



 **realidad
económica**

Nº 368 • AÑO 54

16 de noviembre al 31 de diciembre de 2024

ISSN 0325-1926

Páginas 9 a 42

PENSAMIENTO GEOPOLÍTICO Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

Políticas de transición energética en la República Popular China y Estados Unidos: cambio tecnológico y geopolítico

Agustín Barberón* y Sandra Colombo**

* Licenciado en Relaciones Internacionales por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), maestrando en Ciencias Sociales (UNICEN) y doctorando en Ciencia Política por la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). Becario doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) con lugar de trabajo en el Centro de Estudios Interdisciplinarios en Problemáticas Internacionales y Locales (CEIPIIL-UNICEN-CIC), Pinto 399 (B7000AQH), Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina, agustin.barberon@gmail.com.

** Magister en Relaciones Internacionales (UNICEN), doctora en Sociología de la Universidad Estadual Paulista (UNESP) y profesora de Historia (UNICEN). Profesora Titular Exclusiva de la Licenciatura en Relaciones Internacionales de la Facultad de Ciencias Humanas (FCH-UNICEN), directora de la maestría en Ciencias Sociales de la FCH-UNICEN y de proyectos de investigación, extensión universitaria y transferencia científico-tecnológica en el ámbito de las relaciones internacionales. Investigadora del CEIPIIL-UNICEN-CIC, Pinto 399 (B7000AQH), Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina, s_s_colombo@yahoo.com.

RECEPCIÓN DEL ARTÍCULO: mayo de 2024

ACEPTACIÓN: septiembre de 2024



Resumen

Actualmente, el mundo atraviesa una transición energética de características multidimensionales impulsada por las políticas climáticas de descarbonización y transformaciones globales producto de la emergencia de una nueva revolución tecnológica, con las energías de fuentes renovables y las tecnologías limpias bajas en carbono como las principales impulsoras del cambio. A partir del análisis documental y la utilización de indicadores científicos y tecnológicos este artículo examina las políticas de transición energética adoptadas por la República Popular China y Estados Unidos, analizando sus implicancias políticas, económicas y geopolíticas. Se argumenta que las estrategias de transición energética se constituyen como ejes estratégicos de las políticas industrial-tecnológicas de los países con el objetivo de liderar la actual revolución tecnológica.

Palabras clave: Transición energética – Geopolítica – Revolución tecnológica

Abstract

Energy Transition Policies in the People's Republic of China and the United States: Technological and Geopolitical Change

The world is currently undergoing a multidimensional energy transition driven by climate decarbonization policies and global transformations stemming from the emergence of a new technological revolution. Renewable energy sources and low-carbon clean technologies are at the forefront of this change. Through documentary analysis and the use of scientific and technological indicators, this article examines the energy transition policies adopted by the People's Republic of China and the United States, analyzing their political, economic, and geopolitical implications. The argument is made that energy transition strategies have become strategic pillars of industrial-technological policies in these nations, aiming to lead the current technological revolution.

Keywords: Energy Transition – Geopolitics – Technological Revolution

Introducción

El mundo atraviesa un periodo de transición sistémica, de características complejas y multidimensionales en un contexto de alta incertidumbre (Martins, 2021). La última década está marcada por la falta de estabilidad económica, la volatilidad de los mercados financieros, el aumento de los índices de desigualdad y la erosión de la naturaleza; consecuencia del calentamiento global debido a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), causantes del incremento de la temperatura del planeta (Merino, 2022).

Tres dimensiones transversales e interrelacionadas están transformando las relaciones de poder entre los Estados y reconfigurando el orden geopolítico: el cambio científico-tecnológico con la emergencia de nuevas formas de producción; el agotamiento de la hegemonía de la globalización neoliberal comandado por Estados Unidos y la Unión Europea (Europa), ante el ascenso de la República Popular China como centro del dinamismo global; y la crisis ambiental que se expresa en la urgencia por combatir el cambio climático.

La construcción de un paradigma energético sostenible es un proceso de cambio científico-técnico que no solo significa sustituir un conjunto de combustibles fósiles por otro, implica una transformación de la infraestructura energética global que tendrá importantes implicaciones políticas, económicas y sociales que trascienden el sector energético. La transición energética es una de las dimensiones de cambio que redefinirá el orden geopolítico del siglo XXI (Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation, 2019).

El sistema internacional atraviesa una reconfiguración de poder a nivel mundial, definida por Merino (2022) y Martins (2021) como una transición hegemónica, ante la emergencia de la sexta revolución tecnológica como nuevo paradigma tecnoeconómico (PTE), un cambio científico-tecnológico cuyos principales sectores

impulsores son la digitalización, la inteligencia artificial, la biotecnología, la ingeniería de nuevos materiales y la utilización de energías renovables (Pérez, 2010; Carrillo, 2018).¹ Las revoluciones tecnológicas son “grandes oleadas de desarrollo” que transforman la economía y la sociedad en su conjunto a partir de la difusión de nuevas tecnologías, infraestructuras y principios organizativo-institucionales, con los cuales se pueden aumentar significativamente la eficiencia de todas las industrias y de todas las actividades tanto nuevas como preexistentes (Pérez, 2010).

Si bien aún son inciertos los efectos que puede generar la difusión de un nuevo PTE, lo cierto es que la transición energética se caracteriza por la creciente instalación de tecnologías limpias y difusión de energías de fuentes renovables² en el suministro energético, el almacenamiento de energía, la electrificación masiva, promoción del transporte eléctrico y generación de redes inteligentes digitales (Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation, 2019). Es en este sentido que, según Mathews (2013), las tecnologías limpias constituyen el núcleo emergente del nuevo sexto PTE. En la última década, las ganancias de los mercados verdes y las inversiones en tecnologías limpias se han incrementado de

¹ Pérez (2010) establece una periodización de cinco revoluciones tecnológicas correspondiente al despliegue de un PTE: 1) la revolución industrial con centro en Inglaterra desde 1770; 2) en la década de 1830, marcada por el desarrollo del vapor y los ferrocarriles, extendiéndose de Inglaterra a Europa y Estados Unidos; 3) desde 1880 con el desarrollo y difusión del acero, electricidad e ingeniería pesada; 4) entre 1910 a 1930, centrada en el petróleo y automóvil con la difusión del modelo fordista-keynesiano y 5) en la década de 1970, caracterizada por el desarrollo de las telecomunicaciones e informática. En términos generales el ciclo de una revolución tecnológica consta de dos fases: una inicial de instalación, en que la fuerza motriz es el capital financiero y una fase sucesiva de despliegue, en la cual el capital productivo comanda el desarrollo de las nuevas tecnologías, aplicaciones y normas. Autores como Mathews (2013), Carrillo (2018) y Martins (2021) marcan la crisis de 2008 y la pandemia por covid-19 como puntos de agotamiento de la onda de crecimiento del quinto PTE iniciando el despliegue hacia una sexta etapa.

² Las tecnologías limpias comprenden aquellas que resultan en bajas emisiones de carbono que no involucran la producción de combustibles fósiles a menos que el carbono sea capturado (IEA, 2022). Por su parte, se consideran como energías renovables las que se obtienen de las siguientes fuentes naturales: eólica, solar, hidroeléctrica, nuclear, geotérmica, biomasa, hidrógeno. Cabe mencionar que el gas natural es considerado renovable, como combustible “puente” necesario para la transición, al emitir menos GEI que otros fósiles.

forma constante superando los treinta y un billones de dólares en 2022, representando las energías renovables el 30% de la generación energética mundial en ese año, por encima del 20% en 2010 (IEA, 2023).

Asimismo, en una economía mundial que no termina de recuperarse de la crisis económico-financiera internacional de 2008, los principales países industriales y los organismos de gobernanza global, como la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE, 2011), la Organización Mundial del Comercio (OMC, 2022) y el Foro Económico Global (WEF, 2023), presentan la urgencia por el cambio climático como “oportunidad” para transicionar hacia un nuevo “crecimiento verde”,³ capaz de dinamizar el comercio internacional, revitalizar el capitalismo y recuperar las tasas de crecimiento e incentivar la inversión privada.

Desde entonces, los organismos internacionales han diseñado diferentes propuestas para institucionalizar la idea de “políticas industriales verdes”, en forma de lineamientos de políticas públicas para los gobiernos, como una vía para vigorizar la economía global (Carrillo, 2018; Hurtado y Souza, 2018). Estas estrategias giran en torno al despliegue de nuevas actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), sobre la base de la utilización racional de los recursos naturales y el desarrollo de tecnologías limpias, permitiendo avanzar hacia un nuevo ciclo de prosperidad económica a partir de nuevas industrias y empleos, capaces de promover el desarrollo, la equidad y fomentar la inclusión social (OMC, 2022).

