

## LA DESAFIADA BÚSQUEDA DE LA DESCARBONIZACIÓN

**Miguel Schloss**

*Presidente de Surinvest Ltda. y miembro del Comité de Bretton Woods.  
Director de Planificación Corporativa del Banco Mundial.*

*"No he fracasado. Sólo he encontrado 10.000 formas que no funcionan" (Tomás A. Edison).*

### RESUMEN

¿No es digno de mención que un acuerdo alcanzado en la década de 1990 para combatir el cambio climático haya desencadenado hasta el día de hoy tanto conflicto (con fuertes detractores de la existencia del problema y partidarios militantes de la necesidad de abordarlo)? ¿Son los aumentos de temperatura durante la última década una indicación de que el calentamiento global finalmente nos está alcanzando? ¿O son los insignificantes cambios en nuestras matrices y políticas energéticas una indicación del fracaso del esfuerzo de descarbonización, o las limitaciones inherentes de los esfuerzos humanos para abordar los problemas globales emergentes? Quizás ambas posturas obviamente contradictorias puedan indicar que la discusión se ha vuelto demasiado ideologizada y, por lo tanto, inmune a diagnósticos adecuados que brinden respuestas técnicamente sólidas para una respuesta efectiva al problema.

El debate actual está cargado de respuestas parciales y a menudo pobremente sustentadas. Algunos argumentan que los problemas económicos se resolverían con más eficiencia y crecimiento; las preocupaciones ambientales con más incentivos y señales de mercado. Otros abogan por más controles, incluyendo la prohibición total del carbón, el gas y cualquier forma de hidrocarburos, y su sustitución por energías renovables para reducir decididamente las emisiones. Cada uno enamorado de sus propias respuestas y soluciones.

Ha llegado el momento de poner las preguntas en primer plano, sometiendo las respuestas y soluciones al escrutinio y revisión de la evidencia. Mientras mantengamos nuestro enamoramiento por las preguntas y no por las respuestas, habrá esperanza. Después de todo, las respuestas son transitorias; las preguntas, permanentes. De manera similar, la evidencia empírica de las emisiones de gases de efecto invernadero es igualmente confusa, lo que lleva a debates incesantes sobre si las inversiones y las acciones políticas conducirán a objetivos acordados internacionalmente. Este artículo resume las principales tendencias estadísticas, para desentrañar los diferentes resultados y rango de proyecciones, e identificar posibles causas y cursos de acción para lograr resultados más efectivos.

### 1. EL DESEMPEÑO Y LA PROMESA

*"Cava el pozo antes de tener sed". 未雨綢繆 (Proverbio chino)*

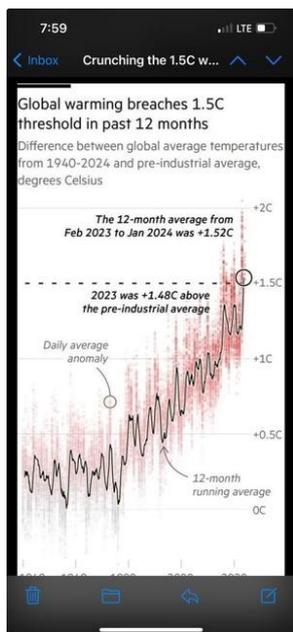
Todo indica que estamos alcanzando los puntos de inflexión al cruzar 400 ppm de carbono en el en el medio ambiente. Esto sugiere que ya estamos superando el umbral de temperatura promedio anual de + 1,5 c, y los rangos superiores de 2,4 c por encima de los niveles preindustriales. Además, de todos

los países, sólo cuatro explican más de la mitad de las emisiones de CO2, y los emisores se concentran en las grandes economías (es decir, China, Estados Unidos, la UE27, India, Rusia y Japón, que emiten más del 65% de las emisiones fósiles mundiales).

Si bien esto no proporciona una respuesta completa a todos los problemas que deben abordarse, estas cifras por sí solas ya ofrecen cierta perspectiva sobre dónde concentrar la atención para lograr un impacto global. Esto debería evitar la tentación de abordar la infinidad de cuestiones que pueden impedir el logro de un progreso general tangible y muy necesario.

*Temperaturas; Calentamiento global*

*Emisiones de CO2 por país*



	<i>País</i>	<i>Participación del mundo</i>
1	China	29.18%
2	Estados Unidos	14.02%
3	India	7.09%
4	Rusia	4.65%

Se puede observar un contraste interesante en los resultados entre las principales economías emergentes y desarrolladas. En India y China, la fuerte dependencia del carbón y la mayor demanda de electricidad tras la recuperación económica posterior a la pandemia hicieron que las emisiones aumentaran significativamente, compensando las reducciones en otras economías. Las emisiones aumentaron más del 7% el año pasado en India, donde una temporada de monzones más débil redujo la producción hidroeléctrica. En China, las emisiones procedentes de la quema de energía aumentaron un 5,2% a 12.600 millones de toneladas, con diferencia las mayores a escala mundial a pesar de la posición de liderazgo del país en el despliegue de tecnología de energía limpia.

Por otro lado, en las economías avanzadas, las emisiones cayeron un 4,5% el año pasado, a un mínimo de 50 años, respaldadas por un mayor despliegue de energías renovables y medidas de eficiencia energética, pero también una producción industrial más débil y un clima más templado en algunas regiones, lo que resultó en una menor demanda energética.

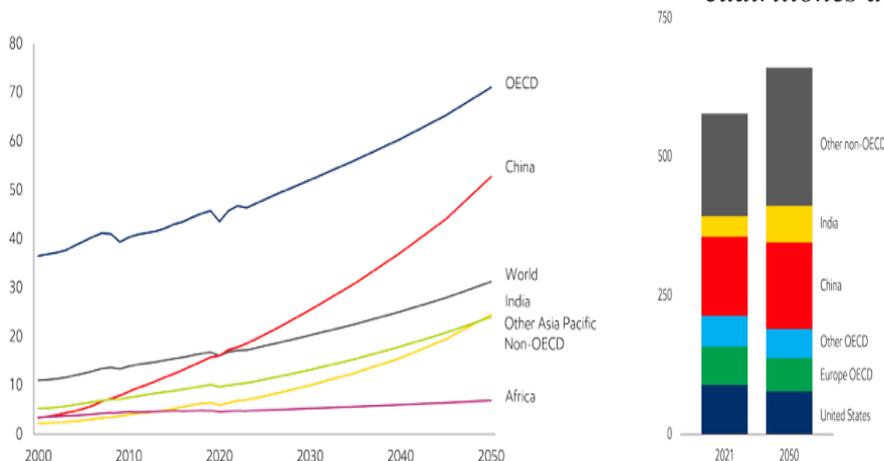
Según la Agencia Internacional de Energía (AIE), la generación de electricidad a partir de fuentes renovables y energía nuclear en esas economías alcanzó el 50% de la generación total. Las energías renovables por sí solas representaron el 34% de la producción de electricidad, mientras que la proporción del carbón cayó a un mínimo histórico del 17%.

