extractivist agenda: The construction of the hegemony of the people without the indigenous voices”, *Zeitschrift fur Vergleichende Politikwissenschaft*, 15: 249-273, <<https://doi.org/10.1007/s12286-021-00486-5>>.
- Solorio, I. y Tosun, J. [2023], “Presidents and intermediaries: insights from clean energy policy processes in Mexico”, *Policy Studies*, Londres, Taylor & Francis, 44(5): 608-626, <<https://doi.org/10.1080/01442872.2022.2149724>>.
- Stojanovski, O. [2012], “Handcuffed: an assessment of Pemex’s performance and strategy”, en Victor, D. G., Hulst, D. R. y Thurber, M. C. (eds.), *Oil and governance: state-owned enterprises and the world energy supply*, Cambridge, Cambridge University Press: 280-333, <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511784057.010>>.
- Uvalle, R. [2012], “La administración pública en los imperativos de la gobernanza democrática”, *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, 19(60): 111-144, <<https://tinyurl.com/ms39yrzw>>.
- Vargas, R. [2015a], “La reforma energética: a 20 años del TLCAN”, *Problemas del Desarrollo*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 46(180): 103-127, <<https://tinyurl.com/3ww7b9kw>>.
- Vargas, R. [2015b], “Reforma energética. De servicio público a modelo de negocios”, *Política y Cultura*, México, Uni-

versidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 43: 125-145, <<https://tinyurl.com/79tbv3f8>>.

Viscidi, L., Graham N. y Phillips, S. [2020], “Power grab. What Mexico’s stata-centered electricity policy means for trade, climate, and the economy”, *The Dialogue*, Washington, Inter-American Dialogue, Washington, Inter-American Dialogue, <[https:// tinyurl.com/yath9af8](https://tinyurl.com/yath9af8)>.

Semblanzas

OSCAR UGARTECHE GALARZA

Investigador Titular C, miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores Nivel III. B.S. Finanzas en Fordham University, Nueva York; London Business School (U. de Londres) MSc. en Economía con especialidad en finanzas internacionales; Universidad de Bergen PhD. Filosofía e Historia. Es miembro de la Academia Mexicana de las Ciencias. Doctor *Honoris Causa* por la Universidad de San Agustín, Arequipa, Perú, y obtuvo el Premio Universidad Nacional de Investigación en Economía y Administración 2021. Ha sido investigador visitante en St. Antony's College, Oxford; Centro de Desarrollo Universidad de Bergen; Instituto Latinoamericano ILAS, Universidad de Londres; Universidad Libre de Berlín; Universidad de Newcastle; Universidad General Sarmiento, Buenos Aires; Flacso, Quito, IIEc, UNAM; y en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Entre 1976 y 2018 trabajó temas financieros internacionales. Desde entonces estudia los campos de la economía política global de la energía, la historia del pensamiento económico y en el Observatorio Económico de América Latina observa el impacto de la economía internacional sobre América Latina en general y México en particular.

ISABEL RODRÍGUEZ PEÑA

Doctora en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), unidad Xochimilco. Es miembro nivel I del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. Entre 2014 y 2015, realizó una estancia posdoctoral en el Lateinamerika Institut en la Freie Universität Berlin, en Alemania, y en 2016 en el Centro de Estudios Económicos en El Colegio de México. Es profesora del Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia (SUAYED) de la Facultad de Economía de la UNAM y miembro del comité de energía en la Universidad Anáhuac México, donde ha colaborado como profesora de cátedra. Participó como responsable del proyecto “La inserción de México dentro del nuevo escenario energético internacional, un enfoque macroeconómico de los cambios de la oferta y la demanda energética”, financiado por el área de ciencias básicas de Conahcyt 2019-2022. Es autora y coautora de artículos en revistas especializadas y participa de manera constante como asesora y lectora de tesis de posgrado.

ALICIA PUYANA MUTIS

Doctora en Economía por la Universidad de Oxford y maestra en Economía por la Universidad Carolingia, Praga. Ha trabajado los efectos de la inserción de América Latina en economía globalizada en el crecimiento, el empleo y la desigualdad; la convergencia económica entre países; los efectos de la economía política del petróleo en México y Colombia; la aplicación a México de la teoría de la fragmentación y del comercio intra-Industrial (CI), así como del concepto de desigualdad horizontal. Ha publicado 22 libros como autora, coautora y editora

y cerca de 100 artículos en revistas especializadas mexicanas, latinoamericanas, europeas y estadounidenses en español, inglés, francés y alemán. Es presidenta de la International Development Economics Association (IDEAS) y miembro fundador de la World Economic Association, Consejera de British Petroleum en Londres sobre la económica y la política petrolera de Colombia entre 1992 y 1994. Forma parte de la Junta directiva de la Academia Colombiana de Ciencias Económicas, la Academia Mexicana de Ciencias, la Academia Mexicana de Economía Política. Es parte de comités editoriales de varias revistas: *Revista Quórum*, *Oxford Development Studies*, *Real-World Economics Association*, *El Trimestre Económico*, *Efil Journal of Economic Research* y *Real-World Economics Review*. Es profesora investigadora en Flacso desde 1995.

