

Nº 179925

**El libro de la transición energética em Latinoamérica y el Caribe:  
um caminho de história, desafios, perguntas y posibilidades  
para la región**

*Livro publicado: Santiago:  
Fundación Uno Punto Cinco,  
2025. 190p.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

**PROIBIDO REPRODUÇÃO**

---

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo  
S/A - IPT  
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou  
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970  
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901  
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)



# El libro de la Transición Energética en Latinoamérica y el Caribe

un camino de historia, desafíos, preguntas y posibilidades para la región

Cómo avanzar con energía hacia una transición justa, democrática, descentralizada, eficiente y enfocada en América Latina y el Caribe

Esta publicación ha sido compilada y editada por:

- Benjamín Carvajal Ponce
- Paz Correa
- Carla Jorquera Ovalle
- Marcos Pereira

Diseño y diagramación por:

- María José Cid



Licencia Creative Commons: BY: Se debe dar crédito al creador; NC: Solo se permiten usos no comerciales de la obra; SA: Las adaptaciones deben compartirse bajo los mismos términos. El material puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se reconoce la autoría en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original. Más información en: <http://creativecommons.org>

Una obra realizada y de autoría de la Fundación Uno Punto Cinco.  
Triana 861, Providencia, Santiago, Chile  
[contacto@unopuntocinco.net](mailto:contacto@unopuntocinco.net) | [www.unopuntocinco.net](http://www.unopuntocinco.net).

Si tienes comentarios, sugerencias o quieres aportar a futuras ediciones, escríbenos a: [contacto@unopuntocinco.net](mailto:contacto@unopuntocinco.net). Tu retroalimentación es parte esencial para seguir creciendo.

Su publicación es posible gracias al apoyo de Urban Movement Innovation Fund (UMI Fund)

© 2025. Esta obra está licenciada abiertamente a través de CC BY 4.0 .



## EQUIPO EDITORIAL ONG UNO PUNTO CINCO



### Benjamín Carvajal Ponce

Fundador y Director General en ONG Uno Punto Cinco. Ingeniero Civil Mecánico de la Universidad Técnica Federico Santa María y Magíster en Gestión Sostenible de la escuela de negocios Audencia de Francia. Comprometido con impulsar la transición energética justa en América Latina y fortalecer el rol de la juventud en la acción climática.



### Paz Correa

Coordinadora del Área de Transición Energética en ONG Uno Punto Cinco. Ingeniera Civil Química de la PUCV y Magíster en Ingeniería de la Energía de la PUC Chile. Convencida de que la sabiduría, la justicia, la templanza y el coraje son las semillas de la virtud: el verdadero bien que impulsará una transición energética justa, ética y transformadora.



### Carla Jorquera Ovalle

Analista del Área de Transición Energética en ONG Uno Punto Cinco. Periodista de la Universidad de Chile y estudiante del Magíster en Historia Pública de la Pontificia Universidad Católica. Amante de la naturaleza y los humedales, ha enfocado su carrera en cubrir temas ligados a sustentabilidad, cambio climático y transición energética.



### Marcos Pereira

Analista del Área de Transición Energética en ONG Uno Punto Cinco. Estudiante de Ingeniería Civil Mecánica en la Universidad Técnica Federico Santa María. Cerronavino de nacimiento y apasionado por la ciencia y la ingeniería aplicada al servicio de la humanidad y el medio ambiente.



### María José Cid

Diseñadora Freelance en ONG Uno Punto Cinco. Diseñadora gráfica de la Universidad del Desarrollo. Con experiencia en investigación y posicionamiento de Marcas a través de un enfoque en Branding, Diseño Editorial, Packaging y UX/UI. Ha participado en proyectos de transición energética, medio ambiente y sustentabilidad.



"La transición energética no es sólo un desafío tecnológico; es una oportunidad de transformación social, económica, ambiental y cultural que permite una nueva forma de energizar el mundo y nuestras comunidades".

ONG Uno Punto Cinco

# Prólogo y agradecimientos

La transición energética no es solo un concepto técnico o una meta política, es el camino que la humanidad debe recorrer para garantizar un futuro habitable, justo y sostenible. En Uno Punto Cinco, creemos que este cambio debe construirse desde el conocimiento, la colaboración y la acción colectiva. Este libro nace con un objetivo claro: acercar la ciencia, la tecnología y la experiencia práctica a todas las personas, para que puedan comprender, debatir y participar activamente en la transformación de nuestros sistemas energéticos.

A lo largo de sus capítulos, encontrarás explicaciones sencillas, casos de estudio de América Latina y el Caribe, además de análisis de los retos y oportunidades que se presentan en el proceso de una transición energética justa. El enfoque es regional porque nuestra historia, nuestras economías y nuestras realidades sociales requieren soluciones adaptadas a nuestros contextos.

Este trabajo es también el resultado de años de esfuerzo colaborativo entre especialistas, académicos, líderes comunitarios y organizaciones comprometidas con la acción climática. Cada página refleja el espíritu de Uno Punto Cinco: construir puentes entre el conocimiento técnico y la ciudadanía, entre la urgencia climática y la esperanza de cambio.

Esperamos que este libro sea para ti una guía, una invitación a la reflexión y, sobre todo, un punto de partida para la acción. La transición energética está en marcha, y tú eres parte fundamental de ella.

Este libro no habría sido posible sin la generosidad y compromiso de quienes han contribuido con su tiempo, sus conocimientos y su visión.

Agradecemos profundamente a las y los autores, investigadores, docentes y colaboradores que aportaron ideas, revisaron contenidos y compartieron sus experiencias para enriquecer este trabajo.

Nuestro reconocimiento también para las instituciones, organismos y comunidades que nos facilitaron datos, casos de estudio y testimonios, haciendo posible un relato anclado en la realidad latinoamericana y caribeña.

Además, agradecemos a las y los estudiantes, participantes y egresados de la Academia Transición Energética Latinoamérica y el Caribe (ATE LAC), por inspirarnos constantemente con sus preguntas y su compromiso con el cambio. Hacemos un reconocimiento especial a las organizaciones aliadas de ATE LAC: Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile, Observatório Latino Americano da Geopolítica Energética (OLAGE), Urban Movement Innovation Fund (UMIF), International Energy Agency (IEA), CAF - Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe, NDC Partnership, Agencia Pólux, Sustainable Energy for All (SEforALL), ONG Red de Pobreza Energética (RedPE), y por último, Youth4Energy.

A nuestros aliados estratégicos y a todas las personas que, desde distintos rincones de la región, se suman día a día a la misión de Uno Punto Cinco de acelerar la transición energética justa e inclusiva.

Finalmente, gracias a quienes leen estas páginas. Cada lector y lectora es una oportunidad para que este mensaje se multiplique y se transforme en acciones concretas. Este libro es para ustedes y por ustedes.

# Índice

01	<b>Energía y civilización: ¿cómo la energía dio la forma al mundo?</b>	
	Breve historia de la energía	10
	Transformación de la industria	15
	La era de la transición	21
02	<b>Energía y clima: el camino hacia las emisiones netas cero</b>	
	Cambio climático	25
	Emisiones CO <sub>2</sub> relacionadas con la energía	34
	Contaminación del aire	39
	Consumo primario de energía	42
03	<b>El sistema eléctrico en la era de renovables</b>	
	Generación de electricidad	54
	Transmisión de electricidad	57
	Consumo eléctrico	60
	Desafíos de flexibilidad y almacenamiento	61
04	<b>Transporte: los cambios de paradigma para la movilidad sostenible</b>	
	¿Cómo nos movemos, cuánto consumimos y cuánto contaminamos?	72
	La (no) calidad del aire: el costo en la salud por el transporte	75
	Transporte en ciudades: un desafío de eficiencia, contaminación y emisiones	78
	Electromovilidad: del piloto a la escala	81
	Movilidad activa y sostenible: ciclovías y peatonabilidad	84
Carga pesada y corredores logísticos	88	
05	<b>Eficiencia energética: desafíos y oportunidades</b>	
	Medir la eficiencia: intensidad y parámetros contextuales	90
	Eficiencia en el transporte	95
	Eficiencia en edificaciones y electrodomésticos	99
	Eficiencia energética en industrias	105
06	<b>Minerales para la transición energética: conflictos y oportunidades</b>	
	Demanda global de los minerales en LAC	108
	El rol de Latinoamérica y los minerales críticos: desafíos ambientales y sociales	115
07	<b>Descarbonización de la industria: oportunidad del Hidrógeno en América Latina</b>	
	El hidrógeno y sus colores	121
	Electrólisis, consumo y producción	123
	¿Una oportunidad para América Latina y el Caribe?	127

08	<b>Acceso a la energía y pobreza energética</b>	
	Consumo y uso doméstico de la energía	134
	Accesibilidad, asequibilidad y justicia energética	136
	Pobreza energética	142
09	<b>Transición Justa en equidad de género y comunidades locales</b>	
	(In)equidad de género en la transición energética: trabajo doméstico y empleos	146
	La transición como una oportunidad para la equidad de género	150
	Impactos de la transición energética en comunidades locales	151
10	<b>Energía y Economía: Inversión y subsidios para la transición energética</b>	
	Inversión y financiación	155
	Instrumentos de precio al carbono para la descarbonización	159
	Empleos en la nueva transición energética	161
	Subsidios a los combustibles fósiles	164
11	<b>El rol de la ciudadanía y las políticas públicas para la transición energética regional</b>	
	Políticas, compromisos climáticos y NDC	166
	Necesidad de integración social para la transición energética	168
	Beneficios de una integración energética regional	171
	El poder de la ciudadanía para la transición energética justa en América Latina y el Caribe	173
	<b>Diagrama de resumen energía en LAC</b>	177
<b>Fuentes consultadas</b>	179	

# Energía y civilización

¿Cómo la energía dio la forma al mundo?

# 01



## Breve historia de la energía

¿Qué te imaginas cuando piensas en energía? Algunas personas imaginan la energía como la motivación que impulsa sus acciones, otras, como electricidad. Para algunas, está relacionada con la fuerza que mueve objetos, y para otras, con una dimensión espiritual. Lo cierto es que todas estas ideas pueden ser válidas. La energía está presente en cada aspecto de nuestras vidas y, de una forma u otra, ha moldeado el comportamiento de nuestra especie.

Si vamos directamente al diccionario de la RAE, nos encontraremos con dos definiciones:

1. *Eficacia, poder, virtud para obrar.*
2. *Capacidad que tiene un sistema para realizar un trabajo*

Y es que la energía se puede entender como la capacidad de la materia para cambiar su propio estado o el de otra, y se produce a partir de la liberación de energía contenida en los enlaces atómicos y moleculares.

En física, la podríamos definir como la capacidad que tienen los cuerpos de generar movimiento en sí mismos o en otros cuerpos. Esta capacidad abarca una enorme variedad de tipos, formas y métodos que la humanidad ha observado en la naturaleza, conceptualizado y desarrollado para adaptar y sostener nuestros estilos de vida.

Y es que la naturaleza y sus elementos marcaron el camino de los primeros pilares de la energía. El fuego, aunque no hay consenso sobre cuándo comenzamos a usarlo conscientemente, se estima que sucedió hace al menos 790.000 años<sup>1</sup>, transformando por completo nuestra forma de habitar el mundo dada su capacidad de calefacción e iluminación. El viento fue también un aliado clave, pues impulsó las primeras velas que llevaron civilizaciones por el mar y movió los molinos que molían cereales en la Edad Media. El agua también fue otro elemento importante, utilizada como medio para movilizar los molinos hidráulicos o para generar vapor capaz de impulsar las ruedas de los primeros barcos fluviales y mover los gigantescos pistones de las fábricas de la Revolución Industrial.

Pero también, incluso sin ponerle nombre aún, ocupamos las leyes de la física para sobrevivir y desarrollarnos. Desde la prehistoria, se utilizó la energía cinética (del movimiento) para lanzar flechas a grandes distancias, se creó la rueda y después las poleas para aprovechar la fuerza, y un sin fin de otras herramientas que permitieron el desarrollo de civilizaciones.

La energía se transformó en uno de los pilares centrales del desarrollo de la humanidad, siendo un punto crucial el centenio del 1700, cuando se empiezan a trabajar los motores a vapor, cuyo impacto marcó el rumbo de una nueva etapa de nuestra especie hacia el futuro: la industrialización con la primera Revolución Industrial. Con estos nuevos motores en diversas áreas, la producción comenzó a aumentar a pasos agigantados, impulsando cada vez más avances, mejoras tecnológicas y la expansión de la energía a más áreas, dando paso a la consolidación de la industria energética<sup>2</sup>.

### **Pero, ¿en qué momento empezamos a usar la electricidad?**

La electricidad es un fenómeno que siempre ha llamado la atención de nuestra especie. En la Antigua Grecia ya se experimentaba con el magnetismo del ámbar, sin embargo, no es hasta el siglo XVII (años 1600) que se comienza a acuñar el concepto de electricidad.

Después de una serie de experimentos físicos y químicos, se dio paso al descubrimiento de las cargas negativas y positivas, a los materiales conductores y aislantes, y a las primeras baterías y bombillas, permitiendo que a finales del siglo XIX (años 1800) y comienzos del XX (años 1900) Edison pudiese crear la bombilla eléctrica incandescente y aparecieran las primeras centrales eléctricas que iluminaron ciudades como Nueva York<sup>1</sup>.

Con la aparición de Nikola Tesla, inventor e innovador en la transmisión de electricidad, comenzó lo que se conoció como la “*guerra de las corrientes*”. Esta disputa enfrentó a Tesla con Thomas Edison, quien promovía el uso de la corriente continua (CC), mientras que Tesla impulsaba la corriente alterna (CA), una tecnología que resultó ser más eficiente para transportar electricidad a largas distancias. Gracias a esta innovación, la electricidad pudo llegar a más hogares, facilitando su expansión y uso masivo en ciudades de todo el mundo<sup>3</sup>.

## Corriente alterna versus corriente continua: definición y diferencias

Característica	Corriente Alterna (CA)	Corriente Continua (CC)
<b>Definición</b>	Tipo de corriente eléctrica que cambia de dirección periódicamente.	Tipo de corriente eléctrica que fluye siempre en la misma dirección.
<b>Dirección del flujo</b>	Alterna entre positiva y negativa (va y viene).	Siempre fluye en una sola dirección (de positivo a negativo).
<b>Ejemplo cotidiano</b>	La energía que llega a los enchufes del hogar.	Las pilas y baterías (como en un celular).
<b>Generación común</b>	Usada en plantas eléctricas y redes de transmisión.	Generada por paneles solares, baterías, cargadores portátiles.
<b>Uso principal</b>	Transporte de electricidad a largas distancias.	Electrónica y dispositivos pequeños que requieren flujo constante.
<b>Facilidad de transformación</b>	Fácil de transformar en diferentes voltajes con transformadores.	Más difícil de transformar; pues requiere de convertidores.
<b>Pérdidas de energía</b>	Menores pérdidas en transmisión gracias a la posibilidad de elevar el voltaje con transformadores.	Pierde más energía en transmisión convencional, aunque en sistemas modernos de alta tensión (HVDC) puede ser más eficiente.
<b>Frecuencia típica</b>	50 Hz (Europa y gran parte de América Latina) o 60 Hz (EE.UU.).	0 Hz (flujo constante sin alternancia).

**Nota:** tabla de elaboración propia.

### Abreviaciones técnicas interesantes relacionadas a corriente eléctrica

- **Hz (Hertz):** unidad de frecuencia que indica ciclos por segundo (ej. 60 Hz = 60 ciclos por segundo).
- **HVDC:** *High Voltage Direct Current*, en español *Corriente Continua de Alta Tensión* que consta de la transmisión a alta tensión, eficiente para largas distancias.
- **AC & DC (CA y CC):** *Alternating Current & Direct Current*, en español *Corriente Alterna y Corriente Continua*. Corresponde a la forma común para referirse a los dos tipos de corriente eléctrica.
- **V (Voltio):** unidad de medida del voltaje eléctrico o diferencia de potencial.
- **W (Watt):** unidad de potencia eléctrica, indica la cantidad de energía consumida o generada por segundo.
- **kWh (Kilovatio-hora):** unidad de energía eléctrica equivalente a mil vatios usados durante una hora.
- **DC-DC (CC-CC):** *Direct Current to Direct Current*, en español *Corriente Continua a Corriente Continua*. Es un convertidor que transforma un voltaje de corriente continua en otro nivel de voltaje, también de corriente continua.
- **DC-AC (CC-CA):** *Direct Current to Alternating Current*, en español *Corriente Continua a Corriente Alterna*. Es un dispositivo, también conocido como inversor, que convierte corriente continua en corriente alterna.

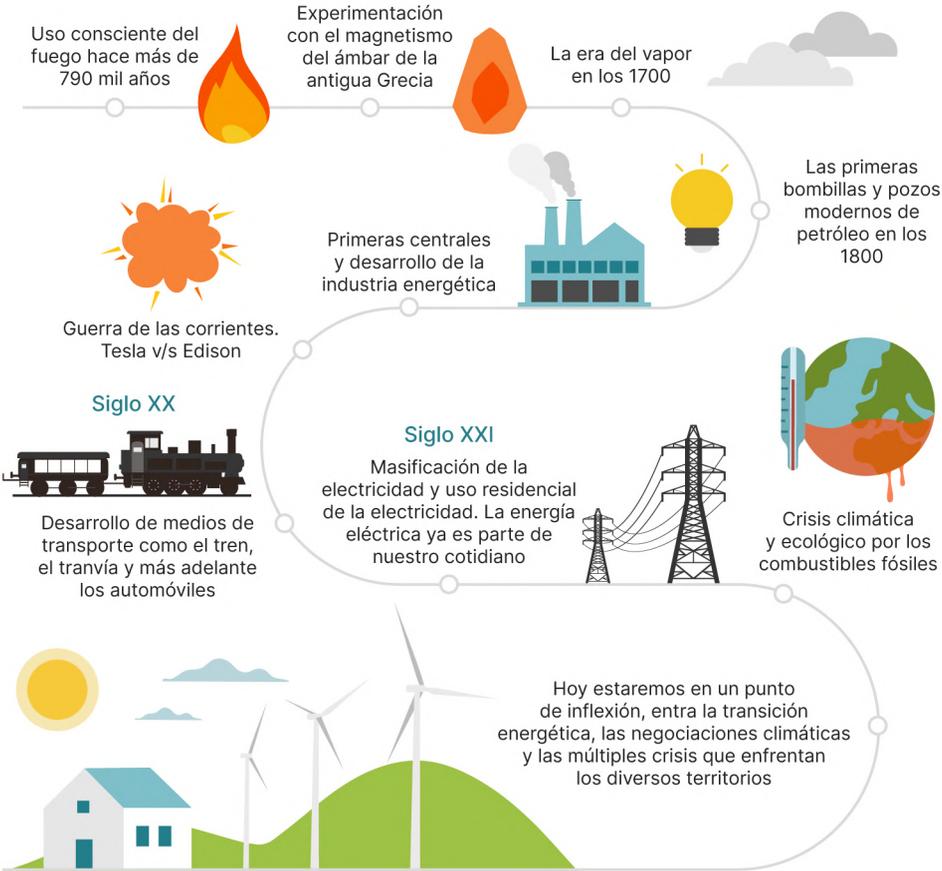
La electricidad comenzó rápidamente a expandirse llevando el alumbrado público a diversos lugares del mundo, para después entrar de lleno en el uso residencial. Paralelamente, el transporte también comenzó a cambiar. Las máquinas a vapor y el carbón permitieron la creación de trenes; la electricidad, la del tranvía; y los motores de combustión, permitieron la creación de los primeros automóviles. El icono del vehículo particular fue el Ford Modelo T en Reino Unido y se destacó por ser el primer automóvil fabricado en serie que conquistó mercados de todo el mundo.

La energía y la electricidad se fueron haciendo parte de nuestra vida en todas sus dimensiones hasta llegar al punto en el que nos encontramos hoy, en donde el consumo energético ha llegado a ser un indicador de qué tan desarrollada está la economía de un país<sup>4</sup>.

Esta industria incipiente se transformó en nuestra aliada para el progreso, y por ende, su demanda cada vez fue mayor, lo que incentivó el desarrollo de una maquinaria que cada vez debía producir más y más. El límite era lo que la humanidad necesitase, pero comenzamos a observar cambios que no habíamos visto desde que existimos como especie en la Tierra. Las temperaturas comenzaron a subir, los ríos a secarse, los glaciares a derretirse y algunas especies comenzaron a desaparecer. ¿Qué estaba pasando en el mundo y qué tenía que ver con la energía?

La humanidad se transformó en el motor dominante del actual cambio climático, siendo su causa principal la quema de combustibles fósiles.