En la Unión Europea, las emisiones procedentes de la quema de energía cayeron casi un 9% en 2023 impulsadas por un aumento de la generación de energías renovables y una caída de la generación de carbón y gas, a pesar de un crecimiento económico de alrededor del 0,7%. En Estados Unidos, las emisiones cayeron un 4,1% debido a una mayor generación de electricidad a partir de energías renovables y gas en lugar de carbón, a pesar de un crecimiento económico del 2,5%.

Aun así, el despliegue de fuentes de energía limpia sigue fuertemente concentrado en las economías avanzadas y, en menor medida, en China. Por lo tanto, será necesaria una mayor atención para mejorar la inversión y el despliegue en las economías emergentes. Es allí donde seguramente se producirá el crecimiento económico, la industrialización (derivada en parte de una migración de industrias de la OCDE a las economías emergentes) y una creciente “puesta al día” económica.

Como resultado, la mayor parte del crecimiento energético se producirá en países no pertenecientes a la OCDE (particularmente China e India), que hacia mediados de siglo bien podrían liderar la demanda de energía en todo el mundo.

*En miles de paridad de poder adquisitivo (PPA) por persona 2017\$*      *Demanda de energía primaria: cuatrillones de Btu*



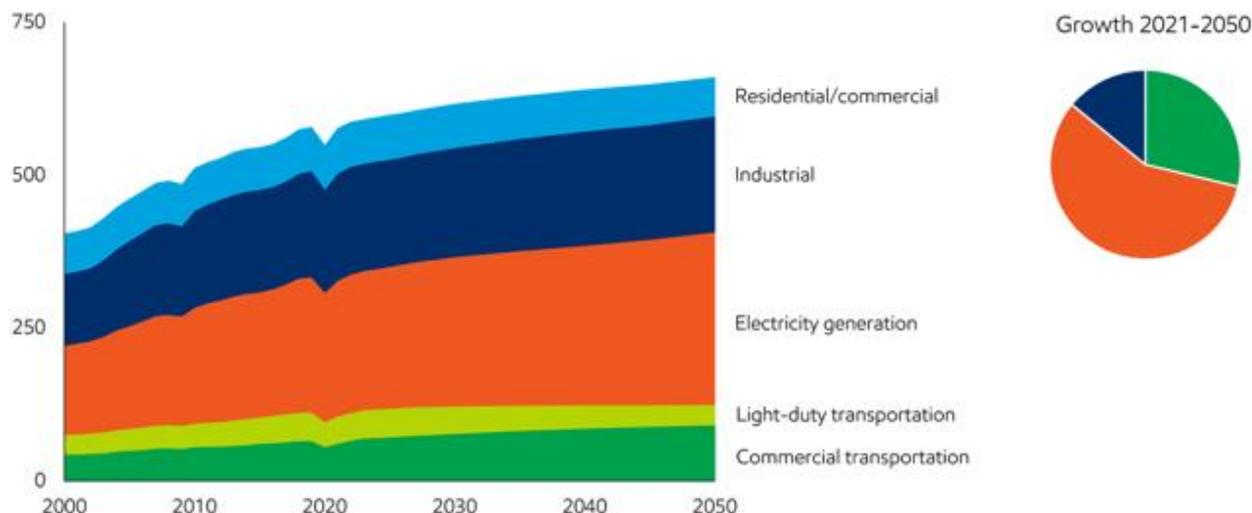
Esto aportará una perspectiva completamente diferente a la perspectiva energética y medioambiental. A medida que mil millones más de personas avanzan hacia una mayor prosperidad, es muy posible que veamos disminuir las emisiones a medida que avanzan una variedad de soluciones bajas en carbono. Sin embargo, lograr emisiones netas cero, como se aspira en los acuerdos internacionales, parece bastante improbable, ya que requiere la adopción de políticas constructivas que puedan facilitar nuevas tecnologías, incluidas políticas impulsadas por el mercado, más acordes con las capacidades institucionales de las economías emergentes.

Como la mayor parte del crecimiento seguramente se concentrará en las economías emergentes, será cada vez más crítico para el éxito y la sostenibilidad del esfuerzo de descarbonización centrarse en la necesidad de proporcionar energía confiable y asequible que impulse la prosperidad económica y mejores niveles de vida, al tiempo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. emisiones de gas.

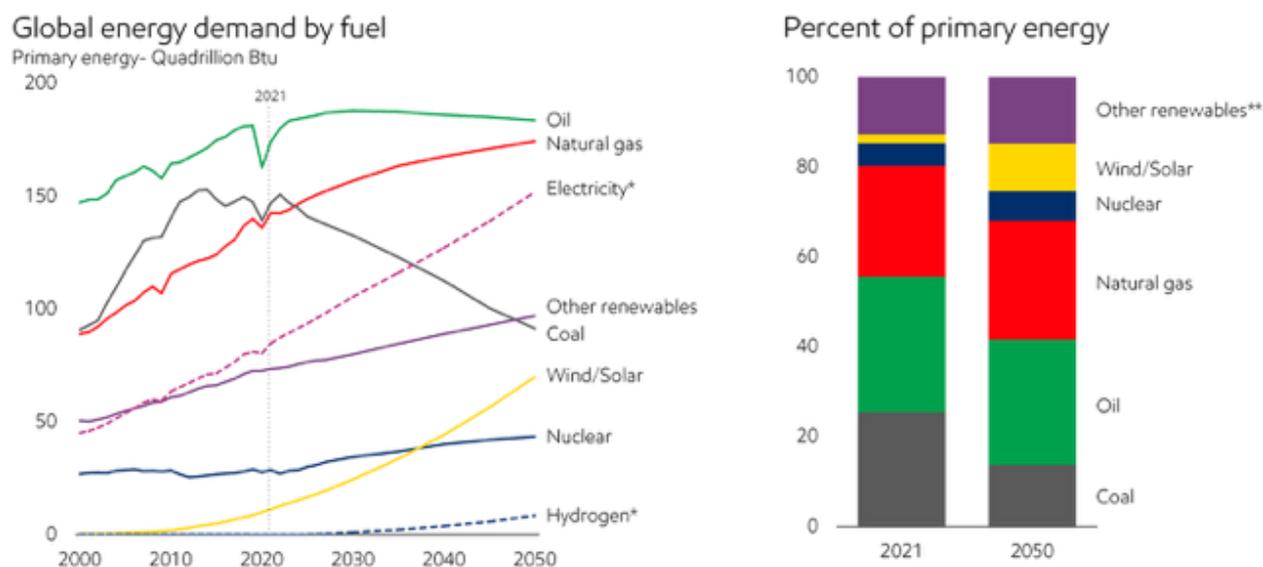
Inevitablemente, esto seguirá incluyendo el petróleo y el gas natural, que seguirán siendo necesarios para impulsar el crecimiento económico tan necesario en el mundo en desarrollo, en particular porque algunas actividades industriales pueden migrar a países emergentes como parte de preocupaciones ambientales estrictamente entendidas. Ello puede resultar debido a que las empresas pueden estar obligadas a migrar a países emergentes como parte de preocupaciones ambientales estrictamente entendidas. Esto podría perpetuar sin cambios desde una perspectiva global, las emisiones de tales actividades que simplemente pueden migrar a las economías emergentes.

