

Hacia una transición justa: oportunidades y desafíos de la transición energética

- El triple desafío para lograr una transición energética justa: crecer, incluir y reducir emisiones

- Oportunidades productivas a partir de la transición energética

- El mercado laboral de cara a la transición energética: importancia de los empleos verdes y habilidades que demandan

- Las políticas transversales para la transición energética

- Agenda para una transición energética justa

10

Mensajes clave

1

El mundo en desarrollo y, en especial, América Latina y el Caribe tienen un triple desafío: hacer crecer el ingreso por habitante de manera considerable y sostenible, disminuir los niveles de emisiones y reducir la desigualdad. Eso implica que, si bien todos los países deben sumarse a los esfuerzos de disminuir las emisiones energéticas, la velocidad y las estrategias para hacerlo serán particulares a cada país.

2

La transición energética debe ser justa intergeneracionalmente, pues las emisiones de hoy afectan el bienestar de generaciones futuras; internacionalmente, ya que las responsabilidades históricas de las emisiones entre países fueron muy dispares y hoy existen importantes brechas de ingreso per cápita; e internamente, es decir entre ciudadanos de un mismo país, pues la transición puede impactar de forma más severa a las poblaciones más vulnerables.

3

La transición energética implicará un desplazamiento de trabajadores desde sectores y ocupaciones cuya demanda bajará hacia aquellos que la incrementarán. Este reacondicionamiento importante del mercado laboral tiene un desafío adicional: las ocupaciones verdes parecen tener características diferentes, en particular, demandar más habilidades y requerir tareas más abstractas, lo que exigirá políticas laborales activas para facilitar la transición.

4

Los empleos verdes pagan salarios más elevados. En los países de la OCDE, esta prima salarial desaparece al tener presente las características de las empresas y los empleados (incluyendo sus habilidades); en contraste, en América Latina y el Caribe, permanece al tener en cuenta estos factores.

5

Las empresas más eficientes energéticamente son también las más productivas, lo que se transforma en un aliado para alcanzar el objetivo de crecimiento económico con reducción de emisiones.

6

La informalidad, un flagelo de la región, será un eventual obstáculo para disminuir las emisiones si se convierte en un refugio para eludir regulaciones ambientales.

7

El potencial de la región para producir energía limpia, barata y estable puede transformarse en un aliado de la región para el *powershoring*, es decir, la atracción de inversiones que busquen cumplir con compromisos ambientales.

8

Cuatro políticas transversales son necesarias para la transición energética: el financiamiento verde, los mercados de carbono e impuestos al carbono; las tecnologías de captura y uso de carbono; y la economía circular.

9

La economía política de la transición energética implicará tanto desafíos geopolíticos, por el control de la cadena de suministro de las tecnologías verdes, como desafíos internos en los países para distribuir equitativamente los esfuerzos y costos de llevarla adelante.

Hacia una transición justa: oportunidades y desafíos de la transición energética¹

Introducción

El subdesarrollo es un fenómeno multicausal, complejo y persistente. Al repasar la historia de los últimos 100 años, se evidencia que gran parte de los países en vías de desarrollo no han logrado converger a los estándares de vida de los países más avanzados y, en este aspecto, América Latina y el Caribe no es la excepción.

Las grandes transformaciones a nivel global se perciben como ventanas de oportunidad para dar un salto hacia el anhelado desarrollo. No obstante, también se pueden ver como circunstancias que imponen desafíos y restricciones adicionales que hacen más cuesta arriba el logro de viejas metas de desarrollo. Lo cierto es que esta nueva transición energética ofrece oportunidades y trae aparejados desafíos para la región. Si se quiere que esta transformación global acerque a los países de América Latina y el Caribe al desarrollo sostenible, es indispensable estar preparados y contar con la institucionalidad y el entorno adecuado para aprovechar al máximo las oportunidades y superar los desafíos que presenta.

En la primera parte del capítulo se analiza la necesidad de que la transición energética se aborde desde una perspectiva más allá del sector energético, con una visión amplia de desarrollo sostenible y justicia. Para ello, explora aspectos vinculados al mercado de trabajo, por un lado, y al desarrollo productivo, por el otro, resaltando las oportunidades que la oferta de energías limpias de los países, el llamado *powershoring*, podría ofrecer a la región.

En la segunda parte, el foco se mueve hacia cuatro políticas transversales para enfrentar la preocupación medio ambiental en el contexto de la transición energética: el financiamiento verde, los mercados de carbono e impuestos al carbono, las tecnologías de captura y uso de carbono, y la economía circular. El capítulo termina presentando de manera consolidada los principales instrumentos y mensajes de política que se destacan a lo largo del reporte para promover una transición justa, destacando los desafíos de economía política que se pueden presentar.

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

La transición justa y el triple desafío

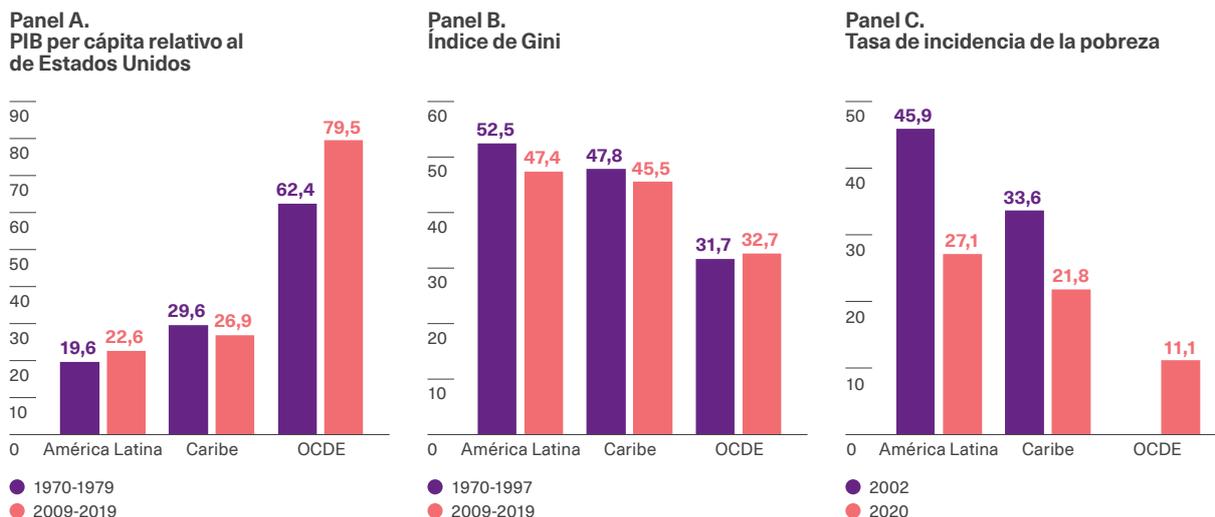
El subdesarrollo tiene claras y múltiples manifestaciones. En lo económico, es usual representarlo por el bajo ingreso por habitante y, en lo social, por los altos niveles de pobreza o la fuerte desigualdad, medida usualmente por el coeficiente de Gini. Lamentablemente, el subdesarrollo también es una condición difícil de superar, como confirma la historia de América latina y el Caribe.

El gráfico 10.1 presenta tres indicadores de desarrollo: el producto por habitante con relación al de Estados Unidos (panel A), el índice de Gini (panel B) y la proporción de población que vive por debajo de la línea de pobreza (panel C). En 1970 el producto interno bruto (PIB) per cápita de América Latina era aproximadamente el 20 % del registrado en Estados Unidos y el del Caribe, el 30 %. En la última década, estos valores apenas habían cambiado, es decir, en 50 años la región no ha

logrado cerrar esa brecha. Respecto a los indicadores de desigualdad y pobreza, se han reducido notablemente en los últimos 40 años, sobre todo durante el siglo XXI y hasta la pandemia por la enfermedad del coronavirus (COVID-19). A pesar de ello, hoy, alrededor de 3 de cada 10 latinoamericanos y caribeños viven en la pobreza y el grado de desigualdad en la distribución del ingreso de la región se encuentra significativamente por encima del de países desarrollados.

● ●
El subdesarrollo es una condición difícil de superar. Esto se manifiesta en que la región no ha logrado cerrar las brechas de desarrollo respecto a los países más ricos

Gráfico 10.1
Indicadores de desarrollo



Nota: El PIB per cápita (panel A) está calculado como porcentaje del de EE. UU. (ajustado a paridad de poder adquisitivo), comparando el promedio de la década de 1970 con el promedio del período desde 2009 a 2019. El índice de Gini (panel B) mide hasta qué punto la distribución del ingreso entre individuos u hogares dentro de una economía se aleja de una distribución perfectamente equitativa (un índice de 0 representa una equidad perfecta mientras que uno de 100 representa una inequidad perfecta). Dado que entre países difiere el primer año para el que se dispone de información estadística del índice de Gini, se tomó el primer año de la serie de cada país que estuviera comprendido entre 1970 y 1997 y se comparó su promedio con el promedio del período 2009-2019. La tasa de incidencia de la pobreza (panel C) muestra el porcentaje de población que vive por debajo de la línea de pobreza nacional. En este caso, se dispone de información prácticamente sólo para países de América Latina y el Caribe a partir del año 2002. Los valores a nivel de región se obtuvieron como el promedio simple de los países que las componen. El cuadro A.10.1, incluido en el apéndice del capítulo (disponible en línea), muestra los valores de los indicadores de desarrollo por país.

Fuente: Elaboración propia en base a Banco Mundial (2024), CEPAL (2022), Feenstra et al. (2015) y OCDE (2024).

Recuadro 10.1

Comunidades energéticas

Las comunidades energéticas son entidades jurídicas formadas por socios que generan, comercializan y consumen su propia energía. La creación de estos grupos permite aprovechar los recursos renovables en las localidades donde estos últimos se encuentran y activar la participación ciudadana en la producción de energía y la eficiencia energética. Estas agrupaciones, que se consideran un instrumento más en la transición energética y contribuyen al desarrollo local, pueden formarse con diferentes estructuras, por ejemplo, entre los propios vecinos o con otras comunidades, incluso con entidades locales externas, como empresas o administraciones públicas.

La constitución de comunidades energéticas representa una nueva forma de enfocar la generación y la distribución de electricidad, poniendo énfasis en la sostenibilidad y el beneficio de sus miembros. De esta forma, desempeñan un papel central y activo en la transición energética, convirtiendo a la ciudadanía en un canalizador de acciones colectivas. Sus principales actividades incluyen la generación, suministro, consumo, almacenamiento y distribución de energía a partir de fuentes renovables. Además, proporcionan servicios de eficiencia energética y movilidad eléctrica. De estos beneficios energéticos se derivan beneficios medioambientales, económicos y sociales.

En la comunidad energética de autoconsumo los vecinos aprueban y contratan la instalación para producir energía eléctrica y repartirla entre los hogares que la integran, es decir, generan la electricidad que ellos mismos consumen. Por su parte, las comunidades energéticas locales son organizaciones sin ánimo de lucro comprometidas con adquirir hábitos sostenibles y responsables con el medio ambiente. Para ello, generan y comercializan energía, y buscan el beneficio de los vecinos y de los asociados mediante la reducción de los costes energéticos.

A nivel europeo, las comunidades energéticas han sido reconocidas legalmente dentro del paquete Clean energy for all Europeans y, a nivel nacional, están contempladas en las legislaciones de Alemania, Dinamarca, Francia, Polonia y Reino Unido. Fuera de Europa, también han sido reconocidas en EE. UU. y Canadá. En América Latina, la figura está muy poco desarrollada, a pesar de que la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA) ha destacado el potencial renovable de la región y, en particular, el de las comunidades energéticas para producir electricidad sostenible en las zonas más aisladas.

La transición energética en la región no puede ocurrir dando la espalda a estas realidades. Una transición justa demanda disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen energético para tener un planeta más sostenible (justicia entre generaciones) y, al mismo tiempo, cerrar las brechas de ingreso per cápita existentes con el mundo desarrollado (justicia entre países) y reducir las desigualdades sociales y energéticas (justicia entre ciudadanos).



Una transición justa demanda disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y, al mismo tiempo, cerrar las brechas de ingreso per cápita existentes con el mundo desarrollado y reducir las desigualdades sociales entre ciudadanos

Recuadro 10.2

Transición energética, contaminación local y capital humano

La implementación de tecnologías de eficiencia energética y la generación de electricidad a partir de energías renovables puede desplazar las emisiones de GEI, proporcionando así beneficios climáticos. Al mismo tiempo, puede resultar en importantes beneficios para el bienestar y la salud pública. Esto se debe a que la generación de energía a partir de combustibles fósiles, especialmente mediante la combustión de carbón, libera grandes cantidades de contaminantes locales del aire (dióxido de azufre, óxido de nitrógeno y material particulado), que tienen asociados efectos adversos para la salud humana.

En este sentido, una expansión de la capacidad de generación de energías renovables, que permita un desplazamiento de la generación de energía térmica, conllevaría beneficios sociales a través de mejoras en la calidad del aire local y sus efectos posteriores en la morbilidad de un país.

Cuantificar estos beneficios sociales es una tarea compleja debido a la dificultad para estimar efectos causales y porque tales beneficios varían sustancialmente con la ubicación geográfica y el tipo de tecnología (Buonocore et al., 2016). No obstante, varios estudios han explorado este tema, encontrando en general que los beneficios adicionales para la salud compensan gran parte del costo de la mitigación o incluso superan los beneficios climáticos (Sergi et al., 2020).

Los análisis se centran en la relación entre la menor generación de combustibles fósiles y diversas variables vinculadas a la salud. Así, por ejemplo, Casey, Gemmill et al. (2018) encuentran que el desplazamiento de plantas de energía a carbón y petróleo condujo a mejoras en las tasas de fertilidad en California, mientras que Casey, Karasek et al. (2018) constatan una caída en la cantidad de nacimientos prematuros. Por su parte, Fell y Morrill (2023) muestran cómo la mayor generación de energía eólica y la consecuente caída en la generación de combustibles fósiles resultan en una menor cantidad de visitas a los servicios de emergencia en Texas.