La competencia hegemónica entre las potencias se inscribe en este marco, teniendo como epicentro la disputa por el dominio científico-tecnológico, dado que la prosperidad económica, el poderío militar y la seguridad dependen del liderazgo tecnológico (Colombo y De Angelis, 2021). Se asiste así a una carrera industrial-tecnológica por la descarbonización y digitalización de la economía global con centro en las tecnologías limpias, los procesos de I+D+i y la propiedad intelectual. Este escenario se vuelve aún más apremiante para los países,

³ En 2011 la OCDE definió que el “crecimiento verde” significa fomentar el desarrollo económico al mismo tiempo que se asegura que los bienes naturales continúen proporcionando los recursos y los servicios ambientales de los cuales depende el bienestar (OCDE, 2011).

considerando que el Banco Mundial estima un débil crecimiento del PBI global para el periodo 2024-2026. Según el informe, se prevé que la economía mundial crecerá un 2,6% en 2024 y tendrá un promedio de 2,7% en 2025-2026, lo que significa que el crecimiento continuará siendo muy inferior en comparación al promedio del 3,1% de la década anterior al covid-19 (2010-2020) (World Bank, 2024).

El presente artículo tiene como objetivo analizar las políticas de transición energética en las principales economías globales: China y Estados Unidos (IEA, 2023; World Bank, 2024). A partir de una estrategia metodológica cualitativa, basada en la revisión bibliográfica de documentos gubernamentales y de organismos internacionales, nos proponemos explicar cómo se configuran las estrategias de transición energética adoptadas; de acuerdo a qué políticas y objetivos nacionales y cuáles son sus implicancias geopolíticas. Para ello, el trabajo se estructura de la siguiente forma: en el próximo apartado se examina la geopolítica de la transición energética. Luego, se describen las principales tendencias que moldean la transición en curso: la agenda global y el cambio científico-tecnológico. Finalmente, se analizan las políticas dedicadas a la transición energética de los casos seleccionados. Se argumenta que las estrategias de transición energética deben ser consideradas como ejes estratégicos de las políticas industrial-tecnológicas de los países.

Geopolítica de la transición energética

La economía mundial atraviesa una transformación energética hacia la descarbonización para enfrentar los impactos del calentamiento global producto del aumento de la temperatura media del planeta. Este proceso en marcha es entendido como el pasaje del predominio de los combustibles fósiles, especialmente del petróleo y el carbón, al de las energías de fuentes renovables, e involucra principalmente el sector energético global al representar tres cuartas partes de las emisiones GEI del mundo (Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation, 2019; IEA, 2023).

Este proceso es denominado como transición energética, un cambio estructural en el sistema de provisión y utilización de la energía en su conjunto, una transformación multidimensional a largo plazo del sector energético en un contexto tec-

noinstitucional específico que incluye y afecta una amplia gama de tecnologías, estructuras organizativas e institucionales (Kern y Markard, 2016).

A diferencia de otras transiciones en la historia –de la biomasa al carbón, del carbón al petróleo y luego al gas–, la actual transición energética se caracteriza por ser intencionada, plasmándose en acuerdos internacionales y en documentos gubernamentales nacionales. Por lo tanto, la transformación en curso dependerá en gran medida de las políticas públicas que se implementen, dando forma tanto al ritmo del cambio como a la dirección que asuma la transición.

Aquellos Estados que logren producir las nuevas tecnologías podrán ir reduciendo su dependencia de fuentes primarias extranjeras y asegurar su abastecimiento de energía. Altiparmak (2022) sostiene que está emergiendo una nueva geopolítica energética⁴ en torno a la energía renovable, que en lugar de enfocarse en la distribución de determinados recursos físicos se relaciona con las capacidades industriales y tecnológicas reforzando la interdependencia entre los actores en torno a los procesos de I+D+i, cadenas de valor y comercio internacional.

De esta manera, se configura una geopolítica de la transición energética con centro en las relaciones de poder entre los actores por el control de las cadenas de suministro de las tecnologías limpias⁵ y, consecuentemente, sobre la gestión de:

- Tecnologías estratégicas para la transición,⁶ I+D+i y propiedad intelectual

⁴ En 2011 la OCDE definió que el “crecimiento verde” significa fomentar el desarrollo económico al mismo tiempo que se asegura que los bienes naturales continúen proporcionando los recursos y los servicios ambientales de los cuales depende el bienestar (OCDE, 2011).

⁵ Se entiende por cadena de suministro de tecnologías limpias como la cadena de producción de aquellos equipos involucrados según el tipo de tecnología específica; cada cadena de suministro incluye tres eslabones: extracción-procesamiento de materias primas aguas arriba, componentes clave intermedios y equipos aguas abajo (Zhang y Hong, 2022).

⁶ Según Naciones Unidas (UNCTAD, 2023) las tecnologías estratégicas para la transición energética incluyen: nuclear, biogás y biomasa, aerogeneradores eólicos, paneles solar-fotovoltaicos, motores eléctricos, baterías para movilidad, hidrógeno renovable, sistemas de almacenamiento energético mediante hidrógeno y baterías ion-litio; redes inteligentes, tecnologías digitales-cibernéticas y de captura de carbono. Asimismo el informe destaca como tecnologías de frontera para la transición las siguientes: inteligencia

- Recursos naturales estratégicos (metales, minerales y tierras raras)
- Fuentes de energía y combustibles
- Nuevas infraestructuras (transporte, transmisión, almacenamiento)
- Acceso a mercados, recursos financieros, inversiones e información
- Establecimiento de normas y estándares internacionales⁷

La economía internacional se estructura en torno a cadenas globales de valor, en que cada eslabón del proceso productivo se lleva a cabo donde están disponibles los recursos y las habilidades necesarias para su realización al menor costo posible y mayor calidad competitiva. Las tecnologías se producen y comercializan en todo el mundo en cadenas de suministro interconectadas globalmente.

Bajo estas condiciones, la transición energética implicará un nuevo tipo de competencia por el suministro de energía y tecnología. En términos geopolíticos, se constituirán nuevas relaciones de poder, donde los países que alcancen el liderazgo industrial-tecnológico definirán el curso de la transición energética. Zhang y Hong (2022) identifican dos áreas de grandes disputas geopolíticas: el control de recursos naturales estratégicos y el dominio industrial-tecnológico.

En primer lugar, la distribución, procesamiento y suministro de aquellos recursos imprescindibles para las nuevas industrias están concentrados geográficamente. Por ejemplo, en 2018 el 75% de las reservas mundiales de cobalto se encuentran en Congo, Australia y Cuba, con una producción mundial fuertemente concentrada, ya que el 66% del cobalto proviene del país africano; en el mismo año, las reservas de litio de Australia, Chile y Argentina representaron el 91% del mundo, y la producción de los tres países significó el 86% de la producción global;

artificial, internet de las cosas, big data, tecnologías *blockchain*, 5G, robótica, impresión 3D, nanotecnología y edición genética.

⁷ Establecer nuevas normas y estándares en tecnologías disruptivas implica liderar, en gran medida, las reglas del sector, beneficiándose del cobro de licencias, regalías y la capacidad de invertir dichas ganancias en I+D+i. Esto convierte las normas y estándares en uno de las principales dimensiones de competitividad internacional entre las potencias.

a su vez, del 86% de la producción total de minerales de tierras raras el 62% se procesa en China (IEA, 2023). Los recursos naturales estratégicos son indispensables para lograr la transición energética hacia las energías renovables, ya que la producción de tecnologías limpias depende de la disponibilidad de estos recursos, al ser componentes fundamentales para su fabricación. El cobalto, el litio y las tierras raras son insumos esenciales para producir turbinas eólicas, motores eléctricos y baterías de ion-litio utilizadas en vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento energético.

Segundo, la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías limpias darán forma al escenario global. El país que alcance el dominio tecnológico logrará establecer el umbral de la industria y establecer las normas internacionales, controlando la producción y distribución del valor en la cadena de suministro. De igual manera, las actividades diplomáticas en torno a las cadenas de suministro desempeñarán roles claves para promover la cooperación y las oportunidades, y como corolario, es probable que se asista a una securitización, incluso militarización, de las cadenas de suministro a fin de asegurar los objetivos nacionales (Zhang y Hong, 2022).

En el contexto de creciente importancia de la ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo, países como China y Estados Unidos comenzaron a diseñar estrategias dedicadas a la transición energética definiendo cursos de acción con el objetivo de desarrollar tecnologías y asegurar mercados (World Bank, 2024). Según la Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation (2019), estas estrategias nacionales son el resultado de procesos largos y complejos, en los cuales los gobiernos implementan programas de I+D+i respecto a tecnologías específicas, trazan una hoja de ruta con acciones a corto y mediano plazo y establecen prioridades y objetivos dentro de un plan integrado de gobierno. Las estrategias son representaciones políticas que proporcionan un marco institucional de acciones estratégicas definiendo qué objetivos perseguir y los medios apropiados para alcanzarlos (Mouton, 2020). De esta manera, cada estrategia de transición energética presentará oportunidades y limitaciones de acuerdo a las propias trayectorias nacionales.