Como resultado, la demanda de actividades de uso intensivo de energía (principalmente industria, minería y generación de electricidad) seguirá creciendo a nivel mundial y probablemente seguirá siendo, con diferencia, la mayor proporción del consumo de energía a nivel mundial para mediados de siglo:

## *Demanda mundial de energía primaria: cuatrillones de BTU*



A falta de un mayor avance tecnológico, las energías renovables seguirán creciendo, aunque a partir de una base relativamente pequeña (y el carbón disminuirá), dejando a los hidrocarburos todavía como los principales (aunque con una mayor proporción de gas de menor emisión) como la proporción predominante proveedora de energía.



Cada día, miles de millones de personas en todo el mundo se benefician de la capacidad de calentar y enfriar sus hogares, cocinar sus alimentos, acceder a equipos médicos y medicinas modernas, y viajar por trabajo o placer. La energía asequible y confiable es el núcleo de cada medida clave del desarrollo humano: elevar los niveles de vida, la esperanza de vida, la educación y el ingreso por persona. Sin embargo, para miles de millones de personas más, las condiciones de vida modernas todavía están lejos de su alcance.

En los países en desarrollo, como la India, el producto interno bruto (PIB) por persona es de sólo unos 2.000 dólares al año, y muchas personas ganan mucho menos y carecen de acceso a las necesidades básicas, como agua potable, calefacción y combustible para cocinar. Este desafío no hará más que crecer a medida que la población mundial aumente de unos 8 mil millones de personas en la actualidad a casi 10 mil millones en 2050, una tasa de alrededor de 1 millón de personas cada seis días. Y así como el progreso humano ha sido impulsado por un mayor uso de energía, una mayor expansión de la prosperidad económica dependerá de un mayor acceso a energía abundante y asequible.

En otras palabras, el uso de energía y el desarrollo económico son inseparables. Donde hay pobreza energética, hay pobreza. Y cuando aumenta la disponibilidad de energía, también aumentan los niveles de vida. El desarrollo económico y la integración de las economías emergentes tienen que ir de la mano para generar una mayor prosperidad mundial, incluida la satisfacción de las crecientes necesidades energéticas para impulsar la tan necesaria expansión económica.

De aquí a 2050, el PIB per cápita de los países en desarrollo se duplicará con creces, lo que impulsará una mayor demanda de energía. Satisfacer esa demanda con opciones energéticas con bajas emisiones es vital para avanzar hacia los objetivos ambientales de la sociedad. Al mismo tiempo, no satisfacer la demanda impediría que los países en desarrollo alcancen sus objetivos económicos y que sus ciudadanos vivan vidas más largas y plenas, y limitaría la expansión económica, incluso en las economías desarrolladas.

La pregunta crítica es cómo se satisfará esa creciente demanda de energía. La energía renovable sigue siendo muy prometedora y es posible que la energía eólica y solar proporcionen el 11% del suministro energético mundial en 2050, cinco veces la contribución actual. Otras opciones de bajas emisiones, como los biocombustibles, la captura y almacenamiento de carbono, el hidrógeno y la energía nuclear, también desempeñarán papeles importantes, y potencialmente un creciente desarrollo de geotermia. E incluso con este aumento sin precedentes en las opciones de bajas emisiones, todavía se prevé que el petróleo y el gas natural satisfagan entre el 52% y el 54% de las necesidades energéticas del mundo en 2050.

A medida que aumenten las opciones de menores emisiones, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía bien podrían disminuir un 25% para 2050. Se trata de un cambio importante, ya que estas emisiones aumentaron un 10% durante la última década. Si bien el progreso es sustancial, se necesitan mayores reducciones para evitar que el calentamiento global supere los 2° Celsius, según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC).

Por lo tanto, el mundo necesitará ampliar drásticamente las soluciones de bajas emisiones –más allá de la trayectoria actual– que preserven las ventajas del sistema energético actual y al mismo tiempo reduzcan las emisiones de manera significativa y eficiente. Hacer esto requerirá apoyo político de los gobiernos, avances significativos en tecnología para reducir costos y, en última instancia, soluciones impulsadas por el mercado para incentivar la reducción de emisiones de una manera que esté más en línea con las capacidades institucionales con los sectores públicos de todo el mundo, y con la eficiencia y las habilidades. Que suelen proporcionarse por el sector privado.

## **2. IMPULSANDO EL PROGRESO HUMANO, CON REDUCCION DE EMISIONES**

*“No es el tamaño del perro en la pelea, es el tamaño de la pelea en el perro” (Mark Twain).*

El uso de energía y la mejora del nivel de vida van de la mano. No se puede tener uno sin el otro, y para impulsar el progreso humano para aumentar los niveles de vida habrá que incorporar la reducción de emisiones, pero de manera eficiente. Cuando el PIB per cápita de China rondaba los 2.000 dólares, su uso de energía era bajo: alrededor de 36 millones de unidades térmicas británicas (MMBtu) por persona al año, en lo más profundo del reino de la pobreza energética. En 2021, cuando el PIB per cápita superó los 11.000 dólares, el uso de energía en China había aumentado a 101 MMBtu por persona, muy por encima del promedio mundial.

En contraste con China, el uso de energía por persona en África se ha mantenido en un nivel bajo de 27 MMBtu durante las últimas dos décadas, y su PIB per cápita sólo ha aumentado unos 500 dólares durante ese tiempo. Las zonas que siguen sumidas en la pobreza energética luchan por elevar el nivel de vida de su población.

De cara al año 2050, ¿cuánta energía más debe producir el mundo para satisfacer las necesidades de 2 mil millones de personas más y de una economía global que ha duplicado su tamaño? Aproximadamente un 15% más, y casi todo se destina a alcanzar el nivel de vida más alto de un mundo en desarrollo con una población más grande. Compárese esto con el mundo desarrollado, donde habrá poco crecimiento demográfico y se prevé que una mayor eficiencia hará que el uso de energía disminuya en todos los sectores de la economía.

Pero se necesitan todos los tipos de energía para elevar los niveles de vida y reducir las emisiones:

- Se prevé que la energía solar y eólica se multiplique con creces, del 2% del suministro mundial al 11%. El carbón será cada vez más desplazado por fuentes de producción de electricidad con menores emisiones, no sólo las energías renovables sino también el gas natural, que tiene aproximadamente la mitad de intensidad de carbono que el carbón. En general, el uso de electricidad puede crecer un 80% para 2050.
- Se prevé que el petróleo y el gas natural sigan representando más de la mitad del suministro energético mundial. La utilidad del petróleo y el gas natural para satisfacer las necesidades del mundo sigue siendo incomparable. Son ricos en energía, portátiles, disponibles y asequibles, y sirven como materia prima esencial para muchos productos que utilizamos hoy en día. Dado que se prevé que el petróleo y el gas natural sigan siendo un componente crítico de un sistema energético global hasta 2050, las inversiones sostenidas son esenciales para compensar el agotamiento, ya que la producción naturalmente disminuye entre un 5% y un 7% por año.
- Se espera que el uso de petróleo disminuya significativamente en el transporte personal, pero seguirá siendo esencial para los procesos industriales y el transporte pesado como el transporte marítimo, el transporte por carretera de larga distancia y la aviación que sustentan el crecimiento económico. Incluso si cada automóvil de pasajeros nuevo vendido en el mundo en 2035 fuera un vehículo eléctrico, la demanda de petróleo en 2050 seguiría siendo de 85 millones de barriles por día, la misma que era alrededor de 2010.
- Se prevé que el uso de gas natural aumentará en más de un 20% para 2050, dada su utilidad como fuente de combustible confiable y con bajas emisiones para la generación de electricidad, la producción de hidrógeno y la calefacción tanto para procesos industriales como para edificios.

