



Una nueva transición energética: rasgos, desafíos y perspectivas desde América Latina y el Caribe

- El calentamiento global y la necesidad de una nueva transición energética

- Los problemas del desarrollo pendientes en América Latina y el Caribe

- Perfil de emisiones y compromisos adquiridos

- Pilares y desafíos de la transición energética

- Recursos energéticos de América Latina y el Caribe



Mensajes clave

1

La sostenibilidad medioambiental necesita una nueva transición energética de los combustibles fósiles a las fuentes renovables. El consumo de energía es el principal responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero y, a los ritmos actuales de emisiones, quedan tan solo 9 años para limitar el crecimiento de la temperatura a 1,5 °C con relación a los niveles preindustriales.

2

La nueva transición energética tiene una motivación medioambiental, pero en ella también operan incentivos económicos. Actualmente, la generación eólica y solar es económicamente competitiva y esta característica seguirá mejorando. Otros motores del cambio podrán ser los costos del comercio internacional o la necesidad de adaptar el capital a los nuevos estándares de producción global.

3

La nueva transición energética va más allá de la sustitución de fuentes fósiles por energía solar y eólica. Implica también un crecimiento de la importancia de la electricidad, un incremento transversal en la eficiencia energética, el desarrollo y penetración de combustibles de bajo o nulo contenido de carbono, así como de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono.

4

La transición energética deberá sortear algunos obstáculos. Uno de ellos es que la oferta de ciertos minerales clave no responda a la velocidad con la que crezca la demanda. Otra fuente potencial de tensión es la existencia de importantes activos creados para el uso de combustibles fósiles que corren el riesgo de perder valor.

5

Los países de la región han mostrado su compromiso con el medio ambiente, declarando, en promedio, una reducción de las emisiones de GEI de alrededor del 11 % para el año 2030 en relación con sus valores de 2020. Esta disminución de las emisiones tiene implícito un esfuerzo de mitigación importante al considerar el crecimiento poblacional esperado y la necesidad de iniciar un proceso de convergencia de los niveles de ingreso por habitante con el de los países desarrollados.

6

Cada país experimentará la transición energética a su propio ritmo en función de su realidad. En la región hay que tener presente la pobreza y la abundancia de empresas poco dinámicas, circunstancias que pueden limitar la adopción de capital y de prácticas energéticas limpias, bien por limitaciones financieras, bien por priorizar otros temas sobre los medioambientales. Por otra parte, los precios de la energía en algunos países de la región no internalizan plenamente los costos ambientales, lo que también puede desincentivar la eficiencia y descarbonización energética.

7

La nueva transición energética trae oportunidades para América Latina y el Caribe, donde existen ventajas para generar energía limpia y atraer inversión extranjera (*powershoring*). La abundancia de minerales clave es otra condición favorable. Para aprovechar estas oportunidades se requieren instituciones adecuadas, una tarea pendiente en muchos países de la región.

8

La nueva transición energética debe abordarse de manera integral y desde una perspectiva de desarrollo sostenible que atienda a un triple desafío: reducir la desigualdad y la pobreza, cerrar la brecha de ingresos respecto al mundo desarrollado y proteger el medio ambiente. Para ello, los países deberán manejar un abanico de políticas que trasciende el ámbito puramente energético.

Una nueva transición energética: rasgos, desafíos y perspectivas desde América Latina y el Caribe¹

Introducción

Desde 1850, la actividad humana ha causado la emisión de más de 2.300 gigatoneladas de dióxido de carbono (CO₂). Más del 68 % de esas emisiones provinieron del uso de energía generada por fuentes fósiles. A los ritmos actuales de emisiones, quedan un poco más de 28 años para limitar el incremento de la temperatura en 2 grados Celsius (°C) con respecto a la era preindustrial y apenas 9 años para el umbral de 1,5 °C. Las metas ambientales globales precisan, por lo tanto, una transición energética que contribuya a reducir las emisiones.

Los procesos de transición energética no son nuevos. La energía es un insumo fundamental para el desarrollo de la actividad humana y, por ello, desde el principio de los tiempos, el ser humano ha buscado las formas más eficientes de obtener energía. Una de las primeras grandes transiciones energéticas fue la introducción del carbón, que permitió el desarrollo del motor a vapor y contribuyó a la primera revolución industrial. En el siglo XX, el petróleo primero y luego

el gas natural fueron reemplazando al carbón en los procesos productivos y el uso de los hogares. En estos casos, la transición se debió a motivos meramente económicos y tecnológicos, es decir, por la aparición de fuentes alternativas más eficientes que desplazaban o sustituían, al menos parcialmente, a la fuente energética predominante hasta ese momento.

Una característica distintiva de la actual transición energética es que está enmarcada en el contexto de una preocupación medioambiental que ha llevado a que la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se plantee como un objetivo fundamental de las políticas públicas. Eso no significa que la motivación medioambiental sea el único motor; en efecto, con el abaratamiento que ya ha ocurrido de las tecnologías solar y eólica, se espera que la penetración de estas fuentes renovables ocurra aún en escenarios donde la consideración ambiental no sea la prioridad.

¹ Este capítulo fue elaborado por Lian Allub y Fernando Álvarez con la asistencia de investigación de María Pía Brugiafreddo y Martín Finkelstein.

Este capítulo presenta una visión panorámica de la transición energética, destacando la necesidad de tener una perspectiva desde América Latina y el Caribe. En una primera parte se discuten los pilares y desafíos mundiales de la transición energética,

para, posteriormente, concentrarse en la situación regional. Se destaca la necesidad de que la transición ocurra en un contexto que promueva a la vez el crecimiento económico y el desarrollo social de los países latinoamericanos y caribeños.

La transición energética de las fuentes renovables: rasgos esenciales

Una transición energética implica un cambio estructural en las fuentes de energía empleadas para satisfacer la demanda. La humanidad ha experimentado varias transiciones energéticas a lo largo de su historia. En el siglo XIX, por ejemplo, ocurrió la sustitución de biomasa, fundamentalmente madera, por carbón. Posteriormente, en la segunda mitad del siglo XX, se evidenció el surgimiento del petróleo como fuente protagónica. Durante los últimos años del siglo pasado, el gas natural incrementó de manera importante su contribución, consolidando la era de la energía fósil. Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), a finales de la década de los noventa, las fuentes fósiles aportaban el 80 % de la oferta global de energía, de las cuales el 23 %

provenía del carbón, el 36 %, del petróleo y el 21 %, del gas natural.

Una nueva transición energética está en pleno desarrollo. Esta tiene como uno de sus ejes el incremento considerable de la participación de las fuentes renovables no convencionales, tales como la energía solar y eólica. Los rasgos esenciales de esta nueva transición energética se examinan a continuación.



A finales del siglo XX, las fuentes fósiles aportaban el 80 % de la oferta global de energía

Preocupación medioambiental

Los procesos complejos suelen tener diferentes motores y esta transición energética no es la excepción. Una característica distintiva de esta nueva transición es que está enmarcada en el contexto de una preocupación medioambiental que ha llevado a que la reducción de emisiones de GEI se plantee como un objetivo de las políticas públicas al más alto nivel. Eso no significa que la motivación medioambiental sea el único motor, pero sí uno importante, al menos en su fase inicial.

La preocupación medioambiental está bien fundada. La temperatura media de la superficie terrestre durante la década de 2011-2020 fue 1,1 °C más alta que en la época preindustrial (1850-1900). Los efectos de este calentamiento ya se han empezado a sentir, incrementándose, por ejemplo, la frecuencia y severidad de eventos climáticos extremos, con costos económicos y sociales

importantes. No obstante, lo más grave puede estar por venir si no se toman las medidas necesarias. Un incremento continuo de la temperatura terrestre hace inviable la sostenibilidad del planeta. Especial atención se ha prestado al umbral de 2 °C, considerado por los científicos como una suerte de punto de no retorno (*tipping points*) a partir del cual existen altos riesgos de daños masivos e irreversibles a escala mundial.

La evidencia científica apunta a que este calentamiento global tiene su origen en las emisiones de GEI de origen antropogénico, las cuales provienen, de manera muy importante, del consumo de energía de fuentes fósiles. Desde 1850, debido a la actividad humana, se han emitido 2.351 gigatoneladas de CO₂ (GtCO₂), de las cuales más del 68 % provinieron de actividades intensivas en el uso de combustibles fósiles (Brassiolo et al., 2023).



Desde 1850, debido a la acción humana, se han emitido 2.351 gigatoneladas de CO₂ (GtCO₂), de las cuales más del 68 % provinieron de actividades intensivas en el uso de combustibles fósiles

Ciertamente, el mundo desarrollado ha tenido una mayor responsabilidad en estas emisiones históricas, puesto que ha contribuido con el 45 % de las mismas. En contraste, América Latina y el Caribe explica solo el 11 %². Estas diferencias en el origen de las emisiones coexisten además con notables disparidades en los niveles de ingresos por habitante entre países. Para cerrar estas brechas, es preciso que el mundo en desarrollo y América Latina y el Caribe, en particular, crezca más rápido que los países desarrollados, lo cual impone un desafío en un contexto en el que se busca la reducción de emisiones de GEI. Si bien esto es relevante a la hora de introducir elementos de justicia en las responsabilidades vinculadas a la reducción de las emisiones, no exime a ningún país o región de realizar los esfuerzos necesarios para mantener la temperatura global en niveles apropiados³.

Este panorama apremiante ha logrado un importante consenso de carácter mundial en torno a la necesidad de reducir considerablemente las emisiones de GEI, especialmente las originadas en el consumo de energía⁴. En otras palabras, existe un consenso sobre la necesidad de promover de manera acelerada una nueva transición energética a nivel global.

El hito reciente más destacable de esta cruzada por la protección del medio ambiente es el Acuerdo de París, firmado por los Estados parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

(CMNUCC). Dicho acuerdo plantea como objetivo central “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales” (Naciones Unidas, 2015, punto 1.a del art. 2). Estas metas imponen un tope de emisiones de GEI equivalente a un poco más de 28 años (al ritmo de 2019) para limitar el incremento de la temperatura a 2 °C y apenas 9 años para llegar al umbral de 1,5 °C (Brassiolo et al., 2023).



Al ritmo de emisiones registrado en 2019, quedan poco más de 28 años para limitar el incremento de la temperatura a 2 °C y apenas 9 años para cruzar el umbral de 1,5 °C

Con respecto a la ventana de tiempo de estos esfuerzos y las consideraciones de desarrollo integral, el Acuerdo señala:

[...] las Partes se proponen lograr que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen su punto máximo lo antes posible, teniendo presente que las Partes que son países en desarrollo tardarán más en lograrlo, y a partir de ese momento reducir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero, de conformidad con la mejor información científica disponible, para alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros en la segunda mitad del siglo, sobre la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza (Naciones Unidas, 2015, punto 1.a del art. 4).

2 Las emisiones globales de GEI de origen antropogénico alcanzaron un máximo histórico de 59 GtCO₂ equivalentes en 2019, de los cuales alrededor del 10 % tuvieron su origen en América Latina y el Caribe. La mayor parte de las emisiones provino de los países en desarrollo de Asia y el Pacífico (el 44 % del total) y de los países desarrollados (23 % del total). Los tres mayores contribuyentes a las emisiones totales en 2019 fueron China (14,2 GtCO₂eq), Estados Unidos (6,2 GtCO₂eq) e India (3,8 GtCO₂eq), que en conjunto generaron el 42 % de las emisiones globales de ese año (Brassiolo et al., 2023).

3 Como se destaca en el capítulo 4 del Reporte Economía y Desarrollo (RED) de 2023 (Brassiolo et al., 2023), el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas (CBDR, por sus siglas en inglés), formalizado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), establece que todos los países tienen responsabilidad ante los desafíos del cambio climático, pero no todos tienen igual responsabilidad. En ese sentido, es de esperar que los países industrializados asuman mayores obligaciones en la mitigación. Sin embargo, una reducción exclusiva de los países desarrollados sería insuficiente, dado que el 75 % de las emisiones actuales vienen de países de ingresos medios y bajos, entre las cuales está el 10 % generado en América Latina y el Caribe.

4 Como se verá más adelante, las emisiones provenientes del sector agropecuario, la silvicultura y otros usos de la tierra (ASOUT) son importantes en algunos países de la región. Por lo tanto, estos también tienen el desafío de reducir sus emisiones no energéticas.

Bajo el Acuerdo de París, cada país se compromete a establecer, en función de sus circunstancias y capacidades, metas para reducir las emisiones de GEI (metas de mitigación) y adaptarse a los impactos producidos por el cambio climático (metas de adaptación), así como definir las medidas y acciones para alcanzar

esos objetivos. Estos compromisos se describen en las contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN). Si bien el Acuerdo de París representa un hito muy importante en el compromiso global de reducir las emisiones de GEI no está exento de desafíos (ver el recuadro 1.1).

Recuadro 1.1 Acuerdo de París: logros y desafíos

El Acuerdo de París constituye un importante avance para dar una respuesta mancomunada a la crisis climática. Su principal logro ha sido la gran adhesión, al conseguir que casi todos los países hayan participado y propuesto contribuciones nacionales. A la fecha, 196 países se han adherido a ese tratado, de los cuales 33 son de América Latina y el Caribe^a.

Su modelo de gobernanza, en el que los países proponen sus propios compromisos con autonomía y flexibilidad, ha favorecido esta gran adhesión. Sin embargo, también tiene implícitas debilidades asociadas a la falta de una visión centralizada del problema y a la ausencia de mecanismos que garanticen el cumplimiento de los compromisos.