En definitiva, la transición energética se presenta como un proceso de transformación complejo y simultáneo de dimensiones tecnológicas, industriales y geopolíticas a escala global; se constituye en un cambio tecnoeconómico que beneficiará a aquellos países que cuenten con las capacidades industriales, científicas y tecnológicas para fabricar las nuevas tecnologías, dominar los mercados que ellas generan y establecer las normas y reglas para su uso.

Tendencias globales que moldean la transición energética

La agenda internacional

Ante la urgencia por dar respuesta del cambio climático y la necesidad de descarbonizar la economía global, casi la totalidad de los países del planeta ha asumido diversos acuerdos internacionales en materia de mitigación, estableciendo objetivos a alcanzar en las próximas décadas.

Actualmente, dos compromisos internacionales marcan la agenda de la transición energética. Por un lado, se encuentran los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, cuyo séptimo objetivo se relaciona con impulsar el acceso universal a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna, e incrementar progresivamente la participación de energías renovables en las matrices energéticas nacionales; y, por otro lado, el Acuerdo de París de 2015 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), negociado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP21), en la que los países acordaron mantener el aumento medio de la temperatura del planeta por debajo de los 2°C respecto de los niveles preindustriales para el año 2050, definiendo compromisos generales para implementar medidas de mitigación para limitar el aumento a 1,5°C.

En este marco de acción climática global, los países decidieron alcanzar ciertos porcentajes de reducción de emisiones e incrementar la utilización de energías renovables. En relación con los casos bajo estudio, cada Estado que forma parte del Acuerdo de París, mediante sus contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés), se comprometió a definir sus objetivos de transición para los próximos años (como se detalla en el cuadro 1).

Cuadro 1. NDC por país seleccionado			
	NDC	Meta general	Objetivos específicos
Estados Unidos	22/04/2021	Reducir las emisiones netas un 50-52% por debajo de los niveles de 2005 para 2030	Alcanzar una generación eléctrica 100% libre de carbono para 2035
China	28/10/2021	Alcanzar el pico de emisiones antes de 2030 y lograr la neutralidad de carbono antes de 2060	Reducir las emisiones por unidad de PBI un 65% respecto del 2005, aumentar la proporción de combustibles no fósiles en el consumo de energía primaria un 25% e incrementar la capacidad instalada de energía eólica y solar a 1200 millones de kilovatios para 2030

Fuente: elaboración propia, según UNFCCC (2024)

Lo anterior da cuenta de que no existe una transición energética única, sino más bien múltiples trayectorias energéticas nacionales que varían sustancialmente entre regiones y países de acuerdo a las propias características políticas, institucionales e industrial-tecnológicas. Aun así, los objetivos generales de la transición continúan siendo muy discutidos entrando en conflicto según los actores que intervienen, con intereses y visiones diferentes (Kern y Markard, 2016).

En este sentido, el Grupo de Trabajo de Transiciones Energéticas (ETWG, por sus siglas en inglés) del G20⁸ adoptó en 2018 el concepto de transiciones en plural, para referirse a las diferentes trayectorias de los países mientras promueven

⁸ El G20 tomó nuevo impulso a partir de la crisis de 2008 como foro de discusión para la recuperación económica mundial. Está integrado por Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Corea del Sur, Estados Unidos, Francia, India, Indonesia, Italia, Japón, México, Reino Unido, Rusia, Sudáfrica, Turquía y la Unión Europea. Reúne un grupo representativo de países industrializados y en desarrollo de suma importancia para la transición energética, en conjunto son responsables de producir el 80% de los GEI globales, consumiendo el 95% del carbón y el 70% del petróleo y gas del mundo (Shin, 2021).

su seguridad energética⁹ e impulsan la descarbonización de sus economías (Shin, 2021). Esta perspectiva refleja el hecho de que a escala nacional existen diferentes puntos de partida según los distintos recursos energéticos y capacidades nacionales, razón por la cual los organismos internacionales consideran el comercio internacional como un factor clave para alcanzar la transición energética (UNCTAD, 2023).

Desde esta visión, la estrategia es simple, los países en desarrollo para concretar sus compromisos internacionales de adaptación climática y transformar sus matrices nacionales en prácticamente menos de una década requerirán de la cooperación global, asistencia técnica, financiamiento y recursos de parte de los países industrializados. Así lo advierten Hurtado y Souza (2018), al afirmar que la nueva oleada tecnológica “verde” presentada sobre la urgencia del calentamiento global está diseñada para satisfacer las necesidades del cambio tecnoeconómico de las economías centrales y, por lo tanto, es funcional a su recuperación económica.

Los organismos internacionales plantean que para lograr el objetivo de cero emisiones, se requerirá de más innovación científico-técnica, debido a que las tecnologías actualmente existentes solo tienen la capacidad para reducir el 25% del carbono, siendo incapaces de solucionar las emisiones de sectores estructurales de la economía internacional como el transporte pesado por aire y mar. Por lo cual, se estima que el 70% de las reducciones necesarias provendrán de tecnologías aún en desarrollo (Hafner y Tagliapietra, 2020; UNCTAD, 2023).¹⁰

⁹ Los organismos internacionales definen la seguridad energética como la gestión eficaz del suministro de energía primaria de fuentes nacionales como externas a través de una infraestructura energética confiable en combinación con la capacidad de los proveedores de energía para satisfacer la demanda actual y futura (WEF, 2023; UNCTAD, 2023). Por ello, la seguridad energética es una preocupación central de seguridad nacional en relación con las políticas industrial-tecnológicas y exteriores de las naciones (Altiparmak, 2022).

¹⁰ La utilización de hidrógeno renovable, en la que se emplean tecnologías limpias como solar-fotovoltaica y eólica para electrolizar agua y producir hidrógeno, podría solucionar la descarbonización del transporte pesado; sin embargo, continúa siendo una tecnología en desarrollo (Hafner y Tagliapietra, 2020).

A pesar de los compromisos alcanzados a nivel internacional desde París, los avances en las políticas climáticas siguen siendo menores.¹¹ Las negociaciones en la COP27 de la CMNUCC realizada en Egipto en 2022 no llegaron a un acuerdo significativo, las prioridades nacionales respecto de la seguridad energética y el crecimiento económico dominan la agenda internacional de la transición (WEF, 2023). Zhang y Hong (2022) observan que a medida que los países establecen sus objetivos de transición energética, el enfoque de la política climática está cambiando desde medidas regulatorias para controlar las emisiones a los medios económicos para promover la inversión pública, la investigación y el desarrollo tecnológico.

Estas tendencias se profundizaron con la invasión rusa a Ucrania en 2022, reavivando las preocupaciones por el abastecimiento energético, los nacionalismos y la securitización global (Kalantzakos, Overland y Vakulchuk, 2023). El alza de los precios de los combustibles y las sanciones de Occidente a las exportaciones rusas remodelaron el escenario energético regional en términos comerciales e inversiones, causando importantes interrupciones en las cadenas de suministro de energía y tecnología (OMC, 2022).¹²

En conjunto, estos factores intensificaron las preocupaciones de los países por la seguridad energética, constituyéndose en un tema central en las discusiones del G20 y el Foro Económico Mundial. Como resultado, las políticas nacionalistas se han intensificado, reforzando las estrategias de regionalización mediante la relocalización de los procesos productivos en países aliados (*friend-shoring* o *ally-shoring*) (Zhang y Hong, 2022). En esencia, esta estrategia implica una reorganización

¹¹ En 2020 se registraron reducciones significativas de GEI en la atmósfera debido a la recesión provocada por el covid-19; sin embargo, la recuperación pospandemia implicó aumentos significativos en el consumo de hidrocarburos a nivel global (IEA, 2022).

¹² Europa es altamente dependiente de las importaciones de gas natural y petróleo. En 2020 Rusia proporcionó el 40% del gas y 25% de petróleo a Europa (Hosseini, 2022). Una de las razones de esta dependencia a los combustibles fósiles rusos se atribuye a los planes europeos para eliminar las centrales eléctricas de carbón y nucleares, consideradas energías no renovables. Ante la irrupción del conflicto ucraniano, los países europeos decidieron diversificar sus suministros energéticos, convirtiéndose Estados Unidos en el principal proveedor de gas al continente desplazando a Rusia; además, como reacción inmediata a la guerra, Europa optó por reactivar la construcción de gasoductos y reactivar también las centrales eléctricas nucleares y de carbón (Hosseini, 2022).

espacial de las cadenas de suministro globales según criterios geopolíticos, seleccionando socios comerciales con intereses políticos convergentes. Su objetivo es conformar redes de producción entre países aliados para garantizar un suministro seguro y continuo de energía, tecnología y minerales.¹³

Asimismo, el conflicto y sus consecuencias pusieron de manifiesto la importancia clave de los combustibles fósiles, especialmente del gas, en las estrategias de transición (WEF, 2023). La crisis actual moldeó la transición energética hacia las cuestiones de seguridad y la carrera por la competitividad industrial-tecnológica por sobre la adaptación climática. Lo cierto es que en 2022 casi el 80% de la generación energética mundial provino de combustibles fósiles, representando el petróleo el 30% del suministro total, seguido del carbón con el 26% y gas natural 23% (IEA, 2023).