### 3. SUMANDO TODO: ¿DÓNDE ESTÁ EL PROBLEMA?

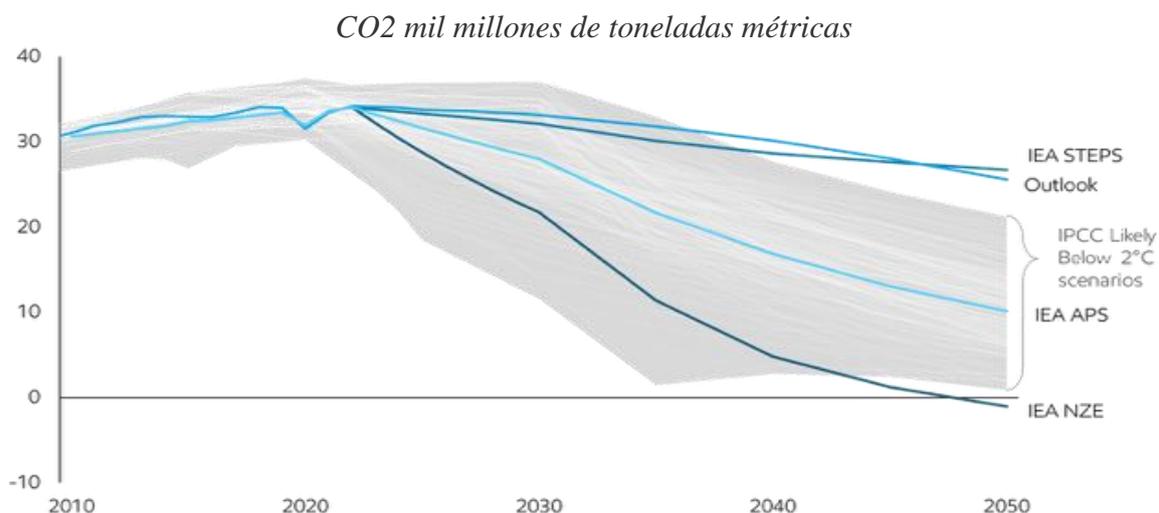
*“El papel aguanta mucho” (expresión española para indicar que en el papel todo es posible).*

Estamos inundados por una sobredosis de informes, tan extensos y elegantemente elaborados que es difícil destilar lo que transmiten, distinguir lo fundamental de lo trivial y qué concluir. En el proceso, parece que hemos perdido una sensación clara y sin remordimientos de: (i) si estamos (o no) progresando y dónde; (ii) por qué y, en última instancia, (iii) qué es necesario hacer.

Después de todo, las proyecciones anteriores se basan en supuestos sobre el grado de introducción de energías renovables por el lado de la oferta y la adopción por parte de los consumidores por el lado de la demanda del mercado. Los costos decrecientes de las tecnologías solar y eólica ciertamente han ayudado a la adopción de tales tecnologías. Sin embargo, su gran dependencia de la ubicación y del clima aún limita sus capacidades de factor de carga, y con ello la continua necesidad de tecnologías tradicionales para satisfacer las necesidades de la industria y los centros urbanos que necesitan alta confiabilidad para responder a los principales requisitos del mercado, durante el día, la noche, en buenas y malas condiciones climáticas.

Por lo tanto, no debería sorprender que el rango de proyecciones de emisiones globales relacionadas con la energía siga siendo alto, incluso suponiendo el cumplimiento de compromisos y

acuerdos internacionales, como se puede observar en el siguiente gráfico de proyecciones generalmente aceptadas de diferentes fuentes:



Fuente: IEA World Energy Outlook 2023, IPCC Sixth Assessment Report

En términos generales, las opiniones sobre la trayectoria futura del sistema energético mundial y los niveles de emisiones se pueden agrupar en tres categorías.

- Trayectoria actual de la sociedad
- Las Perspectivas Globales Generalmente Presentadas tienden a basarse en visiones de la oferta y la demanda de energía hasta 2050 en tendencias observables en población, desarrollo económico, políticas, tecnología y preferencias de los consumidores.
- El Escenario de Políticas Energéticas Declaradas (STEPS) de la Agencia Internacional de Energía que refleja una evaluación sector por sector de las políticas actuales implementadas o anunciadas por gobiernos de todo el mundo.
- Escenarios alineados con los acuerdos de París
  - La base de datos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas contiene 311 escenarios definidos como vías con un 67% de probabilidad de limitar el calentamiento máximo a menos de 2°C a lo largo del siglo XXI. Estos están etiquetados como escenarios probables del IPCC por debajo de 2°C.
  - El Escenario de Compromisos Anunciados (APS) de la Agencia Internacional de Energía supone que todos los objetivos aspiracionales anunciados por los gobiernos se cumplen a tiempo y en su totalidad, incluidos sus objetivos de cero emisiones netas a largo plazo y de acceso a la energía.
- Cero netos para 2050
  - El Escenario de Emisiones Netas Cero para 2050 (NZE)<sup>1</sup> de la Agencia Internacional de Energía es una vía agresiva que supone que se producen todos los cambios necesarios en políticas, tecnología y comportamiento humano para que el sector energético global alcance emisiones netas cero de CO<sub>2</sub> para 2050.

Es importante señalar que, según el Informe sobre la brecha de emisiones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, las actuales Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) para la reducción de emisiones que los países se han comprometido a realizar para 2030 aún no se encuentran dentro de una trayectoria probable por debajo de 2°C. Además, afirma que los miembros del G20 como grupo no cuentan con políticas para lograr sus NDC actuales.

Considerando todo esto, las proyecciones se basan en criterios bastante mecánicos y que, en la mayoría de los países, la rendición de cuentas por los resultados, las competencias institucionales para

regular eficazmente la transición y los incentivos que prevalecen en el sector privado siguen siendo generalmente débiles y, por tanto, las condiciones para el cumplimiento de las estimaciones acordadas. Es posible que todavía se pierdan los objetivos para dar mucha credibilidad a tales proyecciones (incluso de amplio alcance).