Pese a los crecientes esfuerzos realizados para estimar los beneficios sociales de la transición energética, el análisis del impacto de la contaminación sobre la salud es aún escaso para economías en desarrollo. En este contexto, Rivera et al. (2021) aportan evidencia para Chile, al analizar los efectos de la expansión en la capacidad de generación de energía solar, encontrando que desplaza los de la generación de combustibles fósiles y reduce las admisiones hospitalarias, especialmente aquellas asociadas a enfermedades respiratorias.

En adición a las mejoras en salud, la generación con energías renovables tiene beneficios en otras dimensiones sociales, como la educación. Un trabajo de investigación desarrollado en el contexto de este reporte estima el efecto de las mejoras en la calidad del aire local en la asistencia escolar y el rendimiento académico de los estudiantes en las inmediaciones de plantas térmicas. Los resultados preliminares indican que la presencia de estas plantas térmicas tiene asociadas caídas tanto en la asistencia como en los resultados académicos (Rivera, 2024).

Comprender la magnitud de los beneficios de las energías renovables en la salud humana y en otras dimensiones sociales permite efectuar un análisis del costo-beneficio de la transición energética, crucial para el diseño óptimo de la política energética y ambiental.

Recuadro 10.3

Transición energética, desarrollo minero y resistencia comunitaria

Las agendas de cero emisiones netas (CEN) requerirán el despliegue a gran escala de tecnologías de energía renovable para eliminar las emisiones de la generación de energía y descarbonizar los sectores de fabricación y transporte, que, en la actualidad, son muy dependientes del carbón, el petróleo y el gas.

Sin embargo, se ha prestado poca atención a la cadena de suministro que hace posibles esas tecnologías. El comienzo de esa cadena de suministro, es decir, el abastecimiento de metales y minerales, está inmerso en una serie de desafíos. La explotación de depósitos conlleva una serie de implicancias climáticas y medioambientales. Además, la extracción, refinado y consumo de estos productos requieren enormes cantidades de energía.

Entre los impactos ambientales de la minería se encuentran la creación de sumideros, la erosión y la contaminación del suelo y del agua tanto subterránea como superficial. La extracción consume una gran cantidad de recursos (por ejemplo, agua en la explotación del litio), lo que desvía o dificulta el acceso de la población local a los mismos. Por último, los riesgos de la minería asociados a la biodiversidad incluyen la pérdida y fragmentación del hábitat, la alteración de especies migratorias, la introducción de especies invasoras y la reducción de especies amenazadas.

Más allá de los costos económicos y ambientales de la cadena de suministro de las energías renovables, el despliegue de estas tecnologías en algunos casos enfrenta barreras sociales por la oposición comunitaria a proyectos de este tipo en su área. Este fenómeno, conocido como “no en mi patio trasero” (NIMBY por sus siglas en inglés), en el que ciudadanos se organizan para enfrentarse a la instalación de proyectos de energía renovable en su entorno, ha logrado detener proyectos de minería, como los de Colón, en Panamá, y Chubut, en Argentina, así como proyectos con fuentes renovables, de los que son ejemplo los de Arrás y Normandía, en Francia.

Hay beneficios de las energías renovables que los grupos NIMBY podrían ignorar, como tarifas eléctricas reducidas, más infraestructura para el área local, compatibilidad con la agricultura y la ganadería, mejor calidad del aire, menores emisiones de GEI y creación de empleos directos. La aceptación de proyectos probablemente esté relacionada, entre otras cosas, con el impacto económico, la participación en el otorgamiento de permisos y la absoluta transparencia en la comunicación.

Esta visión se desprende claramente de la posición del Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés), que señala que esta transición debe reflejar:

[...] un sistema energético inclusivo, sostenible, asequible y seguro, que provea soluciones a los desafíos mundiales relacionados con la energía, al tiempo que crea valor para actores privados y la sociedad, sin comprometer el balance del triángulo energético [seguridad y acceso; sostenibilidad medioambiental, y desarrollo económico y crecimiento] (WEF, 2021).

Como ya se mencionó en capítulos anteriores, una de las brechas presente actualmente es la de acceso al sistema, en particular en zonas rurales de algunos países. La sociedad civil ha emprendido ciertas acciones para promover este acceso, alentando que la generación de esta energía sea renovable. Las comunidades energéticas son ejemplo de este tipo de iniciativas (ver el recuadro 10.1).

Para afrontar estos desafíos, los hacedores de política deben entender cómo la transición energética impacta la economía en su conjunto y, en particular,

las instancias o dimensiones que afectan al crecimiento y a la inclusión.

En esta parte del capítulo se exploran las implicancias de la transición energética en dos instancias claves del desarrollo sostenible, el efecto en el mercado laboral y la relación que existe entre eficiencia energética y eficiencia productiva. Los recuadros 10.2 y 10.3 complementan la discusión del impacto de la transición energética en el bienestar de los

hogares y el desarrollo. El primero de ellos destaca impactos “locales” favorables en materia de capital humano como consecuencia de la sustitución de plantas térmicas por plantas renovables. El segundo aborda los desafíos vinculados a la potencial incidencia ambiental desfavorable del desarrollo minero, así como la resistencia de grupos comunitarios al despliegue local de proyectos vinculados con la transición energética.

La transición energética y el mercado laboral

Los fenómenos transformadores, incluida esta transición energética, pueden implicar cambios en el mercado de trabajo, tanto en los niveles de empleo (Saget et al., 2020) como en la demanda de habilidades y en la composición de tareas que las distintas ocupaciones requieren (Vona et al., 2018)². Este proceso de reasignación laboral puede ser más o menos traumático dependiendo, por ejemplo, de lo diferentes que sean los empleos y tecnologías verdes del resto de la economía y, por supuesto, de la existencia de instituciones que favorezcan ese reajuste del mercado de trabajo.

● ●
Esta transición energética puede implicar cambios en el mercado de trabajo, tanto en los niveles de empleo como en la demanda de habilidades y en la composición de tareas que las distintas ocupaciones requieren

Tamaño del mercado laboral verde

Un punto de partida en el análisis de los impactos laborales de la transición energética es medir el tamaño del empleo verde. Un primer desafío al respecto es qué se considera un empleo verde y qué no³. La respuesta dependerá en parte del enfoque de cada estudio y de la disponibilidad de datos. En esta sección se utiliza la clasificación desarrollada por la red

de información ocupacional O*NET en el contexto del mercado laboral estadounidense, descrito con mayor detalle en el recuadro 10.4.

2 Desde hace ya varios años, la literatura económica está preocupada por distintos efectos disruptivos en los mercados laborales, desde la apertura comercial y la deslocalización de la producción de países desarrollados a economías emergentes (principalmente China y países de Asia y el Pacífico) hasta los fenómenos de automatización y los efectos de la pandemia en el teletrabajo. Una característica de los trabajos recientes es que, a partir de la base de O*NET (Occupation Information Network), se asigna a cada ocupación el porcentaje de conocimientos, habilidades y tareas que se precisan para realizarla.

3 No existe en la literatura una definición única de qué es un empleo verde. Por ejemplo, García Suaza et al. (2023) incluyen en esa calificación aquellas ocupaciones cuyas tareas contribuyen a la transición hacia tecnologías más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. La magnitud del verdor de las ocupaciones está dada por un índice que pondera la proporción de tareas verdes con respecto a las tareas totales (GOJI, por sus siglas en inglés). Por su parte, Allub, Álvarez, Bonavida et al. (2024) consideran verdes aquellas ocupaciones que verán incrementada su demanda a partir de la transición hacia una economía más verde, independientemente de su contribución a la reducción de emisiones.

Recuadro 10.4

Empleos verdes según la O*NET

La red O*NET identifica como ocupaciones verdes a aquellas cuya demanda aumenta o aumentará debido a la transición energética y las divide en tres grupos:

1. Ocupaciones verdes nuevas y emergentes (*green new and emerging occupations*). Son las que surgen a partir de la transición hacia una nueva economía. Pueden ser enteramente nuevas o crearse a través de una modificación de ocupaciones ya existentes.
2. Ocupaciones verdes con habilidades mejoradas (*green enhanced skills occupations*). Aquellas que ven alteradas las tareas, habilidades o requerimientos de conocimiento a partir de la transición hacia una economía verde.
3. Ocupaciones verdes con demanda creciente (*green increased demand occupations*). Estas ocupaciones se vuelven más solicitadas a partir de la transición hacia una economía baja en emisiones, pero no experimentan cambios significativos en sus tareas. Se trata de ocupaciones que actúan como soporte de la economía verde, sin contener necesariamente tareas verdes.

Es decir una ocupación se define como verde, ya sea porque no existía anteriormente (por ejemplo, técnicos en paneles solares), porque se trata de ocupaciones que deberán adaptarse para satisfacer las nuevas demandas (p. ej., arquitectos que deberán adecuar construcciones para que sean sostenibles) o porque son ocupaciones que ya existen y no deberán modificar sus tareas debido a la transición verde, pero cuya demanda aumentará igualmente (p. ej. técnicos electrónicos, cuyo número crecerá con la electrificación de la demanda energética).

●●

La mayor parte de los trabajadores están concentrados en ocupaciones no verdes, las cuales representan entre aproximadamente el 62 % del total en Honduras y el 75 % en Uruguay

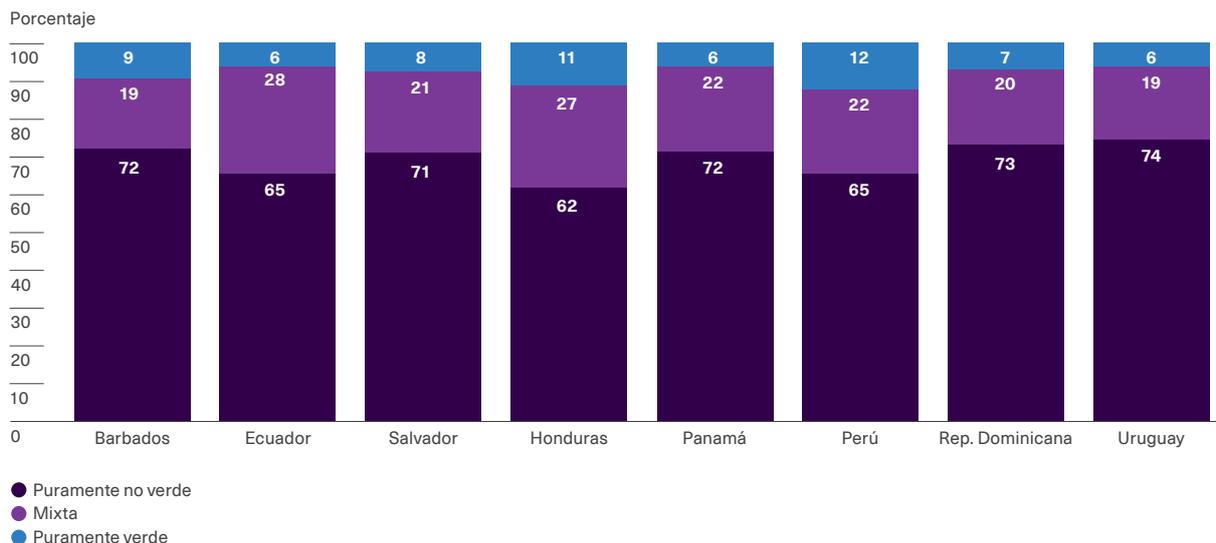
A partir de esa clasificación y el procesamiento de encuestas de hogares de la región, De la Vega et al. (2024) han desarrollado un análisis de la participación de los empleos verdes en los mercados laborales de América Latina y el Caribe en el contexto de

este reporte. El gráfico 10.2 muestra la fracción de empleo en tres categorías, según el nivel de verdor, en algunos países de la región. El principal mensaje es que la mayor parte de los trabajadores están concentrados en ocupaciones no verdes. La proporción de empleos no verdes va desde alrededor del 62 % en Honduras hasta más del 75 % en Uruguay. Asimismo, se aprecia que el tamaño del sector puramente verde fluctúa entre el 6 % de Panamá y Uruguay hasta el 12,3 % de Perú⁴.

4 El gráfico se restringe a los países que tienen desagregación de ocupaciones mediante el sistema de 4 dígitos. Al considerar desagregaciones de ocupaciones con 2 dígitos, crece considerablemente la proporción de ocupaciones en categorías mixtas o ambiguas, como puede verse en el gráfico A.10.1 del apéndice. La información del apéndice sugiere que, muy probablemente, el rango para la fracción de empleos verdes y no verdes obtenido para los ocho países de los que se dispone de desagregación de cuatro dígitos sería extrapolable para el resto de los países para los que solo hay información de dos dígitos.

Gráfico 10.2

Tamaño del sector verde en países seleccionados



Nota: Las encuestas de hogares presentan definiciones de empleo utilizando códigos de 2 o 4 dígitos, mientras que la O*NET utiliza 8 dígitos. En consecuencia, a la hora de buscar equivalencias, puede ocurrir que una misma categoría en las encuestas de hogares incluya algunas ocupaciones en O*NET que estén definidas como verdes y otras que no. A partir de las encuestas de hogares procesadas se obtienen diferentes categorizaciones de verdor: ocupaciones puramente verdes (O*NET considera todas las subocupaciones dentro de esta categoría como verdes); ocupaciones puramente no verdes (O*NET considera todas las subocupaciones en la categoría no verde) y algunas ocupaciones ambiguas o mixtas (que O*NET clasifica como verdes en unos casos y en otros no).

Fuente: Elaboración propia con base en De la Vega et al. (2024).

Caracterización de las ocupaciones verdes

Surge de inmediato la pregunta ¿qué tan diferentes son los empleos verdes de los no verdes? Una dimensión de especial interés al respecto tiene que ver con el perfil de habilidades y tareas requeridas. En esta línea, Allub, Álvarez, Bonavida et al. (2024) exploran diferencias entre empleos verdes y no verdes en algunas dimensiones, utilizando la base de datos del Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de los Adultos (PIAAC), una encuesta realizada en más de 40 países que busca medir las competencias cognitivas y las relacionadas con el mundo del trabajo.