Cambio científico-técnico

En la última década, gracias al cambio tecnológico y las crecientes innovaciones, especialmente sobre la digitalización, la inteligencia artificial, el almacenamiento de energía y la utilización de nuevos materiales aplicados en la industria energética, se ha contribuido a aumentar la eficiencia y acelerar el uso de las tecnologías limpias en el sector eléctrico a nivel global.

Según la Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation (2019), en los últimos años las innovaciones en el campo de las tecnologías limpias han sido mayores que en el sector de los combustibles fósiles. Los avances técnicos y el aumento de la inversión en las tecnologías solar fotovoltaica y eólica, lograron que ambas tecnologías se consoliden en el mercado trascendiendo sus nichos tradicionales. Entre el periodo 2010-2019, los costos de la producción eléctrica procedente de la energía solar fotovoltaica a gran escala decrecieron un 82%, mientras que la energía eólica terrestre cayó un 39%; a su vez, los costos productivos de las baterías de ion-litio, que se utilizan para almacenar la energía producida debido a la intermitencia de estas fuentes, se han reducido un 80%

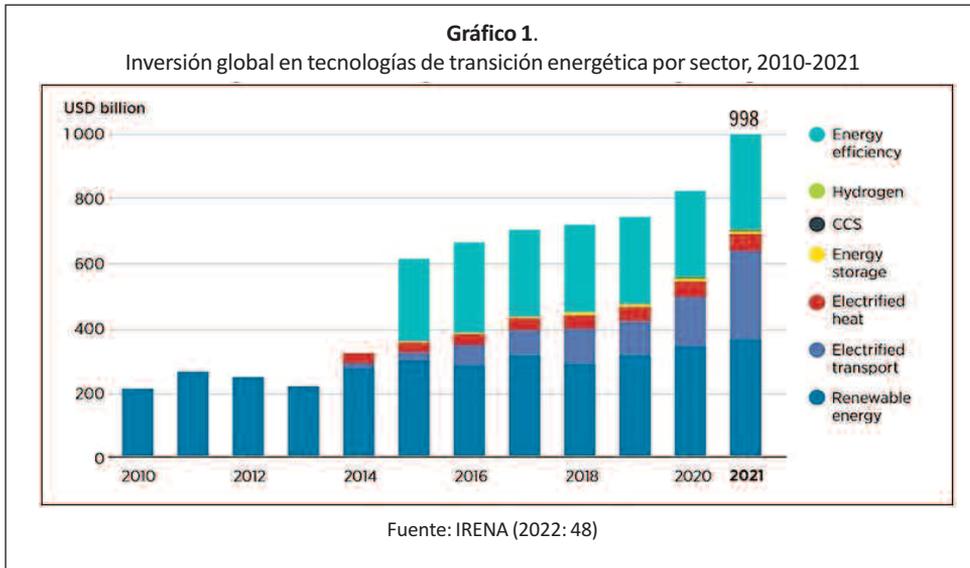
¹³ La estrategia de friend-shoring fue anunciada por primera vez en la Orden Ejecutiva 14.017 de 2021 en el marco de los primeros cien días del gobierno de Biden (DoE, 2022).

desde 2010, contribuyendo a aumentar su competitividad y eficiencia (Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation, 2019). También la electrificación en el transporte avanzó fuertemente, solo en 2022 las ventas de vehículos eléctricos alcanzaron el 13% del mercado mundial de automóviles, en comparación, fueron de prácticamente cero en 2010 (IEA, 2023).

La innovación tecnológica es un factor determinante en el ritmo del cambio tecnológico en la competitividad por el liderazgo de las tecnologías limpias. Según la Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation (2019), los países que lideren la innovación tecnológica estarán mejor posicionados para aprovechar al máximo la transformación energética global. Los cambios tecnológicos son desiguales y superpuestos, se inician en el país con mayores capacidades industriales llegando luego a los países periféricos solo cuando el PTE ha madurado (UNCTAD, 2023). Por consiguiente, dimensionar el cambio tecnológico permitirá comprender la competitividad de un país en el sistema internacional, como lo muestran los siguientes indicadores.

La inversión global relacionada con la transición energética se ha quintuplicado en los últimos diez años, alcanzando casi un billón de dólares en 2021 (como se detalla en el gráfico 1) (IRENA, 2022). Las tecnologías limpias en su conjunto representan el sector que más inversiones recibió con 366.000 millones dólares en ese año. Al respecto, el sector de la electromovilidad experimentó el mayor aumento interanual, con 273.000 millones dólares invertidos en automóviles e infraestructuras asociadas.

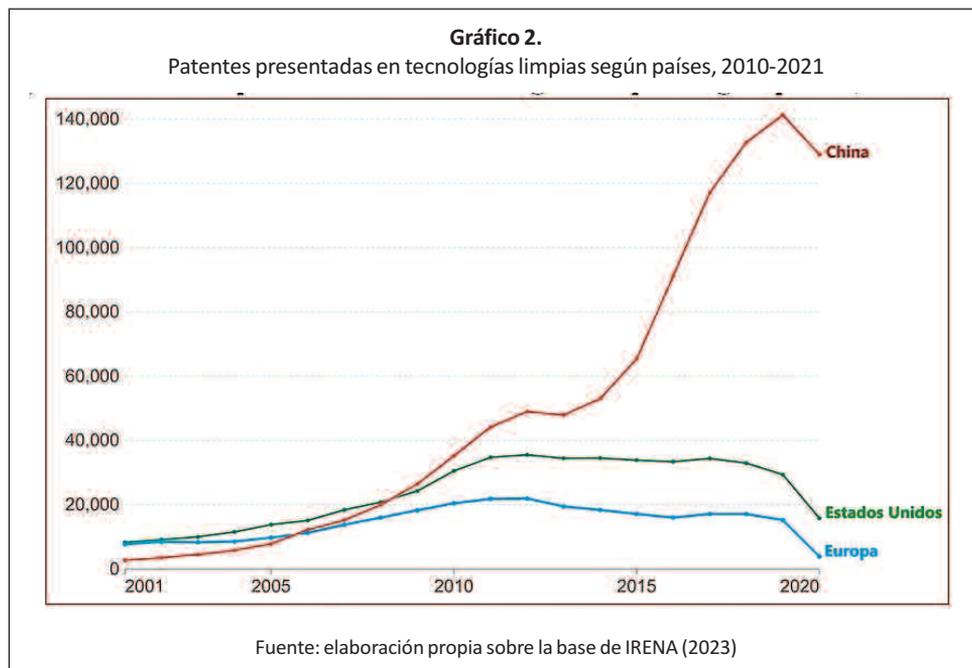
A pesar del crecimiento global y relativamente constante en tecnologías limpias, su desarrollo se concentra en los países industrializados, el 80% de las inversiones globales corresponde a China, Europa y Estados Unidos (IRENA, 2022). En particular, la inversión en investigación energética ha aumentado a ritmos vigorosos desde comienzos de siglo. En 2021, a nivel mundial el gasto gubernamental en I+D+i en energía ascendió a 38.000 millones de dólares, de los cuales casi el 90% se asignó al desarrollo de tecnologías limpias (IEA, 2022). A nivel sectorial, este incremento se correlaciona con los avances en el sector del transporte, donde las tecnologías relacionadas con la electromovilidad, los sistemas de carga e infraestructura asociadas, como también sobre las nuevas investigaciones en tecnologías



de almacenamiento en base a baterías, hidrógeno y pilas de combustible. Entre las principales economías globales, China lidera la inversión pública en I+D+i energética a nivel global, superando los 11.000 millones de dólares en 2021 (IEA, 2022).

Por otra parte, las patentes solicitadas por residentes son un indicador útil para evaluar la posición de los países en la carrera por producir las tecnologías limpias y medir los resultados generados por las actividades de I+D+i. Entre 2015-2019 la tasa de patentamientos en tecnologías limpias se incrementó notablemente, en especial en componentes de turbinas eólicas, módulos solar fotovoltaicos, paquetes LED, baterías de ion-litio y semiconductores. Actualmente, China y Estados Unidos concentran el 70% de las patentes presentadas relacionadas con estas tecnologías y el 30% en las publicaciones científicas globales vinculadas (UNCTAD, 2023).