Por lo tanto, se necesitan evaluaciones nítidas sobre dónde deben ubicarse las prioridades, qué se está haciendo en estas economías para buscar resultados tangibles de descarbonización que impacten a nivel mundial y, al menos, plantear preguntas indagatorias sobre si el historial actual muestra si los países y sectores están en el camino correcto, y en caso contrario, qué acciones correctivas podrían ser necesarias para asegurar un progreso genuino hacia los objetivos internacionales. Sin respuestas claras a estas preguntas, es poco probable que se identifiquen pasos para contribuir a lograr un impacto global adecuado.

Este enfoque debería facilitar dónde se logran avances y dónde no, qué políticas y acciones se adoptan y qué puede decirnos esto sobre las políticas exitosas o fallidas. Esto puede ayudar a avanzar el debate hacia la tan necesaria transparencia y la creación de responsabilidad por las mejoras en desempeños.

Se puede entablar un debate válido sobre el aumento de las temperaturas y las emisiones de gases de efecto invernadero para evaluar si se están logrando avances suficientes y adoptar un enfoque más disciplinado para centrarse en los resultados. La creación de bases analíticas adecuadas es imprescindible para evaluar qué políticas y acciones funcionan y cuáles no, para definir una contribución más perspicaz al tema.

#### **4. ESTAMOS A MEDIO TIEMPO: POSICIONANDO PARA UNA GENJUINA DESCARBONIZACIÓN**

*“Un hombre luchará más por sus intereses que por sus derechos” (Napoleón).*

La mejora de los resultados con respecto al récord actual está lejos de ser trivial. Todo indica que podemos estar viendo "puntos de inflexión" (o puntos sin retorno) en acción, como el derretimiento sostenido de las masas de hielo de Groenlandia, el Ártico y la Antártida, las islas del Pacífico sumergidas en el agua, la muerte regresiva del Amazonas y otros bosques. Sin otras explicaciones plausibles que el cambio climático causado por el hombre, el consenso científico es escaso, pero una de ellas es que los puntos de inflexión planetarios representan una de las amenazas más graves. En ausencia de marcos claros, cuatro áreas merecen una atención específica:

- A través de la coacción *regulatoria y/o institucional*: aparte de los requisitos institucionalmente intensivos de tales procesos para gestionar este tipo de cambios, tienden a exigir costos y tiempo crecientes, y son difíciles o onerosos de gestionar, particularmente en las economías emergentes, y Por lo tanto, es difícil ver cómo podrían contribuir a resultados tangibles en la solución del problema a corto plazo, ya que probablemente puedan ser una vía bastante gravosa y gravosa.
- A través de políticas propicias de *fijación de precios y/o impuestos* que reflejen la escasez de energía y/o “fijación de precios” de las emisiones de carbono, como se hizo con éxito en Chile y un número creciente de países, y la eliminación de los clorofluorocarbonos (CFC de conformidad con el Protocolo de Montreal para frenar la capa de ozono). agotamiento) en esencia, “internalizar” los costos externos para reflejar el daño social y alinear los incentivos para minimizar este último, como en la UE, con su sistema de comercio de emisiones y sus impuestos nacionales al carbono. Para que tales políticas funcionen, es indispensable contar con un sector privado funcional y condiciones propicias que fomenten el desarrollo de empresas capaces de responder a ese entorno político.

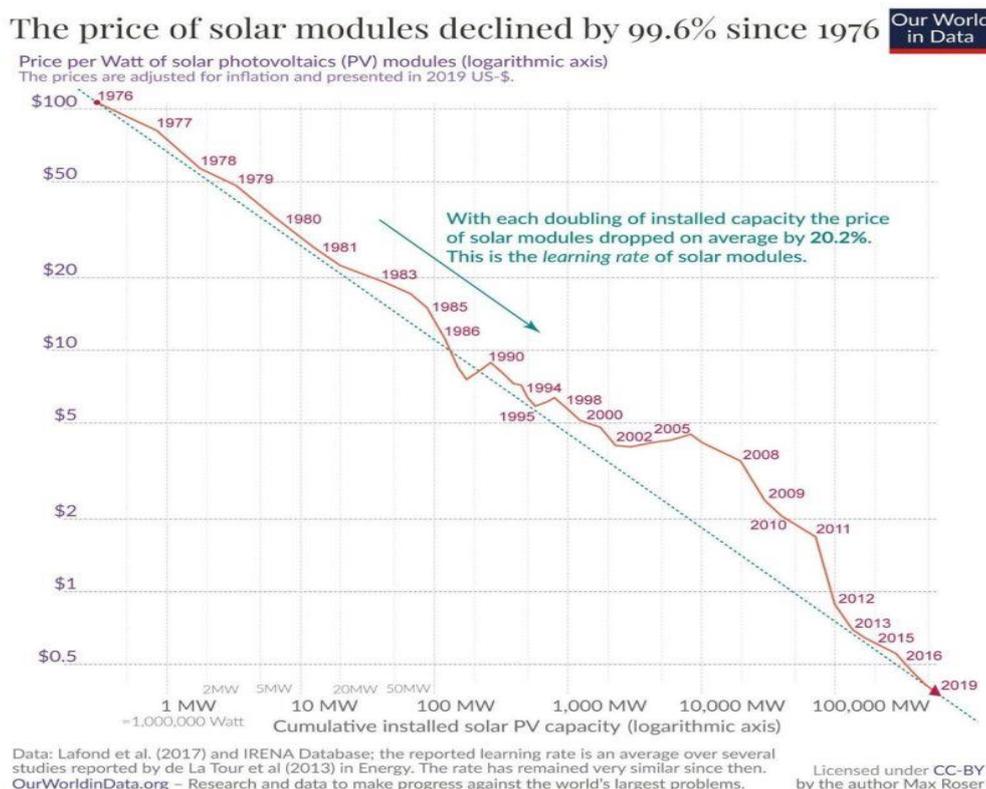
- A través de una *gestión proactiva de políticas transformadoras*, como créditos fiscales, políticas enfocadas como la Ley de Reducción de la Inflación destinadas a apoyar oportunidades de incentivos de energía renovable para ayudar a las empresas estadounidenses a administrar y reducir sus costos de energía y mejorar la seguridad mediante la mejora de la infraestructura renovable. Esto se proporciona en Estados Unidos a través del apoyo del sector público a fuentes de suministro de energía descarbonizadas, o las medidas de la Unión Europea para cortar el gas ruso. En cinco años han contribuido decisivamente a reducir el porcentaje del gas ruso respecto del gas total canalizado a Europa y a crear nuevas instalaciones para cambiar la matriz energética. Dicha política depende inevitablemente de importantes recursos del sector público (que en tiempos de restricciones fiscales, inevitablemente limitan la sostenibilidad) y de insumos de gestión para una asignación adecuada de recursos. En general, la UE está introduciendo ahora sus ambiciosas medidas del lado de la oferta a través de planes industriales para mejorar la competitividad de la industria net-zero de Europa para acelerar la transición a la neutralidad climática mediante el aumento de su capacidad de fabricación de tecnologías y productos net-zero.