El PIAAC, a diferencia de otras fuentes de información, como, por ejemplo, las encuestas de hogares, permite dilucidar qué tipo de habilidades y contenidos de tareas tienen los empleos verdes en comparación con los no verdes⁵. Además, tiene la ventaja de contar con un cuestionario homogeneizado, que permite realizar comparaciones entre países. Sin embargo, una desventaja sustancial para los efectos del reporte es que la disponibilidad de países de América Latina y el Caribe es limitada, ya que solamente incluye información para cuatro: Chile, Ecuador, México y Perú.

⁵ Ver Allub, Álvarez, Bonavida et al. (2024) para obtener más información sobre qué habilidades y contenido de tareas ocupacionales pueden construirse con el PIAAC.

El cuadro 10.1 compara los empleos verdes y no verdes utilizando datos del PIAAC para los países de la región y de la OCDE con información disponible. Como primera conclusión, se puede remarcar que hay evidencia de brechas de género: en promedio, la cantidad promedio de hombres en empleos verdes en los países de la región es del 68 %, frente a una participación promedio del 50 % en empleos no verdes. Además, los empleos verdes muestran mayor incidencia entre personas en el rango etario de 31 a 50, mientras que los categorizados como no verdes presentan una mayor proporción de personas con educación superior, excepto en los empleos del sector privado.

En lo que respecta a las características de la empresa y los trabajos, los empleos verdes suelen ubicarse con mayor frecuencia en el sector privado y en firmas

de mayor tamaño. Además, tienen mayores probabilidades de ser un trabajo formal y a tiempo completo que los empleos no verdes.

Con relación a las aptitudes, las personas que trabajan en empleos verdes tienen, en promedio, mejores puntajes en habilidades numéricas o matemáticas y, en el caso de los países de la OCDE, tienen mayor puntuación en capacidad lectora. También se encuentra que la intensidad de tareas abstractas es mayor en los empleos verdes, mientras que el peso de las tareas rutinarias es menor. De este resultado se puede inferir que los empleos verdes tendrían un menor riesgo de verse afectados ante posibles procesos de automatización. Otra conclusión es que la transición energética podría demandar mayores habilidades cognitivas para llevar a cabo tareas más abstractas y menos rutinarias.

Cuadro 10.1
Diferencias entre empleos verdes y no verdes

	América Latina y el Caribe		OCDE	
	No Verde	Verde	No Verde	Verde
Hombre	50 %	68 %	42 %	80 %
Educación superior	24 %	20 %	40 %	33 %
Educación superior (empleo sector privado)	16 %	18 %	32 %	31 %
18-30 años	35 %	30 %	25 %	20 %
31-50 años	47 %	53 %	48 %	53 %
Más de 50 años	18 %	17 %	25 %	20 %
Empresas medianas o grandes	28 %	52 %	38 %	48 %
Sector privado	78 %	92 %	71 %	88 %
Formalidad	63 %	79 %	90 %	93 %
Tiempo completo	70 %	87 %	70 %	90 %
Tareas abstractas	-9 %	26 %	-9 %	8 %
Tareas rutinarias	11 %	8 %	11 %	13 %
Habilidades numéricas	6 %	15 %	17 %	32 %
Habilidades lectoras	8 %	5 %	16 %	26 %
Log salario horario	1,7	1,91	2,61	2,73

Nota: El cuadro reporta porcentajes de variables observables de empleos verdes y no verdes, usando datos del PIAAC. Se puede consultar la lista de países incluidos en cada grupo en el apéndice del capítulo disponible en línea. Se reportan también los promedios del logaritmo del salario horario, calculado a partir del salario mensual reportado y extrapolando la cantidad de horas semanales trabajadas. Sobre ese cociente, se calcula el logaritmo natural.

Fuente: Elaboración propia con base en Allub, Álvarez, Bonavida et al. (2024).



La transición energética podría demandar mayores habilidades cognitivas para llevar a cabo tareas más abstractas y menos rutinarias

En cuanto al salario, los resultados evidencian que los empleos verdes suelen estar mejor remunerados⁶. No obstante, como muestra el cuadro 10.1,

también suelen demandar más habilidades, estar concentrados en empresas más grandes, ser empleos formales y tener una mayor intensidad de tareas abstractas. Todo esto puede explicar las diferencias de salarios entre empleos verdes y no verdes. En Allub, Álvarez, Bonavida et al. (2024), se lleva a cabo un ejercicio estadístico con el objetivo de descontar la influencia de estos factores en el salario. El cuadro 10.2 muestra los resultados para la región y los países de la OCDE.

Cuadro 10.2

Diferencias salariales según nivel de verdor de los empleos

Verdor (América Latina)	0,21*** (0,05)	0,21*** (0,05)	0,19*** (0,05)	0,20*** (0,05)	0,19*** (0,05)	0,18*** (0,05)
Verdor (OCDE)	0,12*** (0,01)	0,05*** (0,01)	0,03** (0,01)	0,02* (0,01)	0,02 (0,01)	0,01 (0,01)
Controles básicos	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Tamaño de empresa	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Formalidad + tiempo completo	No	No	No	Sí	Sí	Sí
Habilidades	No	No	No	No	Sí	Sí
Tareas abstractas	No	No	No	No	No	Sí

Nota: El cuadro reporta diferencias salariales tomando como variable dependiente el logaritmo natural del salario horario. El conjunto básico de controles incluye educación del entrevistado y de sus padres, y género y edad del entrevistado. El tamaño de la firma es una variable dividida en seis categorías: autoempleo; entre 1 y 10 empleados; entre 11 y 50 empleados; entre 51 y 250 empleados; entre 251 y 1000 empleados o más de 1000 empleados. La formalidad en el empleo y el trabajo a tiempo completo están representados por variables dicotómicas. La variable de habilidades corresponde a un índice que captura habilidades numéricas, mientras que la de tareas abstractas corresponde a un índice que captura intensidad de estas tareas en el empleo. El número de observaciones fue de 4.408 para América Latina y 28.276 para la OCDE. Se puede consultar la lista de países incluidos en cada grupo en el apéndice del capítulo disponible en línea. Los asteriscos denotan coeficientes estadísticamente significativos con * p < 10 %, ** p < 5 %, y *** p < 1 %.

Fuente: Elaboración propia con base en Allub, Álvarez, Bonavida et al. (2024).

En América Latina la brecha salarial se reduce en casi un 20 % al incorporar los controles por características del empleo, la empresa (especialmente su tamaño), las habilidades de los trabajadores y el nivel de abstracción de las tareas. Sin embargo, aun incorporando dichos controles, todavía se reporta una brecha salarial considerable no explicada. En contraste, en los países de la OCDE, al introducir el mismo escalonamiento de controles, la brecha salarial entre

empleos verdes y no verdes se reduce al punto de ser estadísticamente no significativa.

Otra perspectiva interesante se puede tener con el análisis a partir de los puestos vacantes que publican las empresas. Los resultados de un trabajo reciente desarrollado especialmente para este reporte ratifican que los empleos verdes demandan más habilidades y pagan mejores salarios (recuadro 10.5).

⁶ La información salarial disponible en el PIAAC no contiene datos para Perú.

Recuadro 10.5

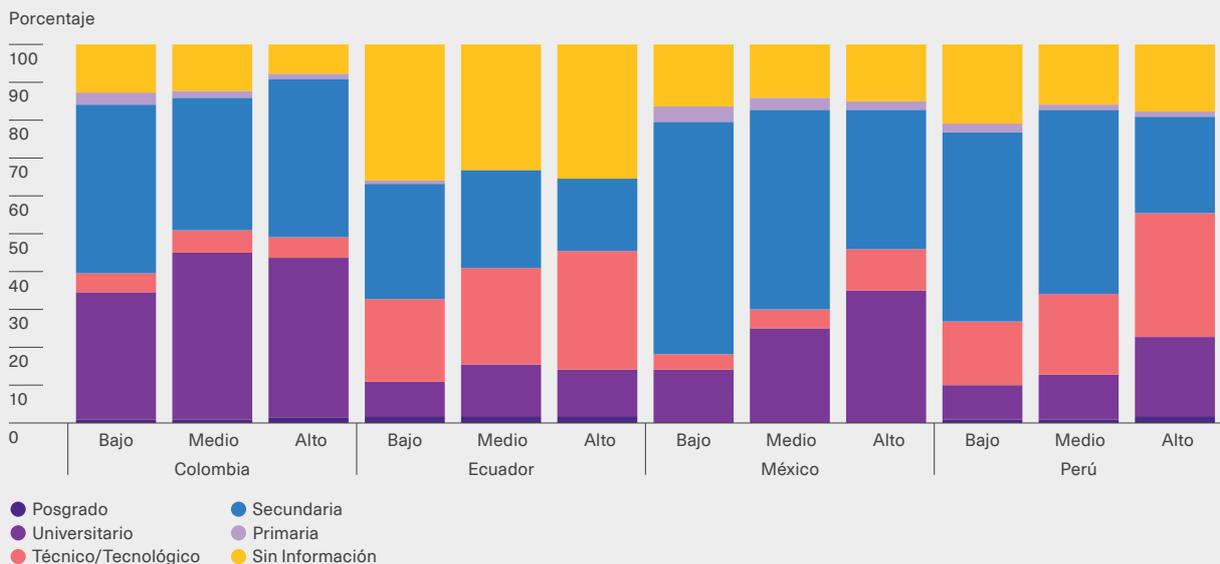
¿Qué nos dicen las vacantes de empleo?

En un trabajo elaborado para este reporte, García Suaza et al. (2023) exploran información de vacantes provenientes de portales web de empleo. Los autores se enfocan en cuatro países de América Latina (Colombia, Ecuador, México y Perú). La calificación de las ocupaciones en empleos más o menos verdes se realiza a través de un procedimiento de dos pasos. En primer lugar, se procesa el texto “libre” proveniente de las vacantes publicadas y se identifica el empleo al que hace referencia la vacante. En segundo lugar, se computa un puntaje de verdor para cada ocupación, siguiendo los criterios incorporados por el trabajo de Lobsiger y Rutzer (2021). Estos autores determinan para cada ocupación un puntaje de verdor GOJI (*greenness of job index*) dividiendo a los empleos en tres categorías: empleos de alto potencial verde ($GOJI \geq 0,7$), empleos de potencial verde medio ($0,3 < GOJI < 0,7$) y empleos de bajo potencial verde ($GOJI \leq 0,3$).

Los autores señalan que los mayores índices de potencial verde se encuentran en los puestos directivos y profesionales, mientras que los menores índices corresponden a los de apoyo administrativo. Asimismo, encuentran que, en todos los países, a excepción de Ecuador, la proporción de vacantes que ponen como requisito contar con educación universitaria crece a medida que aumenta el índice de verdor de las ocupaciones (ver el gráfico 1).

Gráfico 1

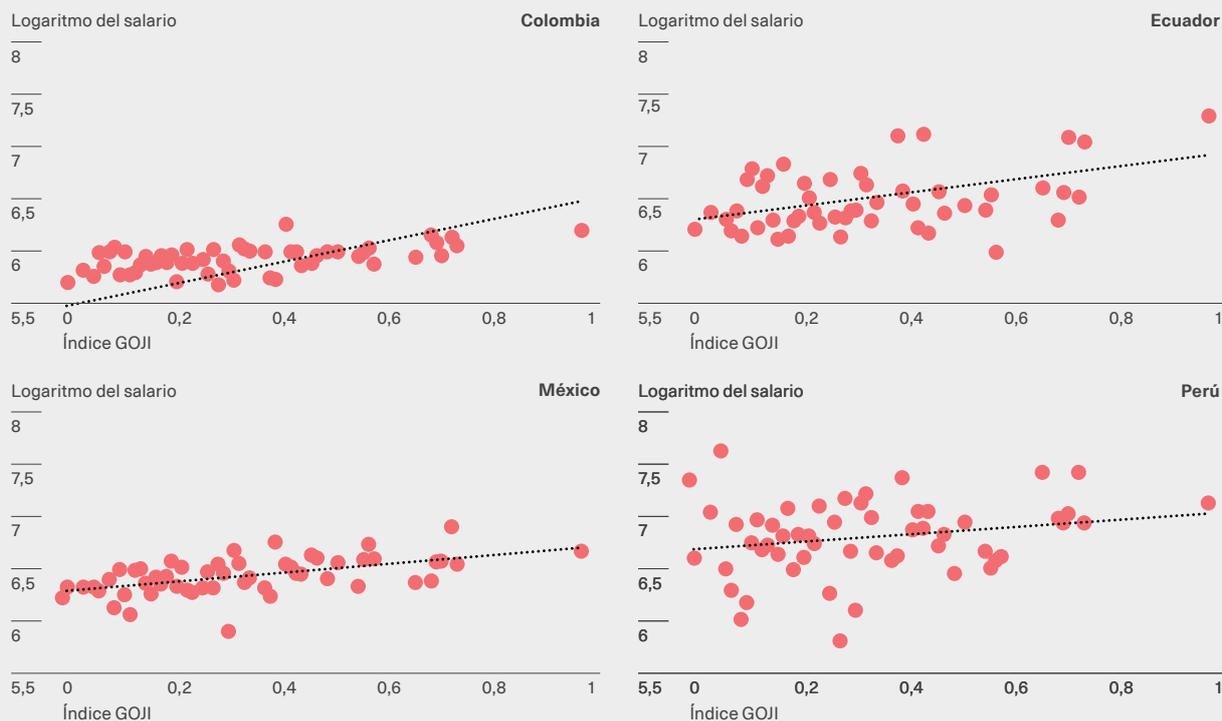
Distribución del nivel educativo según el grado de verdor



Fuente: García Suaza et al. (2023)

El análisis también indica una asociación positiva entre los salarios y el nivel de verdor de la ocupación en los cuatro países estudiados (ver el gráfico 2). Los trabajadores con potencial verde alto son además los que perciben mayores ingresos.