Según la base de datos de IRENA (2024) (como se detalla en el gráfico 2), a principios de siglo Europa y Estados Unidos concentraban en conjunto 14.227 patentes en tecnologías limpias (7688 y 6539 respectivamente), mientras que



China apenas alcanzaba 2687 solicitudes. Hasta la primera década, las tendencias en las patentes presentadas aumentaron de forma proporcional; sin embargo, para fines de la década siguiente China incrementó vertiginosamente sus solicitudes alcanzando 141.244 patentes en 2019 y situándose en primer lugar, muy por encima de Estados Unidos con 27.348 y de Europa con 15.208.¹⁴

Esta brecha en los patentamientos entre China y Estados Unidos se vuelve más evidente de acuerdo con la tecnología específica. El informe de UNCTAD (2023) señala que en las últimas dos décadas, las empresas chinas crearon 33.066 patentes para energía eólica, mientras que las empresas estadounidenses generaron

¹⁴ La situación de evidente rezago en Europa quedó plasmada en el denominado Informe Draghi, presentado en septiembre de 2024 a la Comisión Europea. Ver, European Commission (9/9/2024). "The future of European competitiveness – A competitiveness strategy for Europe". Disponible en: https://commission.europa.eu/document/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en.

solo 2963 patentes; al igual que en módulos solar fotovoltaicos, China presentó 31.365 patentes y Estados Unidos creó 1586.

Estas tendencias indican que China en los últimos años se posicionó en la vanguardia del liderazgo tecnológico en torno al conjunto de las tecnologías estratégicas para la transición energética. De todas ellas, domina el comercio de paneles solares fotovoltaicos, siendo el mayor productor, exportador e instalador a nivel global, seguido de un crecimiento acelerado en baterías y vehículos eléctricos. En gran medida, la progresiva inversión de China en I+D+i en tecnologías limpias le ha permitido obtener competitividad tecnológica, superando a las tradicionales empresas estadounidenses y europeas.

Estrategias de transición energética

República Popular China

En las últimas décadas, China ha definido políticas climáticas y de transición energética en función de los objetivos establecidos por el gobierno central en el marco de los planes quinquenales.¹⁵

El crecimiento industrial de China como primera potencia comercial y segunda economía global junto con el aumento de la renta *per cápita* y de la demanda energética convirtieron el país en uno de los principales consumidores e importadores de energía del mundo, pasando de ser un exportador neto de petróleo en los noventa al mayor importador de crudo en 2014, es decir, un incremento del 343% (Mouton, 2020).

Esta situación ha llevado a China a una fuerte dependencia del suministro energético del extranjero y a una constante preocupación por la seguridad energética nacional. Los Planes Quinquenales X y XI, que abarcaron los años entre 2001 y 2011, fueron los primeros en abordar la problemática energética. Se creó

¹⁵ Los planes quinquenales establecen los lineamientos generales de la política china de los próximos cinco años. Los documentos son elaborados por la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma (CNDR) y emitidos finalmente por el Consejo de Estado.

el Programa de Incentivos para el Desarrollo de Energías Renovables, con tasas impositivas preferenciales para las empresas extranjeras que invirtieran en el territorio para producir tecnologías limpias y energías renovables, y se propuso la meta de reducir un 20% la intensidad energética en los niveles de consumo (Gélvez y González-Jáuregui, 2022).

Si bien la crisis de 2008 impactó de forma más leve que en otros países industrializados, alentó la adopción de políticas públicas destinadas a promover la innovación tecnológica, la protección ambiental y el crecimiento económico y social más equitativo. Así, el XII Plan Quinquenal, entre el periodo 2011-2015, profundizó las políticas de desarrollo industrial de siete sectores considerados estratégicos que recibirían apoyo preferencial del gobierno, incluidas las tecnologías limpias y energías de fuentes renovables. El duodécimo Plan, introdujo por primera vez una estrategia nacional de adaptación climática como consecuencia del incremento de las emisiones de GEI del país y sus graves implicancias sobre la salud, como corolario del acelerado proceso de industrialización de estos años.

Generar respuestas ante el impacto del cambio climático se volvió una necesidad del gobierno (Mouton, 2020). En 2013, se lanzó el Plan de Acción para el Control y Prevención de la Contaminación del Aire con el objetivo de reemplazar a mediano plazo el consumo de carbón por gas natural y en 2014 se anunció la política de “revolución energética a 2030”. Entre sus metas generales se mencionan la mejora de la eficiencia energética en la industria, la producción de energía reduciendo emisiones y el impulso del desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías a través de la innovación tecnológica y la cooperación internacional. Asimismo, para potenciar el desarrollo de tecnología nacional a través de nuevas normas técnicas y estándares comerciales para sus industrias, se emitió el Plan de Reforma de Estandarización.

Durante esta etapa, en 2015 tuvo lugar el Anuncio Conjunto China-Estados Unidos sobre el Cambio Climático como resultado de las cumbres entre Xi Jinping y Barack Obama en ese año; así, las dos economías que producen las mayores emisiones de GEI globales sentaron las bases para la aprobación del Acuerdo de París en la COP21 (Yu, 2022). A partir de su ratificación en 2016, China produciría un cambio importante en su política climático-energética. Desde entonces, los objetivos

enmarcados en los planes quinquenales se aunaron con sus objetivos de política internacional para la construcción de una sociedad centrada en el desarrollo sostenible. La política científico-tecnológica se volvió una dimensión central hacia la sostenibilidad, fundamentalmente para incentivar el desarrollo tecnológico autónomo en las industrias de tecnologías limpias.

El XIII Plan Quinquenal, 2016-2020, además de consolidar las metas de mitigación asumidas internacionalmente le dio mayor profundidad a las políticas de su plan antecesor. La innovación científico-tecnológica se convirtió en una prioridad estratégica. Esto sucedió en el marco de un cambio en el modelo de desarrollo chino, del pasaje de una industria pesada orientada a la exportación hacia un modelo basado en la producción de manufacturas inteligentes, de calidad y eficientes con énfasis en el consumo interno, los servicios digitales y la I+D+i.

Desde entonces, emergió una política industrial focalizada en el desarrollo científico-tecnológico de las denominadas “industrias emergentes y estratégicas”, abarcando las tecnologías limpias. Los objetivos específicos se plasmaron tanto en documentos oficiales, como el Plan Estratégico de Mediano y Largo Plazo para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología 2006-2020,¹⁶ como también mediante incentivos concretos, como por ejemplo destinar el 8% del PIB para desarrollar dichas industrias e incrementar en un 2,2% del PBI la inversión en I+D+i para tales actividades (Gélvez y González-Jáuregui, 2022). También, en 2016 entró en ejecución el Plan Made in China 2025 que buscaba promover la incorporación progresiva de tecnología en los procesos productivos nacionales y extender la presencia de tecnología china en el exterior. Esta estrategia les asignó a las tecnologías limpias para la transición energética un rol fundamental, calificando de estratégico el dominio de las cadenas de suministro de energía y tecnología (Hafner y Tagliapietra, 2020).

¹⁶ Entre los objetivos concretos del Plan se encuentran la promoción de la competitividad de empresas chinas intensivas en tecnología, especialmente en términos de propiedad intelectual, y el fortalecimiento de sectores industriales estratégicos como: biotecnología, protección ambiental, tecnologías de información, nuevas fuentes de energía y vehículos eléctricos (Colombo y De Angelis, 2021).

Colombo y De Angelis (2021) sostienen que China construyó un modelo de desarrollo tecnológico autónomo y endógeno, mediante una estrategia que combina el fomento a la innovación tecnológica, la protección a las empresas estatales y la transferencia de tecnología como condición para la inversión extranjera. Esta estrategia ha dado lugar a que un tercio de las patentes globales en tecnologías limpias sea de origen chino.

Durante este periodo, la Oficina de Información del Consejo de Estado (SCIO, por sus siglas en inglés) informó que China se convirtió en líder mundial en tecnología solar fotovoltaica al dominar los equipos de mayor contenido científico-técnico en las cadenas de valor, produciendo el 70% del total mundial de polisilicio, células y módulos (China SCIO, 2023). Según el informe de UNCTAD (2023), las exportaciones chinas en tecnología solar fotovoltaica pasaron de representar los 18 billones de dólares en 2018 a 100 billones de dólares en 2021, superando a Estados Unidos y Europa.

Por otra parte, China logró posicionarse en la vanguardia científico-tecnológica en almacenamiento y eficiencia energética, especialmente en baterías de ion-litio, con el objetivo de liderar la cadena de suministro de vehículos eléctricos (Altiparmak, 2022). Los programas bianuales (2017-2018 y 2019-2020) de innovación e incentivos del gobierno fueron claves para desarrollar la industria del sector. En 2018 China se convirtió en el principal mercado global de vehículos eléctricos con 2300 millones de unidades producidas (IEA, 2023).