## 5. EL ATRACTIVO (Y LOS RIESGOS) DE LA SIMPLICIDAD

*"Todo debería hacerse lo más sencillo posible, pero no más sencillo". (A. Einstein).*

Gran parte del debate público se basa en suposiciones de que la energía y los problemas ambientales asociados dependen de simples decisiones políticas que promueven las inversiones correctas, con pocas preocupaciones y/o conciencia sobre su viabilidad. La aparente disponibilidad “gratuita” de sol y/o viento lleva a muchos a exigir inversiones rápidas en este tipo de instalaciones renovables.

Hasta cierto punto, esta lógica tiene validez ya que, con el tiempo, las empresas, a través de sus innovaciones en la fabricación, cadenas de suministro optimizadas y mejoras en la implementación de módulos fotovoltaicos, han llevado a mejoras importantes en este espacio. La dramática reducción del precio de los paneles solares que se muestra en el siguiente gráfico debe replicarse y ampliarse para lograr un impacto más profundo en la matriz energética en todo el mundo.



En las primeras etapas de desarrollo, dichas instalaciones estaban subsidiadas por los productores de instalaciones fotovoltaicas (en la mayor parte de China), y muchos países, como Chile, ampliaron deliberadamente sus instalaciones de generación solar que de hecho estaban subsidiadas por China. Esto ya no es necesario, aunque su dependencia inherente (y, por tanto, de su ubicación) requiere inevitablemente inversiones complementarias en importantes instalaciones de almacenamiento y transmisión para superar las variaciones de luminosidad (por ejemplo, por las noches) o las limitaciones climáticas que prevalecen en muchas zonas.

De manera similar, como China sigue siendo una economía en gran medida dependiente del carbono, con una transparencia limitada en sus instalaciones de producción, no está clara por el momento la huella de carbono que realmente dejan las instalaciones fotovoltaicas cuando se analiza a lo largo de toda la cadena de valor (particularmente en la fase de producción fotovoltaica).

Sea como fuere, la viabilidad de cualquier opción en términos de sus costes totales depende en última instancia de la asequibilidad para los consumidores finales (cuya aceptación de la descarbonización, pero “no de mi bolsillo”), de la fiabilidad del suministro que demandan las industrias intensivas (como la minería), que requieren suministro de energía 24 horas al día, 7 días a la semana con capacidades de reserva adecuadas (o factores de carga adecuados). Cualquier suspensión del suministro puede tener implicaciones costosas; y la sociedad civil y otras organizaciones de bienes públicos requieren una cobertura adecuada, preferiblemente un servicio universal, para lograr un desarrollo social y económico compartido.

Conciliar estos objetivos requiere grandes inversiones, movilización de recursos financieros y técnicos (con políticas públicas, legales, ingeniería, gestión de proyectos y una amplia gama de otras habilidades) para lograr objetivos netos cero. Las entidades de los sectores público y privado de todo el mundo necesitarán aproximadamente 3,8 billones de dólares en flujos de inversión anuales adicionales [equivalentes al 3,8 por ciento del PIB mundial hasta 2030. Pero actualmente solo se está desplegando una fracción de este capital. Incluso cuando se mira con una lente más amplia que considere financiamiento como el financiamiento de transición, las necesidades esperadas aún superan a los flujos en un 66%.

El problema es particularmente grave en los países en desarrollo de bajos ingresos y vulnerables al clima, que durante mucho tiempo han pedido un financiamiento climático significativo que les permita llevar a cabo planes de reducción de emisiones y desarrollar resiliencia contra los impactos acelerados del cambio climático. Sin embargo, las promesas anteriores de financiación y apoyo de los países desarrollados han sido en gran medida insuficientes, retrasadas, difíciles de acceder y/o aún no se han cumplido.

Si bien las reuniones de la COP están destinadas precisamente a abordar estas cuestiones, incluida la adopción de inversiones realistas y ambiciosas y los objetivos asociados de financiación climática global, tales esfuerzos han demostrado ser cuestiones políticamente polémicas: desde el tamaño de los objetivos hasta la calidad de la financiación. y cómo abordar el fracaso de los principales países a la hora de cumplir plenamente sus compromisos pasados. En retrospectiva, los procedimientos de la COP han tendido a depender demasiado de las promesas de los gobiernos, que, frente a importantes reclamos contradictorios sobre recursos públicos, han impuesto exigencias poco realistas a los recursos financieros y humanos públicos.

Inevitablemente, para lograr el objetivo más ambicioso de cero emisiones netas para 2050, las empresas del sector privado se ven cada vez más llamadas a aportar el pensamiento, las habilidades técnicas y las soluciones necesarias para abordar las cuestiones sociales. Para lograrlo, será necesario prestar cada vez más atención a las soluciones impulsadas por el mercado, incluidas diversas formas de fijación de precios y tributación de las externalidades, visibilizando lo invisible, por así decirlo, para

permitir una movilización más espontánea y impulsada por la demanda de recursos humanos y financieros del sector privado.

En resumen, con las importantes reducciones de costos y la mayor adopción de energías renovables, ya se han argumentado en gran medida (aunque todavía no del todo, o para algunos de manera convincente) sus argumentos. La promesa de reducir las emisiones agregadas de CO<sub>2</sub> y el consiguiente control del cambio climático está lejos de materializarse. Una revisión exhaustiva y sistemática de lo que se ha logrado hasta ahora podría ser fundamental para revisar los enfoques existentes para lograr resultados más impactantes y los objetivos que se han definido en repetidas reuniones de la COP.

## 6. CONCLUSIÓN – AQUÍ VIENE EL SOL

*“Construyamos una ciudad, con una torre que llegue al cielo”;* עם מגדל , עיר, לעצמנו עיר, עמ מגדל  
הבה נבנה לעצמנו עיר, עם מגדל (Génesis 11)

A estas alturas debería ser dolorosamente evidente que las inversiones ambientales son “difíciles de vender” y que, incluso con las reducciones que se han producido en las emisiones de CO<sub>2</sub>, todavía se necesitan mayores recortes en los sistemas energéticos globales para cumplir los objetivos acordados de limitar calentamiento máximo por debajo de 2°C a lo largo del siglo XXI.

Esta situación no debería sorprender, ya que (a diferencia de un gran número de actividades económicas), los beneficios de las inversiones ambientales producen “bienes globales” – es decir, emisiones reducidas de CO<sub>2</sub> a la estratosfera para limitar el calentamiento global, en beneficio del mundo en grandes, en lugar de que sean las partes interesadas las que realicen las inversiones. Dadas las circunstancias, muchas de las iniciativas son promovidas y dirigidas por gobiernos y agencias internacionales, a través de coacción institucional (a menudo de arriba hacia abajo), acciones regulatorias y legales, en lugar de enfoques sociales (o impulsados por la demanda) como tales.

El continuo aumento de las emisiones de carbono y la creciente frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos en los últimos años resaltan más claramente que nunca la importancia y las condiciones para un cambio decisivo hacia un futuro neto cero. Sin embargo, la escasez de avances pone de relieve la complejidad de una empresa de proporciones masivas y cuyos beneficios recaen sobre otras partes además de las que realizan los sacrificios o las inversiones asociadas.