Gráfico 2 Salarios e índice de verdor



Fuente: García Suaza et al. (2023).

Las tecnologías de generación energética y su efecto en el empleo

La transición energética no solo puede modificar la estructura de ocupaciones, el perfil de habilidades requeridas y la dispersión salarial, sino que también puede afectar los niveles agregados de empleo. Ciertamente, algunas industrias vinculadas a la energía fósil se contraerán a partir de la transición energética y otras, como, por ejemplo, las vinculadas a las cadenas de valor de la energía limpia, se expandirán. El efecto neto es, *a priori*, ambiguo, por lo que su cálculo se convierte en una pregunta empírica.

Un punto de partida es contrastar los efectos multiplicadores del empleo de estos dos tipos de tecnología

energética. Garret-Peltier (2017) realiza un resumen de la evidencia encontrada por distintos artículos de investigación respecto al efecto multiplicador en el empleo de las principales fuentes de generación energética, separando los efectos en directos e indirectos.

El cuadro 10.3 sugiere que las industrias vinculadas a la cadena de valor de la energía limpia y la eficiencia energética tienen un mayor multiplicador del empleo que aquellas vinculadas a la cadena fósil. Esto es cierto tanto por los empleos directamente creados por los sectores, como por los que han surgido indirectamente de los efectos de las relaciones de insumo-producto.

Cuadro 10.3

Multiplicadores del empleo: energía fósil *versus* energía limpia y eficiente

	EFT directos por USD 1M	EFT indirectos por USD 1M	EFT totales por USD 1M
Eólica	4,06	3,46	7,52
Solar	4,26	2,98	7,24
Bioenergía	5,22	2,44	7,65
Geotérmica	4,67	2,73	7,4
Hidroeléctrica	4,55	2,98	7,53
Promedio de energías renovables	4,50	2,99	7,49
Térmica con petróleo y gas	0,7	1,49	2,2
Térmica con carbón	1,18	1,92	3,1
Promedio de energías fósiles	0,94	1,71	2,65
Diferencia promedio: energías renovables - energías fósiles	3,56	1,28	4,84

Nota: EFT designa empleos a tiempo completo creados por cada millón de dólares (USD) de demanda en energía renovable.

Fuente: Elaboración propia con base en Garret-Peltier (2017).



Las industrias vinculadas a la cadena de valor de la energía limpia y la eficiencia energética tienen un mayor multiplicador del empleo que aquellas vinculadas a la cadena fósil

La literatura empírica que estudia los impactos en el empleo de la penetración de renovables está aún en desarrollo. Existe evidencia que apunta a que los efectos son muy diferentes de acuerdo con la tecnología y la fase en consideración (construcción vs. mantenimiento). Por ejemplo, en Fabra et al. (2023) se estudia el caso de España. Los autores encuentran importantes efectos en el empleo local en el caso de las plantas solares, especialmente en la fase de construcción. En contraste, no observan efectos significativos en el caso de las plantas eólicas, ni en la etapa de construcción ni en la de mantenimiento. Al enfocarse en el desempleo local, los efectos se debilitan en comparación a los del empleo, incluso para las plantas solares. Esto sugiere que las empresas locales de energía contratan tanto trabajadores locales como de otras municipalidades.

Un artículo de Hernández-Cortés y Mathes (2024), desarrollado en el contexto de este reporte, estudia

el caso de Brasil. Las autoras analizan el impacto del desarrollo de proyectos de energía renovable en el empleo formal del país, encontrando que los proyectos de energía eólica tienen impactos positivos y significativos en términos de empleo. Los proyectos de energía eólica están asociados a aumentos en el número de empresas del 14,8 %, en el número de empleos del 15,9 % y en los ingresos de los trabajadores del 18,4 %. Los trabajadores más beneficiados son los menores de 45 años y quienes ocupan puestos relacionados con la electricidad, la construcción o el transporte. Como contracara, las autoras no encuentran diferencias significativas al analizar los efectos de los proyectos de energía solar, aunque reconocen que podría deberse a que el número de proyectos incluidos en la muestra estudiada no es lo suficientemente representativo para detectarlas.

De cara al futuro, los escenarios sugieren un importante incremento de los empleos energéticos en la región (AIE, 2023I). Específicamente, en el escenario de compromisos anunciados (APS, por sus siglas en inglés), se espera que los empleos del sector energético en la región aumenten un 15 % para 2030 con relación a los valores de 2022. El informe señala que una parte importante del incremento provendrá del sector de la energía limpia, cuyos empleos pasarán de 3 a 4 millones. El sector de minerales críticos también jugará un rol significativo, especialmente en países donde

abundan, como Chile. Finalmente, incluso el sector fósil verá un incremento moderado del empleo en este periodo, aunque ya en un horizonte de más largo plazo debería disminuir notablemente, conforme las economías se mueven hacia una situación de cero emisiones.

Si bien parece indudable que la transición energética puede traer una importante creación de empleos en la región, para aprovechar las oportunidades que ofrece, deben existir instituciones laborales que favorezcan esa reasignación (ver el recuadro 10.6).

Recuadro 10.6 Políticas laborales para la reasignación del trabajo

La transición energética implica grandes cambios en el mercado laboral, con nuevas demandas de calificaciones y una reconfiguración general de la forma de trabajo. Por tanto, impone el desafío de desarrollar capacidades adecuadas para los nuevos empleos que surjan y adaptar los existentes. En este sentido, la inversión en capacitación y desarrollo de competencias, que cumplan con los nuevos requisitos del mercado laboral, desempeña un papel crítico no solo para permitir la transición verde, sino también para que sea una transición justa que garantice la inclusión social y el trabajo decente.

Abordar el desafío que implica la reconfiguración del mercado laboral requiere la planificación de políticas laborales de reentrenamiento de forma integrada con las políticas y regulaciones ambientales. Si bien estas estrategias pueden variar entre países, en función del contexto nacional y de las prioridades de política, la Organización Internacional del Trabajo identifica ciertos factores clave para avanzar en una transición justa hacia economías ambientalmente sostenibles (OIT, 2019, 2022):

- **Coherencia de políticas.** Las políticas en el mercado laboral deben planificarse en coordinación con las políticas ambientales y climáticas más amplias.
- **Diálogo social.** Es importante la participación conjunta de todos los actores clave: los gobiernos (creando las condiciones e invirtiendo en educación y formación), los empleadores (capacitando a su personal) y las plantillas (participando de forma activa en oportunidades de aprendizaje continuo). Las instituciones educativas y de formación, así como los actores de la sociedad civil, también tendrán un rol importante para ofrecer capacitaciones orientadas a la demanda.
- **Capacidad de anticiparse a la demanda de competencias.** Es importante contar con mecanismos que provean información sobre la oferta y demanda de habilidades requeridas en empleos verdes para evaluar las brechas entre competencias existentes y futuras. Algunos ejemplos de mecanismos institucionales en este ámbito son el Observatorio Nacional de Empleos y Ocupaciones de la Economía Verde de Francia (ONEMEV, por sus siglas en francés) y el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) de Costa Rica.
- **Sistema de entrenamiento y capacitación técnica y vocacional.** Para cerrar las brechas de competencias y mejorar el potencial de las habilidades individuales, hacen falta nuevas políticas en materia educativa y de formación profesional. Es preciso, además, desarrollar nuevos programas nacionales de enseñanza o adaptar los existentes, focalizándolos en las habilidades necesarias en las nuevas ocupaciones.
- **Desarrollo de habilidades blandas.** Además de las habilidades técnicas, específicas de una ocupación, la adquisición de las denominadas habilidades blandas favorece la transición energética justa al mejorar la capacidad de adaptación a los cambios en el entorno laboral.

La transición energética y las oportunidades de desarrollo productivo

Conseguir un crecimiento prolongado y vigoroso debe ser un objetivo prioritario e impostergable de los países de América Latina y el Caribe. Para cumplirlo, es clave lograr ganancias de productividad, lo que además es un aliado ambiental. Una productividad más alta de las empresas se traduce en un mayor producto por unidad de energía, reduciendo el impacto ambiental del crecimiento económico. Más aún, existe la posibilidad de que políticas que mejoren la asignación de recursos entre empresas, incrementen la productividad y a la vez reduzcan la intensidad energética y las emisiones.

Por otra parte, dado el potencial de la región para producir energía limpia, esta nueva transición energética abre una ventana de oportunidades para que la región adquiera competitividad, atraiga inversión extranjera e incremente su inserción internacional.



Dado el potencial de la región para producir energía limpia, esta nueva transición energética abre una ventana de oportunidades para atraer inversión extranjera e incrementar la inserción internacional

La asignación de factores y la relación entre productividad e intensidad energética

Existe evidencia de que el rezago productivo de los países en desarrollo se explica, en parte, porque los insumos para producir no están asignados donde tienen su mayor retorno (Hsieh y Klenow, 2009; Restuccia y Rogerson, 2008). Esta ineficiencia en la asignación puede ocurrir en cualquier factor, incluyendo la energía⁷.

Mejorar la eficiencia en la asignación implica mover recursos desde empresas poco eficientes a otras más eficientes. Esa transferencia permite incrementar la producción de un país y, por ende, reducir su intensidad energética. El potencial del doble bono (productivo y ambiental) a partir de la mejor

asignación de los recursos se fortalece en la medida que las empresas más eficientes en el manejo de capital y el trabajo también lo sean energéticamente, como parece sugerir la evidencia⁸. Por ejemplo, un análisis estadístico para Colombia, basado en la Encuesta Anual Manufacturera, muestra que las empresas más productivas tienen una menor intensidad energética, al igual que las empresas de mayor tamaño (ver cuadro 10.4.). Esto es importante para la región, dado que esta se caracteriza por presentar una gran participación de empresas pequeñas, informales y de baja productividad, lo que, según los resultados, afectaría desfavorablemente a la intensidad energética de la economía⁹.

7 Un estudio sobre Corea del Sur encuentra que distorsiones en el mercado de energía (vinculadas a intervenciones en los precios por parte del gobierno) promovieron asignaciones ineficientes de energía, lo cual, a su vez, afectó negativamente la productividad del sector manufacturero del país entre 2000 y 2014 (Choi, 2020).

8 Ver Yépez et al. (2021) para evidencia a nivel de sectores en Brasil, Chile, México y Perú; y Cantore et al. (2016) para evidencia con base en la Encuesta a Empresas del Banco Mundial (WBES, por sus siglas en inglés).

9 La relación entre el tamaño y la intensidad energética también se analiza en Montalbano y Nenci (2019) con base en la WBES. Los autores encuentran que las microempresas (con menos de 10 trabajadores permanentes) registran, en promedio, una mayor intensidad energética que las otras empresas de la muestra y tienen el mayor grado de heterogeneidad. Las empresas de la categoría media (con un número de trabajadores permanentes en el intervalo 50-250) tienen niveles de intensidad energética comparables con los de las empresas más grandes (más de 250 trabajadores permanentes) y un grado sensiblemente menor de heterogeneidad.



Cuadro 10.4

Productividad y características de la empresa en Colombia

	Intensidad 1	Intensidad 2
Productividad	-0,13 *** (-17,17)	-0,11 *** (-14,8)
Pequeño	-0,05* (-2,16)	-0,04 (-1,78)
Medio	-0,13 *** (-6,89)	-0,09 *** (-4,30)
Grande	-0,06 ** (-2,92)	-0,11 *** (-4,76)
Observaciones	22.231	22.220

Nota: Años 2018 a 2020. Intensidad 1: Energía eléctrica/ valor agregado. Intensidad 2: Gasto de energía total/valor agregado. Empresa pequeña es la que tiene 10 a 20 empleados; mediana, la de 20 a 100 empleados; y grande, la de más de 100 empleados. La productividad se obtiene de la relación del valor agregado y el empleo. Se incluyen efectos fijos de ola de la encuesta y controles según el sector de actividad. Los asteriscos denotan coeficientes estadísticamente significativos con * p < 10 %; ** p < 5 %; *** p < 1 %.

Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta Anual Manufacturera de Colombia 2018-2020 (DANE, 2020).

En esta misma línea, Schutze et al. (2019) documentan que, dada la forma en la que se correlacionan los problemas de asignación de energía y de otros factores en Brasil, remover las distorsiones que inducen a una mala asignación tiene el potencial no solo de incrementar la productividad y, como consecuencia, favorecer el crecimiento económico, sino también de mejorar la eficiencia energética y, por esa vía, reducir las emisiones.



Remover las distorsiones que inducen a una mala asignación de los insumos tiene el potencial de incrementar la productividad y, a la vez, mejorar la eficiencia energética, reduciendo las emisiones

En general, las políticas y distorsiones que dependen del tamaño tienen el potencial de generar problemas de mala asignación. En la región, este problema se asocia de manera muy importante a la informalidad, que ayuda a algunas empresas, típicamente las más pequeñas, a eludir las regulaciones. Ello hace que las políticas y regulaciones tengan, *de facto*, un sesgo por tamaño, con las implicaciones de eficiencia de asignación que ello implica. Así pues, la informalidad productiva es también, un desafío para la transición energética (ver el recuadro 10.7).

El conjunto de la evidencia documentada en este apartado parece respaldar la idea de que promoviendo la eficiencia energética se puede lograr mayor productividad¹⁰ y crecimiento. Recíprocamente, las políticas que promuevan la productividad pueden contribuir de manera importante a lograr el desacople y favorecer la reducción de emisiones energéticas. Así pues, el desarrollo productivo se convierte en un aliado del medio ambiente.

¹⁰ El diseño de la política energética a nivel de empresas puede promover el incremento de la producción como una estrategia para cumplir con las regulaciones ambientales, con impacto bajo en el nivel absoluto de emisiones. Por ejemplo, en el caso de la India, Bansal et al. (2023) muestran que las fábricas intentaron cumplir con el mandato de intensidad energética (energía consumida por unidad de producción) que la regulación imponía aumentando su producción, en lugar de reducir su consumo de energía a través de mejoras tecnológicas.