### La energía y sus hitos



**Nota:** esquema de elaboración propia. La energía y sus hitos

## Transformación de la industria

Si retrocedemos en la historia, y en algunos hitos que mencionamos en la sección anterior, nos daremos cuenta de que nuestro desarrollo económico e industrial de los últimos 200 años se sostuvo principalmente en el consumo de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. Tres compuestos que nos permitieron rápidamente el desarrollo tecnológico de maquinarias, transporte y la electrificación de nuestras formas de vida. Sin embargo, este mismo progreso estuvo sustentado en procesos que estaban y siguen generando un daño ambiental profundo y sostenido.

Desde el primer informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas en 1990, se comenzó a reconocer que las actividades humanas estaban alterando la composición atmosférica, principalmente por el aumento de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>)<sup>5</sup>. Sin embargo, fue recién en el año 2001, con la publicación del Tercer Informe de Evaluación, que la comunidad científica internacional afirmó con más certeza que la mayor parte del calentamiento observado en las últimas décadas se debía a la actividad humana, especialmente al uso intensivo de combustibles fósiles y al modelo de desarrollo industrial<sup>6</sup>.

Con el tiempo, la certeza sobre la responsabilidad humana en el calentamiento global ha ido aumentando. En su informe más reciente (2023), el IPCC fue más categórico. Hoy se afirma, sin lugar a dudas, que la influencia humana ha calentado la atmósfera, los océanos y la superficie terrestre<sup>7</sup>.

### Progresión del grado de certeza sobre la influencia humana según el IPCC

Año	Informe del IPCC	Nivel de certeza	Aumento de GEI (CO <sub>2</sub> eq) <sup>1</sup>	Contexto histórico (global)
1990	Primer Informe	“Posible influencia humana”	~354 ppm	Auge industrial, incremento sostenido de CO <sub>2</sub>
2001	Tercer Informe	“Probable (>66%)”	~371 ppm	Expansión del uso de combustibles fósiles y crecimiento global <sub>2</sub>
2014	Quinto Informe	“Muy probable (>90%)”	~398 ppm	Inicio del auge renovable, pero alta dependencia fósil
2023	Sexto Informe	“Inequívoco”	~419 ppm	Consenso científico total sobre responsabilidad humana

**Nota:** tabla de elaboración propia a partir de información obtenida de Reportes del IPCC<sup>8</sup>.

## **Pero, ¿cómo llegamos a este punto?**

La Revolución Industrial fue un antes y un después en nuestra relación con la naturaleza. A partir del siglo XIX (años 1800), la incorporación masiva de tecnologías como la máquina de vapor y el uso intensivo del carbón, que en ese momento era abundante y barato, permitió el movimiento de trenes y barcos, expandiendo todas las capacidades industriales. De pronto, el trabajo de mil personas cabía en un solo motor. Esta ola, o bien llamada revolución, no solo transformó las economías, sino que consolidó un modelo de desarrollo basado en el crecimiento continuo, la extracción de recursos y el consumo energético intensivo.

A medida que este modelo se globalizó, se comenzó a abrir una nueva brecha. Los países industrializados concentraron la manufactura y el capital para esta nueva industria, mientras que otras naciones fueron quedando relegadas a exportar materias primas, tales como cobre, caucho, azúcar, metales, salitre, entre otras. Con el tiempo se consolidaron roles y poderes dentro de un sistema económico en el que, a mayor industrialización, mayor acumulación de capital. Así, mientras algunos países crecían y obtenían beneficios económicos, otros fueron quedando rezagados del desarrollo, al alero de la demanda de aquellos estados que lograron posicionarse como potencias económicas.

Incorporar nuevas tecnologías y tornar los sistemas económicos a las industrias, involucra necesariamente más energía, y por lo tanto, más extracción y consumo de combustibles fósiles. Entre 1850 y 1950, el uso mundial del carbón se multiplicó por veintidós. Por otro lado, el petróleo pasó de 181 teravatio-hora (TWh) de consumo en el 1900, a ser la columna vertebral del transporte y la economía, con un consumo de más de 26.000 TWh en 1970 y 55.000 TWh en 2024<sup>9</sup>.

El resultado fue un aumento sin precedentes en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que rondaban las 280 partes por millón (ppm) en 1750, alcanzaron las 325 ppm en 1970 y superaron las 420 ppm estimadas para 2024<sup>10</sup>. En otras palabras, por cada millón de moléculas en el aire, 420 son de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Si quieres visualizarlo de forma más concreta, es como si en un estadio con un millón de personas, 420 de ellas fueran CO<sub>2</sub>, una cantidad suficiente para alentar a un equipo, pero que en la Tierra se transformó en una cantidad más que suficiente para alterar el equilibrio energético.

## ¿Cómo es el proceso de transformación que lleva a los combustibles fósiles a convertirse en la electricidad que usamos todos los días?

La producción de energía a partir de combustibles fósiles comienza con la extracción de recursos naturales como el carbón, el petróleo y el gas natural, materias primas que se formaron hace millones de años a partir de restos orgánicos sometidos a altas presiones y temperaturas bajo la superficie terrestre, lo que los convierte en recursos no renovables, es decir, que pueden agotarse.

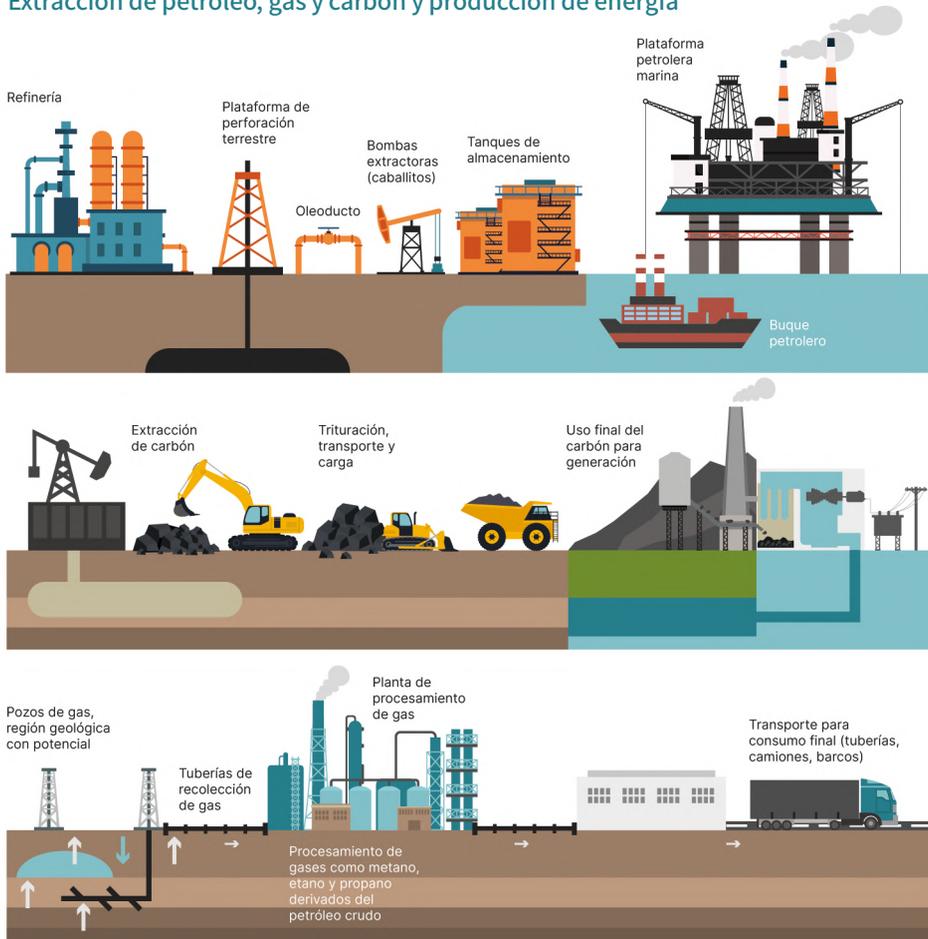
El carbón se extrae mediante minería subterránea o a cielo abierto, y suele pasar por procesos de trituración, clasificación o lavado antes de su uso en centrales térmicas. El petróleo crudo y el gas natural, en cambio, se obtienen perforando pozos en tierra o en el mar, muchas veces usando plataformas flotantes para mantenerse sobre el nivel del océano.

En el caso del petróleo crudo y el gas natural, una vez extraídos, deben ser procesados antes de poder usarse como fuente de energía. El petróleo se envía a refinerías, donde se transforma en productos derivados como el diésel, o el *fuel oil*. Estos derivados pueden utilizarse luego en centrales termoeléctricas, donde su combustión genera el calor necesario para producir electricidad. Por otro lado, el gas natural, pasa por un proceso de acondicionamiento para eliminar impurezas como dióxido de carbono, sulfuros o agua. En algunos casos, se somete a un proceso de licuefacción, convirtiéndose en gas natural licuado (GNL) para facilitar su transporte. Una vez refinados o acondicionados, estos combustibles son transportados a través de oleoductos, gasoductos, trenes o barcos hasta su destino final. Esto puede ser una planta termoeléctrica, una fábrica de fertilizantes, depósitos intermedios o redes de distribución.

En el caso de las plantas termoeléctricas, el combustible se quema en grandes calderas, lo que genera vapor a alta presión. Este vapor mueve turbinas conectadas a generadores, transformando la energía térmica en energía mecánica y luego en electricidad.

Así, una reacción química ocurrida hace millones de años bajo la superficie terrestre se convierte, tras una larga cadena de procesos, en la energía que enciende la TV, la lámpara de tu escritorio, alimenta el cargador de tu teléfono y empuja las actividades de nuestra sociedad.

## Extracción de petróleo, gas y carbón y producción de energía



**Nota:** esquema de elaboración propia. Extracción de petróleo, gas y carbón y producción de energía.

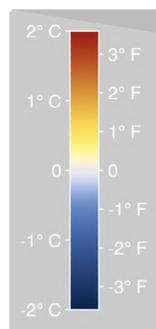
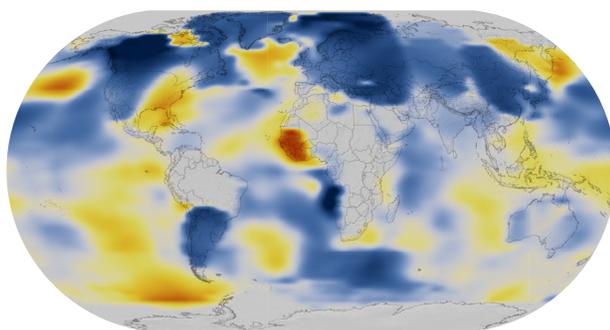
Si bien es la quema de los combustibles la etapa en donde más se liberan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la verdad es que tanto la etapa de extracción como la de transporte conllevan una serie de riesgos e impactos socioambientales, tales como la degradación de los ecosistemas, potenciales vertimientos, el desplazo de comunidades, contaminación de aguas, liberación de material tóxico al aire, entre otros.

A medida que se fueron publicando diferentes estudios, las alertas comenzaron a encenderse en la comunidad académica, pero también en los territorios, quienes comenzaron a observar consecuencias tangibles. Las zonas de sequía comenzaron a aumentar, las olas de calor se hicieron cada vez más frecuentes. En sectores cercanos

a refinerías aumentaron las intoxicaciones, las marejadas comenzaron a subir a puntos cada vez más altos en las costas y los incendios forestales se transformaron en una realidad de todos los veranos.

Para que te hagas una idea te invitamos a observar los siguientes mapas de visualización de temperatura de la NASA. Para esta representación, la comunidad científica estableció un rango de temperatura normal sacando un promedio entre 1950 y 1980. Las temperaturas que califican dentro de rangos normales están en colores blanquecinos; las que están debajo de lo normal, en azules más oscuros; y las que han superado lo normal, en naranjos y rojos.

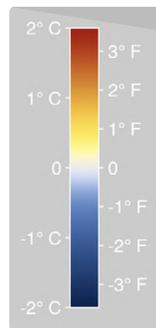
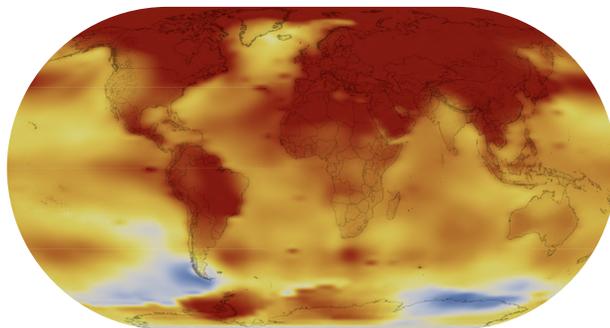
### Mapa anomalías de la temperatura global 1881



**Nota:** mapa obtenido del Estudio de Visualización Científica de la NASA (SVS)<sup>11</sup>.

En este primer mapa del año 1881 podemos observar varias zonas de tonos azules, ya que estamos situados en un periodo de una industrialización no tan desarrollada, en donde si bien existían algunos lugares con temperatura sobre el promedio, no era una tendencia globalizada.

### Mapa anomalías de la temperatura global 2023



**Nota:** mapa obtenido del Estudio de Visualización Científica de la NASA (SVS)<sup>11</sup>.

Ahora bien, si observamos uno más reciente, correspondiente al año 2023, el panorama cambia drásticamente. A nivel global las temperaturas han superado los promedios, y no solo en ciertos puntos, sino que en gran parte del planeta. Esta imagen nos muestra que estamos enfrentando un fenómeno de una tremenda envergadura, que conlleva una serie de desafíos, diálogos, resistencias y oportunidades.

Hasta hoy, existen algunos acuerdos internacionales sobre este tema, de los que hablaremos más adelante en el libro, pero por ahora, ten en mente que el más importante es el Acuerdo de París, un tratado global cuyo objetivo es limitar el calentamiento del planeta a muy por debajo de los 2,0°C y hacer todo lo posible por mantenerlo en solo 1,5°C. (¡Por eso nuestra organización se llama Uno Punto Cinco!) Esta diferencia puede parecer pequeña, pero representa un cambio enorme. Mantenernos en ese rango nos permitiría seguir viviendo en un planeta con condiciones óptimas para la vida a largo plazo.

### En base a lo que ya has leído hasta aquí ¿qué sector crees que es clave transformar para frenar esta crisis?

Si pensaste en el energético, estás en lo correcto. Tal como mencionamos antes, la quema de combustibles fósiles para alimentar con energía una industria que viene creciendo desde los años 1700, es el principal motivo de aceleración del cambio climático. Desde el 1800 hasta el 2024 el consumo primario de energía ha aumentado en un 3197%, es decir, en 224 años hemos aumentado en más de 30 veces el consumo de energía, un aumento que no solo ha sido sumamente rápido sino que también de una gran envergadura<sup>12</sup>.

### Consumo energético 1800 versus 2024

Año	Consumo energético (índice base 1800 = 100)	Principales fuentes energéticas	Participación fósil (%)	Principales sectores consumidores	Emisiones de CO <sub>2</sub> asociadas (estimadas)
1800	100	Biomasa (leña), carbón	1,7%	Calor para hogares y cocinas	Muy bajas (<< 1GtCO <sub>2</sub> )
2024	3.297	Petróleo, carbón, gas, renovables	76,4%	Industria, transporte, servicios, TICs	37,8 GtCO <sub>2</sub> (estimación global)

**Nota:** tabla de elaboración propia a partir de datos de Our World in Data y el Global Energy Review de la IEA<sup>12</sup>. **Índice base:** valor de referencia que permite medir el crecimiento relativo del consumo energético. El año 1800 se fija en 100; los valores posteriores indican cuántas veces ha aumentado desde entonces. Biomasa ≠ fósil. **TICs:** tecnologías de la información y la comunicación. **GtCO<sub>2</sub>:** gigatoneladas de dióxido de carbono.

El sector energético alimenta gran parte de las actividades que realizamos, debido al uso creciente de herramientas tecnológicas y de automatización, las que efectivamente han contribuido a nuestro desarrollo. Sin embargo, este modelo y esta velocidad no son sostenibles para la vida humana o la de las otras especies, por lo que necesitamos entrar en un proceso de transición, tanto en nuestra matriz energética como en nuestro modelo de desarrollo.

## La era de la transición

Nos encontramos en un momento histórico para la humanidad, en donde las decisiones que se tomen frente a las emisiones, la energía y el cambio climático irán trazando de forma determinante nuestro futuro y forma de vida en la Tierra, por lo que subirnos al carro de la transición energética no es solo una opción, sino que un deber de los países para asegurar una buena calidad de vida y el cuidado de la naturaleza.

Frente a este gran desafío, los debates, dimensiones y perspectivas son diversos. Sin embargo, la transición, a grandes rasgos se ha entendido como un proceso transformador de la manera en que producimos y consumimos energía, cuyo principal pilar es dejar atrás los combustibles fósiles y generar sistemas basados en las energías renovables.

Este proceso ha generado una serie de tiras y aflojas a nivel de países, empresas, y comunidades, en relación con los tomadores de decisiones. Lograr la meta de no superar el aumento global de 2°C requiere de mucha cooperación y de una postura integral, ya que cambiar un sistema energético requiere de planificación, debido a la diversidad de dimensiones que puede afectar.

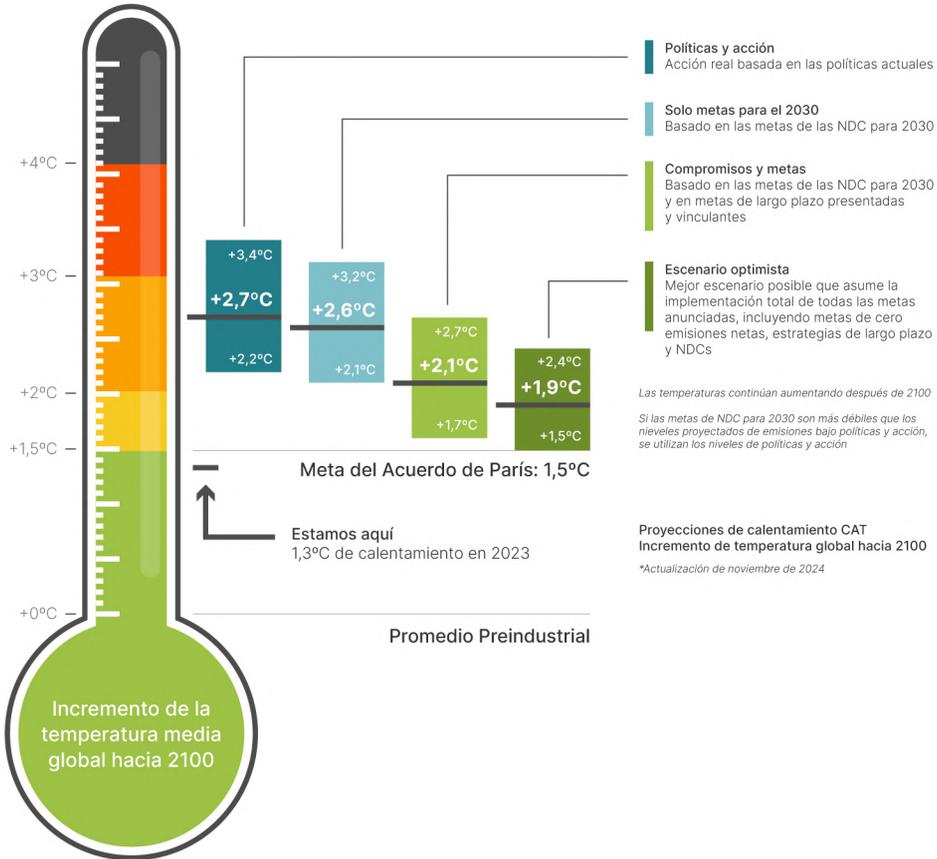
Al día de hoy, hay países que han intentado ser ambiciosos con sus compromisos climáticos, por ejemplo, estableciendo metas exigentes de reducción de emisiones o acelerando la transición energética, pero hay otros que definitivamente han cedido con menores compromisos por razones económicas, pues los combustibles fósiles representan un beneficio para sus países y economías.

Existen comunidades que se han visto afectadas por la expansión de las redes energéticas y otras que se han visto afectadas por el cierre de termoeléctricas. Algunas empresas petroleras, o de gas, han levantado las alertas por posibles afectaciones a sus ingresos, mientras que otras han surgido dando el vuelco hacia la producción renovable. Y esto es solo hablando de nuestra especie, porque cuando pensamos en cómo la transición podría afectar la naturaleza, la discusión se complejiza aún más.

Es a partir de todas estas tensiones y desafíos que el concepto de transición energética ha ido sumando apellidos como la palabra “justa”, para referirse a que hoy tenemos la oportunidad y el deber de no solo realizar un recambio tecnológico desde los combustibles fósiles a energías renovables, sino que también de repensar nuestros sistemas y las formas en que tomamos decisiones, para no repetir las mismas brechas y costos actuales, sobre todo en aquellas poblaciones más vulnerables.