La falta de visión centralizada entra en discordancia con el hecho de que, para lograr los objetivos del Acuerdo de París, los esfuerzos de mitigación deben ser globales. En ese sentido, no hay garantía de que las metas nacionales en conjunto sean suficientes para alcanzar la meta global.

La revisión de las CDN más recientes señala que América Latina y el Caribe se compromete para 2030 con una reducción de alrededor del 11 % en sus emisiones con relación a 2020. Esta reducción es superior a la obtenida a nivel global (inferior al 1 %), pero menor que las implícitas para América del Norte o la Unión Europea, de más del 37 % y el 29 %, respectivamente (ver el cuadro 1.3). Desafortunadamente, según el Climate Action Tracker, a la fecha de escribir este capítulo, solo 4 de las 40 jurisdicciones estudiadas, proponían emisiones para 2030 que reflejaran un esfuerzo compatible con la meta de limitar el calentamiento a 1,5 °C^b (Climate Analytics y NewClimate Institute, 2022). Más aún, la obligación de los países miembros se limita al reporte del compromiso y a cumplir ciertos requisitos de información y transparencia, pero no existen mecanismos formales sancionatorios en caso de incumplimiento de los compromisos asumidos.

Por otra parte, la definición de las emisiones a nivel de país podría originar ineficiencias en ausencia de un mercado de carbono. En general, las estrategias individuales no coinciden con la estrategia óptima a una escala más agregada. El comercio de energía y las posibilidades de definir metas a escala regional podría resultar en una mejor especialización internacional de la producción y la asignación, en términos de donde se produce la energía (en el apéndice del capítulo disponible en línea, se muestra un sencillo ejemplo de tres países hipotéticos para ilustrar este punto). El desarrollo de un mercado de carbono también contribuiría favorablemente en ese sentido.

Finalmente, una debilidad del Acuerdo es que no constituye una instancia para una discusión explícita y concreta sobre la distribución a nivel mundial del esfuerzo de reducción de emisiones, asunto por demás difícil de atacar de manera absoluta.

a. Asimismo, según la edición más reciente de Net Zero Tracker (una plataforma que monitorea el cumplimiento de los compromisos), 150 países plantean el objetivo de cero emisiones netas a largo plazo. Estos países representan en conjunto el 92 % del producto, el 88 % de las emisiones y el 89 % de la población (Lang et al., 2023).

b. Los cuatro países eran Bután, Filipinas, Noruega y Reino Unido.





La preocupación medioambiental ha sido el motor original de la transición energética, pero esto no significa que el progreso tecnológico no esté jugando un papel primordial

Que la preocupación medioambiental haya sido el motor original de la transición energética, no significa que el progreso tecnológico —motivación usual de los fenómenos transformacionales de la economía— no esté jugando un rol primordial y creciente de cara al futuro.

En este frente, ha habido indudablemente un destacable progreso. Quizás el ejemplo más notable

es el considerable abaratamiento de la generación eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales, especialmente la solar. En 2009, el costo nivelado de la generación de electricidad a partir de paneles solares era de 359 dólares (USD) por megavatio por hora (MWh); en contraste, el de una planta eléctrica basada en el carbón era de USD 111 por MWh. Diez años más tarde, los números son de USD 40 y USD 109 respectivamente⁵. En una década, la fuente solar pasó de ser una de las más costosas a convertirse en la más barata. Ello introduce un incentivo económico para la incorporación de fuentes renovables en la generación eléctrica. Como se verá más adelante, aun en los escenarios en los que la consideración ambiental no sea una prioridad, se espera una importante penetración de las fuentes eólica y solar por razones de costo económico.

Pilares de la transición energética

Los escenarios globales de transición energética son un tema al que se ha prestado particular atención, siendo las proyecciones de la AIE unas de las más comúnmente referidas⁶. Esta institución plantea tres escenarios. El primero de ellos es el escenario de “políticas actuales” que, como su nombre indica, se basa en las políticas de gobierno actualmente implementadas o en desarrollo (y no en los compromisos asumidos según las CDN). El segundo escenario es el de “compromisos anunciados”, bajo el cual se asume que todos los objetivos declarados por los gobiernos se cumplen por completo y en los plazos previstos, aun cuando actualmente no existan políticas para alcanzarlos. Finalmente, el escenario de “cero emisiones netas en 2050” (CEN) establece la senda necesaria para lograr la estabilización del aumento de la temperatura mundial en 1,5 °C, así como el acceso universal a la electricidad y a sistemas modernos de energía para 2030.

En 2022 las emisiones globales se encontraban en torno a 37 GtCO₂. En el escenario de políticas actuales, decrecen a 35 GtCO₂ en 2030 y hasta 30 GtCO₂ en 2050. En el escenario de compromisos anunciados, las emisiones caen a 31 GtCO₂ en 2030 y luego a 12 GtCO₂ en 2050. Finalmente, en el escenario de CEN las emisiones caen a 24 GtCO₂ en 2030 y a neto cero en 2050 (AIE, 2023n).

¿Cómo se comporta la oferta de energía en cada uno de estos escenarios? El gráfico 1.1 muestra información al respecto, destacando tres aspectos.

En primer lugar, el escenario de CEN exige una reducción en la oferta global de energía, pasando desde 632 exajulios (EJ) en el año 2022 a 541 EJ en el año 2050. En contraste, en el escenario de las políticas actuales se mantiene el crecimiento histórico de producción de energía (hasta 725 EJ en 2050).

⁵ El costo nivelado de la energía se puede pensar como el precio promedio al cual debe venderse la electricidad generada por una planta a fin de recuperar sus costos totales (construcción y operación) durante su vida útil. Por supuesto, los costos asociados a la generación solar y eólica varían notablemente en función de factores ambientales, como, por ejemplo, la irradiación solar. Estos resultados representan valores promedio y no consideran costos asociados a enfrentar la intermitencia inherente a estas fuentes (ver el capítulo 4).

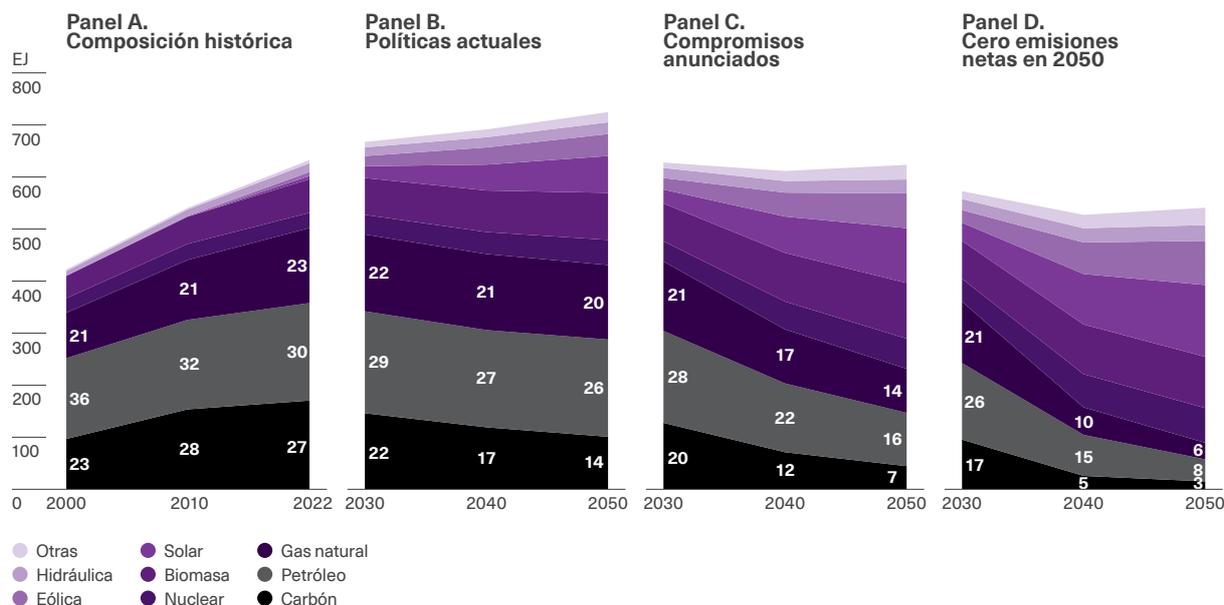
⁶ Es importante tener presente que estos escenarios no son pronósticos, sino marcos de referencia para articular acciones climáticas que, en conjunto, son consistentes con un objetivo climático, en este caso, el de cero emisiones netas. A su vez, esta referencia de cero emisiones es consistente con el objetivo del Acuerdo de París de mantener la temperatura por debajo de ciertos umbrales críticos (Fankhauser et al., 2022).

En segundo lugar, el escenario de CEN se caracteriza por una fuerte reducción en los niveles absolutos y relativos de las fuentes de energía fósil. No obstante, la producción de petróleo, gas e incluso carbón no desaparecen completamente. Específicamente, la contribución del carbón pasa del 27 % en 2022 (170 EJ) hasta el 3 % (15 EJ) en 2050; la del petróleo, del 30 % (187 EJ) al 8 % (42 EJ) y la del gas, del 23 % (145 EJ) al 6 % (32 EJ)⁷. La presencia de fuentes fósiles en 2050 en el escenario de CEN obedece, entre otras razones, a la intermitencia de las fuentes renovables no convencionales y a la existencia de sectores de difícil electrificación, como el transporte de carga pesada (ver el capítulo 8) y ciertas industrias, en especial aquellas que necesitan generar altas temperaturas en sus procesos productivos,

tales como la metalurgia (ver el capítulo 6). Esto pone de manifiesto la importancia del desarrollo de tecnologías de captura de carbono o la producción de hidrógeno de bajas emisiones, que puede jugar un rol a la hora de satisfacer las demandas energéticas de industrias y procesos de difícil electrificación.

● ●
El escenario de cero emisiones para 2050 se caracteriza por una fuerte caída de los niveles absolutos y relativos de las fuentes de energía fósil. No obstante, la producción de petróleo, gas e incluso carbón no desaparecen completamente

Gráfico 1.1
 Oferta total de energía en el mundo según la fuente



Nota: El escenario de políticas actuales muestra la trayectoria de la oferta que dichas políticas implican. El escenario de compromisos anunciados asume que todos los objetivos declarados por los gobiernos se cumplen por completo y en los plazos previstos, incluyendo sus objetivos de acceso a la energía y de cero emisiones a largo plazo. El escenario de cero emisiones netas en 2050 traza el camino a seguir para lograr la estabilización del aumento de la temperatura mundial en 1,5 °C y el acceso universal a la electricidad y a sistemas modernos de energía para 2030. Las etiquetas señalan la participación con relación al total en el año de cambio de década. La categoría biomasa incluye el uso tradicional de la biomasa y la biomasa para biocombustibles sostenibles. La participación de la primera de estas subcategorías se reduce del 4% en 2022 al 0% en 2050, bajo el escenario de cero emisiones netas, mientras que la segunda subcategoría aumenta su contribución del 7% al 18% entre 2022 y 2050 en el mismo escenario.

Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2021f, 2023x).

7 En el escenario de políticas actuales, también cae (levemente) la participación de las fuentes fósiles, pero no la producción en términos absolutos de petróleo y gas, que incluso aumenta entre 2020 y 2050 (de 173 EJ a 197 EJ y de 137 EJ a 149 EJ, respectivamente).

Finalmente, el escenario de CEN se caracteriza por un crecimiento importante de la contribución de las fuentes renovables no convencionales, fundamentalmente la solar y la eólica. La energía solar pasa de explicar el 1 % (7 EJ) de la producción en 2022 al 26 % (138 EJ) en 2050, mientras que la eólica pasa del 1 % (8 EJ) al 16 % (84 EJ). La penetración de la energía solar y eólica ocurre también en el escenario de políticas actuales, pero a una tasa considerablemente menor, llegando a explicar en conjunto, el 16 % de la producción de 2050 bajo este escenario.

La mayor generación de energía mediante estas fuentes renovables, dada su intermitencia, requiere un crecimiento de la capacidad de almacenamiento. Si bien el almacenamiento de electricidad en baterías se ha acelerado notablemente en los últimos años (panel

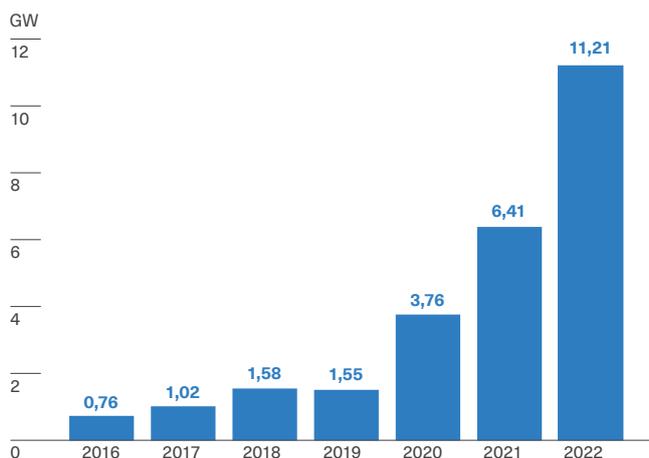
A del gráfico 1.2), aún se encuentra lejos de alcanzar los niveles necesarios para garantizar la seguridad en el suministro de energía, especialmente en la senda del escenario de CEN con una amplia penetración de las fuentes solar y eólica. En efecto, bajo el escenario de CEN, se espera que en 2030 la capacidad global de baterías a gran escala alcance los 1.000 gigavatios (GW), 23 veces más que la capacidad actual (45 GW) (ver el panel B del gráfico 1.2).