Recuadro 10.7

Otro desafío para la transición energética: la informalidad productiva

Es conocido que la región de América Latina y el Caribe se caracteriza por tener una gran proporción de empresas pequeñas, que se encuentran al margen de la regulación estatal. Por su naturaleza, las empresas informales quedarían al margen de marcos regulatorios que penalicen las emisiones de CO₂. Más aún, la presencia de regulaciones medioambientales puede favorecer el crecimiento del sector informal, con todas las implicaciones productivas que ello tiene.

En este sentido, Abid et al. (2023) estudian el impacto de los impuestos al carbono en 25 economías de África Subsahariana. Se trata de economías en desarrollo con niveles de informalidad incluso superiores a los observados en América Latina y el Caribe. El artículo muestra que la regulación medioambiental incrementaría la huella de carbono de la economía al fomentar aún más la informalidad y argumenta que los impuestos al carbono tradicionales no serían apropiados para economías con alta informalidad, dado que incentivan a que las firmas formales muevan parte de sus actividades a la informalidad.

Este fenómeno no solo afecta las emisiones de carbono, sino que incluso puede tener un impacto considerable en la emisión de contaminantes del agua y el aire. Bali Swain et al. (2020) muestran que, en países en desarrollo, el sector informal tiene un impacto significativo en la contaminación local tanto del aire como del agua, explicado principalmente por la falta de control sobre sus prácticas. Bali Swain et al. (2020), Brännlund et al. (2017) y Gani (2012) muestran que reducciones en la corrupción, que implican mejoras en la eficiencia del control medioambiental, pueden tener efectos positivos relevantes en la calidad medioambiental y esto es especialmente importante para países con una gran economía informal.

La política productiva y medioambiental deberá entonces internalizar en su diseño la propensión hacia la informalidad que tienen las empresas de la región. El mejoramiento de las capacidades estatales de fiscalización es un ingrediente indispensable del abanico de políticas para la transición energética.

Aprovechando las ventajas naturales: nuevas oportunidades en el contexto de la transición energética

Otro grupo de argumentos que conecta la esfera climática con la productiva tiene que ver con la forma en que los países de la región pueden explotar sus ventajas naturales para ganar competitividad y mejorar su inserción internacional ante la transición energética. En este contexto se analiza el llamado *powershoring* y la potencial inserción en cadenas de valor, así como las nuevas regulaciones de carbono en el comercio internacional, entre ellas los mecanismos de ajuste en frontera y los clubes climáticos.

***Powershoring*: la energía limpia como política de industrialización¹¹**

La última década ha sido testigo de un gran movimiento en las operaciones de producción y distribución global de mercancías como resultado de diferentes factores que están redibujando el mapa de las inversiones directas y las cadenas globales de valor (CGV). Las crisis financieras, los cambios

¹¹ Esta sección está basada en una nota interna desarrollada por Juan Carlos Elorza para el reporte. Además del *powershoring*, otra oportunidad para la región surge de su abundancia de minerales críticos para la transición energética, tema explorado en el capítulo 9.

tecnológicos que eliminaron la ventaja comparativa de la mano de obra barata, la guerra comercial con China, los conflictos bélicos, la pandemia del COVID-19 y la cuarentena global han llevado a una recomposición en los actores de las cadenas de suministro y a la reubicación de plantas de producción para subsanar, reducir o evitar nuevas rupturas de las CGV. Este fenómeno ha sido llamado alternativamente, según su causa o resultado final, *reshoring*, *nearshoring* o *friendshoring* entre otros apelativos (por oposición a *off-shoring* [localización en el exterior]).

Hoy se están sumando con fuerza otros factores determinantes de la reubicación de las inversiones para la producción. Se trata de los estándares de sostenibilidad ambiental y la obligatoriedad de reducir la huella de carbono en los procesos de fabricación y comercialización de mercancías a nivel mundial, en la que juega un rol muy importante el uso de las denominadas energías limpias y renovables.

Esta estrategia de selección de ubicaciones geográficas que ofrecen una amplia disponibilidad de fuentes de energía limpia y sostenible, como la eólica, solar, hidroeléctrica o geotérmica, para producir y evitar las barreras comerciales asociadas con la huella de carbono es el *powershoring*. Es una estrategia empresarial de relocalización productiva basada en la creciente conciencia y demanda de fuentes de energía renovable y sostenible, así como en la búsqueda de formas rentables de producir y consumir la energía, pero respetuosas con el medio ambiente.

El *powershoring* no solo resulta beneficioso para el medio ambiente. También tiene el potencial de mejorar la competitividad de las empresas de la región en la medida que el comercio penalice el contenido de carbono de los productos, como se explica en el apartado siguiente, y que las empresas en la región puedan acceder a energía limpia a precios competitivos. Además, los actuales modelos de producción de energía sostenible contribuyen a la creación de cadenas productivas con empleo local formal y de calidad. Por supuesto, como en cualquier caso de estrategia de relocalización de la producción, este potencial impulsará la creación de empresas y cadenas de valor en sectores variados a condición de que se combinen con políticas públicas propicias

a la inversión extranjera y la transición productiva hacia energías limpias, así como con un entorno institucional favorable.

América Latina y el Caribe tiene una gran oportunidad en el *powershoring*, ya que está bien posicionada desde el punto de vista de la capacidad de generación de energías limpias. Sin embargo, esta ventaja no exime a los países de trabajar en proveer entornos empresariales atractivos para la inversión productiva. En particular, el *powershoring* exige considerar múltiples factores. Entre ellos están la infraestructura de transporte, la capacidad logística, la eficiencia de la cadena de suministro, las regulaciones locales, las condiciones económicas y políticas de los países y la existencia de incentivos gubernamentales. A ello se suman políticas favorables a la producción y consumo de energías renovables, que consideren el uso intensivo de nuevas tecnologías, una oferta suficiente de capital humano e infraestructura de energía limpia bien desarrollada, que permita unir las fuentes de producción con los centros de consumo.



La región está bien posicionada desde el punto de vista de la capacidad de generación de energías limpias, pero esta ventaja no exime a los países de trabajar en proveer entornos empresariales atractivos para la inversión productiva

Por otra parte, el *powershoring* tiene implicaciones socioeconómicas que deben ser tenidas en cuenta. Algunas, como la muy probable reubicación y sustitución de empleos, la transferencia de tecnología y la posible dependencia de las políticas y regulaciones técnicas de otros países o regiones, ya han sido discutidas en el contexto general de la transición energética. Es fundamental considerar cuidadosamente los aspectos económicos, ambientales y sociales a la hora de impulsar la estrategia de *powershoring* en la toma de decisiones empresariales y la adopción de políticas de los países.

Nuevas regulaciones para el comercio de bienes con huella de carbono

Las regulaciones ambientales imponen costos a los países que las aplican, afectando su competitividad. Por ejemplo, un impuesto al carbono aplicado en un país aumenta los costos de la energía de

origen fósil y de la producción de bienes intensivos en ella en comparación con otro país sin impuestos al carbono o con un tributo más bajo. Esto crea incentivos perversos para los países y puede desencadenar efectos no deseados en la localización de las empresas y el nivel de emisiones. El recuadro 10.8 describe un ejemplo de estos costos para el caso del aluminio.

Recuadro 10.8 Mecanismos de ajustes en frontera para el aluminio en Europa

La Unión Europea planea implementar en 2026 su mecanismo de ajuste en frontera (CBAM) para igualar el costo del precio al carbono que se impone a los productores locales con el costo implícito de ciertos productos en el país de procedencia. Este CBAM actuaría como una tarifa a las importaciones. Su implementación se hará de forma progresiva, comenzando en 2026, para intensificarlo progresivamente hasta 2034.

Para mostrar los potenciales efectos de la implementación de dicho mecanismo, se usa el ejemplo del aluminio. De acuerdo con un informe elaborado por el banco ING (2023), un primer efecto será un potencial aumento de los precios sufrido por los consumidores europeos. Adicionalmente, se espera que exista un efecto negativo en los flujos comerciales de importaciones y exportaciones. En tercer lugar, y este es quizá un punto lógico, pero central del análisis, el informe reconoce que no todos los países ni todos los sectores se verán afectados de la misma manera.

En la industria del aluminio, una primera gran diferencia pasa por las adhesiones actuales a las regulaciones. Países como Noruega, Islandia (primer y tercer proveedores de aluminio de la UE, respectivamente), Liechtestein y Suiza no se verán afectados por la implementación del CBAM al estar ya inmersos en el sistema de comercio de los derechos de emisión (ETS, por sus siglas en inglés) de la Unión Europea. Diferente es el caso de China, en donde se espera que los flujos de aluminio y de otros productos exportables caigan tras la implementación del CBAM (Chen, 2023). El costo de los productos de aluminio chinos podría incrementarse en el margen un 17 %, lo que lógicamente los volvería menos competitivos. Sin embargo, el reporte también reconoce la posibilidad de que este país implemente políticas para fortalecer en el corto o mediano plazo su ETS, logrando acercarse a los requisitos propuestos por la UE.

El caso de India parece ser aún más complejo. Este país no cuenta con impuestos al carbono ni con un ETS institucionalizado. La brecha respecto a los requisitos de la UE parece ser aún mayor, sumado al hecho de que la producción de aluminio indio trae consigo la mayor intensidad de emisiones del mundo en lo que a este sector respecta. El costo de importación de los productos de aluminio de India podría tener aparejado un aumento de hasta un 40 % tras la implementación del CBAM.

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

Teniendo en cuenta este problema, algunos países comenzaron a implementar mecanismos para evitar la pérdida de competitividad de sus empresas por cumplir con regulaciones ambientales más exigentes o la localización estratégica de empresas en países con regulación ambiental más laxa, sin reducir sus niveles de emisiones. La contracara de estos instrumentos es que otorga más competitividad a las empresas ubicadas en países con energía limpia que las de países con energía fósil, promoviendo el *power shoring*.

Un primer instrumento en esta línea es el mecanismo de ajuste en la frontera por contenido de carbono (CBAM, por sus siglas en inglés) que se está discutiendo en la Unión Europea (UE). Este instrumento exige pagar por los bienes importados un monto similar al que habrían abonado por emisiones de GEI si se hubiesen producido en un país miembro. Estos ajustes en frontera pueden ser para todos los sectores o para sectores determinados, por ejemplo, los de uso más intensivo de energía, como el aluminio, el acero o los fertilizantes (Banco Mundial, 2022).

Un segundo instrumento en debate es el del club climático (*climate club*). En teoría, este consiste en una asociación de Estados con un nivel de ambición similar en materia de política climática, que se agrupan para definir acciones y políticas internas y utilizan la política comercial para penalizar a los países no miembros por tener regulaciones ambientales menos ambiciosas (Nordhaus, 2015), es decir, usan la política comercial como herramienta de penalización. A diferencia del Acuerdo de París, buscan uniformar las políticas climáticas de los miembros e imponer sanciones a los no participantes. Para que funcione un instrumento de este estilo se precisa una masa crítica de miembros con peso en el comercio internacional, que genere los incentivos necesarios para pertenecer al club.

Otro instrumento en discusión son los estándares de contenido de carbono en los productos. Sin embargo, los elevados costos de implementación, relacionados, entre otras cosas, con la necesidad de desarrollar metodologías para la contabilización y certificación del carbono, llevaron a la baja o nula implementación de esta iniciativa.

Instrumentos transversales para la transición energética

En este reporte se han discutido políticas e iniciativas específicas, bien sea en el ámbito de la oferta de energía (capítulos 3, 4 y 5), bien en el ámbito de la demanda de energía (capítulo 6, 7 y 8). Existen

también algunos instrumentos más de carácter transversal, que son clave para favorecer una transición energética justa y que se exponen en este apartado.

Financiamiento verde e importancia de las taxonomías verdes

Si bien es difícil conocer los montos de inversión necesarios para avanzar en la transición energética de manera consistente con los compromisos asumidos, se espera que estos sean significativos. El capítulo 1 de este reporte plantea que las necesidades de financiamiento para inversión en adaptación y mitigación del cambio climático a nivel mundial rondan el 1,3 % del PIB al año hasta 2050, de los cuales el 75 % se concentra en el sector de

generación y distribución de energía (ETC, 2023a). Las pocas estimaciones para la región dan cuenta de necesidades de inversión importantes (ver el recuadro 10.9).