El desafío es enorme y los tiempos, limitados, pero esto no es una misión imposible, siempre que se aborde con responsabilidad, visión de futuro, planificación, justicia y, sobre todo, cooperación. Con las medidas que algunos países ya han decretado e implementado, ya es posible realizar ciertas proyecciones, como la que puedes observar en la siguiente figura.

### Proyecciones de aumento de temperatura



**Nota:** termómetro del incremento de temperatura global Climate Action Tracker<sup>13</sup>. CAT: Climate Action Tracker.

Desde la plataforma *Climate Action Tracker* han proyectado que, en un escenario donde se implementen todos los compromisos y metas declarados por los países a través de sus políticas, la temperatura promedio global aumentaría aproximadamente en 2,1°C al 2100. Esto no solo supera la meta ideal del Acuerdo de París, sino que también nos mantiene en una situación límite frente a un calentamiento que podría ser mayor. Y lo más preocupante: este es uno de los escenarios más favorables. Sin lugar a dudas debemos aumentar la ambición climática, especialmente en aquellos países que concentran la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como China, Estados Unidos, India, Rusia, Japón y Brasil, entre otros.

### Comparación global de emisiones al 2023 y población al 2024

País	% de emisiones globales	% de población mundial	Tipo de economía	Rol en transición energética
China	~30 - 31%	~18%	Emergente / Industrial	Mayor emisor global; produce tecnologías limpias pero sigue muy dependiente del carbón.
Estados Unidos	~14%	~4%	Desarrollada	Alta responsabilidad histórica; clave en decisiones globales.
India	~7%	~17%	Emergente / con alta pobreza	Demanda en alza; invierte en solar y nuclear, pero crece el uso de carbón.
Rusia	~5%	~1,8%	Emergente / exportadora	Emisor importante; avanza lento en diversificación renovable.
Japón	~3%	~1,5%	Desarrollada	Avanzado tecnológicamente; apuesta por nuclear y solar.
Brasil	~1,3%	~2,7%	Emergente / diversificada	Rico en renovables (especialmente hidroeléctricas); aún emite con fósiles.

**Nota:** tabla de elaboración propia a partir de datos del Atlas Global de Carbón<sup>14</sup> y el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas<sup>15</sup>.

Ahora bien, este libro dice en su título “Latinoamérica y el Caribe”, entonces, ¿qué pasa en la región? ¿Por qué queremos hablar de eso?

América Latina y el Caribe no solo presenta dinámicas sociales, económicas y ecosistémicas particulares, sino que también ha sido un punto clave en los debates, negociaciones y diálogos de la transición energética. Como bloque regional, se ha posicionado como una zona estratégica para el desarrollo de energías renovables, gracias a sus condiciones geográficas y a la riqueza en recursos clave como el litio, el cobre e incluso la producción de hidrógeno “verde”<sup>16</sup>. Al mismo tiempo, enfrenta grandes desafíos derivados de sus altos niveles de desigualdad, pobreza y, en muchos casos, inestabilidad política, pero ¿qué ocurre dentro de nuestro territorio? ¿Cuáles son los desafíos locales y cómo nos posicionan a nivel global? ¿Es realmente beneficioso para la región albergar estos recursos si el modelo sigue centrado en su explotación y exportación?

Si bien América Latina y el Caribe aporta con alrededor de un 10% de las emisiones globales, los desafíos y dimensiones de la transición van mucho más allá de ese porcentaje, ya que involucran desafíos en dimensiones económicas, sociales, geográficas y ambientales<sup>17</sup>.

### **¿Cuál es el panorama general de la región frente a la transición energética? ¿Qué debemos saber?**

Acompáñanos durante los próximos diez capítulos a explorar estas preguntas, pero también a plantearnos muchas más, porque todavía queda mucho por conversar.



Calentamiento global, crisis climática, cambio climático. Probablemente has escuchado más de una vez alguno de estos conceptos, sobre todo durante los últimos años, pero en concreto ¿a qué se refieren?

Cuando hablamos de cambio climático, estamos hablando de un proceso de transformación de los diferentes componentes del clima, siendo uno de los más notorios, el aumento de la temperatura global. Si bien este proceso puede ocurrir de forma natural, como ha ocurrido en el pasado por diferentes fenómenos como las erupciones de volcanes o el impacto de meteoritos, desde la Revolución Industrial la actividad humana se ha convertido en su principal causa. Y es justamente en este punto donde queremos detenernos. Entender cómo la acción humana está modificando el clima no solo es clave para dimensionar el problema, sino también para identificar oportunidades de cambio.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define al cambio climático como *“un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”*<sup>1</sup>.

### **Y cuando se habla de actividad humana ¿a qué se refiere concretamente?**

Principalmente, a la quema masiva de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas. Estos procesos liberan gases que atrapan el calor en la atmósfera,

como si envolviera a la Tierra en una manta invisible que impide que el calor escape. A esto lo conocemos como el efecto invernadero<sup>2</sup>.

Entre los principales gases de efecto invernadero se encuentran el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), los gases fluorados (como HFCs y  $\text{SF}_6$ ) y el vapor de agua. Cada uno de ellos tiene diferentes características en cuanto a su capacidad para atrapar el calor y el tiempo que permanecen en la atmósfera.

Por ejemplo, aunque el  $\text{CH}_4$  tiene una mayor capacidad de atrapar calor que el  $\text{CO}_2$ , permanece menos tiempo en la atmósfera. En cambio, el  $\text{CO}_2$ , aunque es menos potente, puede permanecer cientos de años en la atmósfera, acumulándose y contribuyendo al calentamiento a largo plazo<sup>3</sup>.

### **¿Son malos los gases de efecto invernadero?**

Si la Tierra no tuviese atmósfera, su temperatura media sería de aproximadamente  $-18^\circ\text{C}$ . Con un frío tan extremo, la vida tal como la conocemos no podría existir. Sin embargo, gracias a la presencia de gases de efecto invernadero naturales, la temperatura media actual ronda los  $14^\circ\text{C}$ . El principal responsable de este fenómeno es el vapor de agua, que contribuye con cerca de dos tercios al efecto invernadero natural. Su concentración en la atmósfera varía según la altitud, oscilando entre el 0,01% y el 4,24%.

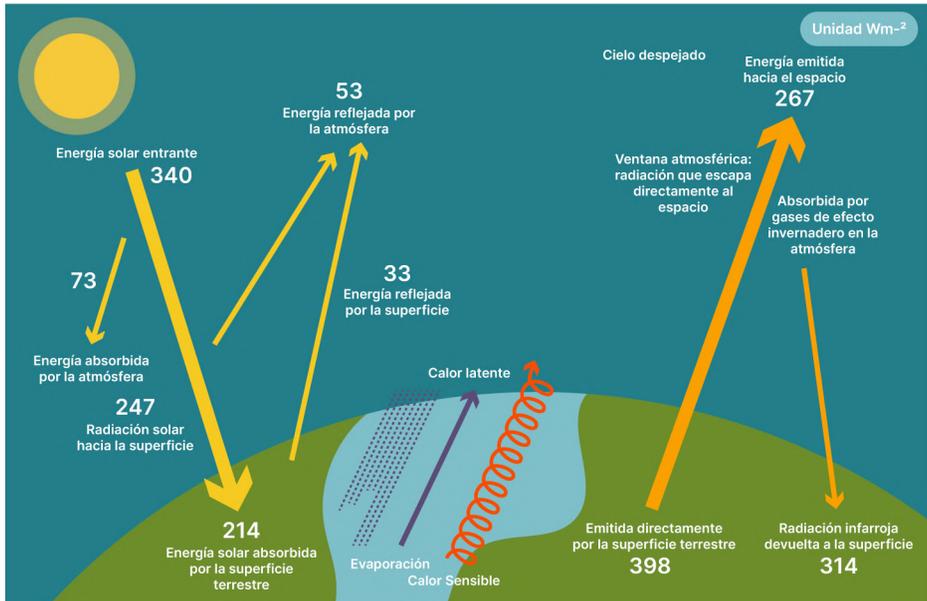
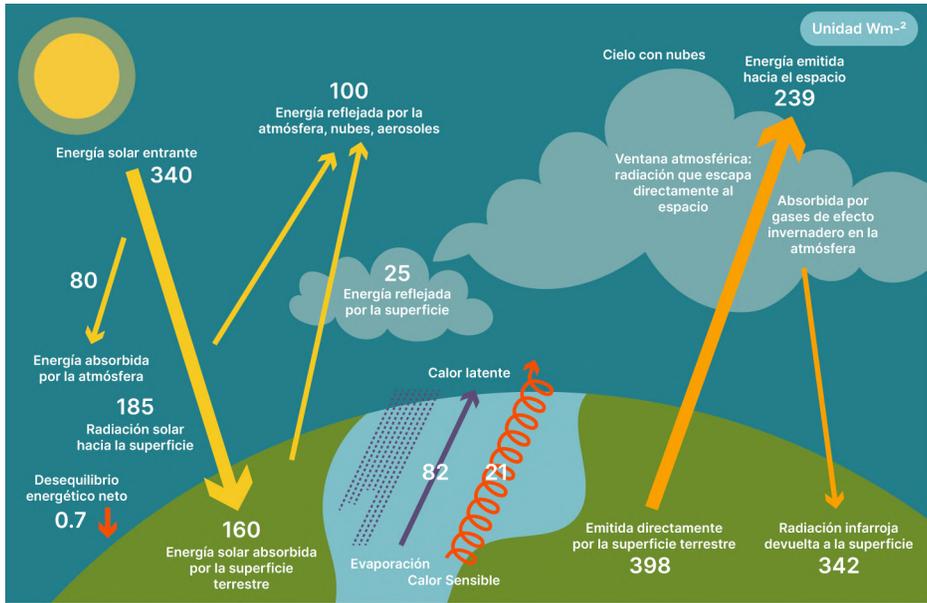
El segundo gas más relevante es el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), cuya concentración es mucho menor (alrededor del 0,04%), pero que representa aproximadamente el 60% del efecto invernadero causado por la actividad humana. Otros gases con menor presencia pero con un impacto significativo incluyen el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los gases fluorados.

El problema actual no radica en la existencia de estos gases, sino en su exceso, ya que hoy sus concentraciones son más altas que en cualquier otro momento de los últimos 800.000 años<sup>4</sup>.

### **Pero ¿cómo funciona esto y qué tan grande es este desequilibrio?**

Para entenderlo, es necesario observar el balance energético del planeta, es decir, la diferencia entre la energía que recibe del Sol y la que emite de vuelta al espacio.

## Balance de energía radiativa que recibe y emite la Tierra, efecto invernadero y albedo terrestre



**Nota:** reelaboración a partir de la Figura 7.2 del Informe del IPCC AR6, WG<sup>15</sup>.

**$Wm^{-2}$ :** vatio por metro cuadrado; unidad compuesta que mide densidad de flujo energético, es decir, cuánta energía pasa por cada metro cuadrado de superficie en un segundo.

### Datos interesantes del balance

La radiación solar que llega a la Tierra y la radiación térmica que esta emite al espacio se mide mediante satélites equipados con radiómetros, instrumentos diseñados para detectar y cuantificar la energía térmica. Además, el aumento de temperatura en los océanos y la atmósfera se monitorea desde la década de 1990 gracias a miles de sensores distribuidos por todo el planeta.

La Tierra pierde calor de dos formas: reflejando parte de la radiación solar mediante nubes, nieve o hielo, lo que se conoce como albedo terrestre; y emitiendo radiación infrarroja hacia el espacio. Este intercambio genera un balance energético. Si el resultado neto en la atmósfera es positivo, indica que el sistema está acumulando energía (calentamiento); si es negativo, está perdiendo energía (enfriamiento).

La llamada *ventana atmosférica* es un intervalo específico del espectro electromagnético en el que la radiación infrarroja, es decir, el calor, puede escapar al espacio sin ser absorbida por los gases de efecto invernadero. En términos simples, es el canal por el que la Tierra logra disipar parte de su calor hacia el exterior.

Según datos del IPCC AR6<sup>5</sup>, la Tierra recibe en promedio  $340 \text{ W/m}^2$  de energía solar en la parte alta de la atmósfera. De esta energía  $100 \text{ W/m}^2$  son reflejados por nubes, aerosoles y la superficie terrestre, y el resto (los  $240 \text{ W/m}^2$  restantes) son absorbidos por el sistema climático:  $80 \text{ W/m}^2$  por la atmósfera, y  $160 \text{ W/m}^2$  por la superficie terrestre.

Los gases de efecto invernadero y las nubes reflejan hacia la superficie aproximadamente  $342 \text{ W/m}^2$  en forma de radiación infrarroja. La Tierra, por su parte, emite hacia el espacio unos  $239 \text{ W/m}^2$  a través de la llamada ventana atmosférica y radiación térmica. Esto genera un desequilibrio energético de  $+0,7 \text{ W/m}^2 \pm 0,2 \text{ W/m}^2$ .

### ¿Qué significa esto?

Si desglosamos esta cifra, significa que cada metro cuadrado del planeta acumula  $0,7$  watts de energía extra por segundo, por eso la cifra va acompañada de un signo “+”, ya que es mayor la cifra de energía que entra que la que sale.

Estas cifras actualizadas reemplazan y superan con creces estimaciones anteriores de organismos como el Centro Nacional de Investigación Atmosférica de Estados Unidos (NCAR, por sus siglas en inglés). Para el periodo entre 2000 y 2004, sus datos señalaban una recepción neta de 494 W/m<sup>2</sup> (compuestos por 161 W/m<sup>2</sup> provenientes del Sol y 333 W/m<sup>2</sup> de radiación retornada por gases de efecto invernadero), y una emisión de 493 W/m<sup>2</sup>. Este pequeño desequilibrio reflejaba un ligero calentamiento del sistema terrestre<sup>4</sup>.

Sabemos entonces que parte de esa energía queda retenida en la Tierra en forma de calor. En las últimas décadas, esta se ha distribuido de la siguiente manera: en los océanos (91%), en el suelo terrestre (5%), en los hielos y glaciares (3%) y en la atmósfera (1%)<sup>4</sup>.

Este aumento de energía (calor) en nuestro sistema terrestre ha generado cambios y desequilibrios con múltiples consecuencias para la vida en la Tierra. Entre ellas se encuentran el aumento del nivel del mar, el calentamiento de los océanos, la pérdida y derretimiento de glaciares y capas de hielo, el aumento de la temperatura atmosférica con olas de calor que cada vez logran romper nuevos récords, una mayor frecuencia de otros eventos meteorológicos extremos, entre otras.

El aumento de la temperatura es capaz de alterar los patrones de los ecosistemas, pone en riesgo la biodiversidad, afecta la disponibilidad de alimentos y compromete las estructuras que hoy nos permiten vivir y desarrollarnos en la Tierra.

### ¿Y qué tiene que ver todo esto con la energía?

Hoy no podemos hablar de cambio climático sin hablar de energía, y es que, como vimos en el Capítulo 1, la industria energética y su desarrollo se transformaron en un motor de quema de combustibles fósiles. Si hay una medida urgente que deben tomar los países para disminuir las emisiones y evitar un mayor aumento de la temperatura global es transformar sus matrices energéticas.

Ahora bien, este punto no se alcanzó de forma repentina. A lo largo de la historia, la relación entre la sociedad y la naturaleza ha evolucionado según nuestras necesidades sociales, políticas y económicas. Este proceso ha dado lugar a distintos enfoques de gobernanza ambiental, que van desde la explotación intensiva de los recursos naturales hasta la búsqueda actual de soluciones para enfrentar la crisis climática.

---

#### ¿Y qué significa el $\pm 0,2 \text{ W/m}^2$ ?

La expresión " $\pm 0,2 \text{ W/m}^2$ " representa el margen de incertidumbre asociado a la medición, ya que estos cálculos no son posibles de hacer con exactitud debido a la complejidad de las variables que hay que considerar.

Es por ello que se establece que esa cifra puede ser 0,2 mayor (+) o 0,2 menor (-) situando el valor real entre 0,5 y 0,9 W/m<sup>2</sup>.

---

Durante las eras preindustrial e industrial, la naturaleza era concebida como un bien económico prácticamente inagotable. Sin embargo, desde mediados del siglo XX (años 1900), la protección ambiental comenzó a posicionarse como una preocupación global, siendo su primer hito la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de Estocolmo en 1972, instancia que marcó el inicio a las primeras regulaciones más estrictas a través de acuerdos y encuentros internacionales como la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992.

En el presente, sabemos que las materias que se extraen de la naturaleza no solo se acaban, sino que también los procesos de extracción y producción generan impactos negativos en el ambiente, lo que no solo puede significar un riesgo económico, sino que una amenaza inminente a la vida nuestra y la de otras especies.

La evidencia del cambio climático ha impulsado una nueva fase en la gobernanza ambiental: la gestión de la crisis climática en la era del Antropoceno, un término propuesto para definir la época geológica actual, caracterizada por el impacto significativo de las actividades humanas en el planeta<sup>6</sup>. Ante esta realidad, la comunidad internacional enfrenta la creciente urgencia de adoptar medidas más drásticas para frenar el calentamiento global y la pérdida de biodiversidad.

Ahora bien, el aumento de temperatura es inevitable y el sistema terrestre ya está siendo alterado. Entonces, como humanidad debemos ser capaces de avanzar en dos direcciones al mismo tiempo: por un lado, mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero para ralentizar y frenar lo más posible el aumento sostenido de temperaturas; y por otro, adaptarnos a un nuevo sistema climático que exige resiliencia y transformación.



## Mitigación

Medidas y/o acciones para reducir o prevenir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Algunos ejemplos de medidas de mitigación son:

- Transición a energías renovables (solar, eólica)
- Eficiencia energética en edificios e industria
- Electromovilidad y transporte público limpio
- Gestión sostenible de residuos
- Protección y restauración de bosques nativos (sumideros de CO<sub>2</sub>)
- Agricultura regenerativa y prácticas de captura de carbono en suelos

## Adaptación

Medidas y/o acciones para ajustar nuestros sistemas ecológicos, sociales y económicos para enfrentar los efectos actuales o futuros del clima. Esto implica modificar prácticas, procesos y estructuras con el fin de reducir impactos negativos o aprovechar nuevas oportunidades que surgen del cambio climático.

Algunos ejemplos de medidas de adaptación son:

- Infraestructura resiliente frente a eventos climáticos extremos
- Sistemas de alerta temprana y planes de evacuación
- Cambio en patrones de cultivo frente a sequías o lluvias intensas
- Captación y almacenamiento de agua en zonas áridas

En ese contexto se consolida el Acuerdo de París, un compromiso en el que como ya mencionamos más atrás en el libro, busca limitar el aumento de la temperatura media global muy por debajo de los 2 °C respecto a los niveles preindustriales y generar los esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C. Además, busca fortalecer la resiliencia frente a los impactos climáticos y fomentar un desarrollo con bajas emisiones de carbono.

Este acuerdo fue adoptado en 2015 durante la COP21 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y se posiciona como un tratado internacional en el que 196 partes (195 países y la Unión Europea) se han comprometido a combatir el cambio climático.

A diferencia de tratados anteriores, como el Protocolo de Kioto adoptado en 1997, que establecía compromisos de reducción de emisiones únicamente para los países desarrollados, o el Acuerdo de Copenhague de 2009, que carecía de fuerza legal al no haber sido adoptado formalmente como decisión de la COP y que no imponía compromisos vinculantes de reducción de emisiones, el Acuerdo de París propone una arquitectura más inclusiva y universal. En este nuevo marco, todos los países deben presentar planes de acción climática, conocidos como Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), los que deben actualizarse cada cinco años con niveles de ambición progresivamente mayores. Además, estos planes también contemplan apoyo o necesidades en el ámbito financiero y cooperación tecnológica para los países en desarrollo.

En la siguiente línea de tiempo, podrás observar cómo fue cambiando la conversación a nivel internacional en cuanto a la crisis climática, desde la Declaración de Estocolmo en 1972, hasta el Balance Global de la COP28 del año 2023.

## 10 hitos de la historia de la gobernanza ambiental internacional

### Informe Brundtland

Publicado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, introduce el concepto de desarrollo sostenible como aquel que *“satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”*. El informe destaca la necesidad de integrar el crecimiento económico con la equidad social y la protección ambiental.

### Cumbre de Johannesburgo

También conocida como Río+10, reafirma los compromisos de Río 1992 y adopta un Plan de Implementación para acelerar la acción en desarrollo sostenible. Promueve alianzas entre gobiernos, sector privado y sociedad civil, con énfasis en la erradicación de la pobreza, el acceso al agua y la energía sostenible.