La nueva transición energética implica mucho más que la sustitución de fuentes fósiles por energía solar y eólica. El gráfico 1.3 presta atención a otros cuatro pilares: la electrificación; la eficiencia energética y cambios conductuales; el desarrollo de combustibles con emisiones bajas o nulas; y el desarrollo de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono⁸.

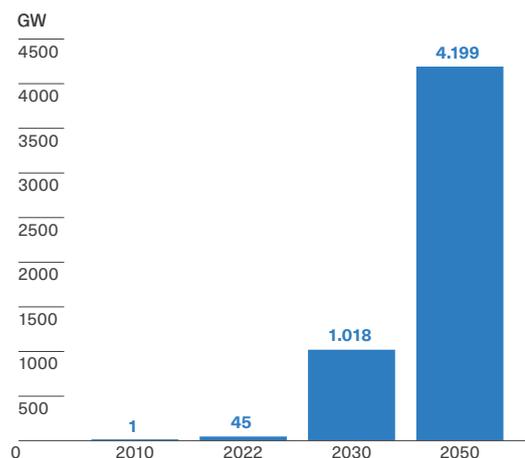
Gráfico 1.2

Crecimiento de la capacidad global de almacenamiento de baterías y niveles previstos en el escenario de cero emisiones netas

Panel A.
Aumento anual en la capacidad de almacenamiento de las baterías



Panel B.
Capacidad de almacenamiento en baterías



Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2023b, 2023n).

⁸ También se espera que la energía nuclear desempeñe un rol en la transición energética. Como se ve en el escenario de CEN, la importancia de esta fuente más que se duplica con relación a su valor en 2020. En el caso de la región, no obstante, su relevancia será más limitada.



La nueva transición energética se sustenta en estos pilares: sustitución de fuentes fósiles por energía de bajas emisiones; electrificación; eficiencia energética y cambios conductuales; desarrollo de combustibles de bajas emisiones; y desarrollo de tecnologías de CAC

La importancia de la electricidad crece con la transición energética. Hoy, la electricidad cubre aproximadamente un 20 % de la demanda de energía; con el escenario de cero emisiones netas, se espera que para 2050 la electricidad cubra el 53 % (183 EJ). Obviamente, la electrificación por sí sola no reducirá las emisiones en la medida que buena parte de este tipo de energía se genere a partir de fuentes fósiles. En el escenario de CEN, se espera que el 71 % de la electricidad se base en las fuentes solar y eólica (130 EJ) y el 11 % en la hidráulica (20 EJ); en contraste, apenas alrededor del 1 % de la electricidad provendría de fuentes fósiles. Esta electrificación verde supone desafíos importantes (ver el capítulo 5)⁹.

La eficiencia energética y un cambio conductual en los consumidores es otro componente clave de esta transición. Como se ha visto, el escenario de cero emisiones netas implica una disminución en la oferta de energía. Para no comprometer el crecimiento económico, es necesario reducir los requerimientos de energía por unidad de producto, término conocido como intensidad energética. Según el escenario de CEN, para 2050, la intensidad energética del sector productor de energía será un tercio de su valor actual; la del sector del transporte, la mitad; la de la industria, un 44 % menos, y la de la construcción, un 38 % inferior¹⁰ (ver el panel B del gráfico 1.3).

Como se vio anteriormente, las fuentes fósiles no desaparecen por completo en el escenario de cero emisiones netas. Ello implica disponer de tecnología para la captura, uso y almacenamiento de carbono (CUAC). En efecto, se estima que para 2050 se capturen alrededor de 6 GtCO₂ a nivel mundial, el 62 % de las cuales provendrían del uso de combustibles fósiles y procesos industriales (ver el panel C del gráfico 1.3).

Finalmente, el desarrollo y penetración de nuevos combustibles, como el hidrógeno de bajas emisiones y los biocombustibles, desempeñará un rol importante en la senda hacia un mundo de cero emisiones netas. Se espera, por ejemplo, que el consumo de hidrógeno se cuadruple (de 95 millones de toneladas en 2022 a más de 400 millones en 2050). También se espera que este represente, en el escenario de cero emisiones netas, el 96 % de la demanda total de hidrógeno en 2050, al extenderse a nuevas aplicaciones, con importante presencia en el transporte y en la generación eléctrica.

Todos estos pilares tendrán un papel cuantitativamente importante en la reducción de emisiones hacia el escenario de CEN, tal y como se resume en el gráfico 1.4. En él se muestra la contribución de estos pilares en lo que respecta a dichas reducciones en dos escenarios distintos: el escenario de cero emisiones de la AIE, al que se ha estado haciendo referencia en este apartado, y el escenario de cero emisiones de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés). Las similitudes entre ambos son evidentes¹¹.

9 El uso de electricidad está fuertemente concentrado en la producción de hidrógeno (28 %) y en industrias, tanto pesadas (26 %) como livianas (20 %). Por su parte, el transporte liviano representará en 2050 un 9 % del consumo de electricidad y el pesado, un 6 %. En términos del nivel de importancia de la electricidad como fuente de energía, destaca el caso de los vehículos livianos, sector en el cual el 77 % del consumo de energía provendrá de la electricidad. Estos valores se refieren al escenario de CEN para 2050.

10 Como se verá en el capítulo 2, esta razón energía/producto a nivel agregado no solo se asocia con la eficiencia energética en cada uno de los sectores, sino también con la estructura económica.

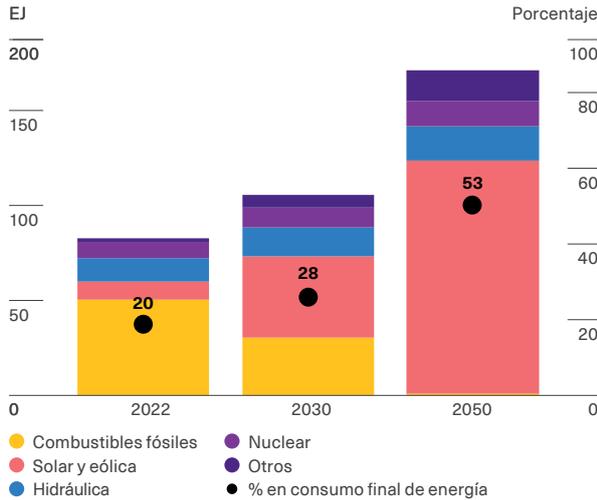
11 Existen otros escenarios que pueden poner mayor o menor fuerza a estos diferentes pilares, pero en todos los casos son elementos constitutivos clave de una estrategia de transición energética. Por ejemplo, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) considera un total de 90 escenarios con al menos un 50 % de probabilidad de limitar el crecimiento de la temperatura en relación con la era preindustrial en 1,5 °C para 2100. La AIE (2021g) compara estos escenarios con el de cero emisiones en términos de la importancia de estos pilares.

Gráfico 1.3

Pilares de la transición energética más allá de la penetración de las renovables

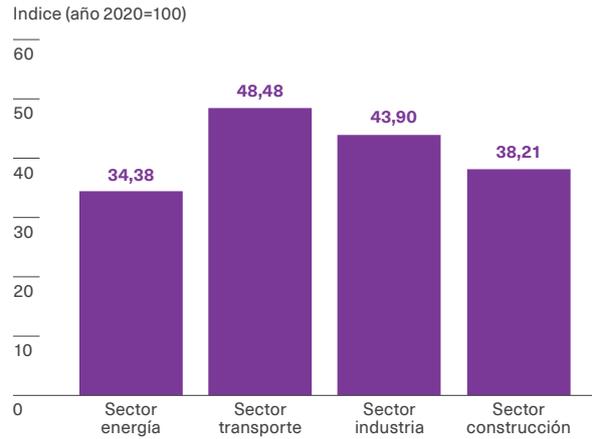
Panel A. Electrificación

Consumo final de electricidad en el escenario de cero emisiones netas en 2050



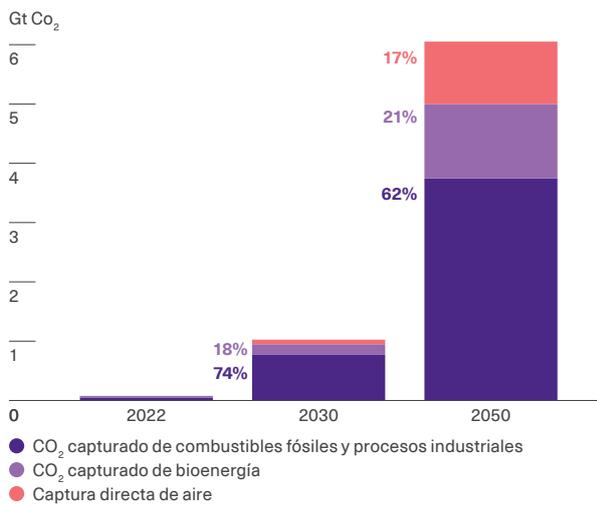
Panel B. Eficiencia

Intensidad energética: ratio 2050 vs 2020 en el escenario de cero emisiones netas



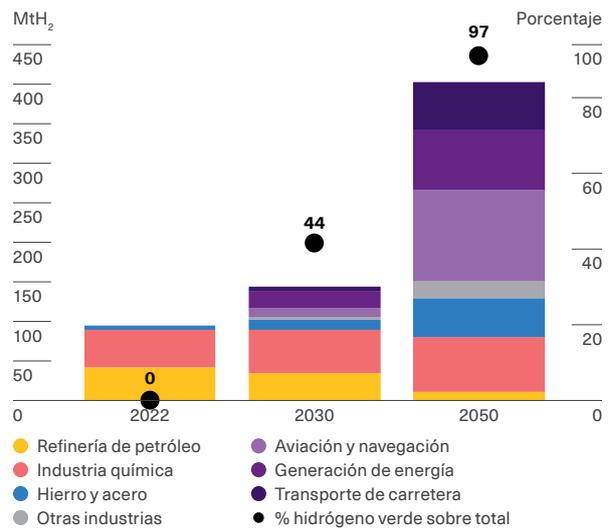
Panel C. Captura

CO₂ capturado a nivel mundial en el escenario de cero emisiones netas en 2050



Panel D. Hidrógeno verde

Uso de hidrógeno en el escenario de cero emisiones netas en 2050



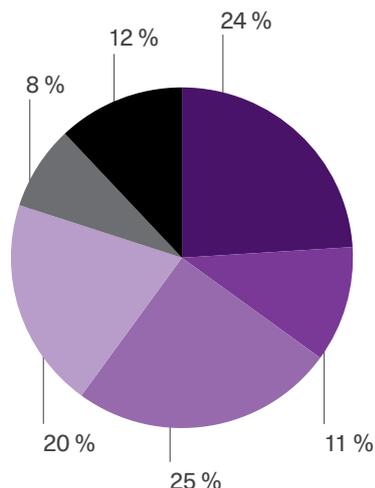
Nota: El gráfico presenta los principales pilares de la transición energética. El panel A muestra, para el escenario de CEN, la electricidad consumida (medida en exajulios) por tipo de fuente empleada en su generación (en el eje izquierdo) y la participación de la electricidad en la demanda de energía (en el eje derecho). El panel B presenta la razón entre 2050 y 2020 de la intensidad energética por sector económico en el escenario de CEN: en el sector energético, la intensidad energética se mide como las unidades de energía consumidas por unidad de producto; en el sector del transporte, como la energía consumida por cada kilómetro vehicular; en la industria se mide como las unidades de energía por unidad de valor agregado, y, finalmente, en el sector de la construcción, como la energía consumida por metro cuadrado al año. El panel C exhibe la cantidad de CO₂ capturado (medido en gigatoneladas) en el escenario de CEN. Las etiquetas señalan la participación de cada fuente en el total de CO₂ capturado. Por último, el panel D muestra la demanda de hidrógeno (en millones de toneladas) por uso o aplicación en el escenario de CEN y la participación del hidrógeno verde sobre el total (en el eje derecho).

Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2021f, 2023m, 2023n).

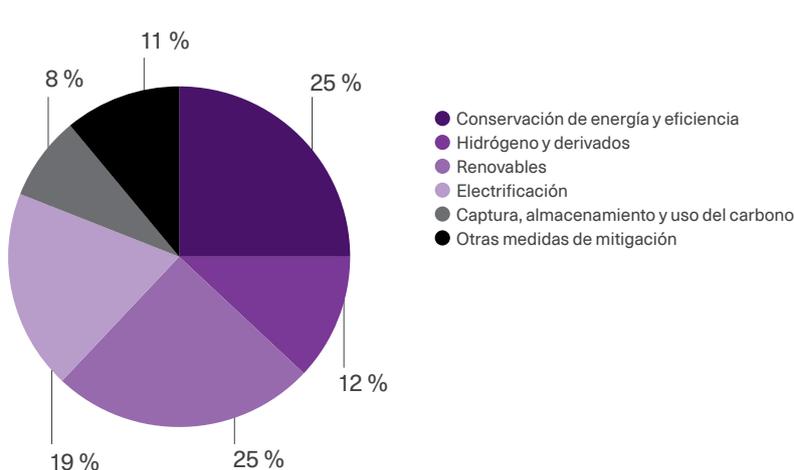
Gráfico 1.4

Contribución de los pilares a la reducción de las emisiones de CO₂ en el escenario de cero emisiones netas

Panel A.
Agencia Internacional de la Energía



Panel B.
Agencia Internacional de Energías Renovables



Nota: El gráfico muestra la contribución relativa de cada uno de los factores en la reducción de emisiones de dióxido de carbono bajo los escenarios de cero emisiones de la AIE y la IRENA. La categoría "renovables" se refiere al uso de energías renovables (eólica y solar) para la generación de energía y para usos directos en transporte y calefacción; "conservación de energía y eficiencia" incluye tanto cambios conductuales, que impliquen una menor demanda y consumo de energía, como cambios en los procesos productivos que incrementen la eficiencia energética; "hidrógeno y derivados" incluye combustibles sintéticos y de bajo contenido fósil, como los biocombustibles (en las estimaciones de la AIE, el hidrógeno representa el 4 % y la bioenergía, el 7 %, no estando desagregadas en el escenario de IRENA); "captura, almacenamiento y uso del carbono" se refiere al CO₂ capturado de combustibles fósiles y procesos industriales; "otras medidas de mitigación" se refiere, en el caso de la AIE, a otros cambios de combustibles y, en IRENA, a otras medidas de eliminación de carbono, tales como la captura directa del aire, el secuestro de carbono del suelo y el océano, la forestación o reforestación y la bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS, por sus siglas en inglés).

Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2023n) e IRENA (2023).

Algunos desafíos en la ruta hacia la descarbonización

Dependencia de un progreso tecnológico acelerado

La ruta hacia una reducción considerable de las emisiones de GEI de origen energético no está libre de desafíos. El primero tiene que ver con el ámbito tecnológico. Un progreso vigoroso en diversas

tecnologías es vital para asentar oportunamente los pilares de la transición energética. Si bien ya hay resultados alentadores en este frente, también es cierto que gran parte de la ruta hacia el escenario de CEN está montada sobre tecnologías en estado de desarrollo¹².

¹² Esto incluye no solo avances adicionales en la generación eléctrica a partir de fuentes renovables, sino también en las tecnologías de almacenamiento de energía; el desarrollo de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono; el desarrollo y penetración del combustible de bajas emisiones en procesos productivos, así como mejoras de la eficiencia y la electrificación de los consumidores, entre otros.

En concreto, según la AIE, el 36 % de la reducción de emisiones hasta 2070 se espera que provengan de tecnologías que están actualmente en la fase de prototipo o demostración y hasta un 39 % de tecnologías que se encuentran en fase de adopción temprana. En contraste, solo el 20 % de la reducción de las emisiones procederían de tecnologías ya maduras (AIE, 2020c). La dependencia de tecnologías en desarrollo no solo atañe al sector productor de energía, sino también, de manera muy importante, a la industria, al transporte y, en menor medida, al sector residencial. El sector público desempeña un papel clave para promover este avance tecnológico, proveyendo fondos para apoyar actividades de investigación y desarrollo, facilitando la cooperación y coordinación entre diversos agentes, proporcionando infraestructura pública esencial, protegiendo la propiedad intelectual y mejorando los mercados financieros y la competencia en general, entre otros instrumentos.



Se espera que el 36 % de reducción de las emisiones hasta 2070 provengan de tecnologías actualmente en fase de prototipo o demostración y hasta un 39 % de tecnologías que están en fase de adopción temprana

Activos fósiles

Un segundo desafío importante se asocia con la existencia de activos naturales y físicos vinculados a la energía de origen fósil. Uno de estos activos son las mismas reservas de hidrocarburos, que, para muchos países de la región, han representado una importante fuente de ingresos fiscales y externos (ver el capítulo 9).

Más allá de estos activos naturales, gran parte de los activos físicos existentes están concebidos para operar a partir de energía de origen fósil. Plantas de generación de electricidad termoeléctrica fósil, fábricas para la producción de cemento y acero, refinerías de petróleo, plantas de despacho, ductos,

redes de distribución de gas natural, así como el grueso de la flota de transporte, son algunos de los ejemplos más relevantes.

Aun si no se invirtiera más en este tipo de infraestructura y de activos, el capital físico existente tiene horizontes de vida útil usualmente largos, por lo que generará emisiones durante décadas. Considerando los periodos de vida útil y el funcionamiento usual de esta infraestructura y bienes de capital, se espera que en los próximos 50 años se emitan alrededor de 750 GtCO₂. Para poner este número en perspectiva, estas emisiones son más del 30 % de las provocadas por el hombre desde 1850 (en torno a 2.350 GtCO₂) y representan más del 55 % de la estimación central de las emisiones del “presupuesto de carbono”¹³ para limitar el incremento de la temperatura a 2 °C (del orden de 1.350 GtCO₂).

Las plantas eléctricas a carbón existentes serían las responsables de alrededor del 44 % de esas emisiones, mientras que otras plantas de combustibles fósiles supondrían más de un 10 % adicional. Por su parte, la industria del acero y del cemento contribuirían con un poco más del 8 % cada una. Otras industrias (incluyendo la química) representarían un poco más del 9 %. Finalmente, el sector del transporte en su conjunto participaría con más de un 11 % y el residencial, con un poco más de 3 % (ver el gráfico 1.5).

Si bien la existencia de esta infraestructura impone desafíos para reducir las emisiones, hay algunas estrategias para reducir su impacto.

La primera de ellas es el retiro adelantado o el cambio de propósito de estos activos. En algún momento de su vida útil, este tipo de plantas podrían no ser económicamente rentables si necesitan inversiones importantes para mantenimiento, combinadas con el abaratamiento de las tecnologías más verdes o la imposición de ciertas regulaciones ambientales. También podría ocurrir que algunos de estos activos cambien su propósito; por ejemplo, emplear la infraestructura de distribución de gas para trasladar hidrógeno o reorientar las plantas térmicas más para resolver problemas de intermitencia de las fuentes renovables no convencionales que para ser el servicio de base.

¹³ Con este concepto, introducido por el IPCC, se designa a la cuota de emisiones que permitirían permanecer por debajo de una temperatura determinada.



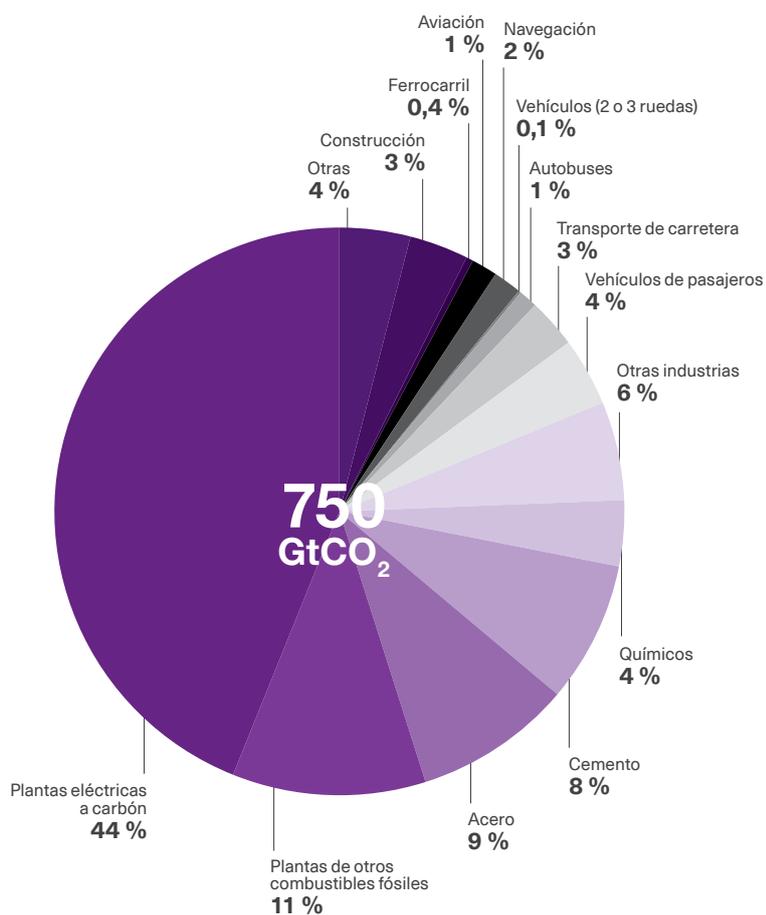
Una segunda estrategia es la modernización o adaptación; por ejemplo, dotando de aislamiento térmico a las edificaciones existentes. Dentro de esta estrategia se puede incluir la incorporación de tecnologías de captura, almacenamiento y uso de carbono, quizás una de la más prometedoras.

Finalmente, también se puede considerar el cambio o mezcla de combustibles. Con pequeñas

modificaciones o inversiones, es viable sustituir, en ciertos procesos y usos, combustible con alto contenido de CO₂ por otros combustibles o por mezclas de combustibles que tengan menos. El paso de vehículos de gasolina a gas es un ejemplo ya bastante común. Igualmente parece ser viable combinar biomasa en plantas a carbón o incorporar hidrógeno y biometano a la red de distribución de gas para reducir su contenido de carbono.

Gráfico 1.5

Emissiones globales de CO₂ entre 2019 y 2070 provenientes de la infraestructura y activos existentes por subsector



Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2020c).

Minerales críticos

Un tercer desafío importante tiene que ver con la dependencia de los metales críticos. La electrificación de la economía y el desarrollo de tecnología para energías de baja emisión demandan importantes cantidades de ciertos minerales, tales como el cobre, el cobalto, el níquel y el litio. En efecto, se espera un incremento notable en la demanda de estos minerales en los próximos años. Por ejemplo, bajo el escenario de CEN, se estima que la demanda de litio para 2050 será más de 10 veces su valor en 2022 (fundamentalmente explicado por la necesidad de baterías para la electrificación del transporte). La demanda de los otros minerales también crecerá notablemente: la de cobalto se multiplicará por tres, la de níquel, por más de dos y la de cobre, por más de 1,5 (ver el gráfico 1.6).

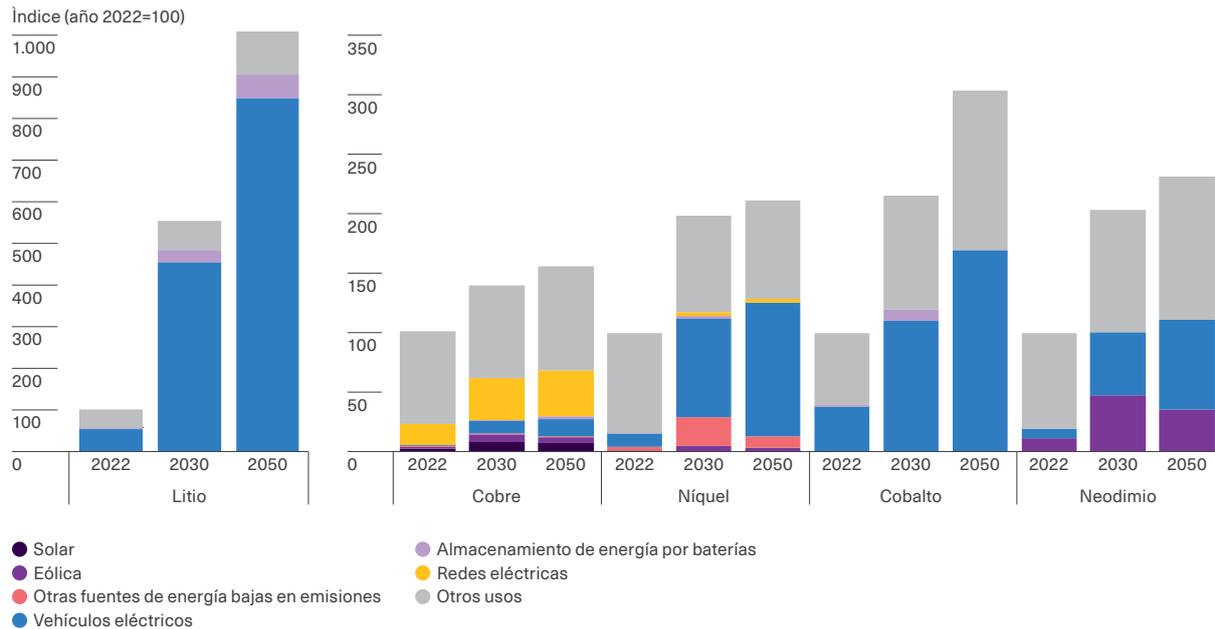


Algunos países de América Latina cuentan con importantes reservas de minerales críticos, por lo cual la transición energética es una oportunidad para integrarse a estas cadenas de valor

Algunos países de América Latina (por ejemplo, Argentina, Bolivia, Chile y Perú) cuentan con importantes reservas de estos minerales. La transición energética ofrece a esos países una oportunidad para integrarse en las cadenas de valor de la energía limpia e impulsar así su desarrollo económico (en el capítulo 10, se explora con más detalle esta oportunidad y las condiciones para aprovecharla).

Gráfico 1.6

Demanda de minerales críticos en el escenario de cero emisiones netas



Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2023e).

No obstante, en la ruta de reducción acelerada de las emisiones, esta dependencia de ciertos minerales representa un potencial obstáculo si la oferta no responde a los requerimientos de la demanda. Las estimaciones señalan que, aunque la oferta de estos minerales luce suficiente para los requerimientos actuales, en el largo plazo —especialmente bajo los escenarios de fuerte reducción de las emisiones, como el de CEN— la demanda proyectada podría superar la oferta dadas las minas operativas y proyectadas (en construcción). En consecuencia, son indispensables nuevas inversiones para incrementar la oferta futura de esos productos.