Recuadro 10.9

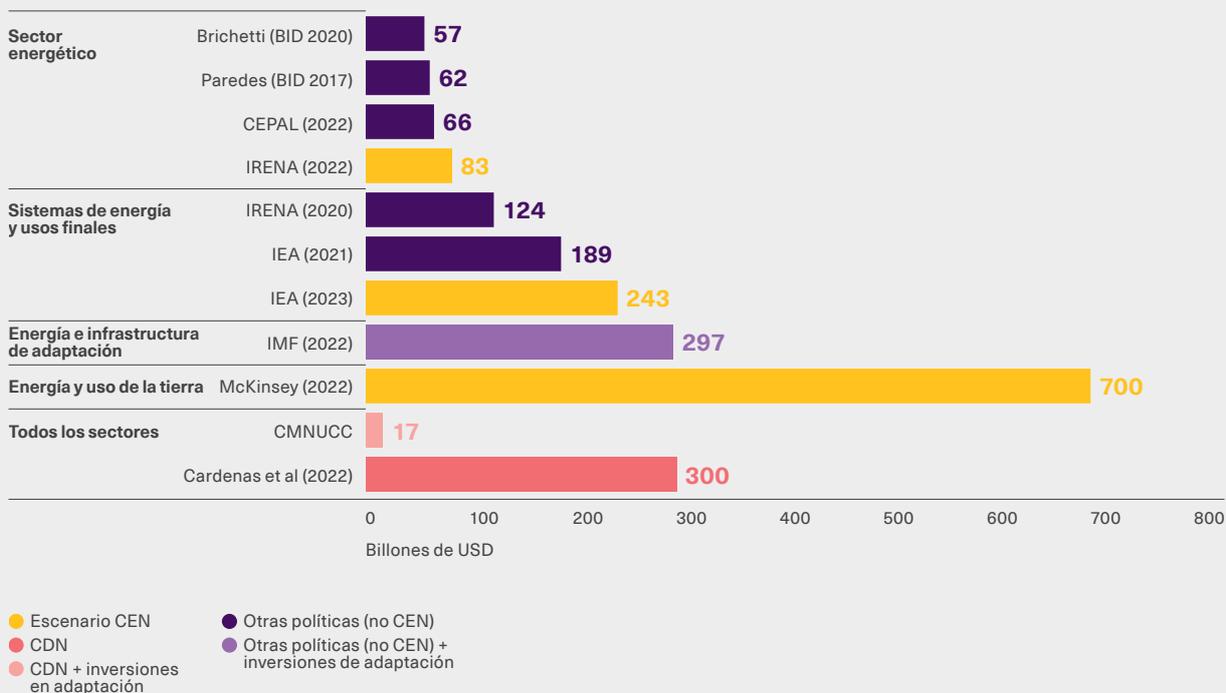
Necesidades de financiamiento en América Latina y el Caribe

Palacios y Guzmán (2023) presentan mediciones consolidadas de las necesidades de financiamiento para la estrategia climática en la región. Los autores destacan el amplio rango que existe en virtud del alcance (sectores), de los objetivos (mitigación vs. mitigación más adaptación) y de los escenarios considerados.

Algunos estudios que se enfocan en las necesidades para los sistemas energéticos encuentran valores que varían entre USD 57.000 millones y USD 83.000 millones anuales. Otros, que además incorporan las necesidades de financiamiento de los usuarios finales encuentran cifras que pueden variar entre USD 124.000 millones y USD 243.000 millones al año (ver el gráfico 1).

Gráfico 1

Estimaciones de las necesidades de inversión anual en la transición energética de América Latina y el Caribe (billones de dólares)

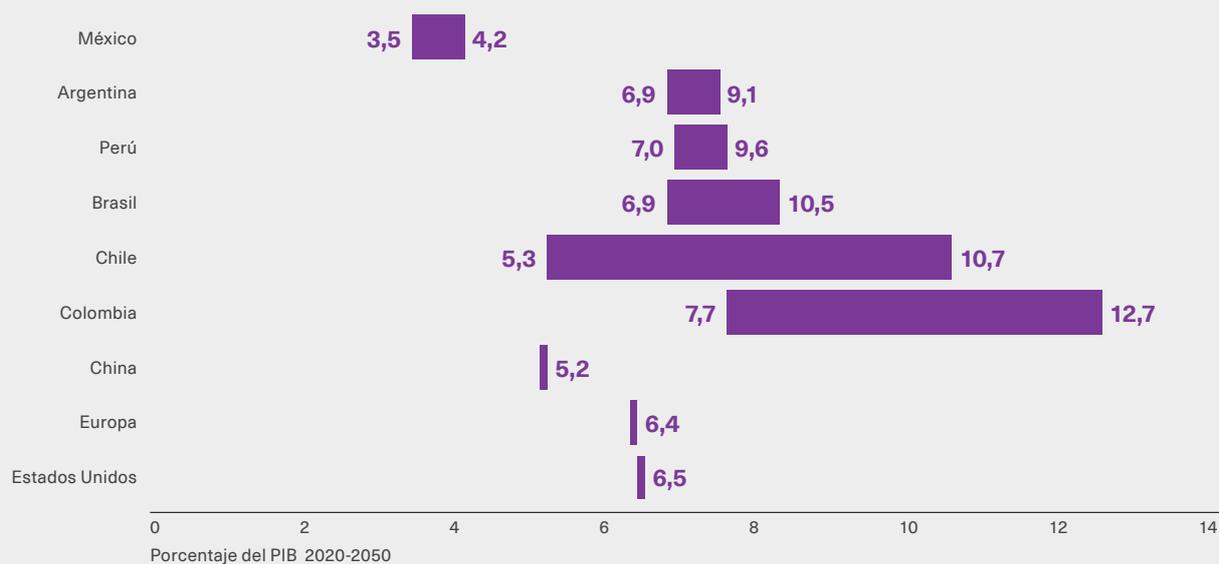


Fuente: Palacios y Guzmán (2023).

El estudio de Cárdenas y Orozco (2022), por su parte, presenta estimaciones para alcanzar los objetivos planteados en los CDN en seis países de la región. Los cálculos se basan en dos modelos diferentes y, por lo tanto, generan un rango para cada país de la región. Los autores encuentran estimaciones que van en promedio desde el 7 % al 11 % del PIB por año, superiores a los montos requeridos en el mundo desarrollado, que son en torno al 6,5 %.

Gráfico 2

Gasto necesario para lograr las metas de las contribuciones determinadas a nivel nacional



Nota: Las barras del gráfico representan rangos estimados de inversión para cada país o región.

Fuente: Cárdenas y Orozco (2022).

Los autores señalan que las mayores necesidades de financiamiento en la región se deben a los menores niveles de producto y productividad de sus economías, a las necesidades de crecer más rápidamente, lo que exige mayores esfuerzos de mitigación, y a la presencia de importantes costos de reasignación de activos desde industrias fósiles.

Como se discute al inicio del capítulo, esta transición energética debe ser justa y el financiamiento verde puede ser una herramienta que ayude a lograrlo. Los países desarrollados que consiguieron este estatus con una estrategia de crecimiento más intensiva en emisiones pueden destinar recursos para ayudar a que los países en desarrollo adopten estrategias que permitan cerrar la brecha de ingreso por habitante entre ambos y, al mismo tiempo, disminuir las cantidades de GEI liberados.

Al analizar la evolución del financiamiento climático¹² en América Latina y el Caribe entre 2013 y 2020, se observa que este fluctuó entre los USD 14.770 millones de 2016 y los USD 22.911 millones de 2020 (Schneider, 2023). En ese período se ha dado un incremento de la participación en el financiamiento de los bancos multilaterales de desarrollo, los bonos verdes y los fondos climáticos y una caída de la proveniente de los bancos nacionales de desarrollo¹³. El recuadro 10.10 discute algunas iniciativas de financiamiento para la transición energética de CAF —banco de desarrollo de América Latina y el Caribe.

12 Esto incluye todo el financiamiento climático y no solo el relacionado con el sector energético.

13 Para mayor detalle, ver Schneider et al. (2023).

Recuadro 10.10

Financiando la transición justa

CAF tiene y ha tenido una larga tradición de involucramiento en el financiamiento de proyectos orientados a asegurar una transición justa en la región. Más allá de su participación en proyectos icónicos, como el Metro de San Pablo, el Metro de Quito o el Gasoducto Néstor Kirchner en Argentina, este banco de desarrollo ha tenido un rol protagónico en el financiamiento de proyectos específicos de generación de energía renovable. La composición de la cartera de proyectos en ese ámbito y sus resultados han sido analizados en un trabajo realizado por Paniagua (2023).

Entre 2014 y 2023, CAF financió 11 proyectos de ese tipo por un monto total de USD 347 millones en Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Perú y Uruguay. Estos consistieron en la construcción, puesta en marcha y mantenimiento de 6 parques eólicos, 26 plantas solares y 2 centrales hidroeléctricas, que aportarían 2.850 GWh de generación de energía eléctrica por año^a, lo que equivale a abastecer de energía a un total de 1.101.980 familias.

Se estima que, desde el comienzo de sus operaciones hasta 2022, esta generación de energía proveniente de fuentes renovables redujo las emisiones de GEI en un total de casi 4 millones de toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂eq). Ese último año, la reducción de emisiones de GEI por estos proyectos ascendió a casi un millón de tCO₂eq, un 1,1 % del total de emisiones de CO₂eq atribuibles a la generación de energía eléctrica conectada a la red de estos cinco países.

Algunos proyectos destacables son, en Argentina, el parque solar Cafayate y los parques eólicos Villalonga y Chubut del Norte; en Brasil, el financiamiento del parque solar Chico Mendes; en Chile, el parque solar fotovoltaico en Atacama; en Ecuador, la central hidroeléctrica en DUE Hidroalto; en Perú, los parques eólicos Marcona, Tres Hermanas, Huambos y Dunas y la central hidroeléctrica La Virgen; y en Uruguay, el parque eólico Artilleros Rouar.

a. El cálculo no contempla los aportes de la planta solar Chico Mendes en Brasil y de 23 paneles solares de Chile.

Fuente: Paniagua (2023).

El Reporte de Economía y Desarrollo de 2023 (Brasiolo et al., 2023) discute cinco puntos centrales relacionados con el financiamiento climático internacional. Un primer punto es que los flujos de recursos disponibles para financiamiento verde, teniendo en cuenta las distintas fuentes públicas y privadas, suelen ser de un orden de magnitud inferior a las necesidades de inversión, lo que demanda acciones para canalizar mayores recursos.

Otro punto esencial se relaciona con la estrategia óptima de las iniciativas a financiar. Los acreedores tienen incentivos para financiar actividades de mitigación, ya que estas generan un flujo de ingresos y son de más fácil verificación, a diferencia de las actividades de adaptación, donde no se obtiene este flujo y

es más difícil observar las acciones y resultados de las políticas adoptadas. Esto puede conducir a que los proyectos efectivamente financiados no sean los óptimos si se considera la reducción de emisiones y la preservación de la biodiversidad.

El tercer punto que se plantea es que los fondos multilaterales climáticos pueden ayudar a canalizar financiamiento hacia actividades verdes al aumentar la visibilidad de los aportes de cada país a las metas climáticas, además de contribuir a que un monto más elevado de los fondos tome la forma de transferencias no reembolsables en vez de préstamos. Esto permite a los países en desarrollo atender los objetivos climáticos sin sacrificar fondos disponibles para otras metas de desarrollo.

Un cuarto punto es que incrementar y mejorar los métodos para calcular las necesidades de financiamiento a fin de alcanzar los objetivos climáticos puede ayudar a dimensionar el desafío al cual se enfrenta el mundo y promover la asignación de fondos para mitigación, adaptación y daños y pérdidas.

Finalmente, el reporte señala la necesidad de aumentar la transparencia sobre los montos destinados a los proyectos climáticos. En este sentido, el desarrollo de taxonomías verdes claras y una mejora en los métodos de reporte y clasificación de los proyectos verdes podrían ayudar a aumentar la transparencia y alcanzar criterios más homogéneos entre países.

Una taxonomía verde es una herramienta de clasificación de actividades económicas o activos financieros que contribuyen al logro de objetivos ambientales. Sirve para ayudar a inversores y actores financieros a determinar qué inversiones son ambientalmente sostenibles y, por lo tanto, cumplen con la designación “verde”. Para ello, se basan en determinados criterios, que suelen incluir la reducción de emisiones de GEI, el uso eficiente de los recursos, la protección de la biodiversidad y la promoción de la economía circular, entre otros.

La principal utilidad de las taxonomías es que permiten crear un lenguaje común para las finanzas en este ámbito y dan una señal clara a los inversionistas y actores del sector público y privado acerca de qué es una inversión verde. De este modo, contribuyen a mejorar la fiabilidad y la comparabilidad de la información, evitando el llamado ecoblanqueo (*greenwashing*), fundamental para movilizar recursos hacia inversiones ambientales consistentes con el desarrollo sostenible. Asimismo, facilitan la creación de marcos regulatorios que promueven la inversión y el desarrollo de actividades sostenibles y contribuyen al desarrollo de políticas alineadas con los objetivos de sostenibilidad y reducción de las emisiones.

● ● Una taxonomía verde permite crear un lenguaje común para las finanzas y dar una señal clara a los inversionistas y actores del sector público y privado acerca de qué es una inversión verde

Existen en la actualidad numerosas iniciativas a nivel global de taxonomías o clasificaciones verdes. Una de ellas es la de CAF, que identifica negocios verdes en diez sectores estratégicos y establece los criterios e indicadores que deben cumplirse para avanzar hacia negocios más verdes (Gómez García et al., 2022). Por su parte, la taxonomía de la Iniciativa de Bonos Climáticos (CBI, por sus siglas en inglés), lanzada en 2014, sirve como guía en el desarrollo de criterios de certificación para sectores y actividades en la economía global.

Existen también taxonomías nacionales que son establecidas por normativa o legislación de los países y que se crean fundamentalmente para contar con sistemas de clasificación verde alineados a las circunstancias locales de cada uno. El caso pionero es el de China, cuya taxonomía fue lanzada en 2015 y actualizada en 2020, consistente fundamentalmente en un catálogo de proyectos para bonos verdes. La Unión Europea, por su parte, desarrolló una taxonomía que comenzó a aplicarse en 2020 y constituye la principal base sobre la que asientan varias de las iniciativas llevadas a cabo o que están en proceso de desarrollo en diferentes países. Esta taxonomía consiste en un sistema de clasificación de las actividades económicas (y no de productos financieros) que son consideradas medioambientalmente sustentables¹⁴. En América Latina y el Caribe, Brasil fue el primer país en contar con una clasificación verde propia en 2015, al que se suman en la actualidad Colombia y México (desde 2022 y 2023, respectivamente) y varios países que se encuentran en proceso de elaborarla (por ejemplo, Argentina, Chile, Perú y República Dominicana¹⁵).

14 Otros países que cuentan con taxonomías verdes son Canadá, Francia, Japón y Países Bajos.

15 Argentina, en el marco de la Mesa Técnica de Finanzas Sostenibles, presentó un proyecto para la construcción de una hoja de ruta para el desarrollo de una taxonomía de finanzas sostenibles, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Chile publicó en 2021 la Hoja de Ruta para una Taxonomía, que es una guía para el desarrollo por el gobierno de una taxonomía verde, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y CBI. En República Dominicana, la Superintendencia del Mercado de Valores lanzó el proyecto “Taxonomía verde en la República Dominicana”. En Perú, el Ministerio del Ambiente se encuentra desarrollando un sistema de clasificación de actividades económicas verdes.