1972      1987      1992      2002      2012

### Declaración de Estocolmo

Primera conferencia mundial de la ONU sobre el medio ambiente, celebrada en Suecia. Reconoce por primera vez el derecho humano a un ambiente saludable y marca el inicio de la cooperación internacional en temas ambientales.

Como resultado, se crea el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con sede en Kenia (Nairobi), para coordinar la acción ambiental global.

### Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro

Se crea la Declaración de Río estableciendo 27 principios para guiar el desarrollo sostenible, destacando la participación ciudadana, la equidad intergeneracional y la responsabilidad común pero diferenciada.

Se lanza la Agenda 21, un plan de acción global para promover el desarrollo sostenible. Además, se adoptan dos convenciones clave:

1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC),

2. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD).

### Conferencia Río+20

Celebrada en Río de Janeiro, produce el documento *“El futuro que queremos”*, que reafirma los principios de Río 1992 e inicia el proceso para definir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Promueve la economía verde, el fortalecimiento institucional y la gobernanza ambiental.



## COP28 de la ONU Cambio Climático - Balance Global

Un informe resultado de la COP28 que muestra que el mundo no va camino de cumplir la meta de 1,5 °C. En mitigación, pide triplicar la capacidad global de energía renovables, duplicar la eficiencia energética y “transicionar para dejar atrás” los combustibles fósiles para cortar las emisiones un 43% antes de 2030 y un 60% antes de 2035. En adaptación, advierte que los esfuerzos siguen dispersos y exige respuestas urgentes y transformadoras, junto con mayor apoyo para “pérdidas y daños”. En financiamiento, subraya una brecha monumental: se requieren entre 5,8 y 5,9 billones de dólares hasta 2030, mientras la ayuda climática de 2021 (USD 89,6 mil millones) aún no alcanza la meta de 100 mil millones de dólares anuales; por ello, insta a duplicar los fondos de adaptación y alinear todos los flujos financieros con una economía de cero emisiones.

## Objetivos de Desarrollo Sostenible y Agenda 2030

Adoptados por todos los Estados Miembros de la ONU, los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible que comprenden 169 metas, buscan erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos al 2030. Su enfoque es integral, abordando la dimensión ambiental, social y económica. Son universales, indivisibles y se aplican a todos los países.



## COP26 de la ONU Cambio Climático - Pacto de Glasgow

El resultado de la COP26 refuerza el Acuerdo de París con metas más ambiciosas. Llama a reducir el uso del carbón, aumentar la financiación climática y reconoce el papel de la naturaleza como aliada clave en la acción climática.



2015

2021

2023

2022

## COP21 de la ONU Cambio Climático - Acuerdo de París

Adoptado por 196 países, establece el compromiso global de limitar el calentamiento global a menos de 2 °C, preferiblemente a 1,5 °C. Crea la obligación de todos los países en publicar sus planes climáticos llamados Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs), que considera los compromisos que los países adoptan en mitigación, adaptación y los mecanismos de financiamiento climático necesarios para los países en desarrollo.



COP21 - CMP11  
**PARIS 2015**  
CONFERENCIA DE NACIONES UNIDAS  
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO 2015

## Estocolmo +50

Conmemora los 50 años de la Conferencia de 1972. Reafirma el compromiso con los ODS y llama a acelerar la acción ambiental, integrar las agendas sociales y ambientales, y empoderar a las comunidades locales para lograr un futuro más justo y sostenible.



El año 2015 fue clave para definir los lineamientos que hemos seguido hasta la actualidad para abordar la crisis climática. El Acuerdo de París se transformó en el eje central de las políticas de cambio climático de todos los países que forman parte, y la Agenda 2030 pasó a ser un orientador general de las políticas públicas para los países que quieren avanzar en sistemas más justos a nivel económico, social y ambiental.

**ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible**

<b>1</b> FIN DE LA POBREZA 	<b>2</b> HAMBRE CERO 
<b>3</b> SALUD Y BIENESTAR 	<b>4</b> EDUCACIÓN DE CALIDAD 
<b>5</b> IGUALDAD DE GÉNERO 	<b>6</b> AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO 
<b>7</b> ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE 	<b>8</b> TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO 
<b>9</b> INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURAS 	<b>10</b> REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES 
<b>11</b> CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES 	<b>12</b> PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES 
<b>13</b> ACCIÓN POR EL CLIMA 	<b>14</b> VIDA SUBMARINA 
<b>15</b> VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES 	<b>16</b> PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS 
<b>17</b> ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS 	 <b>OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE</b>

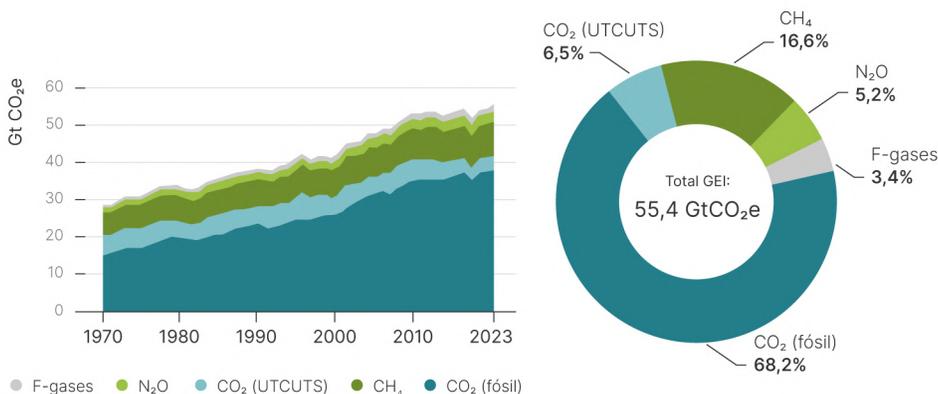
Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son 17 y cada uno de ellos es inseparable del otro. Sus objetivos van más allá del cuidado de la naturaleza, y es que consolidan a nivel internacional que el trabajo por un futuro sostenible es indivisible de la disminución de injusticias y desigualdades.

**Emisiones CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía**

Las emisiones de energía se refieren a la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera como resultado de la producción y el consumo energético a partir de los combustibles fósiles y la industria.

Tal como ya hemos mencionado, la temperatura de la Tierra se encuentra en aumento y esto se debe principalmente a los combustibles fósiles. En el año 2023, las emisiones anuales generadas por las actividades humanas fueron de 55,4 GtCO<sub>2</sub>e de las que gran parte corresponde al CO<sub>2</sub><sup>7</sup>.

### Emisiones globales de gases de efecto invernadero: tendencia 1970 - 2023 y desglose en 2023



**Nota:** gráficos de elaboración propia a partir del documento Indicadores del Cambio Climático Global 2024<sup>7</sup>.

**GtCO<sub>2</sub>e:** gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente; mil millones de toneladas de gases de efecto invernadero expresados como equivalentes de CO<sub>2</sub>. **F-gases:** gases fluorados. **N<sub>2</sub>O:** Óxido nitroso. **CH<sub>4</sub>:** Metano. **CO<sub>2</sub> (fósil):** emisiones derivadas de la combustión de combustibles fósiles y de procesos industriales. **CO<sub>2</sub> (UTCUTS):** emisiones asociadas al uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura.

Como puedes observar en los gráficos, las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del uso de combustibles fósiles no solo constituyen el gas de efecto invernadero más emitido anualmente con un 68% del total en 2023, sino que también son las que más han aumentado desde 1970, pasando de 17 GtCO<sub>2</sub> a cerca de 38 GtCO<sub>2</sub> en 2023, es decir, más del doble en aproximadamente 50 años. Si además a esta cifra les sumáramos las emisiones de gases como el metano (CH<sub>4</sub>) o el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), la cantidad de giga toneladas de gases sería aún mayor.

Cuando hablamos de las emisiones exclusivamente del sector energético, cerca de una cuarta parte de estas provienen directamente de la generación de electricidad y calor, mientras que el resto corresponde al consumo energético en sectores como transporte, industria y residencial. Por eso, transformar la forma en que producimos, distribuimos y consumimos energía en todos estos ámbitos es clave para la acción climática.

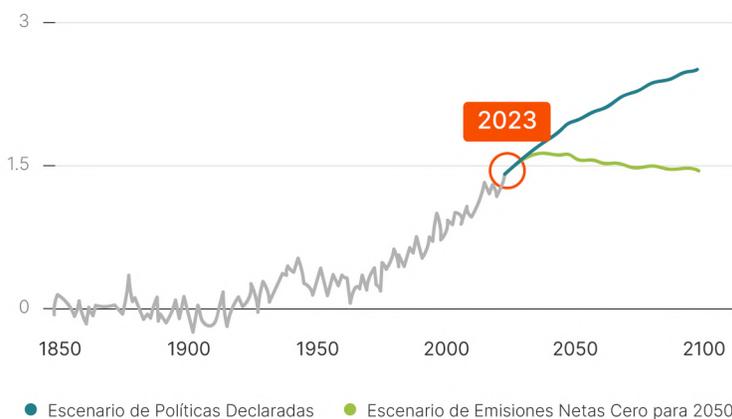


## ¿Qué significa esto?

Significa que de aquí al 2050 necesitamos que todas las emisiones que se produzcan también se puedan compensar o ser absorbidas. Para ello, debemos disminuirlas al mínimo posible, lo que requiere el esfuerzo de todos los países del mundo, especialmente de los que más emiten. Si queremos lograr este escenario de aquí al 2050, debemos reducir al menos en un 45% las emisiones entre el 2020 y el 2030<sup>9</sup>.

En el escenario al 2024, con las políticas y acciones que han tomado los países hasta ahora, se prevé que al año 2100 las temperaturas podrían alcanzar cifras cercanas a los 2,7°C, en cambio, en un escenario en donde se alcancen las emisiones netas cero al año 2050, la temperatura global podría mantenerse cercana a los 1,5°C<sup>10</sup>.

### Temperatura media global: tendencia y proyección según escenario, 1850 - 2100

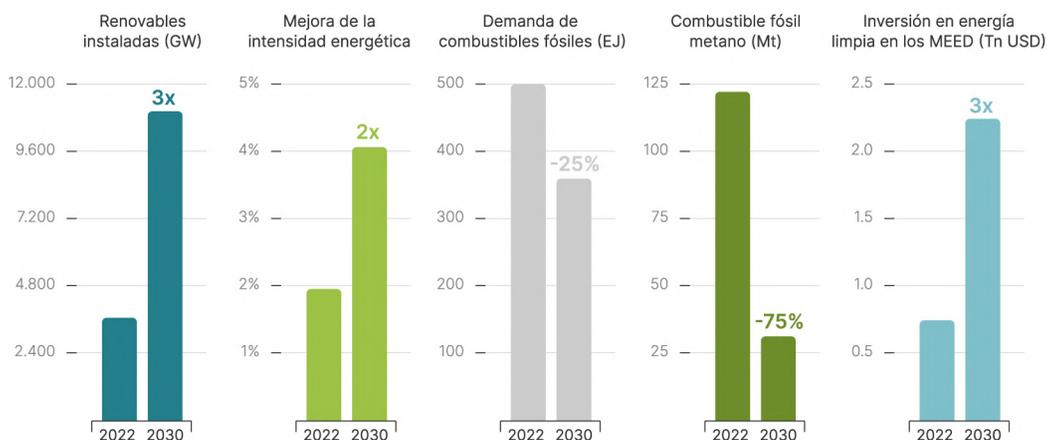


**Nota:** reelaboración a partir del gráfico de la Sesión 1 de la Academia de Transición Energética 2024 impartida por Diana Pérez de la Agencia Internacional de Energía (IEA).

A nivel internacional, existen cinco hitos clave que podrían permitir una ruta hacia las emisiones netas cero para el año 2050, las cuales son:

1. Triplicar la capacidad mundial de las energías renovables, lo que contribuiría a una mayor reducción de emisiones hasta 2030.
2. Aumentar al doble la eficiencia energética, es decir, producir el mismo nivel de servicios o productos consumiendo menos energía, ya sea a nivel de países, industrias u hogares.
3. Reducir la demanda de combustibles fósiles en un 25%.
4. Reducir las emisiones de metano en un 75%.
5. Aumentar al triple la inversión en energía limpia.

## Cinco pilares para no sobrepasar los 1,5°C hacia el año 2030



**Nota:** reelaboración a partir del gráfico de la Sesión 1 de la Academia de Transición Energética 2024 impartida por Diana Pérez de la Agencia Internacional de Energía (IEA).

**GW:** gigavatio. Unidad de potencia que indica capacidad instalada en sistemas energéticos. **EJ:** exajulio. Unidad de energía equivalente a 1018 julios, usada para medir demanda energética a gran escala. **Mt:** megatonelada. Equivale a un millón de toneladas; se usa para expresar emisiones o consumo de metano. **MEED:** mercados emergentes y en desarrollo. Categoría económica que agrupa países con crecimiento acelerado y estructuras financieras en transformación. **Tn USD:** trillón de dólares estadounidenses. Unidad de medida para inversiones globales en el sector energético.

Enfrentamos un desafío complejo, pero no imposible. Con el rápido crecimiento de las energías renovables en el mundo, la puerta de los 2°C sigue abierta durante el siglo XXI (años 2000), siempre que exista un alto nivel de compromiso, implementación y cooperación a nivel internacional.

### Pero ¿cómo sabemos cuánto hay que reducir las emisiones?

Hoy, gracias a la investigación científica sabemos que existe una relación lineal entre la cantidad de emisiones acumuladas en el planeta y el aumento a largo plazo de la temperatura. En base a esa relación se establece el llamado “Presupuesto de Carbono Restante” (Remaining carbon budget, RCB) que nos indica cuánto se puede emitir para no superar cierta temperatura para un periodo de tiempo determinado. Veámoslo a través de la siguiente tabla.

## ¿Cuánto carbono podemos emitir antes de superar los 1,5°C, 1,7°C o 2°C?

Meta límite de aumento de temperatura respecto a la era preindustrial (1850)	Presupuesto de carbono restante desde 2025 en GtCO <sub>2</sub> e	Posicionándonos en 2025, ¿en cuánto tiempo cruzaríamos la meta límite de aumento de temperatura si seguimos emitiendo como en el año 2024 con 55 GtCO <sub>2</sub> e anualmente?
1,5°C	130	En 2,5 años (cerca de 2027) pasaríamos los 1,5°C
1,7°C	490	En 9 años (cerca de 2034) pasaríamos los 1,7°C
2,0°C	1050	En 19 años (cerca de 2044) pasaríamos los 2,0°C

**Nota:** tabla de elaboración propia a partir del documento Indicadores del Cambio Climático Global 2024<sup>7</sup>. Las proyecciones se realizaron en base a los cálculos del IPCC, donde cada 1.000 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>, la temperatura aumenta en 0,45°C. **GtCO<sub>2</sub>e:** gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente. Se refiere a una medida que incluye no solo CO<sub>2</sub>, sino también otros gases de efecto invernadero convertidos a su equivalente en CO<sub>2</sub> según su potencial de calentamiento global.

Si queremos mantener el escenario de los 1,5°C, nuestro tope de emisiones tiene que ser 130 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>e desde 2025 en adelante. Ahora bien, el ritmo es fundamental, y es que si mantenemos el actual, alcanzaríamos la totalidad del presupuesto de carbono solo en 2 años y medio, pasando la meta de los 1,5°C, lo que claramente no es viable.

## Contaminación del aire

La contaminación del aire sigue siendo un desafío importante para el mundo y la región. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), a nivel internacional se estima que causa aproximadamente 4,2 millones de muertes prematuras cada año, lo que representa alrededor del 7% del total de muertes globales. En América Latina y el Caribe, según datos del Banco Mundial, se contabilizan cerca de 249 mil muertes prematuras anuales atribuibles a la contaminación del aire, equivalentes a un 6% del total de fallecimientos en la región. La OMS también advierte que la contaminación del aire es una de las principales causas evitables de mortalidad a nivel mundial, situándose entre las primeras cinco causas de muerte en muchos países y un grave problema de salud pública<sup>11</sup>.

Dentro de las principales fuentes de contaminación ambiental se encuentra el transporte, contribuyendo con aproximadamente un 23% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> asociadas al sector energético, según estimaciones del IPCC y la Agencia Internacional de Energía (IEA). Esto consolida al transporte como uno de los sectores

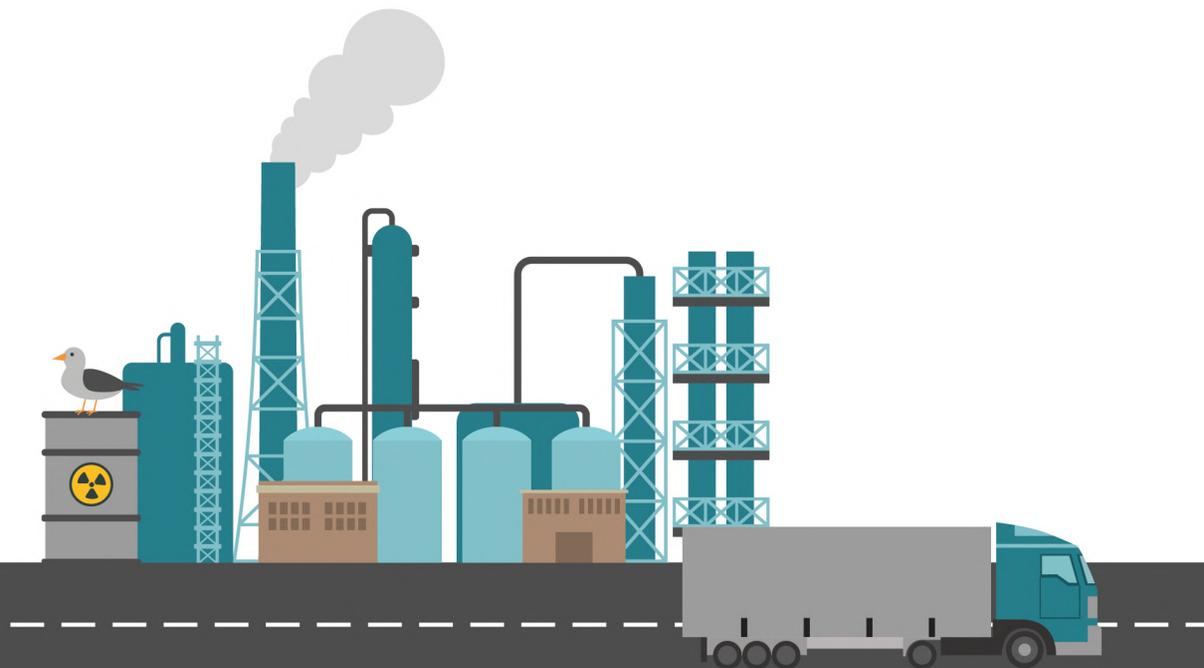
clave para la disminución de emisiones a escala global<sup>12</sup>. En América Latina y el Caribe, el transporte genera cerca del 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la región, situándose como el sector con mayor contribución dentro del total de emisiones<sup>13</sup>.

Ahora bien, el transporte es uno de los grandes desafíos en el sector urbano, y en América Latina esta problemática cobra especial relevancia, dado que la mayoría de las personas se concentran en ciudades. Por otro lado, en las zonas rurales las fuentes de contaminación ambiental son distintas, pues, en estas zonas uno de los grandes retos es la quema de biomasa, como madera, residuos forestales y leña, utilizada para calefacción y la eliminación de rastrojos agrícolas.

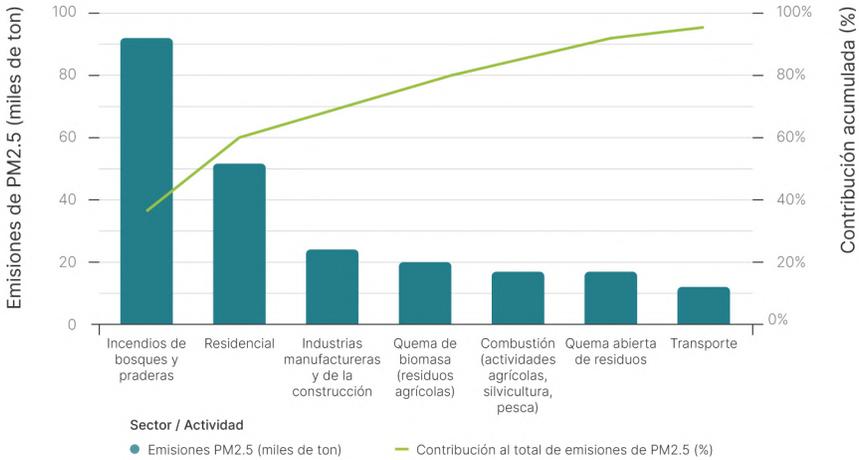
Por otro lado, la industria también es un factor determinante en la contaminación ambiental. Las refinерías, la producción de cemento y los procesos de fundición son algunos ejemplos de actividades que liberan material particulado al ambiente, el que puede tener serias repercusiones en la salud de las personas y otras especies.