A pesar del crecimiento registrado durante la primera década de las tecnologías limpias, hacia 2021 la matriz energética de China continuaba dependiendo mayoritariamente de combustibles fósiles, el 71% de la energía total provenía del carbón y el 13% del petróleo y el gas (IEA, 2024). En consecuencia, en el XIV Plan Quinquenal, 2021-2025, el gobierno planteó como objetivo principal la “construcción de un sistema energético moderno”, que coordine la promoción de la transformación energética baja en carbono sobre la base de la seguridad energética en las cadenas de suministros de energía y tecnologías (China SCIO, 2021).

El decimocuarto Plan propone como principal objetivo incrementar las capacidades científico-tecnológicas nacionales para promover una innovación in-

teligente y eficiente como motor modernizador de las industrias, en especial en determinadas tecnologías estratégicas, como equipos eólicos a baja velocidad, conversión de células fotovoltaicas, energía nuclear de tercera generación, vehículos eléctricos, tecnologías de captura de carbono, almacenamiento electroquímico – baterías– y producción de hidrogeno. Para ello, se prevé la creación de centros de innovación en el país y el incremento del gasto en I+D+I en más del 7% anual.

En segundo lugar, prioriza asegurar el suministro energético mediante el desarrollo de tecnologías de exploración y producción de petróleo y gas, considerando especialmente este último como un combustible clave para la transformación del país.

Tercero, propone construir sistemas de energía digitales que promuevan la eficiencia energética, mediante tecnología 5G, inteligencia artificial y redes inteligentes.

Por último, plantea ampliar la participación del país en la gobernanza climática y transición energética global, mediante el fortalecimiento de la cooperación internacional. Entre sus objetivos, también menciona la necesidad de diversificar las importaciones de petróleo y gas, y consolidar instalaciones de conectividad seguras y estables para el suministro energético. Asimismo, enfatiza el rol de la Ruta de la Seda Verde,¹⁷ para impulsar la capacidad productiva y competitividad hacia el exterior de las empresas chinas en tecnologías limpias, y como plataforma de vinculación y cooperación energética con países “socios/aliados”.

Recientemente, estos objetivos fueron actualizados y enfatizados en el libro blanco *El desarrollo verde de China en la nueva era* emitido por el China SCIO en

¹⁷ Belt and Road Initiative (BRI) es un proyecto de infraestructura de China, con 146 países adheridos de todo el mundo, con el objetivo de construir corredores económicos terrestres, marítimos y digitales, y facilitar la circulación de mercancías e inversiones en pos de incrementar la tasa de ganancia de las empresas e instituciones chinas y expandir su influencia internacional (Colombo y De Angelis, 2021). En 2017 el gobierno publicó oficialmente los lineamientos de financiamiento, proyectos y tecnologías limpias para construir una ruta de la seda verde o green belt and road (The Academy of Contemporary China and World Studies, 20/3/2023).

2023. El documento destaca el objetivo de conformar una “civilización ecológica”¹⁸ como principio rector de la transición energética china a nivel nacional e internacional (China SCIO, 2023). Esta visión implica una transformación de los sistemas económicos y sociales hacia la sostenibilidad y la adopción de tecnologías limpias. China busca liderar la cooperación internacional en la construcción de una civilización ecológica, desempeñando un papel clave en la gobernanza climático-energética global. Así lo señaló Xi Jinping en el XIX Congreso del Partido Comunista, “tomando el asiento del conductor en la cooperación internacional para responder el cambio climático, China se ha convertido en un importante participante, contribuyente y portador de la antorcha en el esfuerzo global por la civilización ecológica”.¹⁹

En resumen, la política de transición energética china contempla una estrategia integral a largo plazo, multidimensional, siempre orientada a alcanzar la seguridad energética, que ha sido resultado tanto de su política doméstica de desarrollo industrial-tecnológico como de su estrategia de apertura hacia el exterior.

Estados Unidos

En Estados Unidos la planificación energética ocupa un lugar central. Como uno de los mayores consumidores de energía del mundo, los gobiernos siempre han prestado atención a las políticas energéticas orientadas a garantizar su propia seguridad y a promover el desarrollo económico y la planificación científico-tecnológica del sector (Zebang y Yi, 2022). Posterior al shock petrolero, en 1977 el gobierno creó el Departamento de Energía (DoE, por sus siglas en inglés) para formular e implementar las políticas energéticas en el país. Sin embargo, el diseño de las políticas energéticas ha mutado según los cambios gubernamentales.²⁰

¹⁸ Si bien el concepto de “civilización ecológica” surgió a principios de siglo en diferentes documentos gubernamentales, fue bajo el gobierno de Xi que se incorporó definitivamente en los XII, XIII y XIV planes quinquenales como política estratégica.

¹⁹ Versión original en inglés: “taking a driving seat in international cooperation to respond to climate change, China has become an important participant, contributor, and torchbearer in the global endeavor for ecological civilization” (Mouton, 2020: 52).

²⁰ La política federal climática y energética estadounidense ha estado marcada por tensiones entre aquellos partidarios de la urgencia de la descarbonización global y los negociacionistas que promueven el aislacio-

Durante el gobierno de Obama (2009-2017), ante la apremiante crisis económico-financiera, una de las primeras medidas fue la Ley de Reinversión y Recuperación de Estados Unidos, incluyendo un paquete de 90.000 millones de dólares para estimular la producción nacional en tecnologías limpias. Con el objetivo de elaborar en una estrategia energética integral que vincule las políticas de adaptación climática con la producción de tecnologías limpias, se implementó –con escasos resultados– el Plan de Acción Climática (PAC) de 2013, reuniendo un conjunto de acciones regulatorias para reducir las emisiones de GEI en el país, incrementar la participación de las energías renovables a nivel nacional, promover el retiro progresivo de las centrales de carbón y gas y, en conjunto con el DoE, generar nuevas normas en términos de eficiencia para vehículos, edificios y electrodomésticos (Hafner y Tagliapietra, 2020).

Otro componente clave del CAP fue instar a las agencias federales a ampliar su participación en el liderazgo internacional en la gobernanza energética a través de mecanismos multilaterales y bilaterales, especialmente en investigación y cooperación con nuevos socios como China e India. En este sentido, uno de los aspectos más importantes de la administración Obama fueron las relaciones con China, las cuales no solo lograron impulsar el Acuerdo de París (anteriormente mencionado), sino que además abarcaron proyectos de cooperación científico-tecnológica para desarrollar conjuntamente tecnologías limpias fotovoltaicas, de captura y almacenamiento de carbono y eficiencia energética (Zhang y Hong, 2022).

En este periodo, marcado por el ascenso de China como potencia comercial y tecnológica global, la dirigencia estadounidense –con sus diferencias– reaccionó decididamente a contener el crecimiento del país asiático (Colombo y De Angelis, 2021). Mientras Obama buscó reequilibrar la presencia de Estados Unidos en la región Asia-Pacífico, conteniendo la influencia china,²¹ durante la presidencia de

nismo con respecto a la gobernanza climática internacional; estos escenarios contradictorios impulsan políticas diferentes con distintas implicaciones geopolíticas (Hafner y Tagliapietra, 2020).

²¹ Obama anunció el “pivote estratégico hacia Asia-Pacífico”, como un conjunto de iniciativas político-diplomáticas y económicas para incrementar la presencia estadounidense en la región: fortaleció el Diálogo Estratégico Económico China-Estados Unidos, adhirió al Tratado de Amistad y Cooperación de la ASEAN

Trump (2017-2021) se calificó a China como uno de los principales desafíos a la hegemonía estadounidense (Kalantzakos, Overland y Vakulchuk, 2023).

La política industrial de Trump enfatizó el proteccionismo como estrategia para aumentar la presencia del país en sectores tecnológicos claves mediante la relocalización de las cadenas productivas. Se formuló una nueva política energética que declaró como objetivo estratégico económico y de política exterior garantizar el “dominio energético” de Estados Unidos (Guliyev, 2020). Los lineamientos generales se sintetizaron en el America First Energy Plan de 2017, como una estrategia de seguridad energética cuyo objetivo central es el de lograr el autoabastecimiento. La meta principal ha sido expandir la producción local de petróleo y gas, liderar las exportaciones a nivel global y promover los intereses de las empresas estadounidenses en el extranjero en pos de reducir la dependencia energética de otros países e impulsar el empleo nacional.

Como primeras medidas, se impulsaron las energías no convencionales – esquistos²² y nuclear–, mientras se desestimaban las políticas relacionadas con las energías renovables, incluso retirándose del Acuerdo de París (Zebang y Yi, 2022). Así, en Estados Unidos se configuró una matriz energética altamente dependiente en combustibles fósiles, en que el 79% del consumo final de energía primaria y el 60% de la generación eléctrica provienen del petróleo, gas natural y carbón combinados (DoE, 2022).