Desafortunadamente, la oferta de estos minerales tiene ciertas características que introducen riesgos (AIE, 2021g). La primera de ellas es que está geográficamente concentrada, lo que hace que el suministro sea vulnerable a una serie de circunstancias, como la inestabilidad política o los eventos ambientales. Por ejemplo, alrededor del 50 % de la producción de cobre y litio se encuentra en zonas de alto estrés acuífero. Esto introduce restricciones adicionales, en la medida que la minería compite con otros usos del agua. La segunda tiene que ver con los largos plazos que requiere el descubrimiento y desarrollo de proyectos mineros. Se estima que el proceso de exploración y estudios de factibilidad puede tomar más de 12 años y la fase de construcción, 4 o 5 años adicionales. Las inversiones necesarias para cubrir la demanda futura deben empezar ya. Finalmente, la actividad minera también puede tener impactos ambientales, incluidas las emisiones, al ser en sí misma intensiva en energía. Los impactos ambientales locales (sobre la calidad y consumo de agua y la biodiversidad, por ejemplo) pueden suscitar resistencia al desarrollo de estas actividades (Purdy y Castillo, 2022).

Algunas estrategias pueden ayudar a la confiabilidad del suministro de minerales críticos en el mediano y largo plazo¹⁴. En primer lugar, es necesario promover la inversión y la diversificación de la nueva oferta, lo cual puede lograrse a través del apoyo financiero, la simplificación de procedimientos y el fortalecimiento de los centros de estudios geológicos. En segundo lugar, es

preciso implementar buenas prácticas a fin de reducir el impacto ambiental y social de la actividad minera. Un buen sistema regulatorio suele propiciar la adopción de estas buenas prácticas. Finalmente, el reciclaje será una estrategia clave. Existen estimaciones que sugieren que el reciclaje tiene el potencial de cubrir el 20 % de la demanda de estos minerales críticos en las próximas tres décadas (Simas et al., 2022).

Financiamiento

Un obstáculo transversal en el camino hacia la reducción de emisiones es la necesidad de vastos recursos para financiar la mitigación (y la adaptación) al cambio climático. Algunas estimaciones indican que hasta 2050 se requieren, a nivel mundial, inversiones anuales (netas de la caída de la inversión en energía fósil) equivalentes a un 1,3 % del PIB global. Esas necesidades implican triplicar para 2030 las inversiones en relación con los niveles actuales en todo el mundo; en el caso de los países en desarrollo, suponen multiplicarlas por cuatro. El 75 % de la inversión se concentra en el sector de generación y distribución de energía limpia, con un 38 % vinculado a la generación, el 26 % a las redes de suministro y un 6 % al almacenamiento (ETC, 2023a).

Las estimaciones para los países menos desarrollados suelen sugerir mayores necesidades en términos de PIB. Por ejemplo, para el periodo 2015-2030, Rozenberg y Fay (2019) reportan, para su escenario preferido (metas ambientales ambiciosas con buen desempeño de la eficiencia), inversiones en los sistemas eléctricos del orden del 2,2 % del PIB y en torno al 1,3 % del PIB para la reducción de emisiones del sector transporte¹⁵. Estos mismos autores encuentran para América Latina necesidades de inversión del 1,4 % del PIB para los sistemas eléctricos y del 2 % para los sistemas de transporte, sumando un total del 3,4 % del PIB en estos dos componentes¹⁶. Si se agregan las inversiones en otros ámbitos y se mantiene la estructura global, donde la electricidad y el transporte

14 Otras estrategias pueden estar dirigidas a la demanda. En particular, la adaptación tecnológica y la sustitución de materiales pueden reducir la demanda de minerales críticos. Algunos estudios encuentran que estos factores implicarían una reducción de la demanda de minerales críticos del orden del 30 % (Simas et al., 2022).

15 En su escenario de metas ambientales ambiciosas, pero con baja eficiencia, las inversiones son del 3 % y el 3,3 % respectivamente.

16 Las inversiones necesarias en transporte caen sensiblemente al combinarlas con buenas estrategias de planeación urbana.

representan el 77 % de la inversión total, las necesidades de inversión superan el 4 % del PIB por año aun en el escenario favorable de alta eficiencia energética. A esto hay que sumar costos derivados de las brechas sociales preexistentes y de los impactos sociales

que pueda causar la misma transición energética. Al respecto, Galindo Paliza et al. (2022) reportan que los costos de enfrentar estos desafíos sociales pueden estar entre el 5 % y 11 % del PIB.

La transición energética en América Latina y el Caribe

Cada país experimentará una transición energética con sus propios ritmos, énfasis, implicaciones y perspectivas, respondiendo a su realidad específica. Los países de América Latina y el Caribe tienen rasgos que los diferencian notablemente de los desarrollados y que condicionarán sus procesos de transición.



Cada país experimentará la transición energética con sus propios ritmos, énfasis, implicaciones y perspectivas, respondiendo a su realidad específica

Por un lado, están los viejos problemas de desarrollo: bajo crecimiento, baja productividad, informalidad productiva y desigualdad. En lo que respecta

al tema energético, aún existen brechas de acceso y calidad por cerrar y, en algunos países, subsidios a la energía fósil que pueden desincentivar la eficiencia energética y la sustitución de fuentes fósiles. En lo que se refiere a las emisiones, destaca la importancia relativa de fuentes no energéticas, específicamente las asociadas al sector de ASOUT. Finalmente, está la cuestión de la dotación natural: algunos países tienen un importante potencial eólico o solar, lo que les da la oportunidad de atraer inversión aprovechando la ventaja de contar con energía limpia (lo que en inglés se conoce como *powershoring*¹⁷), o importantes reservas de minerales necesarios para la transición energética, mientras que otros, mantienen importantes reservas fósiles que corren el riesgo de convertirse en activos abandonados.

Los viejos problemas del desarrollo

Durante las últimas décadas, el PIB per cápita de la región ha sido menos del 30 % del de Estados Unidos. Esto contrasta con la experiencia de los “tigres” asiáticos, los cuales han logrado cerrar la brecha considerablemente en 50 años. Es conocido que, detrás de este largo y persistente rezago, existe una brecha en la productividad (Álvarez et al., 2018). Esta, a su vez, se asocia con un exceso de empresas pequeñas e informales y con firmas que tienen una baja acumulación de capital físico, humano y organizacional.

¿Qué implicaciones tiene esto para la transición energética? Quizás lo más evidente es que, para la región, el desarrollo sostenible implica reducir la brecha de ingresos per cápita respecto al mundo desarrollado y esto solo se logra con una mayor tasa de crecimiento económico. Lo anterior, junto con el crecimiento poblacional, pone presión adicional sobre las emisiones y los necesarios esfuerzos de mitigación para cumplir con determinada meta de emisiones (ver el capítulo 2).

17 Este término se refiere a la descentralización de la producción mediante la instalación de industrias en países cercanos a los centros de consumo que ofrecen energía limpia, segura, barata y abundante para atraer inversiones.

Por otra parte, la transición energética debería demandar procesos transformacionales por el lado de las empresas, lo que requiere de estas unas capacidades internas que un número importante puede no poseer. Por ejemplo, problemas de acceso al financiamiento pueden limitar la inversión en capital verde o en procesos organizacionales para mejorar la eficiencia energética. Asimismo, algunos trabajos sugieren que el consumo de energía de las empresas se asocia a la calidad de las prácticas gerenciales (Bloom et al., 2010).

América Latina y el Caribe no solo tienen un relativamente bajo ingreso por habitante, sino también una distribución del ingreso muy inequitativa. En efecto, la región es de las más desiguales del mundo y aún presenta importantes niveles de pobreza. En promedio, en América Latina una de cada tres personas es pobre y 12 de cada 100 viven en la pobreza extrema (CEPAL, 2022).

Los niveles de pobreza y vulnerabilidad de importantes sectores de la población demandan protección

frente a los fuertes cambios distributivos que pueda generar la transición energética y se convierten en sí mismos en un desafío de esa transición. Por otra parte, ambos problemas imponen ciertas restricciones a la adopción de tecnologías limpias o eficientes energéticamente por parte de los hogares, bien sea porque tienen limitaciones para financiar estas medidas o por considerarlas no prioritarias frente a mejoras en su situación económica.

En línea con esta última afirmación, cálculos realizados con datos de la Encuesta Mundial de Valores (WVS, por sus siglas en inglés) muestran una asociación positiva entre el estatus socioeconómico (aproximado por el nivel de educación) y la prioridad que se da a la problemática medioambiental (con relación a la situación económica). Específicamente, es 10 puntos porcentuales más probable que una persona con educación superior priorice la protección del medio ambiente por encima del crecimiento económico que alguien con educación básica incompleta (luego de controlar por edad y género)¹⁸.

Tareas pendientes en la provisión de energía

La discusión sobre las tareas pendientes en el ámbito de la energía se puede enmarcar dentro de la terna acceso, calidad y precio. En materia de acceso, la buena noticia es que se ha logrado un importante avance en lo que va de siglo; sin embargo, aún quedan algunas brechas focalizadas por cerrar. En el caso de la electricidad, el acceso se encuentra en niveles cercanos al universal, salvo en las zonas rurales de algunos países. El acceso a las redes de gas natural es más limitado (Cont et al., 2022). Estas brechas de acceso a la energía se traducen en prácticas, como cocinar con leña, con implicaciones para la salud en el hogar.

A comienzos de la primera década del siglo XXI, considerando el promedio simple de 14 países, el 86,5 % de los hogares de América Latina y el Caribe tenían conexión a la electricidad, con un mínimo del 70,5 % en Bolivia y un máximo del 99 % en Chile. Hacia 2020, la cifra promedio ascendió al 97 %, con un

mínimo del 87 % en Nicaragua, pero niveles virtualmente universales en Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, México, Paraguay y Uruguay. Por otra parte, las encuestas de hogares señalan que al menos el 40 % de la población rural de Colombia, Honduras, México, Nicaragua, Paraguay y Perú aún cocinan con leña (ver el capítulo 7).



Al menos el 40 % de la población rural de Colombia, Honduras, México, Nicaragua, Paraguay y Perú aún cocinan con leña

¹⁸ El cuadro A.1.1 del apéndice disponible en línea ofrece los detalles de este ejercicio estadístico.

Los desafíos en materia de calidad lucen más notorios que los de acceso. Por ejemplo, el cuadro 1.1 muestra la perspectiva de ese problema para las empresas (manufactureras). En general, la situación para la región es similar a la del mundo en su conjunto, pero más problemática que para los países desarrollados. Casi el 60 % de las empresas declara haber tenido cortes eléctricos con una frecuencia de dos interrupciones por mes, de aproximadamente tres horas. Esos cortes implicaron unas pérdidas equivalentes a casi el 2 % de las ventas anuales. Por este panorama, una de cada tres empresas de la región considera los problemas en el suministro de electricidad un obstáculo principal. Esa cifra es 40 % superior al de la región de Europa y Asia Central.

Otra característica de los mercados energéticos que vale la pena resaltar es la presencia de subsidios. El gráfico 1.7 muestra que los subsidios a la energía en la región equivalen al 4,7 % del PIB, cifra que más que duplica los valores en los países más desarrollados (en torno al 2,2 %).



Los subsidios a la energía en la región equivalen al 4,7 % del PIB, cifra que más que duplica los valores de los países más desarrollados

La presencia de estos subsidios puede promover una alta demanda de combustible fósil, con su consecuente impacto en las emisiones. En línea con estas afirmaciones, existe a nivel global una asociación positiva entre el monto de los subsidios y las emisiones, ambas variables medidas como proporción del PIB (ver el gráfico 1.8). Estos subsidios pueden ser entonces una barrera en el camino para reducir las emisiones.

Cuadro 1.1

Comparación regional de la calidad del servicio eléctrico según las empresas

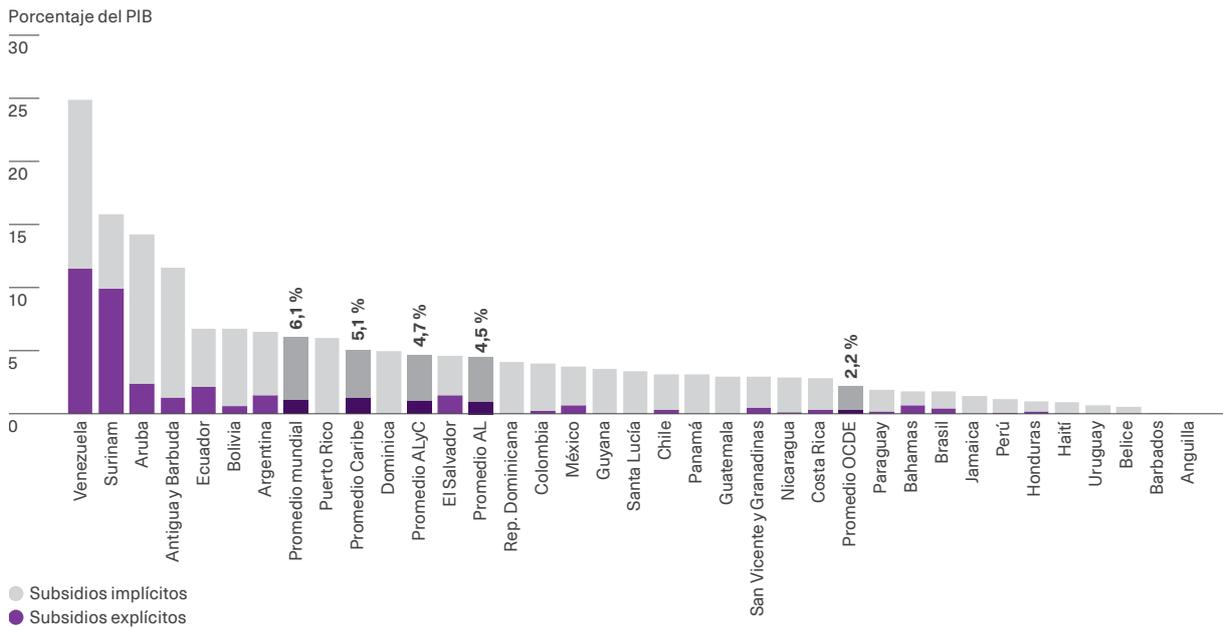
	Empresas que experimentaron cortes eléctricos (porcentaje)	Cortes eléctricos en un mes típico (cantidad)	Duración promedio de un corte eléctrico típico (horas)	Pérdida promedio debido a un corte eléctrico (porcentaje de ventas anuales)	Empresas que consideran la electricidad como principal restricción (porcentaje)
Todas las economías	49,5	4,6	4	4	30,5
Este de Asia y Pacífico	46,3	4,8	3,6	2,9	17,1
Europa y Asia Central	30,5	0,7	3,1	0,9	24
América Latina y el Caribe	58,4	1,8	3	1,8	33,5
Oriente Medio y Norte de África	35,9	6	4,7	4,3	37
Sur de Asia	53,2	11,7	3,6	8,4	32,1
África Subsahariana	76,1	8,8	5,6	8,5	40,3

Nota: El cuadro muestra distintos indicadores de la calidad del servicio eléctrico de acuerdo con los resultados de la Encuesta a Empresas del Banco Mundial. En el cuadro A.1.2 del apéndice del capítulo (disponible en línea) se presentan los mismos indicadores para los países de América Latina y el Caribe correspondientes al último año de la encuesta en cada país.

Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial (2023a).

Gráfico 1.7

Subsidios a combustibles fósiles como proporción del PIB en países seleccionados en 2022

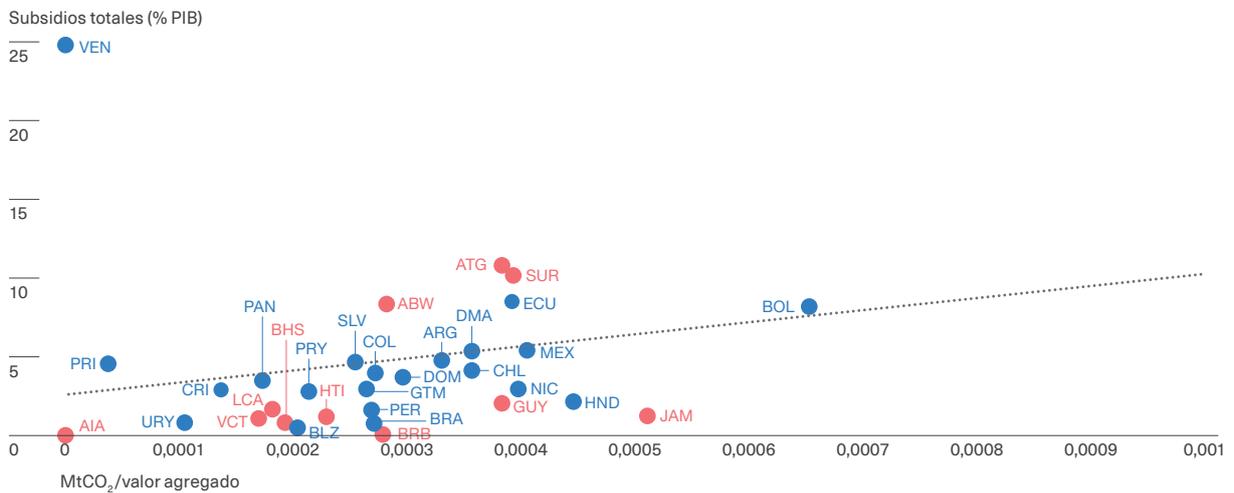


Nota: Los subsidios explícitos reflejan el cobro por debajo de los costos de suministro, mientras que los subsidios implícitos adicionan el cobro por debajo de los costos ambientales, de congestión, así como los impuestos al consumo no percibidos.

Fuente: Elaboración propia con base en FMI (2021).

Gráfico 1.8

Relación entre los subsidios a los combustibles fósiles y las emisiones



Nota: Los países de América Latina se muestran en azul en el gráfico, mientras que los países del Caribe, en rosado. El listado de países con su correspondiente código ISO se encuentran en el apéndice del capítulo disponible en línea (cuadro A.1.3)

Fuente: Elaboración propia con base en Minx et al. (2021).

Dotación en recursos naturales

La transición energética implica abandonar paulatinamente los combustibles fósiles y profundizar en la electrificación del consumo y en la generación eléctrica a partir de fuentes renovables, en particular eólica y solar. Este cambio afecta la demanda de recursos naturales de diferente manera. Por un lado, la demanda de recursos fósiles disminuirá a causa de la sustitución de la energía fósil por la renovable, afectando negativamente a los países que disponen de reservas de estos recursos. Por otro lado, la “electrificación verde” incrementará la demanda de ciertos minerales y materiales críticos, de los cuales algunos países de la región cuentan con reservas importantes.

En cuanto a los minerales críticos, tema que se desarrollará más detalladamente en el capítulo 9, la región tiene reservas relevantes de litio (42 % de las reservas mundiales), en particular en el llamado “triángulo del litio”: norte de Argentina y Chile y sur de Bolivia. Este mineral es un componente fundamental de las baterías, que serán sumamente necesarias como dispositivos de almacenaje de energía. La región dispone también del 31 % de las reservas mundiales de cobre, siendo Perú y Chile los países donde se encuentra la mayor parte. El cobre será fundamental en el proceso de electrificación de la demanda por sus excelentes propiedades como conductor. Por otra parte, la región cuenta, aunque en menor medida, con reservas de níquel (17 %), cobalto (7 %) y tierras raras (17 %). La explotación de estos recursos y la posibilidad de participar en distintas etapas de la cadena de valor relacionadas con ellos ofrece a estos países oportunidades de desarrollar sectores productivos y generar empleo que los ayuden a cerrar la brecha de ingreso per cápita con los países desarrollados anteriormente mencionada.

Por otra parte, varios países de la región tienen importantes reservas de petróleo y gas y, en menor medida, de carbón. Las reservas de petróleo probadas alcanzarían para cubrir 169 años de consumo actual, mientras que las de gas representan 27 años de consumo actual, lo que pone en evidencia el enorme potencial de generación fósil de la región. Venezuela, Guyana,

Trinidad y Tobago, Ecuador, Bolivia, Colombia, Brasil, Argentina y México, entre otros, disponen de reservas de petróleo y gas que corren el riesgo de quedar subexplotadas por la necesidad de transitar hacia un mundo con generación a partir de fuentes limpias¹⁹. Esto sin duda va a repercutir en la producción, el empleo, las exportaciones y la disponibilidad de recursos fiscales de estos países, lo cual, a su vez, puede tener consecuencias en la economía en su conjunto (ver el capítulo 9).

●● Varios países de la región tienen importantes reservas de petróleo y gas que corren el riesgo de quedar subexplotadas por la necesidad de transitar hacia un mundo con generación a partir de fuentes limpias

En cuanto a las ventajas para la producción de energía renovable, aunque es cierto que el agua, el sol y el viento están disponibles en todos los países, la capacidad de generar energía a partir de ellos depende, entre otras cosas, de la intensidad con la que estos recursos están presentes. Nuevamente, en algunos países de la región se presentan ventajas al respecto.

Si bien América Latina y el Caribe actualmente tiene una participación elevada de generación hidroeléctrica, todavía tiene un potencial por explotar en esta tecnología (ver el capítulo 3). En particular, la disponibilidad de agua y las condiciones de topografía existentes a lo largo de la cordillera de los Andes ofrecen oportunidades para la instalación de capacidad de hidroenergía de bombeo. Estos sistemas se valen de dos presas sobre un curso de agua para almacenar excedentes de electricidad en momentos de abundancia y entregarla en momentos de escasez. Sin embargo, la generación hidroeléctrica no está exenta de costos ambientales, teniendo que desarrollar en muchas ocasiones diques que alteran los entornos naturales y la biodiversidad río abajo.

19 Los países están ordenados de mayor a menor considerando los años de consumo que implicarían sus reservas.

Respecto a la generación solar, la situación es heterogénea, con países que tienen un alto potencial, como Argentina, Chile o Perú, y otros con menos, como las islas del Caribe, en parte, debido a su tamaño más reducido, lo que restringe el espacio para desarrollar parques solares.

Por su parte, la tecnología eólica, donde nuevamente la región dispone de países con alto potencial, como Argentina y Chile, enfrenta limitaciones de espacio más severas que la solar, pues los parques eólicos

requieren más terreno. Sin embargo, también ofrece la posibilidad de generación eólica marina (*off shore*), aliviando esta restricción.

Un desafío adicional que impone la producción de energía a partir de renovables es que, generalmente, las zonas más aptas para la generación suelen estar alejadas de los centros de consumo. Esto conlleva desafíos adicionales de transmisión o, directamente, ineficiencia en la transmisión, lo que podría hacerlas económicamente inviables.

La composición de las emisiones totales

A nivel global, casi el 80 % de las emisiones de GEI provienen del consumo de energía fósil y de los procesos industriales (CFPI), mientras que un poco más de un 20 % proviene del sector de ASOUT. En la región, especialmente en América Latina y, en menor medida, en el Caribe, las cosas cambian.

Estas diferencias se ilustran en el gráfico 1.9, que resume la composición sectorial de las emisiones en la región y, a manera de contraste, en los países de la OCDE (en el cuadro A.1.4 del apéndice, disponible en línea, se presenta la información en países de América Latina y el Caribe²⁰). En el panel A del gráfico se descomponen las emisiones totales en dos categorías: ASOUT y CFPI. Estas últimas, mucho más cercanas al consumo de energía²¹, están desagregadas en el panel B. Para tener una visión temporal, el gráfico contrasta la situación a principios de siglo con el año 2019²².

En el gráfico se aprecia que las emisiones de ASOUT son relativamente más importantes en América Latina. En concreto, en 2019, alrededor del 55 % de las emisiones

de esa región provenían del sector ASOUT, una cantidad mucho más significativa que el 14 % del Caribe o del 8 % en los países de la OCDE. No obstante, la importancia de este componente ha estado cayendo en la región.



En 2019 alrededor del 55 % de las emisiones de América Latina provenían del sector ASOUT, una cantidad mucho más significativa que el 14 % del Caribe o el 8 % en los países de la OCDE

Al poner la lupa en las emisiones de CFPI, se desprenden varias conclusiones. La primera es que las emisiones vinculadas a edificaciones, aunque no despreciables, son relativamente modestas en todas las regiones, incluso en los países de la OCDE, donde tiene más importancia, quizás debido a sus mayores necesidades de calefacción²³. Respecto a

20 Por su parte, el cuadro A.1.5 del apéndice muestra información sobre lo que se incluye en cada categoría y subcategoría de emisiones.

21 Algunos procesos industriales, como, por ejemplo, la producción de cemento, tienen asociadas emisiones no vinculadas al consumo de energía. Lo mismo ocurre con los procesos de manejo de desperdicios. No obstante, el componente energético sin duda es el más importante de las emisiones de CFPI, aunque la base de datos empleada aquí no permite separar del todo el componente energético del de procesos industriales. En cualquier caso, entender las oportunidades de mitigación de las emisiones en los procesos industriales es complementario al análisis de la mitigación vinculada con la transición energética.

22 Por razones de disponibilidad de datos, las emisiones presentadas en este reporte son aquellas "basadas en la producción", llamadas así porque se imputan al sector y país de producción de los bienes y servicios y no en función de dónde y quienes los consumen, lo que se conoce como "emisiones basadas en el consumo". Esta última visión puede aportar nuevas perspectivas sobre la responsabilidad de las emisiones.

23 Cabe destacar que estas mediciones no imputan a los consumidores finales las emisiones de generación de electricidad y otras asociadas a los sistemas energéticos. Los hogares y las empresas son consumidores importantes de electricidad y, por ende, parte de las emisiones vinculadas con ella se asocian a este consumo. Como se aprecia en el capítulo 4, el 40 % de la electricidad es consumida por las industrias, 33 % por los hogares y 20 % por el sector comercial. Si se imputaran estas emisiones indirectas, claramente crecerían las emisiones de las industrias y de las edificaciones.

las emisiones fugitivas relacionadas con la producción de energía, si bien relativamente modestas, son considerablemente mayores en la región que en los países de la OCDE. Esto podría indicar que existen espacios para reducir emisiones en este componente. Algo similar podría decirse del componente de manejo de desperdicios, que representa el 15 % de las emisiones de CFPI en América Latina, el 12 % en el Caribe y solo el 3 % en los países de la OCDE.

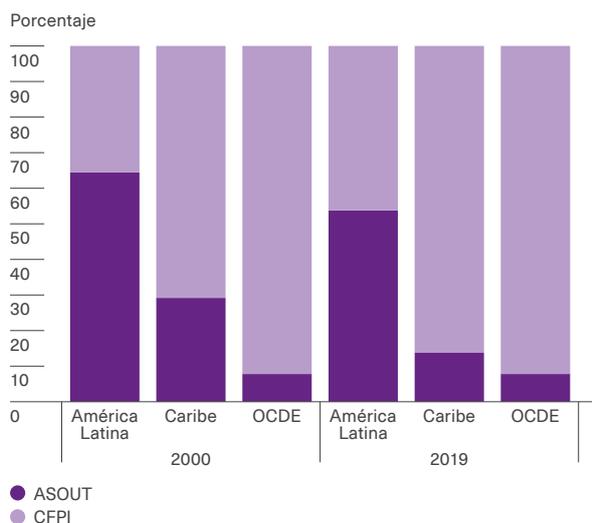
Quizás lo más destacable del panel B del gráfico es el protagonismo que se llevan los sectores de sistemas energéticos²⁴ (descontando las emisiones fugitivas), transporte e industria. En América Latina,

el transporte lidera el ordenamiento, siendo responsable de un 26 % de las emisiones por CFPI; por su parte, la industria es responsable de casi un 24 % y los sistemas energéticos (deducidas las emisiones fugitivas), de casi el 23 %. La relativamente amplia presencia de fuentes hidroeléctricas podría estar detrás de la menor contribución de este rubro a las emisiones en América Latina. En el Caribe, donde hay más presencia fósil en la matriz eléctrica, el rubro de sistemas energéticos (excluidas las emisiones fugitivas) lidera el ordenamiento, con un 33 % de las emisiones por CFPI, valor similar al de la OCDE. En el Caribe, las industrias son responsables del 30 % y el transporte, del 12 %.