El porcentaje en que cada una de estas actividades repercuten en la contaminación de los distintos países depende de múltiples factores, e incluso puede ir cambiando año a año. Para ver qué elementos pueden influir en la contaminación de un país debemos determinar un lugar y un momento específico, ya que incluso factores como incendios, incentivos económicos o políticas públicas pueden ir cambiando el panorama. Veamos dos casos ejemplificadores.

Si retrocedemos al año 2014, en Colombia, la fuente principal de material particulado



### Gráfico de fuentes de material particulado en Colombia en 2014

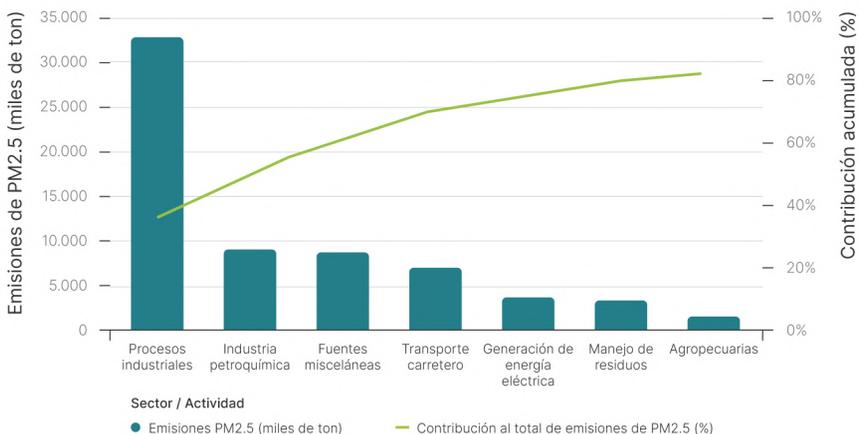


**Nota:** reelaboración a partir de gráfico emisiones de PM2.5 de Colombia al año 2014 del Informe de Acciones para Mejorar la Calidad del Aire para América Latina y el Caribe<sup>14</sup>.

**PM2.5:** partículas finas con un diámetro igual o inferior a 2,5 micrómetros. Debido a su pequeño tamaño, pueden penetrar profundamente en los pulmones y llegar al torrente sanguíneo, lo que las convierte en uno de los contaminantes atmosféricos más nocivos para la salud humana.

Si nos trasladamos a México en el año 2016, los procesos industriales tuvieron un alza durante esos años, transformándose en su principal actividad contribuyente a la contaminación ambiental.

### Gráfico de fuentes de material particulado en México en 2014



**Nota:** reelaboración a partir de gráfico emisiones de PM2.5 de México al año 2014 del Informe de Acciones para Mejorar la Calidad del Aire para América Latina y el Caribe<sup>14</sup>.

**PM2.5:** partículas finas con un diámetro igual o inferior a 2,5 micrómetros. Debido a su pequeño tamaño, pueden penetrar profundamente en los pulmones y llegar al torrente sanguíneo, lo que las convierte en uno de los contaminantes atmosféricos más nocivos para la salud humana.

A partir de estos ejemplos, podemos ver que la contaminación, incluso dentro de la región, es multifactorial y debe abordarse con una mirada territorial, ya que incluso estos son factores que pueden cambiar a nivel de ciudades o localidades.

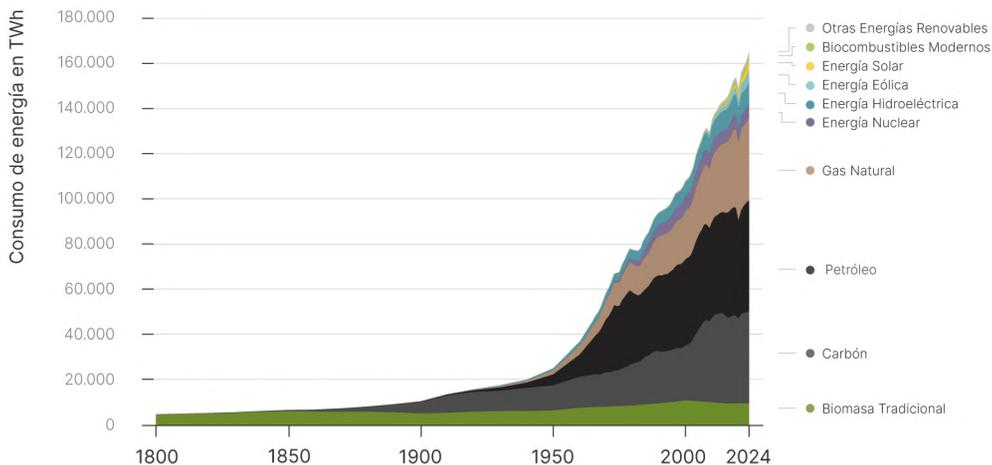
La contaminación es un desafío que los Estados de la región deben enfrentar de forma decidida, sin embargo, cada territorio debe pensar en medidas que se adecuen a su realidad geográfica, económica y demográfica, buscando generar políticas eficientes y efectivas.

## Consumo primario de energía

Cuando hablamos de consumo primario nos referimos a toda la energía disponible para un sistema energético de un país, o región, en su forma original. Incluye lo que se extrae, importa o produce localmente antes de cualquier conversión a electricidad, calor u otras formas de energía. Este consumo puede provenir de fuentes como petróleo, gas natural, carbón, hidroenergía, biomasa, entre otras, y se expresa en teravatios-hora (TWh).

Aunque cada vez se avanza más en energías renovables como la solar o la eólica, la realidad es que, a nivel mundial los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente de energía. Y no solo eso, el consumo total de energía no ha bajado, sino que ha ido en aumento con el paso de los años.

### Consumo global de energía primaria por fuente: evolución 1800 - 2024



**Nota:** reelaboración a partir de los datos de Our World in Data<sup>15</sup>.

En ausencia de datos más recientes, se asume que la biomasa tradicional se ha mantenido constante desde 2015<sup>8</sup>

### ¿Qué podemos interpretar del gráfico?

El consumo energético global se ha multiplicado por más de 25 veces desde 1900. El petróleo, carbón y gas natural dominan el consumo energético actual. Las energías renovables modernas (solar, eólica, biocombustibles) han crecido rápidamente, pero aún representan una fracción pequeña del total. La biomasa tradicional (leña, estiércol) ha sido una fuente constante, aunque ahora representa una parte mucho menor del total. La energía nuclear aparece a partir de los años 60 y crece hasta estabilizarse.

### ¿Qué significa “energía primaria directa”?

Se refiere a la energía que se extrae directamente de fuentes naturales antes de ser convertida, por ejemplo, petróleo crudo, carbón, viento, radiación solar.

En el caso de los combustibles fósiles, incluye también las pérdidas de energía por ineficiencias en el proceso de conversión (como el calor perdido en una planta térmica).

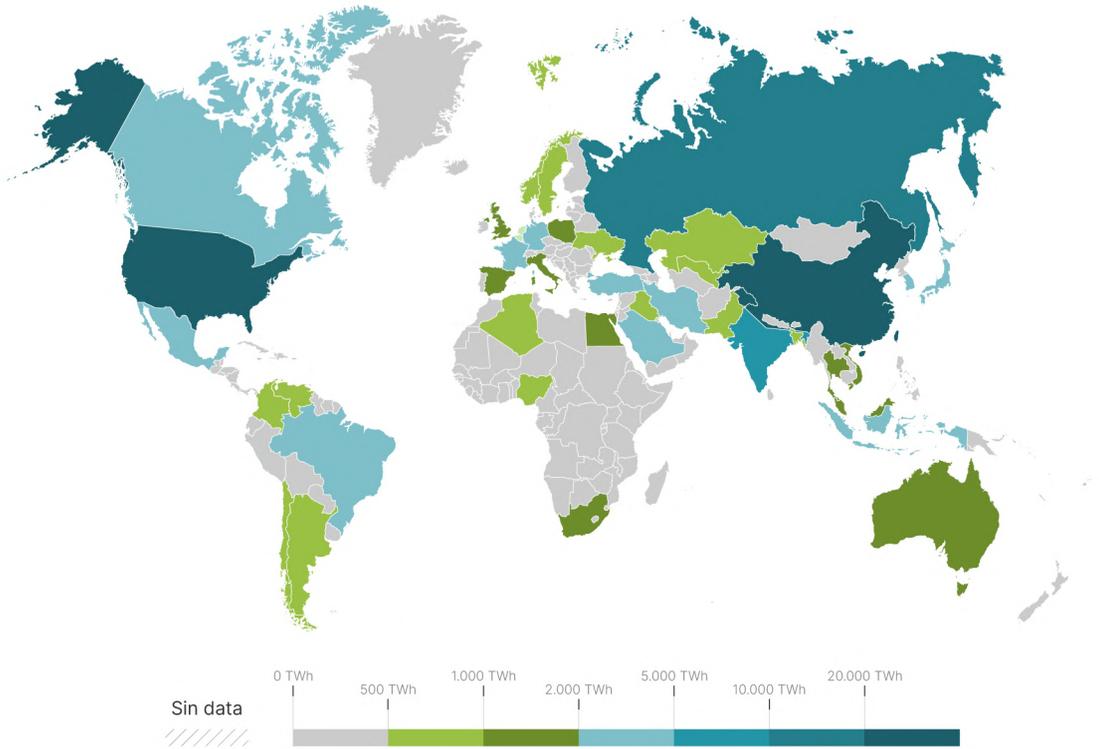
Según el Informe Perspectiva energética mundial 2023 de la Agencia Internacional de la Energía (IEA)<sup>16</sup>, este crecimiento se debe a que el mundo está en constante expansión. Esto implica más personas, más desarrollo económico y, por lo tanto, más demanda energética.

Los avances en eficiencia y el uso de energías limpias han ayudado, pero no lo suficiente como para frenar o disminuir sustancialmente el uso de combustibles fósiles.

Hoy convivimos con muchas fuentes de energía, pero eso no ha significado una reducción en el uso de las más contaminantes. Las fósiles siguen creciendo junto con las renovables. El verdadero reto no es solo aumentar el uso de energías limpias, sino que también cambiar profundamente la forma en que consumimos energía. Necesitamos ser mucho más eficientes y lograr que el crecimiento económico no dependa del aumento en el consumo de combustibles fósiles.

A través del siguiente mapa, nos podemos hacer una idea de cómo es el consumo energético en el mundo, y observar rápidamente que, en países que se posicionan como potencias económicas, dicho consumo es superior a los 20.000 TWh.

# Consumo energético primario por país en 2024



**Nota:** reelaboración a partir de mapa obtenido de Our World in Data<sup>17</sup>.  
**TWh:** teravatio-hora; unidad de energía equivalente a un billón de vatios-hora (10<sup>12</sup> Wh).

Si observamos los países de América Latina y el Caribe, podremos observar también algunas tendencias. En primer lugar, que la región mantiene sus consumos por debajo de los 5.000 TWh. Y en segundo lugar, que existen también países que se posicionan claramente como líderes en el consumo.

Si lo llevamos a las cifras, y como podrás observar en la siguiente tabla, en América Latina, el consumo primario de energía está liderado principalmente por tres países: Brasil, con 3.495 TWh; México, con 2.282 TWh y Argentina con 983 TWh.

## Ranking de consumo primario en Latinoamérica en 2023

País	Consumo Primario total año 2023 [TWh]	% del consumo primario total de América Latina	Consumo Primario Total Per cápita año 2023 [kWh/persona]
Brasil	3.495 (#1)	38%	16.554 (#5)
México	2.283 (#2)	25%	17.597 (#4)
Argentina	983 (#3)	11%	21.587 (#2)
Colombia	594 (#4)	6%	11.362 (#9)
Chile	489 (#5)	5%	24.883 (#1)
Venezuela	337 (#6)	4%	11.921 (#8)
Perú	333 (#7)	4%	9.828 (#10)
Ecuador	228 (#8)	2%	12.674 (#7)
Guatemala	138 (#9)	1%	7.610 (#11)
Paraguay	87 (#10)	1%	12.685 (#6)
Bolivia	85 (#11)	1%	6.957 (#12)
Uruguay	60 (#12)	1%	17.688 (#3)
Haití	39 (#13)	<1%	3.389 (#16)
Nicaragua	32 (#14)	<1%	4.688 (#15)
Costa Rica	28 (#15)	<1%	5.465 (#13)
Honduras	27 (#16)	<1%	2.542 (#18)
Panamá	23 (#17)	<1%	5.253 (#14)
El Salvador	18 (#18)	<1%	2.872 (#17)

**Nota:** tabla de elaboración propia a partir del siguiente desglose.

Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México y Perú a partir de datos de Our World in Data<sup>17</sup>, Venezuela, Guatemala, Paraguay, Bolivia, Uruguay, Haití, Nicaragua, Costa Rica, Honduras, Panamá y El Salvador, a partir de datos del Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe de la OLADE<sup>18</sup>. Ranking en base a los países considerados sólo en esta lista.

**TWh:** teravatio-hora; unidad de energía equivalente a un billón de vatios-hora ( $10^{12}$  Wh). **kWh/persona:** kilovatio-hora por persona. Indicador que mide el consumo energético promedio por habitante en un periodo determinado.

En la región, solo los primeros cinco países con mayor consumo, suman más del 80% del consumo total. Para que te hagas una idea llevemos esta cantidad de energía a estadios de fútbol y hogares.

Si consideramos que un hogar podría consumir en promedio 3.000 kWh y un estadio alrededor de 2.750.000 kWh, Brasil podría iluminar  $1,165 \times 10^9$  hogares o  $1,27 \times 10^6$  estadios completos. En cambio, el último país de la lista, El Salvador, podría iluminar 6 millones de hogares o 7.000 estadios de fútbol.

Ahora bien, no solo debemos considerar el total de este consumo, pues como mencionamos antes, los países tienen cantidades de habitantes distintas. Para ello también es importante analizar el consumo primario per cápita, es decir, la cantidad de energía consumida por cada persona que vive en un lugar determinado.

Esta medida se calcula dividiendo el consumo primario total de energía por la población total del país en el mismo año y se expresa en kilowatt-hora por persona (kWh/persona). Si llevamos el ranking a esta medida, como puedes observar en la tabla anterior, si bien se mantiene cierta tendencia, el orden cambia un poco, posicionando a Chile como el mayor consumidor, seguido por Argentina y Uruguay.

Esta medida nos permite no solo ver qué tan grande es la matriz de un país, sino que analizar efectivamente qué países son los que más consumen en lo concreto, lo que facilita una mejor toma de decisiones.

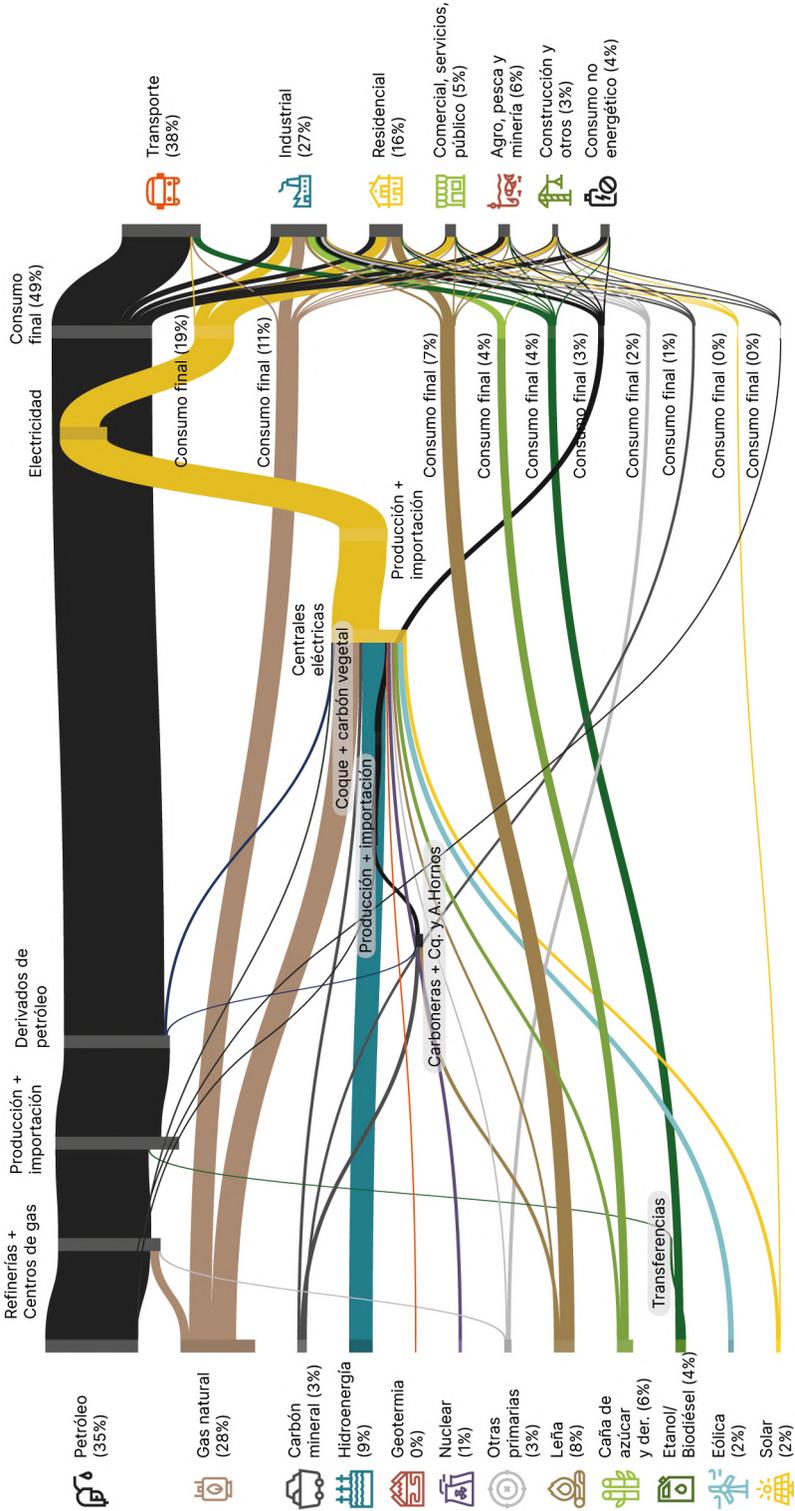
Para el consumo primario de energía, también podemos generar rankings de sectores que consumen más o menos, y en América Latina y el Caribe, los que más consumen energía son el transporte (38%), el sector industrial (27%) y el residencial (16%). Estas tres actividades representan aproximadamente el 81% del consumo final de energía en la región, según datos del 2024<sup>19</sup>.

En particular, la generación de electricidad proviene de fuentes primarias como petróleo, carbón, gas natural, hidroeléctrica, biomasa, eólica o solar. El transporte, en cambio, consume directamente combustibles, lo que plantea un gran desafío para la región: electrificarlo y avanzar hacia una movilidad más sostenible.

Por último, se encuentra la industria, la que incluye actividades como la producción de cemento, acero y la gran minería, en donde el consumo de energía primaria es directo debido a la extracción de materias primas o los procesos térmicos que requieren altas temperaturas para los cambios físicos o químicos necesarios.

El desglose total de cómo se consume la energía desde un nivel primario a uno final lo puedes observar en el Balance Energético del año 2024, ubicado en la siguiente página de forma horizontal. Allí puedes seguir los caminos de la energía desde su fuente hasta el sector que finalmente la consume. Para leer este balance, debes partir por el extremo izquierdo, donde se presentan las fuentes primarias de energía, y seguir el flujo de la energía hacia la derecha, para visualizar los centros de transformación y, finalmente, los sectores de consumo final. Este esquema permite entender cómo la energía se transforma y distribuye a lo largo de toda la cadena energética.

# Balance energético de América Latina y el Caribe en 2024



Nota: reelaboración a partir de diagrama de balance energético al año 2024 del Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe de la OLADE<sup>20</sup>.

## ¿Qué desafíos enfrentamos en cada parte del sistema energético?

El camino que recorre la energía, desde que se produce hasta que llega a nuestras casas o industrias, pasa por varias etapas. Cada una de estas etapas, o eslabones del sistema energético, tiene sus propios desafíos. A continuación, te explicamos algunos de ellos.