En términos generales, todas estas taxonomías definen objetivos ambientales y establecen sectores, subsectores y actividades económicas que cumplen con ellos. Asimismo, se fijan los criterios y umbrales que debe satisfacer cada actividad para ser considerada ambientalmente sustentable. Las principales diferencias entre taxonomías provienen de los sectores que cada una abarca y, dentro de determinados sectores, los criterios de elegibilidad de las actividades “verdes”¹⁶. Una misma taxonomía puede ser revisada o actualizada con el tiempo, por ejemplo, para incluir actividades no contempladas hasta ese momento, puesto que no son instrumentos estáticos (ver el apéndice del capítulo disponible en línea)¹⁷.

Grandes diferencias entre taxonomías pueden afectar su comparabilidad e interoperabilidad, con

la consecuente dificultad en la canalización del flujo de capitales verdes internacionales. En este sentido, surge la necesidad de crear y coordinar un marco común, que establezca principios y armonice criterios para el desarrollo de taxonomías nacionales o regionales. En los últimos años ha habido avances en esta dirección. Por ejemplo, la Plataforma Internacional de Finanzas Sustentables (IPSF) desarrolló en 2021 una “Taxonomía base” (Common Ground Taxonom [CGT]), que destaca los puntos en común y diferencias de enfoques entre las taxonomías de la Unión Europea y China. Por su parte, en América Latina y el Caribe se ha publicado el Marco Común de Taxonomías Financieras Sostenibles, que establece principios rectores como guía para orientar a los países que estén en proceso de desarrollar taxonomías verdes.

Mercados de carbono e impuestos al carbono

Lo primero que vale la pena preguntarse es ¿por qué se necesitan estos mercados de carbono o impuestos al carbono? La respuesta viene dada por el hecho de que la emisión de GEI genera una externalidad negativa para el resto del planeta, ya que estos gases se propagan en la atmósfera contribuyendo al calentamiento global y en algunos casos generan partículas con efectos negativos en otras dimensiones del bienestar. En la literatura económica, la solución tradicional para este tipo de problemas ha sido establecer un impuesto que refleje el costo social de la externalidad. Los impuestos al carbono, los precios al carbono o los mercados de compensación cumplen el objetivo de poner un precio a la externalidad generada. Sin embargo, calcular este impuesto o precio y hacer cumplir la regulación es una tarea muy complicada y, de ahí, el diferente grado de avance y la dispersión de precios al carbono en los distintos países¹⁸.



Los impuestos al carbono, los precios al carbono o los mercados de compensación cumplen el objetivo de poner un precio a la externalidad generada por las emisiones de GEI

Adicionalmente, las erogaciones que implican cumplir con la regulación ambiental pasan a formar parte de la estructura de costos de la empresa, afectando la localización de la producción. También afectan a los volúmenes y precios de venta de los productos, lo que hace necesario alcanzar cierto grado de acuerdo internacional si se quiere evitar que las empresas o países incurran en comportamientos oportunistas en cuanto a los objetivos ambientales. Instrumentos como los clubes climáticos o los mecanismos de ajuste en frontera, discutidos

16 Por ejemplo, las taxonomías de Colombia y la UE incluyen actividades para las industrias del cemento, el aluminio y el acero; otras, como la de Francia y Países Bajos, no, mientras que la taxonomía de la CBI las incluye bajo revisión.

17 Por ejemplo, en su fase inicial la taxonomía de la UE no incluía actividades relacionadas con la energía nuclear y el gas en la lista de actividades económicas medioambientalmente sostenibles. En la actualidad, la Comisión Europea ha resuelto modificar la regulación de la taxonomía para incluir ambas fuentes, al considerarlas necesarias en la transición hacia la descarbonización de la economía.

18 La dificultad proviene de distintos elementos, entre los que se pueden destacar los siguientes: la incertidumbre en los niveles de producción y el conjunto de sucesos que ocurrirán en la economía; el componente dinámico del problema de las emisiones, lo que obliga a considerar no sólo las generaciones presentes, sino también las futuras y escoger un valor de descuento para este tipo de problemas; y el impacto que tiene el stock de carbono actual en la producción y en la productividad de la economía, así como cuánto se añade al stock de carbono en la atmósfera.

anteriormente, son iniciativas que buscan este consenso internacional con el fin de penalizar ese tipo de comportamientos.

Los mercados de carbono, siguiendo la definición de las Naciones Unidas (PNUD, 2022), son sistemas comerciales donde se negocian créditos de carbono. Distintos agentes económicos, como empresas o familias, pueden compensar sus emisiones a través de la adquisición de créditos de carbono ofrecidos por otros agentes que eliminan o reducen las emisiones de GEI. Una vez utilizado este crédito, no es factible negociarlo nuevamente. Estos mercados de carbono pueden ser de dos tipos: regulados, donde las empresas y entidades compran créditos para cumplir con regulaciones nacionales o internacionales, o voluntarios, donde las empresas y entidades compran créditos de manera facultativa (PNUD, 2022). En el primer caso, el Estado asigna el acervo de permisos de emisiones en función de sus objetivos de mitigación, mientras que en el caso voluntario la oferta procede de actores privados o gobiernos que desarrollan proyectos de reducción o eliminación de carbono, que son los oferentes de los créditos, mientras que la demanda viene de actores particulares que desean reducir su huella de carbono. Los mercados de compensación nacionales suelen estar estrechamente ligados a los esquemas de precios de carbono, en los que se permite sustituir el pago del impuesto al carbono por la compra de créditos al carbono¹⁹.

Una forma de mercado de cumplimiento son los regímenes de comercio de derechos de emisión (RCDE)²⁰. En estos mercados, se asignan permisos de emisiones, por ejemplo, bajo un sistema de comercio de emisiones (conocido por su denominación en inglés, *cap and trade*). Las empresas o países que se excedan en sus niveles de emisiones de carbono deberán adquirir créditos de otras empresas que no hayan utilizado los suyos, es decir se comercian los permisos de emisiones. El precio de los permisos surgirá de su oferta y demanda.

Los impuestos al carbono, por su parte, fijan un precio a la emisión de CO₂ y otros GEI. El gobierno fija un precio a la tonelada de CO₂ equivalente, y las cantidades de emisiones se ajustan en función de este precio. Además de asignar el costo social a las emisiones de GEI, estos impuestos proporcionan ingresos fiscales que pueden servir para financiar proyectos necesarios para la transición energética. Bajo ciertas condiciones, los precios por tonelada de carbono y las cantidades emitidas de CO₂ equivalente bajo regímenes de cumplimiento, como los discutidos anteriormente, son idénticos a los generados en un régimen de impuestos al carbono.

Dentro de las ventajas de los mercados de carbono se encuentra que el precio es determinado por el mercado, mientras que el impuesto al carbono requiere de procesos administrativos para cambiar su monto. Esto puede brindar a los mercados de carbono más flexibilidad para ajustarse a las situaciones particulares de la economía. Por otra parte, a nivel de cooperación internacional, los impuestos al carbono requerirían una unificación global del precio por tonelada de CO₂ equivalente o mecanismos de ajuste en frontera para evitar lo que se denomina fugas de carbono²¹, mientras que si estas fugas ocurrieran en mercados de carbono llevarían a un incremento en el precio por la mayor demanda de permisos de emisión.

Finalmente, en los mercados de carbono existe una mayor volatilidad en los precios al carbono, pues estos se determinan por la oferta y demanda, a diferencia de los impuestos al carbono, que son fijados por el gobierno, y, como se mencionó, requiere procedimientos administrativos para hacerlo.

19 Para mayor detalle, ver el capítulo 4 del RED 2023 (Brassiolo et al., 2023).

20 Existen distintas formas de distribuir estos permisos de emisión, algunos de los cuales (por ejemplo, las subastas) otorgan la posibilidad al gobierno de generar ingresos fiscales a partir de ellos.

21 Estas se refieren a emisiones de empresas que migran su producción desde países con regulaciones estrictas a otros donde son más permisivas (fabricando y contaminando en cantidades similares), de manera que ya no cuentan para el país inicial sino para el país de acogida.



Captura, uso y almacenamiento de carbono (CUAC)

Incluso en los escenarios de cero emisiones netas, la completa descarbonización de las economías no está planteada al menos hasta mediados del siglo XXI (capítulo 1). La presencia de sectores de difícil descarbonización (ver los capítulos 6 y 8) o la necesidad de utilizar centrales térmicas como respaldo de los sistemas eléctricos son algunas de las razones (ver el capítulo 4). Esto pone de manifiesto la necesidad de avanzar en el desarrollo de las tecnologías de captura, uso y almacenamiento de carbono para eliminar las emisiones asociadas a los combustibles fósiles que se sigan utilizando. Sin embargo, los incentivos de penetración de estas tecnologías estarán condicionados por el costo que se asigne a las emisiones de GEI.

El proceso natural de captura, uso y almacenamiento de carbono (CUAC) se da a través de la expansión de la cobertura forestal (por ejemplo, la reforestación o la aforestación). Si, por otro lado, los nuevos cultivos se planifican para la conservación de la biodiversidad, se produce un doble beneficio (Pörtner et al., 2021)²².

En la medida que no se logra la recuperación del carbono por la vía natural, las soluciones tecnológicas que se han venido desarrollando pueden tener un espacio en el conjunto de medidas de mitigación. La cadena de valor de la CUAC tiene tres eslabones clave, no necesariamente integrados, que son (i) la captura de carbono, (ii) el transporte del CO₂ capturado a los sitios de almacenamiento, y (iii) el uso alternativo del CO₂ o su almacenamiento. Las opciones para reducir las cantidades de carbono liberadas y que llegan a la atmósfera son amplias.

Dentro de las opciones tecnológicas de CUAC, las aplicaciones con mayor desarrollo se dan en los sectores eléctrico e industrial. En la fase de captura, existen dos tipos de tecnología, la que capta emisiones directamente en el lugar de emisión (un lugar físico, como una fábrica o una planta generadora térmica) y las que capturan emisiones del aire (*direct air capture*

[DAC]), provenientes de distintas fuentes fijas o móviles. Esta última tecnología es más costosa, dado que insume más energía y tiene mayores costos para una captura determinada.

El reacondicionamiento de generadores a gas natural con CUAC aporta al sistema una fuente de generación firme, con menos emisiones que una planta convencional. También se han desarrollado tecnologías de captura en la refinación de petróleo, el procesamiento de gas natural licuado y para la producción de fertilizantes. Además, se está avanzando en proyectos de captura de carbono en la producción de cemento, acero y otras actividades industriales.

● ●
La completa descarbonización de las economías no está planteada al menos hasta mediados del siglo XXI. Esto pone de manifiesto la necesidad de avanzar en el desarrollo de las tecnologías de captura, uso y almacenamiento de carbono

La CUAC industrial está en pleno desarrollo y permitirá retener entre el 90 % y el 99 % de las emisiones de CO₂ en una planta (según estimaciones presentadas en Paltsev et al., 2021). Por otro lado, esta actividad posibilitaría recuperar una parte del valor de los activos energéticos con riesgo de abandono en los procesos de transición, dado que su efecto negativo sobre el clima sería menor (Clark y Herzog, 2014; IPCC, 2005). Finalmente, en el sector eléctrico se han producido avances en tecnologías de bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS, por sus siglas en inglés), que aportan emisiones negativas.

Para que estas tecnologías sean viables económicamente, hace falta que los inversores perciban que esa actividad tiene una valorización y esta refleje los costos ambientales en el futuro. Por ejemplo, se

²² Existen varias opciones intermedias para la captura de CO₂, como la meteorización mejorada (estimulación del proceso de degradación de rocas y liberación de cationes para mejorar la captura de CO₂), prácticas mejoradas para captura de CO₂ en el suelo (cambios en el uso de la tierra que mejoran la absorción de gases) y la fertilización oceánica (para estimular la captura de CO₂). Ver detalles en Terlouw et al. (2021).

estima que la CUAC es viable en sectores como el cemento, el hierro, el acero y la generación de energía a USD 100/tCO₂ (AIE, 2021d), pero la implementación a nivel de países es variada²³.

Hasta el año 2022, la capacidad de captura de los proyectos de CUAC operativos y en ejecución en

los sectores eléctrico, industrial y de transformación alcanzó los 45 millones de toneladas de CO₂ (MtCO₂) por año, con expectativas para 2030 de 383 MtCO₂ entre proyectos operativos, en desarrollo y en factibilidad, muy por debajo de los 1.176 MtCO₂ que corresponderían en un escenario de carbono neto cero (AIE, 2023d).

Economía circular

La transición hacia una economía baja en carbono requiere necesariamente transformar el paradigma de desarrollo dominante hacia uno que sea compatible con el objetivo conjunto de desarrollo económico, sostenible e inclusivo.

En este sentido, la economía circular (EC) busca reemplazar el modelo actual de economía lineal, que consiste en la extracción, producción, consumo y desperdicio, por un modelo circular en el que un flujo de residuos reingrese al sistema productivo para ser utilizado como recurso. De este modo, la EC permite incrementar la eficiencia en el uso de los recursos naturales, contribuyendo, de este modo, al equilibrio entre economía, medio ambiente y sociedad (Ghisellini et al., 2016) y, por ende, desempeñando un rol fundamental para la transición energética.

La economía circular es un enfoque sistémico de los procesos industriales y la actividad económica, que permite que los recursos mantengan su máximo valor durante el mayor tiempo posible (UN Environment, 2019).

La EC se fundamenta en una serie de pilares que representan estrategias a desarrollar en los procesos de producción, distribución y consumo para lograr un sistema eficiente en la gestión de recursos (ver la figura 10.1). Si bien en la actualidad su implementación se concentra principalmente en las actividades

de reducir, reutilizar y reciclar (enfoque de las 3R), se aprecian a nivel mundial significativos avances en la adopción de otras estrategias, como rechazar y repensar, en las que la educación ambiental y de sostenibilidad es crucial.