En este contexto, la rivalidad con China por el liderazgo industrial-tecnológico se intensificó. Con el objetivo de contener el avance del país asiático en las tecnologías limpias, el gobierno estadounidense introdujo en 2018 un arancel aduanero del 30% sobre la importación de células y módulos para paneles solar fotovoltaicos (Hafner y Tagliapietra, 2020); aun así, la producción de paneles solar

y la Cumbre de Asia Oriental, principales foros de cooperación regionales (Kalantzakos, Overland y Vakulchuk, 2023).

²² A partir de la innovación del fracking (fractura hidráulica), Estados Unidos logró producir petróleo y gas de esquistos. Gracias a esto, desde 2017 Estados Unidos se convirtió en una potencia energética, entre los primeros exportadores globales de petróleo y gas, capaz de competir con Rusia y Arabia Saudita (productores tradicionales) (Guliyev, 2020).

fotovoltaicos en Estados Unidos creció apenas un 19% en 2019, con costos un 85% más elevados en comparación a los producidos en China (Zhang y Hong, 2022). A su vez, las sucesivas barreras comerciales abrieron nuevas tensiones entre los países, evidenciadas a través de denuncias presentadas en la OMC y las represalias subsiguientes que afectaron diferentes sectores. Un caso destacado ocurrió cuando Estados Unidos en 2019 incrementó sus tarifas de producción gasífera, afectando principalmente a China, que años antes había concretado un acuerdo para importar gas, obligando al país a diversificar sus proveedores (Zebang y Yi, 2022).

La administración de Biden (desde enero de 2021) ha dado prioridad al desarrollo de las tecnologías limpias. Como parte de esta iniciativa, se ratificaron los compromisos climáticos asumidos y se anunció la reincorporación al Acuerdo de París. El principal objetivo es relocalizar en el país los eslabones de innovación tecnológica de las principales cadenas de suministro para mejorar la integridad y competitividad nacional en pos de reducir la dependencia de terceros, especialmente de China. Se identificaron las tecnologías solar fotovoltaicas, las baterías de ion-litio para vehículos eléctricos y la gestión de recursos minerales como sectores estratégicos. Esto se debe en gran medida a las capacidades relativamente débiles de Estados Unidos ante el dominio chino y a las preocupaciones de seguridad nacional en un contexto en el que las políticas comerciales restrictivas han tenido limitados resultados (Zhang y Hong, 2022).

En este sentido, el DoE publicó en 2022 el informe *America's Strategy to Secure the Supply Chain for a Robust Clean Energy Transition* sintetizando la situación a largo plazo de las cadenas de suministro de energía y tecnología relacionadas como la base industrial del sector energético. Estas cadenas abarcan una compleja red de industrias y empresas que incluyen extracción, manufactura y servicios, localizadas tanto dentro del país como en el extranjero. El documento identifica trece áreas prioritarias: once sectores tecnológicos estratégicos (captura de carbono, redes eléctricas, dispositivos de almacenamiento de energía, celdas de combustible y electrolizadores, imanes de neodimio, grupo del platino metales y otros catalizadores, semiconductores, energía hidroeléctrica, nuclear, solar fotovoltaica y eólica) y dos sectores transversales (comercialización-competitividad y ciberseguridad-digitalización) (DoE, 2022).

En este marco, el gobierno sancionó la Ley de Reducción de la Inflación de 2022 (IRA, por sus siglas en inglés), se trató de un conjunto de medidas a gran escala a implementar durante diez años en materia impositiva, adaptación climático-energética y atención sanitaria (The White House, 2023). En particular, se prevé la realización de inversiones de 369.000 millones de dólares entre créditos fiscales, préstamos y subvenciones que impulsen la producción nacional de vehículos eléctricos, baterías, paneles solar fotovoltaicos, turbinas eólicas, equipos de captura de carbono y generación de hidrógeno renovable. Además, se espera implementar el Programa de Reinversión de Infraestructura Energética de 250.000 millones de dólares para mejorar la eficiencia de las instalaciones, servicios y medios técnicos actualmente en operación.

Con relación a la industria automotriz de vehículos eléctricos, la IRA pretende impulsar las primeras acciones de Biden –mayores inversiones en I+D+i para proyectos vinculados a baterías, creación del Consorcio Federal de Baterías y el Plan Nacional de Baterías de Litio 2021-2030–, proporcionando miles de millones de dólares (sin límites estipulados) al Programa de Fabricación de Vehículos de Tecnología Avanzada, con préstamos destinados a fabricar vehículos eléctricos y todos sus componentes en Estados Unidos. A su vez, la Ley Chips y Ciencia –sancionada el mismo año– busca incrementar la capacidad productiva de semiconductores, los cuales son fundamentales para la gestión de las nuevas tecnologías energéticas, incluso para baterías y automóviles.

Respecto de las cadenas de suministros, la IRA establece entre sus cláusulas crediticias la obligatoriedad de que las baterías y vehículos producidos para el año 2025 contengan porcentajes mínimos de minerales y otros componentes claves fabricados en Estados Unidos y países aliados con los que se tenga un tratado de libre comercio (The White House, 2023). Asimismo, se revitalizó la Iniciativa de Gobernanza de los Recursos Energéticos para fortalecer la cooperación entre países aliados para aumentar la seguridad de abastecimiento de los minerales necesarios para las industrias tecnológicas estadounidenses, promover la cooperación científico-técnica y generar normas y estándares de gobernanza internacional sobre estos recursos (Zhang y Hong, 2022).

De esta manera, el actual gobierno estadounidense refuerza el nacionalismo tecnológico como estrategia para la transición energética orientada a la relocalización de las cadenas de suministro de minerales y tecnologías, especialmente solar fotovoltaicas, baterías y vehículos eléctricos, en pos de reducir la vulnerabilidad externa e incentivar la industria y las exportaciones tecnológicas.

Conclusiones

La transición energética hacia la descarbonización de la economía global impulsada por la crisis climática y la revolución científico-tecnológica se constituye en uno de los grandes desafíos contemporáneos y en una de las dimensiones centrales de la disputa hegemónica del siglo XXI. Esto ha desencadenado una creciente competencia geopolítica entre las principales potencias industriales – encabezada por Estados Unidos y China– por el dominio tecnológico de las tecnologías limpias y el control de las principales cadenas de suministro.

La crisis internacional de 2008 evidenció los límites estructurales del crecimiento capitalista. Desde entonces asistimos a una transición del sistema internacional ante la emergencia de un sexto paradigma tecnoeconómico como nuevo ciclo de crecimiento e innovación a nivel global, caracterizado por una reconfiguración productiva sobre la base de la descarbonización, la digitalización, eficiencia y utilización de fuentes de energía renovables. En consecuencia, en el capitalismo contemporáneo el desarrollo tecnológico vinculado a las capacidades en I+D+i y los derechos de propiedad intelectual se constituyen en los elementos centrales del actual proceso de acumulación de capital. En este contexto, los principales organismos de gobernanza internacional promueven el desarrollo de las tecnologías limpias como fase inicial en la nueva oleada de desarrollo y como oportunidad para revitalizar la situación de virtual estancamiento de la economía global y lograr los objetivos de mitigación climática. Asimismo, la irrupción de la pandemia de covid-19 y el posterior conflicto Rusia-OTAN afectaron fuertemente a las principales cadenas de suministro de energía y tecnología con graves impactos sobre los principales canales de abastecimiento a nivel mundial, revitalizando los nacionalismos y la preocupación de los países por la seguridad energética.

En este marco, China y Estados Unidos reconocen las transformaciones globales en curso y comprenden que su posición en la jerarquía internacional y su prosperidad política, económica y social dependen del dominio científico-tecnológico. Ambos países han establecido estrategias nacionales dedicadas a la transición energética como ejes estratégicos de sus políticas industrial-tecnológicas, buscando aprovechar los beneficios de la nueva revolución tecnológica y asegurar una posición destacada en la emergente transición hegemónica. Una inserción tardía en los nuevos modos de producción, no solo implica quedar relegados en la competitividad industrial, sino que además significa integrarse de forma subordinada en las futuras normas y estándares de gobernanza internacional que configurarán las próximas décadas en torno a la infraestructura energética de bajas emisiones en carbono.

China viene implementando un modelo de desarrollo diferente al neoliberalismo de Occidente en el que predomina una planificación estratégica integral y a largo plazo comandada por el Estado y se impulsa un conjunto de industrias estratégicas intensivas en conocimiento e innovación. Gracias a esta estrategia, el país asiático se ha consolidado como uno de los principales líderes globales en tecnología, desplazando los tradicionales centros productivos como Estados Unidos y Europa Occidental. Para que China se consolide como una potencia económica global, desde principios de siglo la dirigencia definió la transición energética nacional como una prioridad en sus programas de desarrollo, alineándola con sus objetivos de seguridad energética. Esto incluye diversificar su matriz energética, dominar la producción de tecnologías limpias y controlar sus cadenas de suministro.