### **Oferta: de dónde viene la energía que usamos**

Aquí hablamos de la energía primaria disponible. Algunos de los principales desafíos en esta etapa son:

- Muchos países aún dependen fuertemente de los combustibles fósiles, lo que los hace vulnerables ante cambios de precios internacionales.
- En algunos países, la electricidad se genera casi toda desde una sola fuente (como la hidroeléctrica o fósil), lo que podría no ser muy seguro, ni resiliente.
- Aunque tenemos un enorme potencial para aprovechar el sol, el viento, el calor de la Tierra o el movimiento del mar, todavía se invierte poco en energías renovables.
- Existen conflictos sociales y ambientales por la instalación de proyectos extractivos (como pozos petroleros o minas de litio), pero también de energías renovables como los parques solares o eólicos.
- Algunas tecnologías aún no están del todo listas o disponibles para explotar de manera sostenible algunas fuentes renovables, como la geotermia o el hidrógeno verde.
- Fenómenos climáticos como sequías o huracanes también afectan la producción de energía, especialmente la hidroeléctrica.

### **Transformación: cómo se convierte y transporta la energía**

Una vez que se extrae o produce la energía, necesita ser transformada para algunos sectores. Por ejemplo, el petróleo se refina, o el agua que cae desde un embalse se convierte en electricidad. Luego, esa energía debe transportarse para llegar a donde se necesita. Los desafíos en este eslabón incluyen:

- Se deben mejorar las instalaciones. Parte de la infraestructura energética está envejecida, como las refinerías o centrales eléctricas.
- Se pierde mucha energía en el transporte y distribución, sobre todo en zonas rurales o aisladas.

- Faltan redes eléctricas inteligentes y sistemas de almacenamiento que permitan integrar mejor fuentes renovables como la solar y la eólica.
- No hay suficientes conexiones eléctricas entre países, lo que impide que podamos compartir energía entre regiones en momentos de necesidad.
- Transformar energía desde fósiles genera muchas emisiones contaminantes.

### **Demanda: cómo usamos la energía en nuestra vida diaria**

Esta es la parte más cercana a las personas. Incluye todo lo que hacemos con la energía: encender la luz, cocinar, el funcionamiento de buses, producir bienes en fábricas, entre otros. Dentro de sus principales desafíos encontramos:

- El aumento del consumo. Cada vez usamos más energía, porque crecen las ciudades, las industrias y la movilidad.
- En muchos sectores aún se usa la energía de forma ineficiente, especialmente en el transporte y las edificaciones.
- Existen aún zonas rurales sin acceso a energía limpia y confiable.
- Existen subsidios a combustibles fósiles que, aunque ayudan a bajar el precio al consumidor, también hacen más difícil avanzar hacia una energía más limpia.
- Todavía falta avanzar mucho en la electrificación del transporte y la industria, lo que es clave para descarbonizar nuestras economías.
- Finalmente, es necesario un cambio cultural y educativo. Debemos aprender a usar la energía de forma más consciente y eficiente.

Ahora, necesitamos hacer un punto aparte y que tengas en consideración algo sumamente importante para la comprensión de este libro y de la transición. Y es que a veces, en nuestra vida cotidiana, cometemos el error de usar las palabras “energía” y “electricidad” como si fueran lo mismo, pero no lo son.

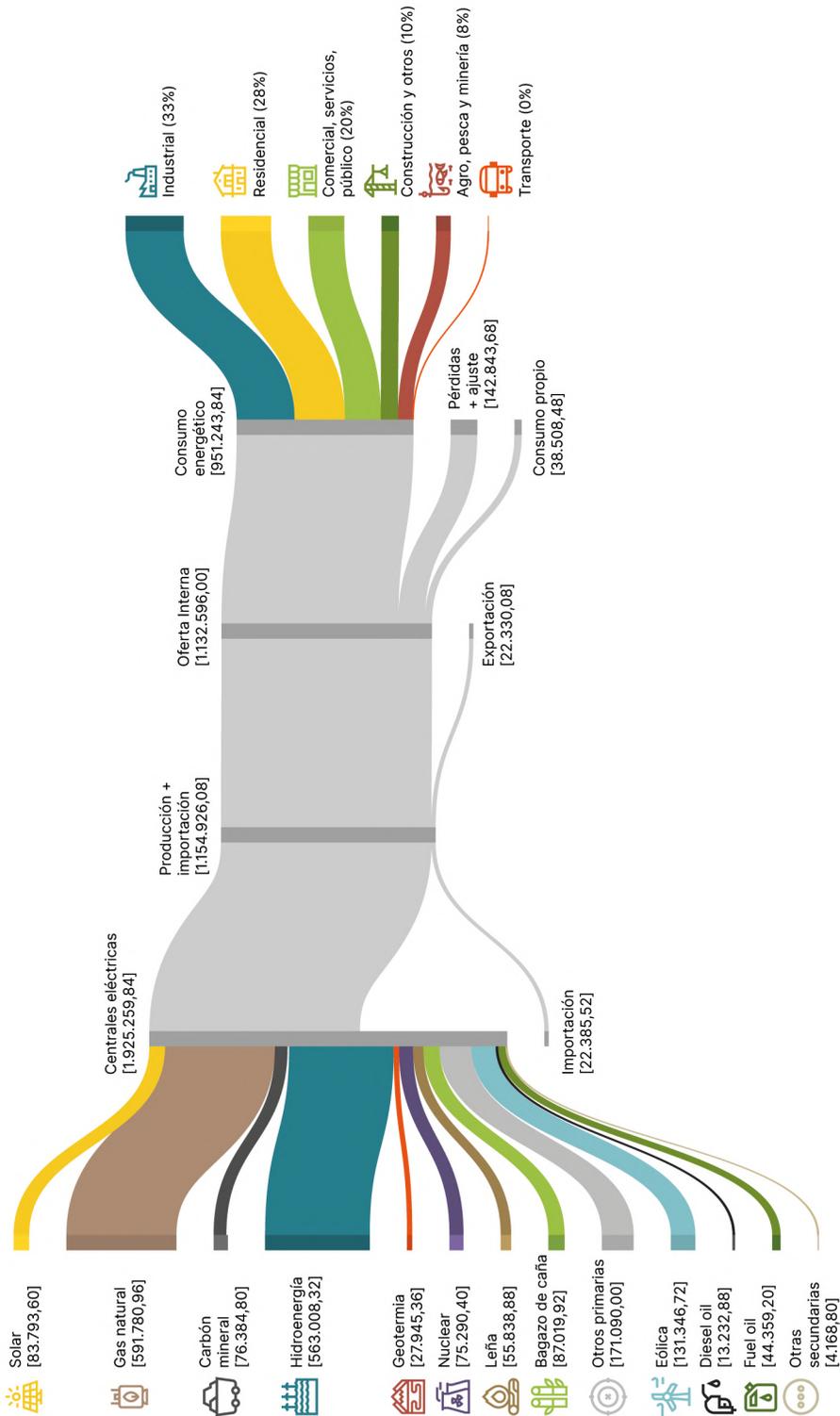
La electricidad es solo una forma de la energía, como la energía térmica (calor) o la energía mecánica (movimiento). Cuando hablamos de transición energética, no solo hablamos de cómo producimos electricidad, sino también cómo usamos la energía en el transporte, la industria y nuestras casas.

Dicho lo anterior, el sistema eléctrico tiene varias partes que trabajan juntas: la generación, donde se produce la electricidad (en centrales solares, eólicas, hidroeléctricas, térmicas, etc.); la transmisión, que se refiere al transporte de la electricidad a través de cables de alta tensión; y la distribución, que entrega la electricidad a hogares, comercios e industrias. También se suman tecnologías como baterías, medidores inteligentes y redes más flexibles que permiten integrar mejor las energías renovables.

A continuación, y para cerrar este capítulo, podrás observar un diagrama de la matriz únicamente eléctrica de la región, que muestra sus principales fuentes, usos y transformaciones. Te recomendamos detenerte a ponerle especial atención a este diagrama, puesto que, en el próximo capítulo, partiremos por entender algo fundamental: cómo funciona este sistema eléctrico.



## Matriz de electricidad de América Latina y el Caribe en 2024



Nota: reelaboración a partir del diagrama matriz de electricidad 2024 del Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe de la OLADE<sup>21</sup>.

# El sistema eléctrico en la era de renovables

# 03



Imagina el sistema eléctrico como una gran cadena que nos permite encender la luz, cargar el celular o hacer funcionar una fábrica. Esta cadena tiene tres eslabones principales que trabajan juntos para que la electricidad llegue a donde la necesitamos:

- **Generación:** el proceso en el que se produce la electricidad. Puede venir del sol, el viento, el agua, el carbón o el gas, entre muchas otras fuentes.
- **Transmisión:** una vez que se genera, la electricidad debe viajar a largas distancias. Para eso, se usan grandes torres y cables de alta tensión que llevan la energía desde las centrales hasta las ciudades.
- **Distribución y consumo:** finalmente, esa electricidad se reparte hacia sus puntos de consumo, sea para la industria o nivel residencial. Para los barrios y hogares se realiza a través de redes más pequeñas hasta llegar a los enchufes, lámparas, industrias, escuelas y más.



## ¿Y cómo se mide la energía eléctrica?

### Unidades de energía eléctrica (¡y cómo entenderlas!)

Unidad	¿Qué mide?	Equivalente cotidiano
Watt o Vatio (W)	Potencia (energía instantánea)	Una ampollita LED común usa entre 7 y 10 W
Kilowatt o Kilovatio (kW)	Equivalente a 1.000 W	Un microondas puede usar entre 800 y 1.200 W (0,8 - 1,2 kW)
Kilowatt-hora o Kilovatio-hora (kWh)	Energía consumida en el tiempo	Un hervidor de 2.000 W funcionando 1 hora consumiría 2 kWh
Megawatt o Megavatio (MW)	1.000 kW	Una planta solar pequeña puede tener 5 MW de capacidad
Gigawatt o Gigavatio (GW)	1.000 MW	Una gran hidroeléctrica puede generar más de 2 GW

**Nota:** tabla de elaboración propia.

#### Dato útil

La electricidad que consumes en casa se cobra en kilowatt-hora (kWh). Por ejemplo, si usas un hervidor de 2.000 W durante media hora al día, eso suma unos 30 kWh al mes ¿Cómo se llega a ese número? Si hierves agua 5 veces al día y cada vez llenas el hervidor al máximo, este tarda en promedio 6 minutos en hervir. Eso equivale a 30 minutos diarios de uso.

¿Cómo se calcula?

$kWh = (\text{Potencia en W} \div 1000) \times \text{Horas de uso al día} \times \text{Días del mes.}$

Para este caso sería:  $2 \text{ kW} \times 0,5 \text{ h} \times 30 \text{ días} = 30 \text{ kWh/mes}$

¿Y cuánto cuesta eso?

Si el precio del kWh es, por ejemplo, \$0,2 USD/kWh

(o lo que aplique en tu país):

$30 \text{ kWh/mes} \times \$0,2 \text{ USD} = \$6 \text{ USD/mes}$

En Chile actualmente el precio promedio del kWh residencial es de aproximadamente \$220 CLP, lo que equivale a unos \$6.600 CLP/mes por este uso.

# Generación de electricidad

Generar electricidad es transformar una forma de energía en electricidad. En América Latina, la electricidad proviene de una matriz bastante diversa en donde se encuentra la hidroeléctrica, el gas natural, el carbón, el petróleo, la energía solar, eólica, geotermia y biomasa.

La generación de electricidad ocurre en centrales que transforman energía primaria en energía eléctrica. Esto puede suceder mediante la rotación de turbinas (como en las hidroeléctricas, térmicas o eólicas) o mediante otros procesos físicos o químicos (como en paneles solares o celdas de combustible). Cada fuente puede tener diversas tecnologías, pero el objetivo es el mismo: generar electricidad que pueda ser usada por personas, empresas y ciudades.

Actualmente, América Latina y el Caribe presenta una de las matrices eléctricas más limpias del mundo, con aproximadamente un 60% de su generación proveniente de fuentes renovables<sup>1</sup>. Esta participación incluye tanto Energías Renovables Convencionales (ERC), como la hidroelectricidad, y Energías Renovables No Convencionales (ERNC), principalmente solar y eólica.

Antes de continuar, te dejamos una tabla para que puedas comprender mejor a qué nos referimos cuando hablamos de energías renovables convencionales y no convencionales, puesto que no solo en este libro usamos esta terminología, sino que también la encontrarás en informes, debates y diálogos respecto a la transición energética.

## Tipos de energía renovable: ERNC y ERC

Tipo	Definición	Ejemplos comunes
<b>ERNC (Energías Renovables No Convencionales)</b>	Fuentes de energía renovable que históricamente han tenido menor desarrollo o penetración.	Solar, CSP, eólica, geotérmica, mareomotriz y undimotriz, biomasa, pequeña hidroeléctrica (<20 MW).
<b>ERC (Energías Renovables Convencionales)</b>	Fuente renovable tradicionalmente utilizada en gran escala.	Hidroelectricidad de gran escala (>20 MW).

**Nota:** tabla de elaboración propia.

**CSP:** concentración solar de potencia. **MW:** megavatio. Unidad de potencia equivalente a un millón de vatios; se utiliza para expresar capacidad instalada o demanda energética en gran escala. Suele usarse para indicar cuánta energía puede generar una planta eléctrica en un momento dado.

La generación es crucial para avanzar hacia una matriz energética baja en emisiones, ya que es donde se pueden incorporar más fuentes renovables, y en la región, este tipo de energía está teniendo un crecimiento acelerado, sobre todo la energía solar y eólica.

Ahora bien, no basta solo con generar energía a partir de renovables. Para que realmente contribuya a una transición energética sostenible, es indispensable que esta energía pueda ser gestionada, almacenada y distribuida de forma eficiente y sin interrupciones, y esos son los desafíos de los que hablaremos en este capítulo.

Antes de entrar de lleno en algunos puntos importantes, es necesario que entendamos algunos conceptos. Para eso, debes saber diferenciar de qué estamos hablando cuando decimos capacidad instalada y generación eléctrica.

### Capacidad instalada versus generación eléctrica, ¿qué significan estos conceptos?

Concepto	¿Qué significa?	Unidad común	Ejemplo típico
<b>Capacidad instalada</b>	Es la potencia máxima que una planta puede entregar cuando funciona a plena carga.	Megawatts (MW) o Gigawatts (GW)	Una planta solar de 10 MW puede generar esa potencia en un momento específico.
<b>Generación eléctrica</b>	Es la cantidad real de electricidad que se produce durante un periodo de tiempo.	Megawatt-hora (MWh) o Gigawatt-hora (GWh)	Si la planta solar de 10 MW de capacidad produce durante 5 horas operando a plena carga, genera entonces 50 MWh.

**Nota:** tabla de elaboración propia.

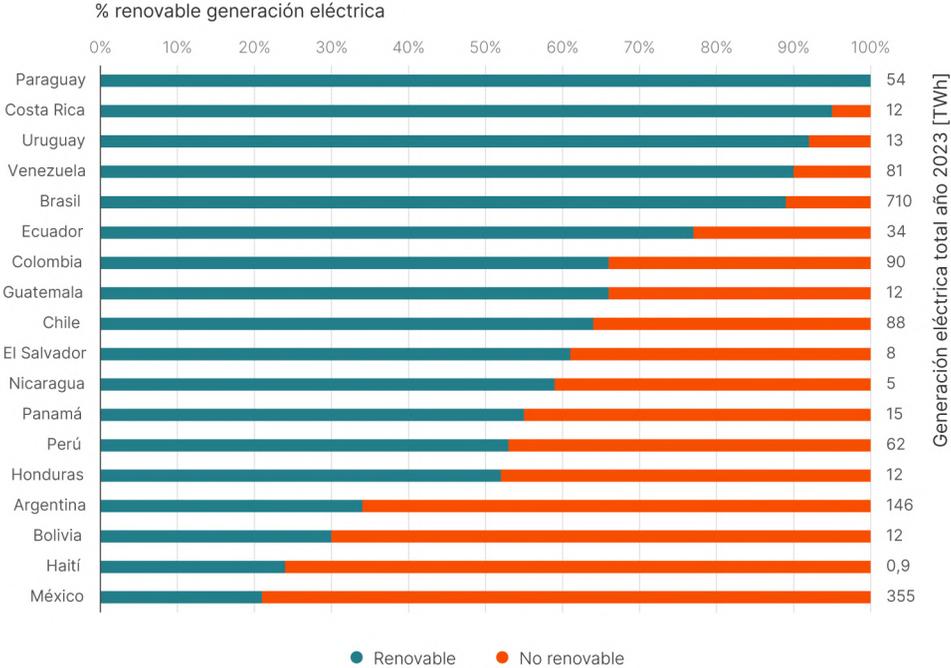
**MW:** megavatio. Unidad de potencia equivalente a un millón de vatios; se usa para expresar capacidad instalada o demanda energética instantánea. **GW:** gigavatio. Unidad de potencia equivalente a mil megavatios; se emplea para grandes sistemas eléctricos o capacidad nacional/regional. **MWh:** megavatio-hora. Unidad de energía que representa el consumo o generación de un megavatio durante una hora. **GWh:** gigavatio-hora. Unidad de energía equivalente a mil MWh; se utiliza para medir producción, consumo o almacenamiento energético a gran escala.

Como mencionamos al inicio de este capítulo, América Latina y el Caribe cuentan con una matriz de generación eléctrica que ya es mayoritariamente renovable. En la mayoría de los países de la región, más del 50% de la generación proviene de fuentes limpias. Algunos Estados, como Paraguay, Costa Rica, Uruguay y Brasil, incluso han logrado avances más significativos, alcanzando porcentajes superiores al 80% de generación a partir de energías renovables. Puedes observar el detalle en cifras en la siguiente tabla.

#### ¿Por qué importa la diferencia entre capacidad instalada y generación eléctrica?

Una planta puede tener una gran capacidad, pero si no hay sol, viento o suministro de combustible, cuenta con poca generación eléctrica. Por eso es clave mirar ambas cifras para entender su verdadero aporte al suministro de electricidad.

# Ranking de porcentaje renovable en generación eléctrica en países de América Latina



**Nota:** tabla de elaboración propia a partir de datos de Our World in Data<sup>2</sup> y SiELAC<sup>3</sup>. No renovable incluye fósil y nuclear. **TWh:** teravatio-hora. Unidad de energía equivalente a mil gigavattios-hora (GWh); se utiliza para cuantificar el consumo, generación o almacenamiento energético a escala nacional o global, típicamente en periodos anuales.

Con todos los datos anteriores sabemos el estado actual de la matriz de la región, pero ¿cuáles son las proyecciones? La Agencia Internacional de Energía (IEA) establece dos escenarios para proyectar la generación de energía eléctrica: con las políticas establecidas en la actualidad por los distintos países (Escenario STEPS) y considerando el cumplimiento de los compromisos que han anunciado los distintos gobiernos de la región (APS).

Para América Latina, si bien en ambos escenarios siguen avanzando a paso firme, la velocidad y la intensidad de las emisiones es un factor que cambia si los países cumplen o no sus compromisos. Veamos las proyecciones de la región al año 2050:

## Proyecciones energías renovables escenarios STEPS y APS

	STEPS	APS
Fuentes de bajas emisiones	Aumentan alrededor del 80%	Aumentan al 95%
Combustibles fósiles	Caen en un 18%	Caen hasta representar menos de un 5% de la matriz energética
Emisiones de CO <sub>2</sub> (intensidad)	Bajan a 70 gCO <sub>2</sub> /kWh (reducción de 66% aprox)	Bajan a 21,6 gCO <sub>2</sub> /kWh (reducción del 90%)

**Nota:** tabla de elaboración propia a partir del Latin America Energy Outlook 2023 de la IEA<sup>4</sup>.

**gCO<sub>2</sub>/kWh:** gramos de dióxido de carbono por kilovatio-hora. Indicador de intensidad de carbono que expresa la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida por cada unidad de energía eléctrica generada o consumida. Se utiliza para comparar el impacto climático de distintas fuentes energéticas o sistemas eléctricos.

Avanzar hacia una descarbonización profunda, implementando cada vez más fuentes de energía limpias, implica una serie de desafíos. En primer lugar, la adaptación a estas nuevas fuentes exige infraestructura, capacidades técnicas y gestión política. Y en segundo lugar, la diversificación de la matriz, es decir, dejar de depender en gran medida de un solo tipo de energía y tener múltiples fuentes que otorguen más fortaleza y resiliencia al sistema.

Para abordar esos desafíos, los Estados deben preocuparse de generar una institucionalidad robusta que no solo entienda la generación como un proceso cuantitativo, sino que también considere dimensiones como el impacto, la inversión, la proyección y la sostenibilidad de los proyectos.

### STEPS (Stated Policies

**Scenario):** escenario de políticas declaradas. proyecta el futuro energético considerando únicamente las políticas actuales y los compromisos ya enunciados por los gobiernos, sin asumir nuevas medidas.