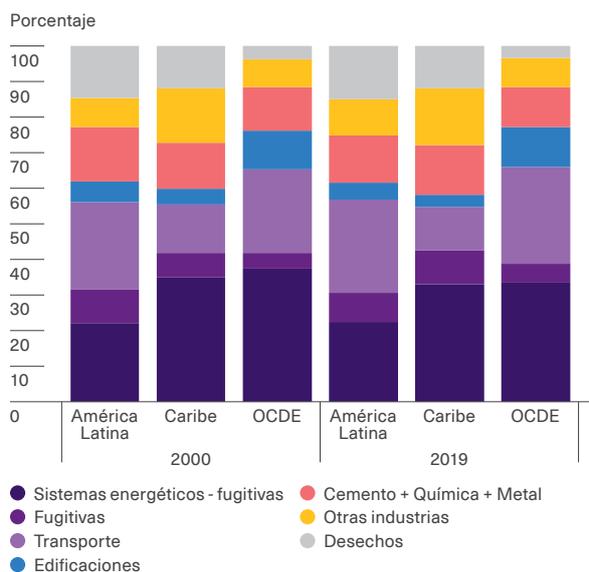
Gráfico 1.9

Descomposición de las emisiones en América Latina, el Caribe y los países desarrollados en 2000 y 2019

Panel A.
Emisiones totales del sector ASOUT y por CFPI



Panel B.
Emisiones por CFPI totales desagregadas



Nota: Las emisiones ASOUT abarcan emisiones del sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. En el apéndice del capítulo disponible en línea se describen los componentes de las emisiones por CFPI (cuadro A.1.5) y se puede consultar la lista de países que integran cada grupo.

Fuente: Elaboración propia con base en Minx et al. (2021).

²⁴ Las emisiones de los sistemas energéticos incluyen normalmente las provenientes de la electricidad y calefacción, emisiones fugitivas de petróleo y gas, refinamiento de petróleo y otros sistemas (ver el cuadro A.1.4 en el apéndice del capítulo 1, disponible en línea). En el gráfico 1.9 se separan emisiones fugitivas de emisiones energéticas para destacar su importancia relativa en la región.

Cuadro 1.2

Emisiones provenientes de CFPI por unidad de producto en 2000 y 2019

País o región	Emisiones CFPI/PIB		Variación promedio anual (porcentaje)	
	2000	2019		
Antigua y Barbuda	1,08	1,39		1,33
Argentina	1,20	1,61		1,54
Bahamas	0,81	0,81		0,01
Barbados	0,93	1,19		1,32
Belice	1,05	1,27		1,00
Bolivia	2,14	3,52		2,61
Brasil	1,04	1,45		1,75
Chile	1,34	1,72		1,31
Colombia	1,45	1,68		0,77
Costa Rica	0,57	0,70		1,06
Cuba	1,95	1,42		-1,66
Dominica	0,82	1,44		2,94
Ecuador	1,48	2,10		1,86
El Salvador	1,11	1,45		1,41
Granada	0,72	0,90		1,16
Guatemala	1,05	1,83		2,90
Guyana	1,53	1,69		0,55
Haití	0,90	2,42		5,20
Honduras	1,62	2,79		2,88
Jamaica	2,11	2,50		0,89
México	1,50	2,06		1,69
Nicaragua	1,90	2,47		1,38
Panamá	0,76	0,80		0,22
Paraguay	0,70	1,21		2,92
Perú	1,15	1,35		0,84
República Dominicana	1,55	1,50		-0,17
San Cristóbal y Nieves	0,71	0,72		0,11
Santa Lucía	0,66	0,90		1,64
San Vicente y las Granadinas	0,68	0,80		0,86
Surinam	1,55	1,74		0,61
Trinidad y Tobago	5,19	8,27		2,45
Uruguay	0,44	0,83		3,33
América Latina	1,23	1,67		1,59
El Caribe	2,06	2,25		0,46
Suiza	0,22	0,22		-0,01
OCDE	1,00	1,00		-

Nota: El cuadro compara las emisiones por unidad de producto de cada país o región respecto a la OCDE. Para ello, se calculó, en primer lugar, el cociente entre las emisiones de GEI (medidas en millones de toneladas de CO₂ equivalente) y el PIB de cada país (en miles de dólares constantes del año 2010). En segundo lugar, se calculó la razón entre el valor obtenido para cada país o región y el de la OCDE. De este modo, un valor mayor (menor) a 1 indica que el país presenta mayores (menores) emisiones por cada USD 1.000 de producto en comparación con el promedio de la OCDE. Los valores a nivel de región se obtuvieron a partir de la agregación de emisiones y producto de una muestra de países que la integran. La selección de países para América Latina y el Caribe y OCDE se realizó a fin de garantizar la comparabilidad con el cuadro 2.1 y gráfico 2.2, respectivamente (ver el capítulo 2 de este reporte). El cuadro muestra también como varió la razón entre los años 2000 y 2019. Para ello, se calculó la variación (logarítmica) promedio anual del período, que se obtiene como la diferencia del logaritmo de la razón en 2019 y en 2000, dividida por el número de años del período (19). La lista de países que compone cada grupo puede consultarse en el apéndice del capítulo disponible en línea.

Fuente: Elaboración propia con base en Minx et al. (2021) y Banco Mundial (2023c).

La relativamente menor contribución de las emisiones asociadas al CFPI, en comparación con el mundo desarrollado, podría sugerir que, en lo que respecta al uso de energía y los procesos industriales, América Latina y el Caribe tienen prácticas y tecnologías relativamente amigables desde el punto de vista medioambiental. La verdad es que, al comparar con los países desarrollados, en la región una unidad de producto es costosa en términos de emisiones de GEI provenientes de CFPI (ver el cuadro 1.2).

En el año 2019, obtener una unidad de producto costó, en términos de emisiones por CFPI, 1,67 veces más en América Latina y hasta 2,25 veces más en el Caribe que en los países de la OCDE. Si se compara con Suiza, un país líder dentro de la OCDE, América Latina emite más de 7 veces por unidad de producto

que ese país y el Caribe cerca de 10 veces. Más importante aún es que la brecha respecto a los países desarrollados ha crecido. Esto no significa que las emisiones por unidad de producto hayan aumentado en la región; en realidad han bajado, pero no a la velocidad con la que han caído en los países desarrollados. Como se verá en el capítulo 2, un notable descenso de las emisiones por unidad de producto es el factor clave para el desacople²⁵.



Obtener una unidad de producto costó, en términos de emisiones por CFPI, 1,67 veces más en América Latina y hasta 2,25 veces más en el Caribe que en los países de la OCDE

¿A dónde vamos?

Como punto de partida de una mirada al futuro, este apartado presenta los compromisos en emisiones que los países de la región han manifestado en sus contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN). El capítulo cierra presentando información muy sucinta sobre escenarios energéticos para la región.

Compromisos energéticos

Las CDN son los compromisos asumidos por los Estados signatarios de la CMNUCC en el marco del Acuerdo de París. A la fecha de escribir este capítulo, de los 33 países de la región que han presentado una CDN ante la Secretaría de la CMNUCC, 21 tienen una meta explícita de reducción de las emisiones de GEI para 2030²⁶. Estos países representan más del 80 % de las emisiones de GEI actuales de la región.

Como se observa en el cuadro 1.3, el conjunto de los países de la región con meta explícita de emisiones prometen liberar un máximo de 2.952 megatoneladas de CO₂ equivalente para 2030²⁷; el valor es un 10,8 % menor que las emisiones de este mismo grupo de países en 2020. Esta reducción es superior a la total prometida por los países con metas explícitas en sus CDN, pero considerablemente inferior a las de regiones desarrolladas, como Oceanía (44,6 %), América del Norte (37,4 %) o la Unión Europea (29,5 %). Algunas regiones, como África, en contraste, muestran en sus CDN emisiones superiores a las actuales. No obstante, como se expone en el capítulo 2, esta reducción de emisiones contempla esfuerzos de mitigación comparables entre la región y el mundo desarrollado en un contexto de transición justa, donde se considera un cierre de las brechas de PIB per cápita entre la región y los países más ricos.

25 Por supuesto, las emisiones por unidad de producto dependen de factores más allá del ámbito energético y, en particular, de la baja productividad de la región. Mejorar la productividad de las empresas y de la economía en su conjunto tendería a reducir las emisiones sobre el PIB y se convertiría en un factor clave del desacople.

26 Si bien los países miembros del Acuerdo deben presentar ante la secretaria de la CMNUCC una CDN cada cinco años, en cualquier momento del tiempo pueden modificar o actualizar su CDN vigente con vistas a aumentar el nivel de ambición de sus metas, por lo que la frecuencia de revisión y actualización varía dependiendo el país.

27 Véase el cuadro A.1.6 del apéndice disponible en línea para más información a nivel de países.





Los países de la región se han comprometido a emitir un máximo de 2.952 megatoneladas de CO₂ equivalente para 2030, es decir, un 10,8 % menos que las emisiones de este mismo grupo de países en 2020

Además de estos compromisos en emisiones globales, la mayoría de los países presentan compromisos específicos en materia de energía. Dichos

compromisos son de muy variada naturaleza e incluyen, entre otros, porcentajes de generación eléctrica proveniente de fuentes renovables²⁸, medidas de política para el manejo y eficiencia energética de la demanda, metas de electrificación del parque automotor, la sustitución del combustible fósil por etanol, la reducción de emisiones fugitivas del subsector del gas y el petróleo, la promoción del acceso universal a fuentes apropiadas de energía y la modernización de los marcos regulatorios (ver el cuadro A.1.7 del apéndice disponible en línea).

Cuadro 1.3
Compromisos asumidos de emisiones de GEI para 2030

Región	Cantidad de países ^{a/}	Variación emisiones GEI 2010-2020 (porcentaje)	Emisiones GEI 2020 (MtCO ₂ eqq) ^{b/}	Emisiones GEI 2030-CDN (MtCO ₂ eq) ^{c/}	Variación emisiones GEI 2020-2030 (porcentaje)
África	37	19,2	3.023	3.805	25,9
América del Norte	2	-14,7	6.021	3.766	-37,4
América Latina y el Caribe	21	-15,5	3.293	2.952	-10,8
Asia (sin China e India)	19	19,5	5.598	6.081	8,6
China	1	24,4	12.296	12.804	4,1
India	1	22,7	3.167	3.910	23,5
Oceanía	6	3,1	703	390	-44,6
Unión Europea	27	-20,1	2.957	2.085	-29,5
Resto Europa	19	4,9	2.750	3.927	42,8
Total	133	5,7	39.807	39.720	-0,3

Nota: El cuadro presenta una medida de la ambición de las CDN de los países a nivel regional. a/ Los valores por región se obtuvieron a partir de la agregación de una muestra de países. b/ El nivel de emisiones netas en 2020 incluye los mismos sectores que son contemplados en la meta declarada por cada país en su CDN para 2030. c/ Las emisiones netas de GEI para 2030 fueron estimadas a partir de aplicar la meta de mitigación al nivel de emisiones base declarado (en año de referencia o en un escenario sin cambios [BAU, por sus siglas en inglés]). Se consideran las emisiones de los sectores incluidos en la meta y, para los países que no especifican los sectores, se asume que la meta contempla a todos los sectores (incluido el de uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura [UTCUTS]). Ver las aclaraciones al cuadro 1.3 en el apéndice del capítulo (disponible en línea) para más detalles sobre la metodología empleada en las estimaciones y los países incluidos en cada región.

Fuente: Elaboración propia con base en Brasiolo et al. (2023), Climate Analytics y New Climate Institute (2023), Climate Watch (2023a, 2023b), Hattori et al. (2022) y Secretaría de la CMNUCC (2023).

²⁸ En lo que respecta al porcentaje de electricidad generada a partir de fuentes renovables, los números son también variados: en Antigua y Barbuda es el 86 %; en Chile, el 80 %; en Costa Rica, el 100 %, en Cuba, el 24 %; en Dominica, el 100 %; en El Salvador, el 80 %; en Guatemala, el 80 %; en Guyana, el 100 %; en Nicaragua, el 60 %, en San Cristóbal y Nieves, el 100 % y en Surinam, el 35 %.

Finalmente, cabe destacar que las CDN representan compromisos planteados para el año 2030. Para un horizonte temporal más amplio, gran parte de los países del mundo se comprometen con una meta más ambiciosa: tener cero emisiones netas. Esto implica que los esfuerzos de mitigación tienen que ser incluso mayores a partir de 2030. Prepararse para ese futuro desde hoy será clave para tener un buen balance entre beneficios y costos de la transición energética.