DAVID BONILLA

Doctor (Tokyo University of Agriculture and Technology), Maestro en Economía (Universidad de Londres) y Licenciado en Economía (Universidad London Guildhall. Posdoctorado Economía, (Universidad de Cambridge). Investigador Titular B (SNI Nivel III) y economista energético. Participa en el campo de investigación del Posgrado en Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible de la UNAM. Es tutor del mismo campo del Posgrado en Economía. En el pasado ocupó cargos académicos en la Universidades de Oxford, Cambridge (Facultad de Economía y del *Climate Change Mitigation Research Center*), y de Agricultura y Tecnología de Tokio. Fue investigador en APEC en Tokio. A nivel internacional ha impartido seminarios en Asia, Europa y Sudamérica. Es autor de artículos para revistas internacionales en temas de economía energética y forma parte del comité editorial del boletín *Momento Económico* del IIEc.

ESTEBAN SERRANI

Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Buenos Aires (UBA). Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), profesor regular en la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y Codirector del Centro de Estudios Sociales de la Economía, de la misma Universidad. Es Fellow de Fulbright-Argentina y ha sido Visiting Scholar en la Universidad de Columbia, Estados Unidos. Dirige los proyectos “Aproximaciones a la relación entre modelos energéticos y política industrial en Argentina” y “Análisis del rol de las grandes empresas industriales en la transición energética”, financiados por la Agencia Nacional de I+D+i. Coordina el grupo de investigación UNSAM del proyecto “Hidrógeno verde y transición energética: desafíos regulatorios, tecnológicos, productivos y de descarbonización para el Mercosur”, donde participan Universidad de la República (UdelaR, Uruguay), Universidad Estadual de Campinas (Unicamp), la Universidad Federal de Ceará (UFC, Brasil), y Universidad Nacional del Este (UNE, Paraguay). En América Latina es coordinador del Grupo de Trabajo Energía y Desarrollo Sustentable de Clacso. Contacto: <eserrani@unsam.edu.ar>.

ISRAEL SOLORIO

Profesor asociado adscrito al Centro de Estudios en Administración Pública de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México. Doctor en Relaciones Internacionales e Integración Europea por la Universidad Autónoma de Barcelona, realizó su estancia posdoctoral en el Environmental Policy Research Centre (FFU) de la Universidad Libre de Berlín. Es miembro del Sistema

Nacional de Investigadores nivel I. Sus líneas de investigación versan en torno a la gobernanza ambiental, la política climática y energética y la metodología cualitativa.

ISABELLE ROUSSEAU

Es doctora en Sociología por parte de l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), París, maestra en Filosofía en la Universidad de la Sorbonne-París IV y DEA en Estudios Latinoamericanos en el Instituto de Altos Estudios en América Latina en la Universidad de la Sorbonne Nouvelle-París III. En 2028 realizó un diplomado en Impactos sociales y Consulta Indígena en los proyectos energéticos, Flacso, sede México. Desde 1997, es profesora e investigadora en el Centro de Estudios Internacionales de El Colegio de México (Colmex). A partir de enero de 2015 es coordinadora del Programa de Energía, adscrito al CEI del Colmex. Fue investigadora asociada en el CERI en Sciences Po, París, y miembro externo en Chatham House (Londres) sobre Good Governance for the Petroleum Sector. Ha sido representante del sector académico en el Comité directivo del Consejo Mundial de Energía, capítulo México y responsable de dos proyectos Conacyt sobre Pemex y la industria petrolera mexicana. La revista *Petróleo y Energía* la premió por sus aportaciones en investigación científica sobre el sector Energía (2017). Es autora de más de 50 artículos y capítulos sobre temas de energía además de otros tantos sobre ciencia política.

Esta obra reúne una serie de capítulos que versan sobre como la transición energética coadyuva a reducir la descarbonización de la economía, la dependencia de energéticos fósiles en su mayoría importados y la reducción de la contaminación urbana. Así mismo, propone un análisis de oferta y demanda de energía en los sectores de transporte y electricidad desde las dimensiones de la geopolítica, la geoeconomía, la justicia social del acceso a la energía, y las políticas públicas en esta materia. De igual manera, se abordan los desafíos geopolíticos de la oferta de energía del mercado de petróleo y presenta una prospectiva del requerimiento de energéticos para el transporte. La hipótesis general de esta obra es que la demanda de energía fósil está ligada con la evolución de su oferta en el sector transporte, lo que dificulta la transición energética. Una hipótesis adicional es que China lidera el cambio de matriz energética en el mundo y, Norteamérica (incluido México) es el principal mercado de tecnologías de energía alterna provenientes de aquella nación.