Por supuesto, hay motivos para aplicar los enfoques existentes de manera más decisiva: esforzarse más, en lugar de hacerlo de manera más inteligente, para lograr los objetivos acordados. Pero lo más probable es que tales esfuerzos estén llegando a su punto de “rendimientos decrecientes”, y tal vez sea necesario explorar formas alternativas para lograr conexiones más estrechas entre los objetivos previstos y mejores resultados ambientales. Con este fin, puede justificarse una atención especial en cuatro áreas:

*Primero: Al incorporar a una gama más amplia de actores (principalmente del sector privado) a la planificación de inversiones,* debería ser posible movilizar capacidades técnicas y de gestión muy necesarias, así como recursos financieros, para ayudar a diseñar enfoques más eficaces y eficientes para abordar la cuestión. Esto requerirá la generación de condiciones propicias, como acuerdos adecuados de fijación de precios y tributación que puedan reflejar mejor las externalidades ambientales que se generan para atraer empresas que puedan evaluar riesgos y desarrollar soluciones técnicas y organizativas para abordar los problemas emergentes. Esto también puede ayudar a superar las limitaciones de las instituciones globales, que claramente están sobrecargadas para abordar la multitud de cuestiones de manera eficaz.

La pandemia de Covid, la creciente agenda ambiental y los acuerdos de seguimiento de la COP institucionalmente intensivos, y otros, han revelado las debilidades de las instituciones globales. Esto ha alimentado, en lugar de desactivar, un alarmismo apocalíptico sobre el cambio climático, la energía y las limitaciones demográficas. En parte, esto es el resultado de propósitos contradictorios de los instrumentos de política aplicados por varios gobiernos, como los subsidios a los hidrocarburos para mitigar los costos de vida, el aumento de los derechos de importación de equipos de generación solar para fomentar las industrias locales, etc. favorable a las energías renovables, a expensas de las industrias locales existentes.

*Segundo:* Los acontecimientos de los últimos años han servido como recordatorio de que esta transición también debe tener en cuenta *la seguridad, la asequibilidad y la sostenibilidad de la energía*. Cualquier transición energética exitosa y duradera debe abordar los tres elementos en conjunto y en sintonía con las condiciones cambiantes.

La experiencia de los grandes shocks de suministro de energía desde la década de 1970 sugiere que eventos que intensificaron las preocupaciones sobre la seguridad energética pueden tener impactos significativos y persistentes en los mercados energéticos. Lo más importante es que el deseo de los países de reforzar su seguridad energética reduciendo su dependencia de la energía importada –dominada por los combustibles fósiles– los ha empujado hacia una mayor producción de energía en el país, gran parte de la cual probablemente provenga de energías renovables y otras fuentes de energía no fósiles. Esto sugiere que es probable que las guerras y la inestabilidad aceleren el ritmo de la transición energética, incluso si esto puede resultar en mayores costos.

La magnitud de las perturbaciones económicas y sociales de los últimos años asociadas con la pérdida de sólo una fracción de los combustibles fósiles del mundo también ha puesto de relieve la necesidad de que la transición desde los hidrocarburos sea ordenada, de modo que la demanda de hidrocarburos caiga en consonancia con la disponibilidad suministros, evitando futuros períodos de escasez de energía y aumento de precios. De manera similar, las reacciones del público ante el aumento de las tarifas de energía o transporte requieren un enfoque lúcido en la eficiencia, así como en una mayor oferta para satisfacer la demanda del mercado.

*Tercero:* Los acontecimientos también han puesto de relieve la complejidad y la *interconexión del sistema energético mundial*, y con ello la *dependencia de las economías emergentes*, que en la actualidad ya duplican con creces el PIB de los países de la OCDE. Además, son, con diferencia, los sectores de población, actividad económica y consumo de combustibles fósiles que más rápido crecen.

Como fue el caso de las economías de altos ingresos, en las primeras etapas de desarrollo seguramente dependerán de pequeños motores de combustión interna con perspectivas limitadas de soluciones de energía renovable en el futuro previsible. Por lo tanto, el ritmo de la transición energética depende en gran medida de dichas economías, incluidas sus limitadas capacidades institucionales, que deben superarse para acelerar la transición y lograr el objetivo de cero emisiones netas en el futuro previsible.

*Cuatro:* El mundo puede ser diferente en las próximas décadas, pero la necesidad de proporcionar energía seguramente impulsará la prosperidad económica y mejores niveles de vida, al tiempo que reducir las emisiones, seguirán siendo tan críticos como lo son hoy. Sin embargo, esto requerirá *ampliar la apertura de soluciones técnicas y acuerdos organizacionales* para facilitar la puesta en común de recursos y la experimentación para mejorar el valor más allá de lo que las empresas individuales pueden hacer por sí solas. Esto es particularmente importante en el caso del petróleo y el gas natural (que, según la mayoría de las proyecciones), seguirán impulsando el crecimiento económico en el mundo en desarrollo, donde las instalaciones de generación de energía son difíciles y costosas de reemplazar. Para lograrlo, se debe mejorar el entorno regulatorio para facilitar las mejoras tecnológicas movilizándolo la gran base de recursos técnicos, financieros y capacidades organizativas que dichas empresas tienen para

centrarse en reducir (y capturar) las emisiones de carbono para una gama de productos que cumplan con los requisitos ambientales. objetivos. Esto deberá hacerse *de manera segura, asequible y sostenible*. Por el momento, existen tecnologías que pueden abordar el problema, pero cuyos costos deben reducirse significativamente para que sean útiles en el campo energético.

La misma lógica se aplica a otras áreas, como en el caso de Chile, donde los riesgos mineros (geológicos) intermedios para las plantas de energía conducen a aumentos importantes en la generación de energía geotérmica. Esto ha generado una disminución asociada de las emisiones, a través del retiro de instalaciones de generación de carbón, y una diversificación de la matriz energética con la consiguiente mejora de la seguridad energética (ver Anexo sobre cambios en la matriz energética en Chile).

En resumen, habrá miles de millones de personas más, más prosperidad y más demanda de energía. Las emisiones pueden seguir disminuyendo a medida que avanzan diversas soluciones bajas en carbono, pero lograr emisiones netas cero requerirá la adopción de políticas más amplias, el surgimiento de nuevas tecnologías y el establecimiento de mecanismos propicios impulsados por el mercado que faciliten la integración de los actores relevantes. que pueda abordar tales cuestiones. Todo esto tendrá lugar en un contexto determinado por un número creciente de personas y un nivel de crecimiento económico que puedan disfrutar. En ambos aspectos, las cifras son asombrosas.