La economía circular permite incrementar la eficiencia en el uso de los recursos naturales, contribuyendo, de este modo, al equilibrio entre economía, medio ambiente y sociedad

La EC puede considerarse como un objetivo intermedio para la consecución del objetivo final del desacople (concepto abordado en el capítulo 2), dado que consiste en el rediseño de productos y procesos para maximizar el valor de los recursos en la economía a fin de desvincular el crecimiento económico de las presiones ambientales derivadas del consumo de insumos y las emisiones (Ghisellini et al., 2016)²⁴.

El uso de los recursos está íntimamente relacionado con las tecnologías y políticas energéticas. Así, por ejemplo, la reutilización de materiales en la fabricación de tecnologías renovables, como paneles solares y turbinas eólicas, muestra cómo la economía circular puede impulsar la sostenibilidad en la producción de

23 Estudios recientes (Wilberforce et al., 2021) indican que la práctica de captura de carbono en la generación eléctrica de ciclo combinado puede incrementar los costos en el rango de USD 10 a USD 20 por MWh cuando la captura está acompañada de procesos de reutilización del carbono y en el rango de USD 10 a USD 30 por MWh cuando la captura está acompañada de almacenamiento.

24 No obstante, existe en la literatura una discusión acerca del grado en que es posible alcanzar un desacople absoluto mediante las estrategias de economía circular. Esto se debe a la presencia del denominado "efecto rebote", es decir, el hecho de que las estrategias ecoeficientes implementadas a nivel micro, que incrementan la productividad de los recursos, pueden no traducirse en una reducción en el uso de recursos, sino en un aumento. Si estas estrategias no consiguen disminuir el uso de recursos, lograr la sostenibilidad implicaría necesariamente un descenso general de la actividad económica a nivel macro (Figge et al., 2014).

energía. Por otro lado, la EC puede ser una herramienta estratégica para abordar la provisión de minerales críticos necesarios para la transición energética (ver el recuadro 10.11).

El desarrollo de una EC requiere de políticas sólidas para contabilizar y gestionar los recursos de manera eficiente. Muchos gobiernos han implementado políticas que abordan diferentes aspectos de la economía circular²⁵. Algunas de ellas han tendido a encarar el problema de los residuos a través del reciclaje y la recuperación de recursos; otras se han centrado en el diseño y fabricación ecológica de productos o se han orientado a generar un cambio de comportamiento para limitar la cantidad de desechos producidos,

por citar algunas (UN Environment, 2019). El recuadro 10.11 presenta ejemplos de políticas desarrolladas para promover la EC.

Adoptar estas u otras medidas concretas para avanzar hacia una economía circular constituye una necesidad en el contexto de la transición energética. Esto se debe a que la transición requiere no solo innovación tecnológica, sino también cambios en los modelos de negocio, patrones de producción más limpios y la responsabilidad y conciencia social sobre la importancia de cerrar los ciclos de vida de los productos. En el contexto de la transición energética, la circularidad también puede contribuir con el tema de los minerales críticos, un desafío para la transición energética.

Figura 10.1
Marco conceptual de la economía circular

Economía circular	Uso más inteligente de productos	R0. Rechazar	Hacer redundante un producto abandonando su función u ofreciendo igual función con otro producto.
		R1. Repensar	Uso más intensivo de un producto (ej: uso compartido)
		R2. Reducir	Menor consumo de recursos naturales en la producción o uso de un bien
Economía lineal	Extensión de la vida útil de un producto y sus partes	R3. Reusar	Reutilización de un bien desechado por otro consumidor aunque se encuentra en buen estado
		R4. Reparar	Reparación y mantenimiento de un producto defectuoso para ser utilizado con su función original
		R5. Restaurar	Restauración y actualización de un producto antiguo
		R6. Remanufacturar	Uso de las partes de un producto defectuoso para la fabricación de un nuevo producto con igual función
		R7. Reasignar	Uso de las partes de un producto defectuoso para un nuevo producto con otra función
Economía lineal	Aplicación útil de materiales	R8. Reciclar	Conversión de residuos en nuevos productos o materia prima
		R9. Recuperar	Incineración de materiales con recuperación de energía

Fuente: Elaboración propia con base en Kirchherr et al. (2017).

25 Por ejemplo, Dinamarca posee una legislación que prohíbe enviar a los basureros los residuos que pudieran ser reciclados y la Directiva sobre Residuos de Equipos Eléctricos y Electrónicos de la Unión Europea aborda la gestión de residuos provenientes de dichos equipos.

Recuadro 10.11

La economía circular y los minerales críticos

La construcción de un mundo con cero emisiones netas depende de la energía renovable y el reemplazo progresivo de las fuentes de energía tradicionales. Para ello, se necesitarán baterías y otros equipos, cuya producción depende de minerales que tienen su explotación centralizada en pocos países. Para enfrentar este desafío, la economía circular será la mejor solución.

Hund et al. (2023) estiman que se requieren más de 3.000 millones de toneladas de minerales para satisfacer las demandas de producción y almacenamiento de energía en un escenario que limite el aumento de la temperatura a 2 °C para 2050. Esto representa un aumento de hasta casi el 500 % respecto a los niveles actuales en la demanda de algunos minerales, como el litio, el grafito y el cobalto, utilizados en tecnologías de almacenamiento energético. Otras estimaciones sitúan la demanda de recursos como el indio para 2050 en más de 12 veces los niveles de producción actuales.

El rediseño de productos junto con la reutilización, el reciclaje y el reaprovechamiento de estos recursos puede aliviar la presión sobre los suministros de materias primas para satisfacer la demanda. 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). Por otra parte, se desea la implementación de buenas prácticas a fin de reducir el impacto ambiental y social de la actividad minera. La implementación de estas buenas prácticas demanda un sistema regulatorio apropiado.

La cuestión central no es la cantidad de minerales, puesto que las reservas mundiales conocidas son suficientes para satisfacer proyecciones actuales de demanda de muchos de estos recursos. El suministro futuro enfrenta dos riesgos clave: 1) la extracción y la producción enfrentarán un escrutinio sobre cuestiones ambientales, sociales y de gobernanza cada vez mayor por parte de las industrias que consumen estos insumos, los inversores y el público, y 2) el acceso a estos recursos.

Cualquier posible brecha o limitación entre la oferta y la demanda podría afectar la velocidad y escala a la que se implementen determinadas tecnologías y la transición energética. Soluciones de economía circular durante el ciclo de vida de los recursos pueden ser la respuesta en este contexto para aliviar la presión sobre los suministros de materias primas y satisfacer la demanda, reduciendo la necesidad de extracción y las emisiones al aprovechar los materiales disponibles en el mercado.

La economía circular será fundamental para abordar limitaciones geopolíticas, geográficas y económicas, mitigando la volatilidad potencial de los precios y la escasez de suministro. La seguridad del suministro ha sido mejorada por estrategias de economía circular existentes; por ejemplo, Japón y Corea del Sur realizaron importantes inversiones en el reciclaje de indio.

Sin embargo, la expansión de estas estrategias de economía circular presenta desafíos de costos, diseño y técnicos. Los gobiernos, los inversores, los productores, las empresas y los usuarios finales tienen un rol central para dar una respuesta integral al cambio en la combinación de energía y la disponibilidad de recursos. Los usuarios finales han demostrado ser uno de los agentes de cambio más fuertes para el abastecimiento sostenible y responsable de minerales críticos. Los gobiernos pueden incentivar la minería urbana a partir de productos usados (como los desechos electrónicos). Los productores de minerales críticos se enfrentarán a la escasez y aumentarán los precios y su volatilidad, al tiempo que los consumidores buscarán prácticas más circulares y sostenibles. Las empresas pueden ayudar en una transición circular con esfuerzos para reducir el uso de metales críticos y aumentar el potencial de recuperación mediante la introducción de procesos de producción circulares (KPMG, 2022).

Una agenda para la transición justa

La transición energética es un fenómeno complejo y transformador de la economía en su conjunto. Debe abordarse simultáneamente con otras estrategias de mitigación de fuentes no energéticas y de forma concurrente con otros problemas de desarrollo de los países de América Latina y el Caribe. En consecuencia, para aprovechar las oportunidades y sortear los desafíos asociados a esta transición, la región deberá manejar un abanico

de políticas que trasciende el ámbito puramente energético.

A lo largo de reporte se han discutido con detalle acciones prioritarias vinculadas a la estrategia energética, pero reconociendo la importancia de incorporar una agenda de productividad, de inclusión y de manejo macroeconómico para lograr el desarrollo sostenible (ver la figura 10.4).

Figura 10.2
Facetas de la agenda para la transición energética justa

Desarrollo sostenible y transición justa			Estrategia productiva y laboral	Estrategia de inclusión	Manejo macroeconómico
Estrategia energética					
Políticas de oferta	Políticas de electrificación y eficiencia de demanda y cambios en procesos industriales	Políticas transversales (capítulo 10)			
Eficiencia de sistemas energéticos (capítulo 3)	Sectores industriales de difícil descarbonización (capítulo 6)	Desarrollo de tecnología de captura			
Electrificación verde (capítulo 4)	Sector residencial (capítulo 7)	Financiamiento verde			
Promoción de combustibles limpios y uso del gas en la transición (capítulo 5)	Sector transporte (capítulo 8)	Mercados de carbono e impuesto al carbono			
		Economía circular			

El primer componente de la agenda energética tiene que ver con la oferta de energía. Allí se destacan tres pilares. En el corto plazo, es importante reducir las ineficiencias existentes en los sistemas de generación, transmisión y distribución de electricidad, así como en la producción de combustible (por ejemplo, disminuir las emisiones fugitivas de gas). Asimismo, en la transición hacia una economía descarbonizada, existen potenciales ganancias de sustituir fuentes fósiles de alto contenido de carbono (carbón y petróleo) por otras con menos emisiones, como el gas, cuidando de no comprometer los objetivos ambientales de largo plazo. Para profundizar en la descarbonización de la economía, es importante alcanzar una electrificación verde y promover el desarrollo de combustibles limpios, tales como el hidrógeno de bajas emisiones.

En lo que respecta a la demanda de energía, la transición energética justa exige la electrificación de algunos procesos o usos que actualmente dependen de combustibles fósiles. También se debe promover la eficiencia energética, los cambios conductuales y la transformación de ciertos procesos industriales. Las políticas concretas en el ámbito de la demanda de energía dependerán del sector. En las industrias de difícil descarbonización, van desde políticas específicas, como, por ejemplo, reducir el contenido de clínker en la producción de cemento, hasta políticas transversales, como promover la economía circular. En movilidad urbana, es importante el uso de transporte público sostenible (masivo y activo). En la logística urbana hay espacio para la electrificación, mientras que, en el caso de transporte de carga, la promoción de la eficiencia y el uso de combustibles alternativos son medidas que pueden ser efectivas en el corto plazo. Del lado de la demanda, especialmente de la residencial, una transición justa también precisa cerrar brechas de acceso y calidad aún persistentes. Dentro de las políticas para este sector se destaca la electrificación de algunos consumos, como el de calefacción y cocción, junto con la eficiencia energética, con electrodomésticos que consuman menos y mejores envolventes para las construcciones.

Como se menciona en el apartado anterior, existen tecnologías, instrumentos e instituciones energéticas clave para la transición, que no son exclusivos del ámbito de la oferta ni de la demanda de energía. Asimismo, el reporte destaca la necesidad de políticas más integrales de desarrollo económico, en particular,

políticas laborales que favorezcan la generación de empleo verde y la reasignación de trabajadores desde empleos no verdes, así como políticas productivas que complementen las ventajas de dotación de energía limpia.

La transición energética implica costos y beneficios que no están distribuidos uniformemente entre los diversos grupos de interés, lo que conlleva una reconfiguración de intereses y poderes tanto a nivel nacional como global. Entender los desafíos de economía política de la transición energética es clave para avanzar en la agenda.

Una primera fuente de resistencia a ese avance se refiere a lo social. Los objetivos climáticos planteados a escala global implican que la transición ocurra en tiempos relativamente acelerados. Esto podría suponer, al menos en su etapa inicial, un costo más alto de la energía frente a alternativas energéticas actuales. En otras palabras, en el corto plazo, la transición energética puede generar empobrecimiento energético dado que las fuentes renovables pueden no estar disponibles en la extensión necesaria, a lo que se suma el potencial encarecimiento de las fuentes fósiles debido a políticas como el impuesto al carbono.



La transición energética implica costos y beneficios que no están distribuidos uniformemente entre los diversos grupos de interés. Entender los desafíos de economía política de la transición energética es clave para avanzar

Una segunda fuente de resistencia es la presencia de activos varados y las grandes pérdidas que implicaría para economías dependientes de las fuentes fósiles de energía. Estas pérdidas además pueden distribuirse muy desigualmente dentro de las regiones y los países. Esto se agrava en aquellos que tienen bajo potencial de desarrollo de energías renovables no convencionales y carecen de minerales críticos.

Otra fuente de resistencia se relaciona con el rápido crecimiento de la demanda mundial de energía. Satisfacer dicha demanda continúa siendo una prioridad estratégica de las economías nacionales, que puede obstaculizar el cumplimiento de los compromisos

nacionales e internacionales de recortar las emisiones de GEI. Esto explica por qué algunos países (Alemania, China, Estados Unidos) incrementan el uso de energías renovables al mismo tiempo que continúan invirtiendo en combustibles fósiles (Bukowski, 2021). Cubrir la creciente demanda energética sin comprometer la agenda climática global requiere necesariamente de importantes flujos de inversiones para el desarrollo de tecnología que permita expandir las fuentes renovables de energía (De Haas, 2023).

La agenda de política descrita permite también aliviar estos desafíos al procurar mejorar los compromisos entre emisiones y crecimiento, aprovechar al máximo las oportunidades que la transición energética trae a la región y poner como una alta prioridad la protección del ciudadano.