### APS (Announced Pledges

**Scenario):** escenario de compromisos anunciados. Incluye, además de las políticas existentes, las metas y promesas climáticas hechas por los países, aunque aún no cuenten con respaldo total en políticas implementadas.

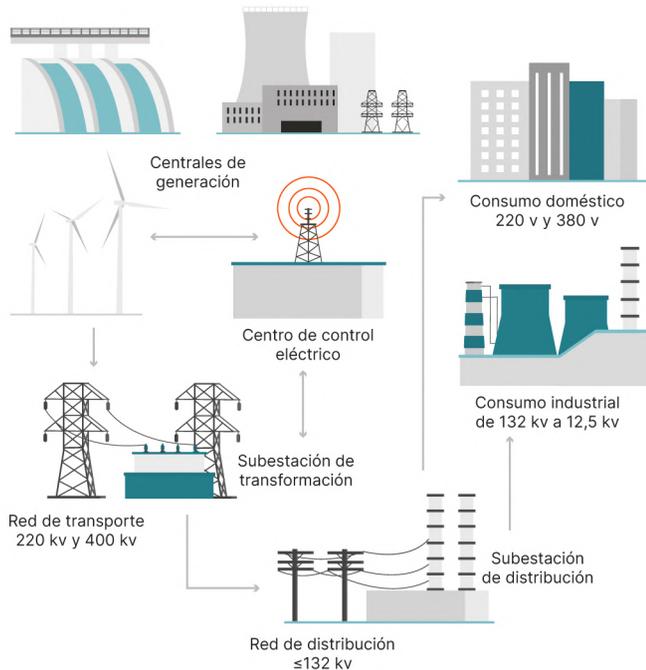
## Transmisión de electricidad

La transmisión eléctrica es la columna vertebral que conecta los centros de generación de alta tensión con los grandes consumidores, como las ciudades o las industrias.

Con los combustibles fósiles, debido a las facilidades que tienen para transportarse, ya sea por trenes, barcos o gasoductos, las plantas de generación termoeléctrica se suelen instalar en lugares estratégicos cerca de zonas de alta demanda y de suministro de combustibles, como los puertos. Sin embargo, con las energías renovables, la materia prima como la radiación solar, el recurso eólico, o los grandes caudales de

agua, se quedan en su lugar y la generación se debe realizar desde esas zonas, requiriendo transportar electricidad ya convertida hacia los sectores de consumo.

## Sistema de transmisión eléctrica



El sistema de transmisión puede ser tanto eléctrico como de combustibles. En la transmisión de electricidad, está compuesto principalmente por cables de alta tensión (entre 57,5 kV y 230 kV, o más en casos de extra alta tensión) y de media tensión para la red de distribución (entre 1 kV y 57,5 kV). Por otro lado, el sistema de transmisión para el transporte de combustibles gaseosos o licuados, como el gas natural, está compuesto por redes de tuberías de alta presión (hasta 70 bar o 7 MPa) y baja presión para conectar con la red de distribución.

La transmisión eléctrica actúa como la gran autopista de la energía renovable. Líneas de muy alta tensión, transportan los megavatios producidos entre las zonas con recursos energéticos hasta sus puntos de consumo.

Más allá de la ingeniería, la transmisión y sus tendidos de cables enfrentan un gran desafío. Muchas veces necesitan abrir su paso en comunidades rurales, territorios indígenas y/o ecosistemas frágiles. Es por ello, que en una institucionalidad robusta estos impactos y sus ubicaciones deben evaluarse. Cada torre, cada derecho de vía, requiere permisos, consultas y procesos de participación para garantizar que las poblaciones locales decidan sobre el trazado y reciban compensaciones justas. Sin esta dimensión social, la infraestructura no logrará la aceptación y estabilidad necesarias para expandirse y funcionar.

La transmisión no será necesaria solo para reemplazar los fósiles por las renovables, sino que también para cubrir una mayor demanda de electricidad. A medida que

sectores como el transporte y la calefacción se electrifican, se espera que la demanda de electricidad aumente. Esto exige redes de transmisión más potentes y resilientes para evitar cuellos de botella o pérdidas de energía.

Eventos recientes han demostrado que, si no se refuerza la infraestructura de transmisión se expone al sistema eléctrico a interrupciones de gran escala. No contar con líneas suficientes, respaldo operativo o capacidad de respuesta puede derivar en apagones masivos que afectan tanto a usuarios residenciales como a sectores productivos.

Por ejemplo, el apagón ocurrido el 25 de febrero de 2025 en Chile, provocado por una desconexión en la línea de transmisión Nueva Maitencillo - Nueva Pan de Azúcar, propiedad de ISA Interchile y ubicada en el norte del país, dejó sin suministro eléctrico a más del 90% del territorio nacional. Cerca del 50% de los usuarios permanecieron sin electricidad por más de 6 horas, afectando zonas desde Arica hasta Los Lagos, incluyendo regiones clave como Atacama y Metropolitana.

Por otra parte, Brasil también ha experimentado cortes masivos por fallas en transmisión, como el apagón de 2009 ocurrido en 18 estados, que afectó a más de 50 millones de personas. La causa principal fue un cortocircuito en líneas de alta tensión conectadas a la represa de Itaipú, lo que detonó una desconexión en cascada del sistema. Este suceso destacó la necesidad de invertir en infraestructura robusta para manejar picos de generación y proteger la estabilidad del sistema.

Este tipo de hechos muestra cómo la falta de infraestructura de respaldo puede derivar en eventos críticos. Es necesario que entendamos que a medida que crece la generación renovable, no ampliar ni fortalecer la red de transmisión implica mayores riesgos de congestión, vulnerabilidad y apagones, lo que afecta directamente la calidad de vida de las personas.

### **¿Y qué se puede hacer? ¿Los países de la región podrían conectar sus sistemas de transmisión para evitar fallas?**

Esa es una realidad que incluso recomienda la Agencia Internacional de Energía, ya que puede darle mayor resiliencia al sistema eléctrico, evitando cortes de suministro. Más adelante te contaremos algunos casos de América Latina.

Avanzar en nuevas líneas y capacidad de transmisión es clave para garantizar un suministro eléctrico seguro, resiliente y sostenible. Si la energía limpia no puede transportarse, se sigue dependiendo de fuentes contaminantes locales.

En la región, según proyecciones del Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe CAF, entre 2024 y 2050 se deberían invertir aproximadamente 222.000 millones de dólares en infraestructura de transmisión eléctrica para satisfacer la creciente demanda y avanzar en la transición energética. Esta cifra representa un aumento del 25% respecto a la inversión actual en este ámbito<sup>5</sup>.

La transmisión debe apoyarse en redes inteligentes y soluciones que permitan gestionar esta variabilidad, puesto que un desafío de las energías renovables es su intermitencia: el sol no brilla todo el día y el viento no siempre sopla con fuerza.

Tecnologías como sensores digitales, contadores inteligentes y sistemas de baterías funcionan como semáforos y depósitos en esta gran vía eléctrica, ajustando los flujos energéticos en tiempo real y guardando los excedentes de generación para liberarlos cuando la demanda es mayor. Solo así la energía limpia podrá circular con la misma confiabilidad que hoy se atribuye a los combustibles fósiles.

Fortalecer estas “autopistas energéticas” es, en definitiva, la condición imprescindible para que la transición renovable deje de ser una promesa y se convierta en realidad en toda América Latina y el Caribe.

Por último, la distribución eléctrica representa el último eslabón del sistema eléctrico, actuando como puente entre las plantas de generación y el consumo cotidiano de las personas. Es en esta etapa donde la energía, tras recorrer largas distancias desde las centrales, llega finalmente a hogares, comercios, industrias y servicios. Comprender cómo y quiénes consumen esta electricidad es clave para diseñar políticas públicas más justas, eficientes y sostenibles, ya que permite generar medidas y planes que se ajusten a las necesidades de los usuarios y del sistema.

## Consumo eléctrico

El consumo final de electricidad refleja las necesidades energéticas de los diferentes sectores económicos y sociales. En América Latina y el Caribe, la industria continúa siendo el mayor consumidor, seguida por el sector residencial, y el comercial. Sin embargo, en los últimos años, se ha observado un crecimiento sostenido en la demanda eléctrica del transporte, debido al avance de la electromovilidad, y de los sistemas de climatización en zonas urbanas.

## Distribución del consumo final de electricidad en América Latina y el Caribe en 2024

	Sector	Participación del consumo final
	Industrial	33%
	Residencial	28%
	Comercial, servicios, público	20%
	Construcción y otros	10%
	Agro, pesca y minería	8%
	Transporte	<1%

**Nota:** tabla de elaboración propia a partir de información del Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe de la Olade<sup>6</sup>.

Además de generar y transmitir energía limpia, los países deben entender los patrones de consumo para asegurar una matriz energética que responda a la realidad económica y social de cada territorio.

## Desafíos de flexibilidad y almacenamiento

Uno de los elementos clave en las redes de energía es el almacenamiento, ya que aquella energía que no se va a consumir de inmediato y que tampoco se pueda transportar, debiese poder almacenarse hasta que se necesite.

Cuando esa energía no puede almacenarse, se produce un fenómeno que llamamos vertimiento o recorte, un proceso en el que la producción de energía supera a la demanda y, por ende, se pierde potencial energético. Esto, en un bajo porcentaje, no es negativo e incluso puede ser indicio de una matriz estable. Sin embargo, cuando se produce un aumento sostenido de los vertimientos en el tiempo, puede evidenciar un problema estructural.

Este fenómeno se ha transformado en un gran desafío para aquellos países que han aumentado rápidamente su capacidad renovable, como Chile, Brasil y México, cuyos recortes han alcanzado cifras que requieren de acciones a corto plazo.

En Chile, los recortes en la matriz renovable de energía alcanzaron más del 18% durante el 2024, mientras que en Brasil la cifra rondó el 17%<sup>7</sup>. En palabras simples, esto significa que casi una quinta parte de la energía renovable efectivamente generada que se produce a través de fuentes renovables se perdió, es decir, no pudo ser utilizada ni inyectada al sistema eléctrico, lo que no solo hace poco eficiente a la matriz energética, sino que también dificulta el recambio tecnológico para sustituir los combustibles fósiles.

Hoy las soluciones propuestas para enfrentar este desafío han sido principalmente dos: fortalecer las líneas de transmisión eléctrica para distribuir la energía a lo largo del territorio e implementar sistemas de almacenamiento como las baterías, que permitan guardar la energía hasta que se necesite. Esto requiere un esfuerzo coordinado en infraestructura, planificación y financiamiento, ya que la solución debe adecuarse a la realidad y geografía de cada país.

### **Y las baterías, ¿son como las que usan los aparatos tecnológicos?**

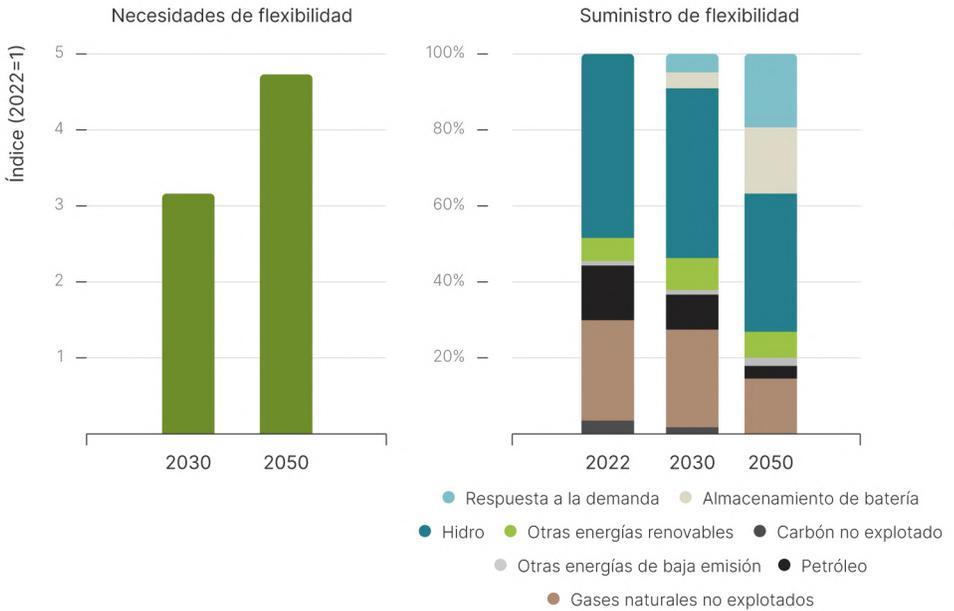
La respuesta podría ser sí y no, ya que existen múltiples tecnologías para almacenar energía. Hoy las principales son dos:

- **Sistemas de baterías** (*Battery Energy Storage Systems, BESS*), que agrupan múltiples baterías en un mismo espacio.
- **Hidroeléctricas de bombeo** (*Pumped Storage Hydropower, PSH*) que más adelante podrás ver la lógica de su funcionamiento.

Estas tecnologías son sumamente importantes, ya que según los reportes de la IEA, las baterías jugarían un rol clave en el aumento de las renovables manteniendo la seguridad de suministro energético.

La capacidad mundial de almacenamiento de energía debe aumentar en 1.500 GW para 2030 respecto a los niveles de 2022, de los cuales 1.200 GW provendrían de baterías (BESS). Esto implica un aumento de 14 veces la capacidad actual, con un ritmo de crecimiento anual del 25% promedio entre 2023 y 2030. Actualmente, solo cerca de 85 GW están instalados, lo que evidencia una brecha importante<sup>8</sup>.

## Necesidades y suministro para la flexibilidad en América Latina y el Caribe según escenario de compromisos anunciados para 2022, 2030 y 2050



**Nota:** reelaboración a partir de Figura 2.21 del Latin American Energy Outlook 2023 de la IEA<sup>1</sup>.

### Algunas fuentes de suministro de flexibilidad energética

**Otras energías renovables:** tecnologías que aprovechan fuentes naturales inagotables distintas de la hidroeléctrica, como la solar, eólica, geotérmica, biomasa, mareomotriz y undimotriz. Se caracterizan por su bajo impacto ambiental y su capacidad de regeneración continua.

**Otras energías de baja emisión:** fuentes energéticas que, sin ser necesariamente renovables, generan bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Incluyen la energía nuclear, algunas formas de biogás, y tecnologías fósiles acopladas a sistemas de captura y almacenamiento de carbono.

**Gases naturales no explotados:** reservas de gas natural que aún no han sido extraídas ni utilizadas. Aunque el gas natural es menos contaminante que otros combustibles fósiles, sigue siendo una fuente no renovable y emisora de CO<sub>2</sub> cuando se quema.

**Carbón no explotado:** yacimientos de carbón que permanecen sin extraer. El carbón es uno de los combustibles fósiles más contaminantes, y su uso está asociado a altas emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes atmosféricos.

Este contexto global refuerza que, sin una expansión urgente del almacenamiento, la energía renovable no puede desplegarse eficientemente en muchos países. En ese escenario, para lograr el crecimiento necesario del 25% anual en promedio, deben impulsarse no solo los sistemas de baterías (BESS), sino también otras soluciones complementarias como las hidroeléctricas de bombeo (PSH). En el mediano plazo, también podrían explorarse tecnologías emergentes como el almacenamiento térmico o por aire comprimido, aunque estas aún requieren mayor desarrollo y despliegue para convertirse en alternativas viables a gran escala.

América Latina tiene una ventaja competitiva para expandir el almacenamiento, y es que concentra grandes yacimientos de litio y minerales críticos para la producción de baterías. Sin embargo, este tema no está exento de controversias debido al impacto de la gran minería, un punto que se desarrollará con mayor profundidad en el Capítulo 6.

Además de almacenar, es clave desarrollar mecanismos que permitan tanto la producción como el transporte eficiente de energía limpia. Esto porque las energías renovables deben instalarse en lugares estratégicos, definidos por las condiciones climáticas.

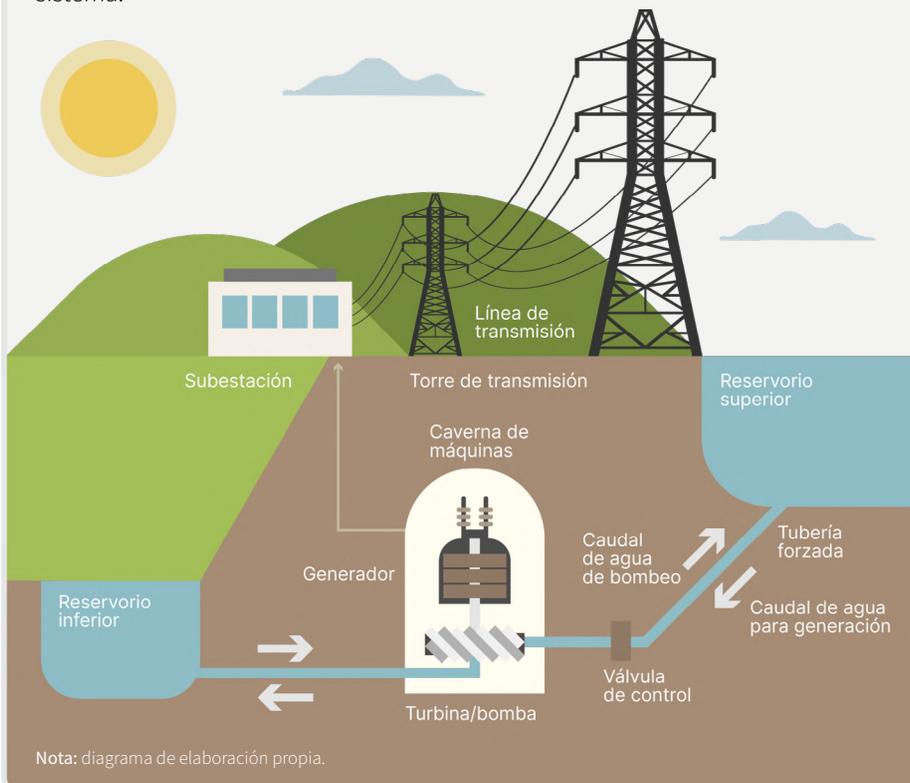
Un caso de ellos es el de Chile. El desierto de Atacama, en el norte del país, ofrece la radiación solar más intensa del mundo; y en la Patagonia austral, al sur del país, los vientos pueden mover las turbinas eólicas a capacidad máxima día tras día. Sin embargo, casi la mitad de la población, y una parte importante de la industria, se ubica en el centro de Chile, estando a una distancia de cientos o miles de kilómetros de esas fuentes de energía.

Muchas regiones del mundo enfrentan el mismo reto de contar con zonas con alto potencial de generación pero baja demanda local. Ante esto, los países deben optar por dos estrategias complementarias:

- Diversificar las fuentes de energía a lo largo del territorio.
- Construir infraestructura de transmisión que lleve la energía desde las zonas de generación hasta los centros de consumo.

### ¿Qué son las Hidroeléctricas de bombeo (PSH)?

Este sistema funciona como una batería gigante de agua. Cuando sobra energía (y es más barata), se bombea agua desde una zona más baja hacia una represa en altura. Cuando falta energía, o esta es más cara, se deja caer el agua, la cual pasa por turbinas para generar electricidad, como si fuese una hidroeléctrica. Así se aprovechan mejor las energías renovables y se reduce el costo total del sistema.



### Caso de ejemplo: Línea de Transmisión Kimal - Lo Aguirre de 550 kV en Corriente Continua (HVDC)

Para afrontar el caso de Chile, se decidió por construir la Línea de Transmisión Kimal - Lo Aguirre. Este sistema de 550 kV contará con una capacidad de hasta 3.000 MW y una longitud de aproximadamente 1.346 km que se compone de casi 2.700 torres de cables. Este proyecto inició en 2022 con los estudios de impacto ambiental y se espera entre en operación para 2029 - 2030.

Para poner en perspectiva, una línea de 550 kV puede transportar aproximadamente cinco veces más potencia que una línea típica de 110 kV, lo que significa que es capaz de trasladar grandes cantidades de energía solar generada en el norte del país, especialmente en el Desierto de Atacama, una de las zonas con mayor radiación solar del mundo, hacia la zona central, donde se concentra una parte importante de la demanda eléctrica del país.

Además, para maximizar el aprovechamiento de esta energía renovable y estabilizar la red eléctrica, se están incorporando sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías (BESS). Estas baterías permiten almacenar el exceso de energía generada durante los picos solares para luego liberarla en momentos de alta demanda o baja producción, asegurando un suministro eléctrico continuo y confiable.