Tras siglos de cambios, los seres humanos han demostrado ser adaptables, aunque con grandes esfuerzos. Para adaptarse a las nuevas condiciones, deben afrontar y resistir el cambio, o migrar cuando no pueden adaptarse. Buscar siempre formas de supervivencia, adaptarse a su entorno cambiante, y cuando esto no fue posible, migrar y buscar nuevos horizontes, o enfrentar conflictos o desastres, ha sido la lucha continua por la supervivencia. En el proceso, las dificultades para adaptar las prácticas a las demandas más altas han sido una fuente constante de conflictos y crisis. La proverbial construcción y desaparición de la Torre de Babel bíblica bien puede haber sido uno de esos eventos. A medida que los seres humanos siguen desarrollándose, más allá de cierto punto necesitan repensar las formas subyacentes de vida, los materiales que utilizan y otras formas de desarrollo. Las formas de abordar el cambio climático podrían ser la manifestación de otro ejemplo similar: es decir, la necesidad de ajustar las condiciones de vida, los materiales y prácticas de construcción, e incluso el entorno que las personas crean para adaptarse y vivir en un mundo con mayores desafíos climáticos.

En el ámbito de la ingeniería estructural, Galileo ya había definido el “principio de similitud” según el cual el tamaño y la resistencia no aumentan ni disminuyen en la misma proporción, y que más allá de ciertas escalas, las estructuras y prácticas deben reformularse. No es inconcebible que este principio pueda aplicarse igualmente al desarrollo humano, y que el cambio climático sea otra manifestación de que los seres humanos se han desarrollado con tecnologías más allá de las capacidades de la naturaleza para seguir respondiendo al crecimiento demográfico y la disponibilidad asociada de materiales. De hecho, el principio de similitudes sugiere que un mayor crecimiento y demandas no pueden sostenerse sin ajustes en los modos de vida y las prácticas para un mayor desarrollo.

En consecuencia, puede ser necesario un enfoque más agnóstico y ecléctico en materia de instrumentos políticos y tecnología, así como de acuerdos de adaptación y mitigación, captura de carbono, almacenamiento de energía y otros vehículos. Esto debería facilitar la transición de manera más productiva y eficiente, y dentro de la escala de lo que pueda ser absorbible en las condiciones emergentes.

En términos más generales, si bien se reconoce que una solución única no sirve para todos, los acuerdos internacionales deberían centrarse menos en imponer un enfoque particular hacia la descarbonización, que difícilmente puede responder a las diferentes circunstancias y capacidades de los países. En cambio, la atención puede centrarse productivamente en reformas fundamentales más básicas, fortalecer la gobernabilidad, reducir la burocracia, mejorar el acceso al capital y combatir la corrupción. Estos factores generan condiciones para el desarrollo, incluida la transición energética. Ahora que la

inteligencia artificial ya está entre nosotros, la coordinación de las reglas globales es tan importante como tener la tecnología y las habilidades para aprovecharla.

Dicho todo esto, corresponde a los gobiernos alinear sus propias políticas (ya sean industriales, de protección o de desarrollo social) de tal manera que sean consistentes con las preocupaciones ambientales. Si lo hacen, podrían evitar actuar con propósitos contradictorios y obligar a los países a compensar con impuestos y otras políticas las distorsiones que crean al generar costos que no tienen conexión con las externalidades que idealmente deberían cobrarse a través de precios o impuestos sin una carga institucional excesiva. Al final, los enfoques impulsados económicamente para la formulación de políticas seguramente serán más efectivos para captar las diversas condiciones institucionales y contextuales que los esfuerzos impulsados institucionalmente para generar mejores resultados.

## 7. REFERENCIAS

- Alessandro Casaburo, Giuseppe Petrone, Francesco Franco, Sergio De Rosa; "A Review of Similitude Methods for Structural Engineering" *Appl. Mech. Rev.* May 2019; <https://doi.org/10.1115/1.4043787>
- Geoffrey Heal; *Endangered Economics*; Columbia University Press, 2017 [https://www.thriftbooks.com/w/endangered-economies-how-the-neglect-of-nature-threatens-our-prosperity\\_geoffrey-heal/11610560/#edition=11182883&idq=34742655](https://www.thriftbooks.com/w/endangered-economies-how-the-neglect-of-nature-threatens-our-prosperity_geoffrey-heal/11610560/#edition=11182883&idq=34742655). Miguel Schloss; Editorial Académica Española: "Cambiano la conversación energética", 2023.
- Gernot Wagner & Conor Walsh: "Don't Slam the Door on Inexpensive Chinese Electric Vehicles" (*NYTimes*, May, 2024 <https://www.nytimes.com/2024/05/15/opinion/biden-china-trade-electric-vehicles-solar-panels-tariffs.html>); Costas Arkolakis & Conor Walsh "Clean Growth" (macro) economic implications I've seen yet: <https://www.conor-walsh.com/s/CleanGrowth.pdf>
- Miguel Schloss; *Global Journal of Science Frontier Research (Environment & Earth Science) (USA)* May 2023: "Aligning Interests or Precipitating Energy Transition" [https://www.sur-invest.com/Downloads/Publications/Global\\_Journal\\_MS\\_10\\_June\\_2021.pdf](https://www.sur-invest.com/Downloads/Publications/Global_Journal_MS_10_June_2021.pdf). Miguel Schloss; *Oil, Gas & Energy Law Intelligence (OGEL-U.K.)*, Feb. 2023 "Changing the Conversation on Energy Transition — Aligning Interests or Mandating Actions to Combat Climate Energy Transition in Unsettled Times.
- Miguel Schloss; *Global Journal of Science Frontier Research (Environment & Earth Science) (USA)* Dec. 2023: "Energy Transition in Unsettled Times". Miguel Schloss "The Elephant in the Room; Preaching or Working on Climate Change"; the *Global Journal of Science Frontier Research* (Sept 2023) [https://globaljournals.org/GJSFR\\_Volume23/2-The-Elephant-in-the-Room.pdf](https://globaljournals.org/GJSFR_Volume23/2-The-Elephant-in-the-Room.pdf); "Decarbonizing Energy – with Speed, Wisdom and Balance". "Mapping Carbon Neutrality in Uncharted Territory – Governance & Policy Implications for the Mining Sector" Generis Publishing, 2023.
- Ministerio de Energía, Chile (2023); *Planificación energética de largo Plazo* (2023) <https://energia.gob.cl/pelp>
- The Bretton Woods Committee; *The Role of Multilateral Banks in Closing the Climate and Energy Transition Finance Gap* [https://www.brettonwoods.org/sites/default/files/documents/CFPT\\_Template\\_Final\\_Digital\\_1.pdf](https://www.brettonwoods.org/sites/default/files/documents/CFPT_Template_Final_Digital_1.pdf) Bretton Woods Committee (Oct. 2023) <https://www.brettonwoods.org/article/decarbonizing-energy-with-speed-wisdom-and-balance>; "Essay on Combating Believers and Deniers on Energy Transition"; *Oil, Gas & Energy Law Intelligence* (Sep. 2023) <https://twitter.com/ogeltdm/status/1709529533534134459>.
- The Economist; Oct 1, 2023: "How carbon prices are taking on the world" <https://www.economist.com/finance-and-economics>.

## ANEXO

### CAMBIO EN LA MATRIZ ENERGÉTICA RESULTADO DEL CAMBIO DE POLÍTICA

"Por muy hermosa que sea la estrategia, de vez en cuando hay que fijarse en los resultados".  
(W. Churchill)