Algunos escenarios para la región

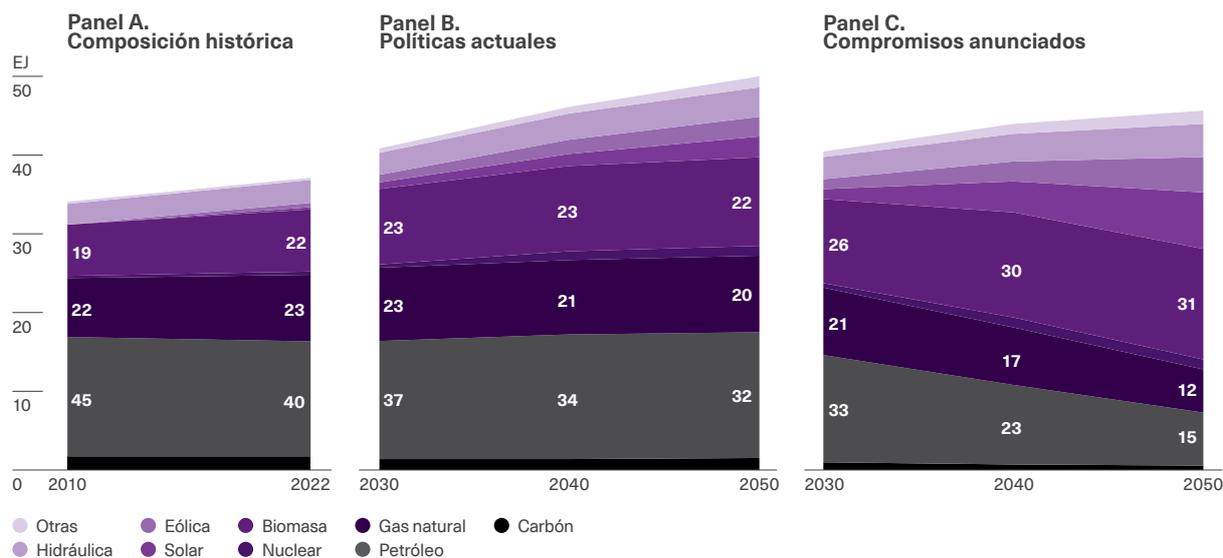
Son pocos los estudios que han explorado escenarios específicos de los sistemas energéticos para los países de América Latina y el Caribe. En este apartado se presentan escenarios para la región elaborados por la

AIE²⁹. En particular, la Agencia ha estimado resultados para los escenarios de políticas actuales y de compromisos anunciados. Los gráficos 1.10, 1.11, 1.12 y 1.13 reflejan información al respecto.

Como ocurre a nivel global, los escenarios indican una penetración de las fuentes renovables no convencionales en el escenario de políticas actuales, pero más relevante aún en el caso de los compromisos adquiridos, donde la importancia conjunta de la solar y eólica alcanza el 26 %. Al igual que a nivel global, en el escenario de compromisos anunciados se reduce la participación de las fuentes fósiles, pero estas siguen teniendo una magnitud significativa. Quizás las mayores diferencias con respecto al escenario global son el mayor peso que adquiere la biomasa para biocombustibles sostenibles en la región (31 % en 2050 frente al 16 % en el mundo bajo el escenario de compromisos anunciados) y la menor participación de la nuclear (gráfico 1.10).

Gráfico 1.10

Oferta total de energía en América Latina y el Caribe



Nota: El gráfico muestra cómo se compone por fuente la oferta de energía en América Latina y el Caribe en la actualidad y en los escenarios de políticas actuales y compromisos anunciados de la AIE. Las etiquetas señalan la participación de cada fuente con relación al total en cada año de cambio de década. La categoría biomasa incluye el uso tradicional de la biomasa y la biomasa para biocombustibles sostenibles. La participación de la primera de estas subcategorías se reduce del 4 % en 2022 al 0 % en 2050 bajo el escenario de compromisos anunciados mientras que la participación de la segunda subcategoría aumenta del 18 % al 31 % entre 2022 y 2050 en el mismo escenario.

Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2023).

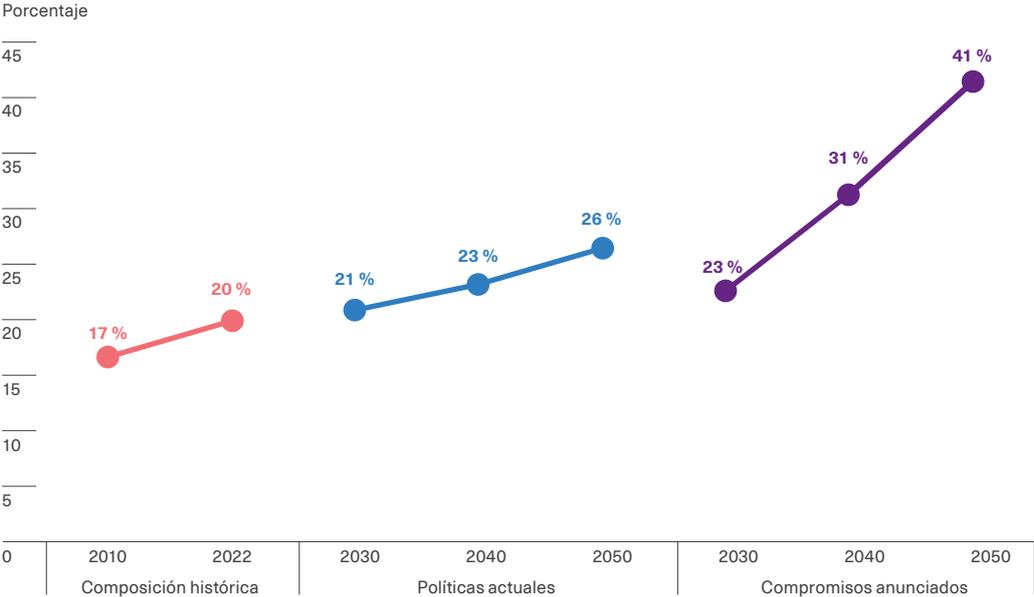
²⁹ Un estudio en curso, coordinado por la Dirección de Transportes y Energía, de la Gerencia de Infraestructura Física y Transformación Digital (GIFTD) de CAF, desarrolla un análisis integral de largo plazo del sector electricidad en América Latina con horizonte al 2050, que incluye el estado de situación del sector, la visión de desarrollo a largo plazo, las tendencias y novedades, y las necesidades de inversión (ver MRC Consultants y PSR, próxima publicación).

Al igual que en el resto del mundo, en América Latina y el Caribe se espera una importante electrificación. Actualmente la electricidad satisface un 20 % del consumo de energía; en el escenario de compromisos adquiridos se satisfará un 41 % en 2050. Acompañando esta expansión, se prevé un crecimiento muy importante de la capacidad asociada a la fuente solar y eólica, que representarán respectivamente el 43 % y el 19 % del total. Este incremento en la participación de las renovables no convencionales, a su vez, viene acompañado de la penetración de baterías, que, bajo el escenario de compromisos anunciados, representan un 7 % de la capacidad instalada en 2050. En esta transformación de la matriz eléctrica, el gas y, especialmente, la hidroeléctrica pierden terreno relativo. Eso no significa que se reduzca la capacidad; en efecto, la capacidad hidroeléctrica pasaría de 200 GW en 2022 a 310 GW en 2050 en el escenario de compromisos anunciados.

● ●
En América Latina y el Caribe se espera una importante electrificación. Hoy la electricidad satisface un 20 % del consumo de energía; en el escenario de compromisos adquiridos se satisfará un 41 % en 2050

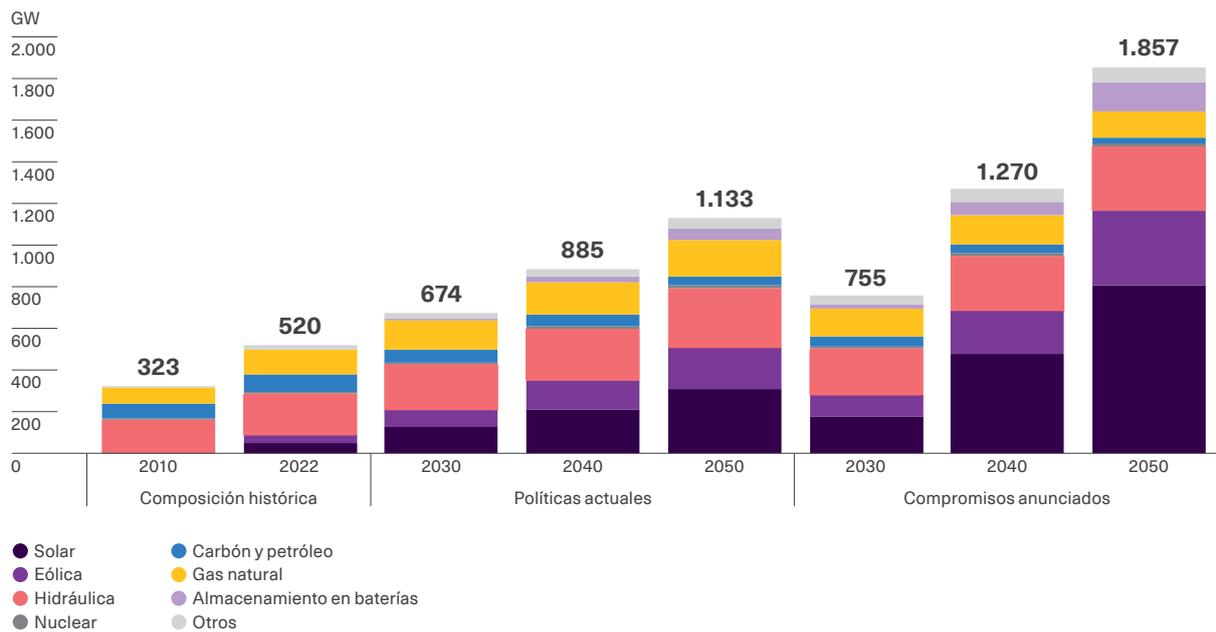
Finalmente, la demanda de hidrógeno (H₂) también se expande significativamente pasando de 3 megatoneladas (Mt) a 21 Mt, con un notable incremento porcentual de casi el 600 %, superior al crecimiento de la demanda global de hidrógeno en este mismo escenario.

Gráfico 1.11
 Participación de la electricidad en el consumo final de energía en América Latina y el Caribe



Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2023).

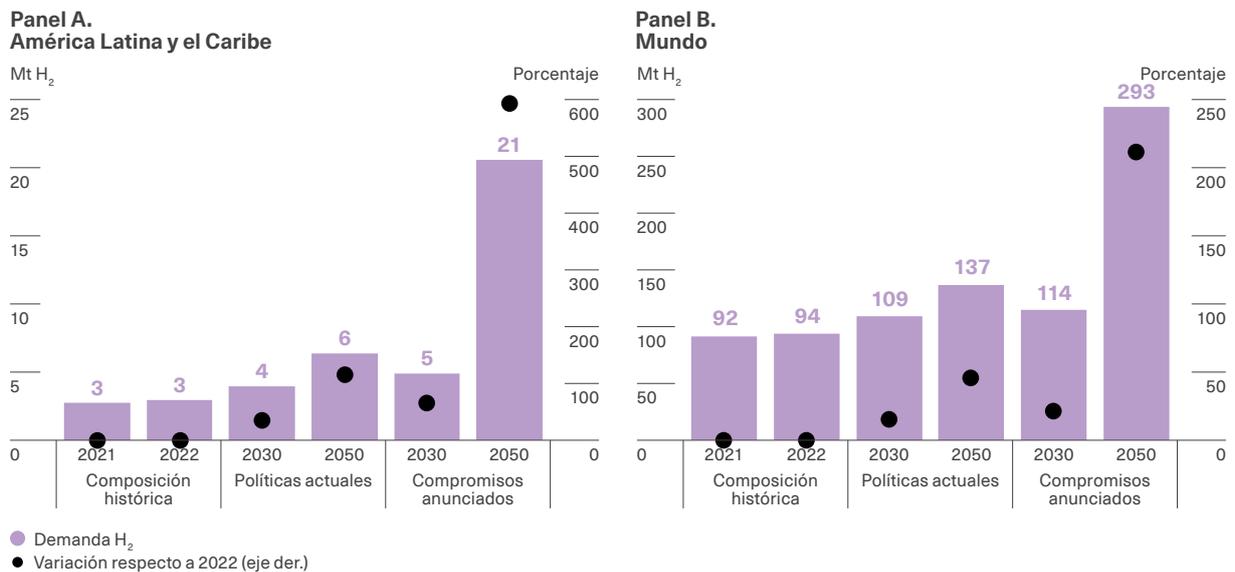
Gráfico 1.12
Capacidad eléctrica en América Latina y el Caribe



Nota: El gráfico muestra cómo se compone la capacidad eléctrica en la actualidad y en los escenarios de políticas actuales y compromisos asumidos de la AIE. La categoría "otros" incluye bioenergía, energía geotérmica, energía marina, hidrógeno y amoníaco.

Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2023).

Gráfico 1.13
Demanda de hidrógeno



Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2023c).



El futuro para América Latina y el Caribe debe ser uno de crecimiento económico, inclusión y respeto al medio ambiente. Así, la transición energética deberá procurar principios de justicia entre los países, entre los ciudadanos dentro de los países y entre generaciones

Conviene insistir en que estos escenarios no representan pronósticos, sino marcos de referencia para articular acciones climáticas. También conviene destacar que tanto los escenarios como los cambios efectivos que ocurran en el ámbito energético dependerán de manera muy importante de las condiciones propias de cada país. En cualquier caso, el futuro para América Latina y el Caribe debe ser uno de crecimiento económico, inclusión y respeto al medio ambiente. Así, la transición energética deberá procurar principios de justicia entre países, entre ciudadanos dentro de los países y entre generaciones. Ello implica atender viejas tareas y enfrentar nuevos desafíos (ver el capítulo 10).