Por el contrario, en el caso de Estados Unidos, las recientes políticas de la administración Biden enfatizan el nacionalismo tecnológico y la relocalización de las principales cadenas de suministro y, si bien el Departamento de Energía es un actor clave en la planificación de las políticas energéticas, las tensiones internas que se expresan con los cambios gubernamentales han imposibilitado el diseño de políticas integrales a largo plazo dedicadas a la transición energética. Destacados ejemplos de esto fueron el abandono por parte del gobierno de Trump del Acuerdo de París y de los programas regulatorios sobre energías renovables de la administración Obama.

De esta manera, a medida que la dependencia de Estados Unidos continúe profundizándose en las principales cadenas de suministro de energía y tecnología, en un contexto de competencia hegemónica en el que las inversiones y el desarrollo tecnológico chino en las industrias energéticas siguen incrementándose e, ineludiblemente, se establezcan nuevos estándares comerciales y tecnológicos para su gestión, se intensificarán las tensiones geopolíticas. El conflicto comercial en el caso del aumento de las barreras arancelarias estadounidenses para los diferentes componentes de origen chino de los paneles solar fotovoltaicos y las baterías de ion-litio, los reclamos formales ante foros internacionales y las cláusulas de obligatoriedad para producir porcentajes mínimos de minerales y componentes tecnológicos en Estados Unidos o en sus países aliados, son claros emergentes de la creciente disputa tecnológica entre ambas potencias.

Por último, la dirigencia de China afirma su intención de convertir el país en un actor determinante en la transición energética a nivel global, cuya finalidad no es reemplazar las instituciones internacionales sostenidas por Estados Unidos sino construir una civilización ecológica sobre la base del desarrollo sostenible en línea con su estrategia de desarrollo.

Las estrategias nacionales de transición energética adoptadas por China y Estados Unidos expresan las transformaciones globales en curso y la creciente competitividad por el liderazgo tecnológico internacional, que marcan el complejo orden geopolítico caracterizado por una transición hegemónica multidimensional.

Bibliografía

- Altiparmak, S. O. (2022). "China and Lithium Geopolitics in a Changing Global Market". *Chinese Political Science Review*, vol. 7, n° 3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41111-022-00227-3>.
- Carrillo, G. (2018). "Institucionalización de la economía verde y transición tecnológica". En Corona Alcántar, J. M. (ed.), *Sociedad, desarrollo y políticas públicas I* (59-87). Ciudad de México: UAM-Bonilla Artigas.

Colombo, S. y De Angelis, I. (2021). “La República Popular China y Estados Unidos: revolución científico-tecnológica y disputa tecnológica en el siglo XXI”. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, vol. 66, n° 243, 163-189. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fcpys.2448492xe.2021.243.72582>.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) (2023). *Technology and Innovation Report 2023*. New York: United Nations.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) (2024). “Nationally Determined Contributions Registry”. *United Nations Climate Change*. Disponible en <https://unfccc.int/NDCREG>.

Gélvez, T. y González-Jáuregui, J. (2022). “Chinese Overseas Finance in Renewable Energy in Argentina and Brazil: Implications for the Energy Transition”. *Journal of Current Chinese Affairs*, vol. 51, n° 1, 137-164. DOI: <https://doi.org/10.1177/18681026221094852>.

Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation (2019). *A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation*. Estados Unidos: IRENA.

Guliyev, F. (2020). “Trump’s ‘America first’ energy policy, contingency and the reconfiguration of the global energy order”. *Energy Policy*, vol. 140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111435>.

Hafner, M. y Tagliapietra, S. (2020). *The Geopolitics of the Global Energy Transition*. Suiza, Cham: Springer.

Hosseini, S. (2022). “Transition Away from Fossil Fuels Toward Renewables: Lessons from Russia-Ukraine Crisis”. *Future Energy*, vol. 1, n° 1, 2-5. DOI: <https://doi.org/10.55670/fpll.fuen.1.1.8>.

Hurtado, D. y Souza, P. (2018). “Goeconomic Uses of Global Warming: The ‘Green’ Technological Revolution and the Role of the Semi-Periphery”. *Journal of World-Systems Research*, vol. 24, n° 1, 123-150. DOI: <https://doi.org/10.5195/jwsr.2018.700>

International Energy Agency (IEA) (2022). *World Energy Investment 2022*. Estados Unidos: IEA.

____ (2023). *Energy Technology Perspectives 2023*. Estados Unidos: IEA.

____ (2024). “World Energy Statistics and Balances, July”. IEA. Disponible en: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-statistics-and-balances>.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2022). *World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway*. Abu Dhabi: IRENA.

____ (2023). “Renewable Energy Patents Evolution”. IRENA. Disponible en: <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Innovation-and-Technology/Patents-Evolution>.

Kalantzakos, S.; Overland, I. y Vakulchuk, R. (2023). “Decarbonization and Critical Materials in the Context of Fraught Geopolitics: Europe’s Distinctive Approach to a Net Zero Future”. *The International Spectator*. DOI: <https://doi.org/10.1080/03932729.2022.2157090>.

Kern, F. y Markard, J. (2016). “Analysing Energy Transitions: Combining Insights from Transition Studies and International Political Economy”. En van de Graaf, T.; Sovacool, B.; Ghosh, A.; Kern, F. y Klare, M. (eds.), *The Palgrave Handbook of the International Political Economy of Energy* (pp. 291-318). Reino Unido: Palgrave Macmillan. DOI: https://doi.org/10.1057/978-1-137-55631-8_12

40 — Martins, C. (2021). “As Teorias do Sistema-Mundo na Transição para o Longo Século XXI”. *Reoriente: estudos sobre marxismo, dependência e sistemas-mundo*, vol. 1, n° 1, 44-66. DOI: <https://doi.org/10.54833/issn2764-104X.v1i1p44-66>.

Merino, G. E. (2022). “Nuevo momento geopolítico mundial: la pandemia y la aceleración de las tendencias de la transición histórica-espacial contemporánea”. *Estudios In-*

ternacionais, vol. 9, n° 4, 106-130. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2317-773X.2021v9n4p106-130>.

Mouton, G. (2020). "China's Energy Transition: Actors, Discourses and Geopolitics". En Jammes, J.; Lasserre, F.; Mottet, É. y Mouton, G. (eds.), *East and Southeast Asian energy transitions and politics* (pp. 45-61). Francia: Études du CQEG.

Organización Mundial del Comercio (OMC) (2022). *Informe sobre el comercio mundial 2022. Cambio climático y comercio internacional*. OMC.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2011). *Hacia el crecimiento verde. Un resumen para los diseñadores de políticas*. OCDE.

Pérez, C. (2010). "Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos". *Cambridge Journal of Economics*, vol. 34, n° 1, 133-159.

Shin, S. (2021). "The Evolution of Global Energy Governance: Scenario Analysis with a Focus on the G20". *Strategic Planning for Energy and the Environment*, vol. 391, n° 4, 199-218. DOI: <https://doi.org/10.13052/spee1048-4236.391410>.

State Council Information Office of the People's Republic of China (China SCIO) (2021). *14th Five-Year Plan: Modern Energy System Planning (2021-2025)*. China: China SCIO.

____ (China SCIO) (2023). *China's Green Development in the New Era*. Beijing, China: Foreign Languages Press.

The Academy of Contemporary China and World Studies (20/3/2023). "The Green Silk Road". *The State Council Information Office of the People's Republic of China*. Disponible en: http://english.scio.gov.cn/featured/chinakeywords/2023-03/20/content_85178647.htm.

- The White House (2023). *Building a clean energy economy: a guide book to the inflation Reduction Act's investments in clean energy and climate action*. Washington: The White House.
- US Department of Energy (DoE) (2022). *America's Strategy to Secure the Supply Chain for a Robust Clean Energy Transition*. Estados Unidos: DoE.
- World Bank (2024). *Global Economic Prospects, June 2024*. Estados Unidos: World Bank Publications.
- World Economic Forum (WEF) (2023). *The Global Risks Report 2023. 18th Edition. World Economic Forum*.
- Yu, H. (2022). *China's Energy Transition: Approaches, Progress, and Prospects. China Quarterly of International Strategic Studies*, 8(02), 175-195. <https://doi.org/10.1142/S2377740022500063>
- Zebang, X. y Yi, Z. (2022). "Impact of United States energy and climate policies on China's energy industry: Comparison of Biden and Trump period". *Energy & Environment*, vol. 35, n° 1. DOI: <http://doi.org/10.1177/0958305X221128298>.
- Zhang, R. y Hong, T. (2022). "清洁能源供应链与拜登政府的重塑战略: 基于地缘政治视角" [Cadena de suministro de energía limpia y la estrategia de remodelación de la administración Biden: desde una perspectiva geopolítica]. *发展研究* [Paz y desarrollo], vol. 1, n° 16.