Actualmente, la infraestructura de transmisión existente no es suficiente para transportar toda la energía renovable que se está desarrollando en el norte, lo que limita el potencial de integración de estas fuentes limpias. La nueva línea HVDC apunta a cubrir esta necesidad, reduciendo las pérdidas eléctricas en el transporte y aumentando la estabilidad y resiliencia del sistema eléctrico.

Aunque el proyecto avanza como un pilar de la transición energética nacional a nivel técnico y político, el proceso ha enfrentado fuertes críticas y resistencia de comunidades locales. Decidir por donde se realizará el trazado no es sencillo y puede vulnerar ecosistemas y comunidades completas.

Este proyecto acumuló más de 2.600 observaciones en su Estudio de Impacto Ambiental, incluidas preocupaciones de comunidades indígenas, juntas de vecinos, autoridades regionales y entes privados. Comunidades como las de Valle del Elqui, La Verbena y El Molle denuncian afectación a territorios ancestralmente habitados, sitios ceremoniales y paisajes protegidos, así como impactos en salud, flora, fauna y turismo local. Las comunidades han solicitado cambios de trazado, compensaciones justas, mayor transparencia y mayor participación real.

Algunas respuestas institucionales incluyen la elaboración de trazados alternativos y estudios antropológicos participativos, pero también cambios legales temporales para acelerar el proyecto, que han sido criticados por saltarse regulaciones ambientales fundamentales

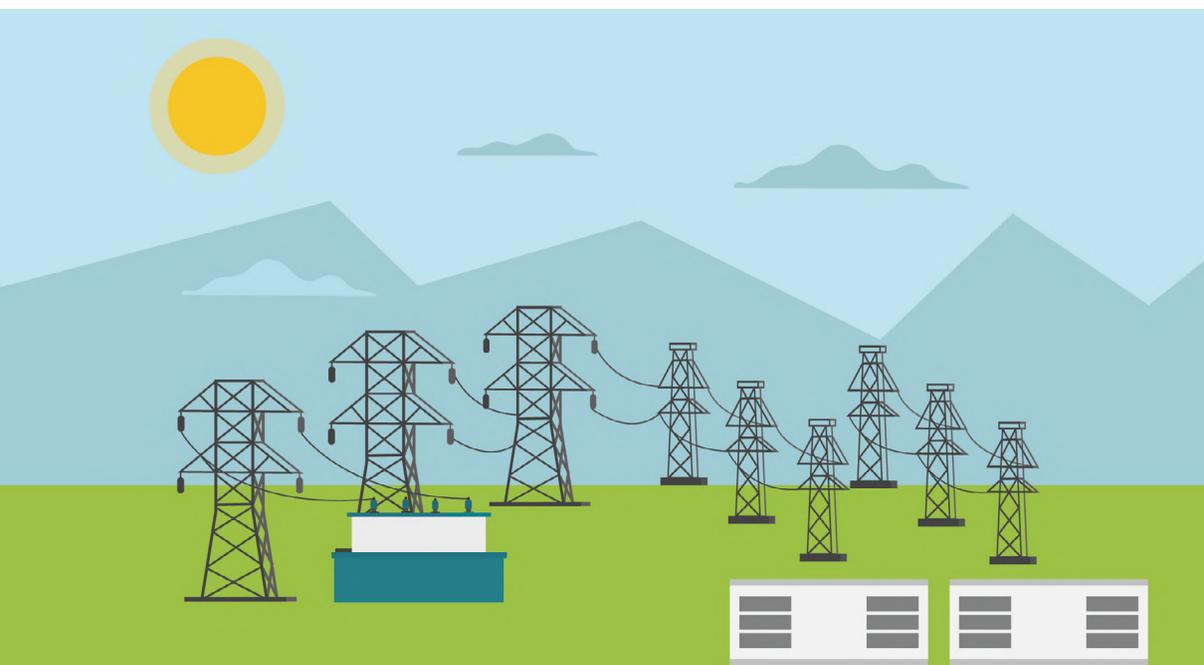
En perspectiva, este proyecto es ilustrativo de cómo una solución técnica para resolver un problema de infraestructura energética puede generar tensiones sociales y ambientales profundas si no incorpora una planificación territorial participativa, respeto por los derechos comunitarios y compensación adecuada por impactos reales.

A pesar del rol estratégico que podría cumplir en la descarbonización de la matriz energética, el caso de la línea Kimal - Lo Aguirre nos recuerda que la transición energética debe ser justa y no dejar comunidades por fuera, ni generar nuevos “territorios de sacrificio” bajo el discurso del progreso técnico.

Para complementar los sistemas se han desarrollado también otro tipo de soluciones técnicas, siendo una de ellas el almacenamiento distribuido y la gestión de la demanda. Una herramienta adicional que apoya la flexibilidad del sistema es la estrategia de “peak shaving” o mediante sistemas de baterías (BESS por sus siglas en inglés).

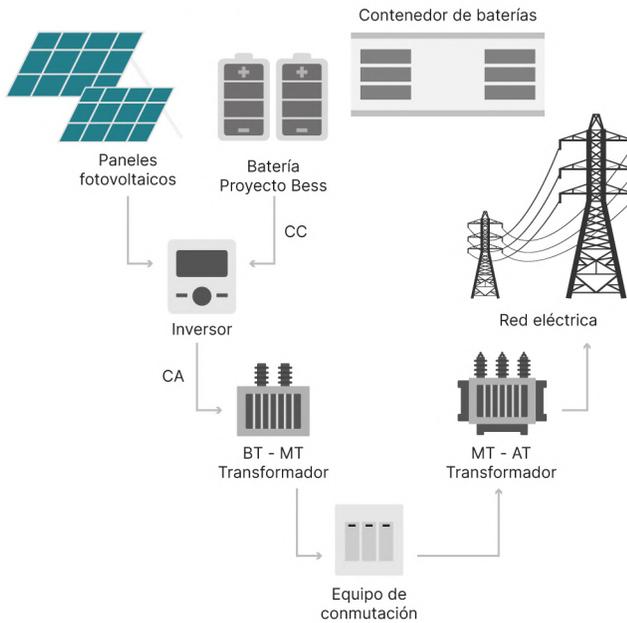
Esta técnica permite almacenar energía cuando la demanda es baja (y la energía es más abundante o barata), y luego liberarla cuando la demanda es alta, evitando sobrecargas en el sistema.

A continuación te dejamos un esquema y algunos cuadros explicativos, en los que podrás observar en mayor detalle cómo funciona este tipo de sistemas.



## Esquema de conexión de un sistema BESS

Acoplado en corriente continua (CC)



**Inversor:** convierte la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), necesaria para la distribución eléctrica.

**Transformador BT - MT:** eleva el voltaje de la corriente alterna desde baja tensión (BT) a media tensión (MT).

**Equipo de conmutación:** controla, protege y distribuye la energía eléctrica.

**Transformador MT - AT:** eleva aún más el voltaje de la corriente alterna desde media tensión (MT) a alta tensión (AT), para su transmisión eficiente.

**Red eléctrica:** la energía en alta tensión se entrega a la red eléctrica para su distribución a usuarios finales.

**Nota:** reelaboración propia a partir de los Gráficos 6 y 7 del Informe de determinación de mínimo técnico BSS PSFV COYA9.

**BESS:** sistema de almacenamiento de energía en baterías (battery energy storage system). **BT:** baja tensión. **MT:** media tensión. **AT:** alta tensión. **CC:** corriente continua. **CA:** corriente alterna.

### El esquema representa el recorrido de la energía desde su generación hasta su distribución:

- Generación solar: los paneles solares producen electricidad en forma de corriente continua, a partir de la radiación solar.
- Almacenamiento en baterías (BESS): antes de ser usada o enviada a la red, la energía puede almacenarse en baterías, lo que permite usarla cuando no hay sol.
- Conversión y distribución: la energía almacenada se convierte en corriente alterna mediante un inversor, se adapta en voltaje mediante transformadores, y se gestiona con equipos de conmutación antes de llegar a la red eléctrica.

Este tipo de sistema es clave para integrar energías renovables de forma estable, ya que permite almacenar excedentes y entregar energía cuando la demanda lo requiere, mejorando la resiliencia y flexibilidad del sistema eléctrico.

## ¿Cómo funciona el peak shaving con sistemas de baterías (BESS)?

Término	Descripción
Peak Shaving	Estrategia utilizada para reducir los picos de demanda eléctrica.
¿Cómo funciona?	Los BESS ( <i>Battery Energy Storage Systems</i> ) se cargan cuando la demanda es baja (y la energía más barata o abundante), y se descargan en horas pico.
¿Para qué sirve?	Permite aplanar la curva de consumo eléctrico, reduciendo costos, evitando sobrecargas y mejorando la eficiencia del sistema eléctrico.

**Nota:** tabla de elaboración propia.

Ya describimos el vertimiento y los retos de eficiencia asociados al crecimiento de las energías renovables, pero ¿qué pasa si pensamos en conectarnos a nivel regional? Tal como mencionamos unas páginas más atrás, este tipo de proyectos es altamente recomendado a nivel técnico, ya que cumplen un rol fundamental para mejorar la flexibilidad y el respaldo de los sistemas eléctricos en contextos de alta penetración renovable.

### ¿Pero qué significa exactamente?

Imagina que en un país hay mucho sol o viento en un momento determinado, y se genera más electricidad de la que puede consumir o almacenar. Si ese país está conectado eléctricamente con sus vecinos, puede exportar esa energía y evitar que se pierda. De igual forma, si hay baja en la generación, por falta de agua, viento o radiación solar, puede importar energía de la red regional o de otros países, mejorando la seguridad energética sin tener que recurrir a fuentes contaminantes o costosas.

Este tipo de redes permiten compartir recursos de generación entre países, compensar la variabilidad de las renovables, mejorar la eficiencia del sistema, reducir costos y fortalecer la integración regional.

### Ejemplos reales:

- **SIEPAC (Centroamérica):** conecta sinergias energéticas entre Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras y Guatemala, con una línea de 230 kV y una capacidad operativa para intercambio de hasta 300 MW. Facilita que energía extra se distribuya y sea aprovechada en toda la región.
- **SADI (Argentina):** su sistema de interconexión nacional incluye más de 20.000 km de líneas, con 14.197 km de 500 kV, que permiten intercambio con Brasil, Chile y Uruguay, mejorando resiliencia energética y regulando diferencias de generación y demanda.

Hoy, el desafío para la región es pensar en estrategias a nivel nacional, pero también mantener en mente soluciones que pueden llevarse a cabo a nivel regional, lo que no solo puede contribuir a la eficiencia, sino que también generar sinergias dentro de América Latina a nivel geopolítico y económico.

# Transporte

## los cambios de paradigma para la movilidad sostenible

# 04



El transporte ha sido una pieza clave de nuestro desarrollo. Desde la tracción animal y la navegación a vela, hasta la máquina de vapor en el siglo XIX (años 1800), el transporte ha facilitado el ritmo de los viajes, el comercio y posteriormente la conexión entre ciudades e industrias.

El tranvía eléctrico y el motor de combustión interna que dio paso a los primeros automóviles se convirtieron en los pilares de la nueva movilidad urbana. Sin embargo, el hito que marca un antes y un después en las ciudades fue el Ford Modelo T, un auto lanzado en 1908, que no solo expandió el uso del automóvil, sino que también cimentó un modelo de ciudad pensado para las ruedas, no para las personas<sup>1</sup>. Desde entonces, la disposición de espacio de nuestras ciudades comenzó a cambiar.

¿Te has dado cuenta de que ahora, para caminar, tenemos pequeñas veredas, mientras que los vehículos privados ocupan gran parte de los espacios públicos, sea para estacionarse o movilizarse? Curioso, ¿no?

El transporte motorizado terrestre, marítimo y aéreo sigue dependiendo en gran medida de motores de combustión interna. Hoy, según datos de Climate Watch Data en América Latina y el Caribe, casi el 86% de la energía del transporte proviene del

---

### ¿Cuánto más rápido viajamos hoy que en los 1900?

En 1875, un viaje entre una ciudad y otra de 120 km (como de Valparaíso a Santiago de Chile) podía tomar 12 horas en carreta; hoy se hace en menos de 2 horas en bus o automóvil. A nivel global, la velocidad media de transporte pasó de unos 8 km/h (caballo) en los 1900 a más de 900 km/h en vuelos comerciales en la actualidad<sup>1</sup>.

---

petróleo. Con este consumo, y más, el sector transporte vuelve a ser, a nivel regional, responsable de aproximadamente el 35% de las emisiones del sector energético y del 15% de los gases de efecto invernadero totales<sup>2</sup>.

En una región altamente urbanizada, donde el 82% de la población vive en ciudades<sup>3</sup>, el reto es mayúsculo, con urbes crecientes, a menudo no tan bien planificadas, y redes de transporte público que no han logrado mantenerse al ritmo de la expansión urbana. El resultado es visible: avenidas colapsadas, tiempos de traslado que superan la hora en muchos trayectos y un paisaje dominado por automóviles privados.

Aquí emerge un concepto clave: la “mono-transportación”. Y es que, aunque dos tercios de los viajes urbanos se realizan en modos sostenibles como caminar, andar en bicicleta o usar transporte público, los automóviles (con bajas tasas de ocupación) siguen acaparando el espacio vial y generando la mayor parte de las emisiones<sup>4</sup>. Esto no solo incrementa la congestión y la contaminación del aire, sino que perpetúa un modelo de movilidad ineficiente y excluyente.

En los próximos párrafos veremos cómo el transporte debe vivir su propia transición, diversificando modos, electrificando flotas y repensando nuestras ciudades para priorizar el movimiento de personas y de nuestros productos, no solo de vehículos.

## ¿Cómo nos movemos, cuánto consumimos y cuánto contaminamos?

En América Latina y el Caribe, mover personas y mercancías implica, casi siempre, quemar combustibles fósiles. Como vimos anteriormente, según Climate Watch Data al año 2022 el sector transporte fue responsable de un 35% de las emisiones energéticas y un 15% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en la región<sup>2</sup>. Y aunque nuestras emisiones per cápita siguen siendo más bajas que las de economías desarrolladas, han crecido de forma sostenida en las últimas décadas, impulsadas por el aumento del parque automotor.

En el gráfico se pueden observar las emisiones del sector transporte en Latinoamérica y el Caribe, representadas en color verde claro. En la última medición recopilada en 2022 por Climate Watch Data, este sector alcanzó las 618

---

### ¿Qué transporte emite menos GEI por pasajero-kilómetro: tren, bus o avión?

El tren es el más eficiente (menos de 20 gCO<sub>2</sub>e/pkm), seguido por el bus (aprox. 63 gCO<sub>2</sub>e/pkm) y, muy por detrás, el avión (≈ 123 gCO<sub>2</sub>e/pkm en vuelos cortos)<sup>5</sup>.

---

---

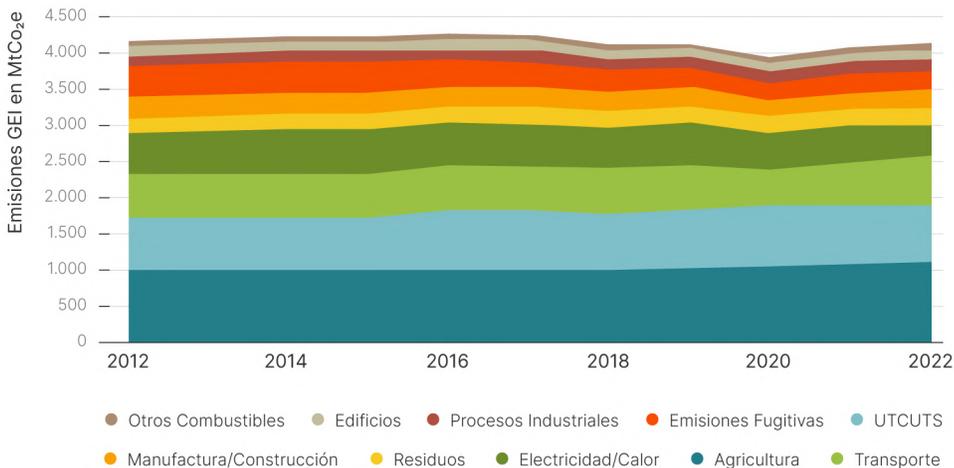
### ¿Qué país del mundo tiene la mayor participación de transporte ferroviario en su matriz?

India lidera en volumen de pasajeros y carga ferroviaria<sup>6</sup>, pero Suiza tiene la mayor proporción de viajes en tren por habitante<sup>7</sup> (≈ 2.400 km/habitante/año).

---

MtCO<sub>2</sub>e<sup>2</sup>, convirtiéndose en el mayor emisor de GEI a nivel regional. A diferencia de otros sectores, cuyas emisiones han tendido a mantenerse estables o incluso a disminuir, las del transporte, exceptuando la caída general registrada en 2020 debido a la pandemia, han retomado una tendencia al alza, alcanzando nuevamente niveles similares a los del período previo a la crisis sanitaria.

## Emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina y el Caribe por sector: evolución 2012 - 2022



**Nota:** reelaboración a partir de datos obtenidos de Climate Watch Data<sup>2</sup>.

**GtCO<sub>2</sub>e:** gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente. Unidad que mide el impacto climático total de distintos gases de efecto invernadero, expresado en términos equivalentes a CO<sub>2</sub>. Una gigatonelada equivale a mil millones de toneladas. Se usa para cuantificar emisiones globales o nacionales en escenarios de mitigación y cambio climático.

**CO<sub>2</sub>e:** Unidad que permite expresar el impacto climático de distintos gases de efecto invernadero en términos equivalentes de dióxido de carbono. Se calcula multiplicando la cantidad de cada gas por su potencial de calentamiento global, lo que permite comparar y sumar sus efectos en una sola medida.

Podemos clasificar nuestro transporte en cuatro grandes modos: terrestre, fluvial, aéreo y ferroviario. De ellos, el terrestre es, con enorme diferencia, el protagonista. Los vehículos de carretera tales como automóviles, buses, camiones y motos concentran el 95% del consumo energético del transporte en la región<sup>3</sup>. Dentro de este grupo, los autos y camionetas ligeras representan más del 55% de la demanda de energía, los camiones pesados algo más del 30%, los buses casi el 10%, y las motos y motocarros menos del 5%<sup>3</sup>.

El transporte aéreo y marítimo tienen un peso mucho menor en términos de energía consumida, pero su huella de carbono por pasajero o tonelada transportada es mucho más alta.

### **Clasificación de vehículos de transporte por carretera**

El transporte por carretera se compone de seis grandes categorías de vehículos:

- Automóviles particulares: vehículos destinados principalmente al transporte de personas, con capacidad habitual de hasta 9 asientos.
- Buses: incluyen tanto buses urbanos como interurbanos y de larga distancia.
- Motocicletas, motonetas y triciclos: utilizados tanto para transporte personal como para reparto ligero.
- Vans y camiones ligeros: vehículos comerciales con peso bruto menor a 3,5 toneladas, usados habitualmente para reparto y transporte de mercancías en distancias cortas.
- Camiones medianos: vehículos de carga con peso bruto entre 3,5 y 15 toneladas.
- Camiones pesados: vehículos de carga con peso bruto superior a 15 toneladas, empleados en transporte interurbano y de larga distancia.

### **Definición de camiones según su categoría de peso bruto vehicular (GVW):**

- Camiones ligeros: < 3,5 toneladas.
- Camiones medianos: entre 3,5 y 15 toneladas.
- Camiones pesados: > 15 toneladas.

Los vehículos de carga pesada (HDVs) incluyen tanto camiones medianos como pesados. Su operación requiere mayor consumo energético por kilómetro y, por lo tanto, suelen ser los más difíciles de electrificar.

*\*GVW: Gross Vehicle Weight, en español Peso Bruto del Vehículo. Se refiere al peso total de un vehículo cuando está completamente cargado, incluyendo el peso en vacío, la carga útil, los pasajeros, el combustible y todos los fluidos operativos. Es el peso máximo que puede tener el vehículo para operar de forma segura, según lo especificado por el fabricante.*

En promedio, el 86% de la energía del transporte en LAC proviene del petróleo, frente al 91% a nivel global<sup>3</sup>. La diferencia se explica principalmente por el uso de biocombustibles y, en menor medida, gas natural y electricidad. Brasil es líder mundial en bioetanol para transporte, con una de las cuotas más altas de biocombustibles en su matriz de movilidad. Argentina y Colombia también han incorporado mezclas de biodiésel y bioetanol en sus combustibles, y Argentina destaca por su uso de gas

---

**¿Se reduce el consumo de combustible un vehículo bien mantenido?**

Un mantenimiento adecuado de un auto (filtros limpios, presión de neumáticos correcta, bujías en buen estado) puede ahorrar el gasto periódico de combustible. Es decir, puedes ahorrar dinero, solo manteniendo las revisiones y mantenciones de un automóvil al día<sup>9</sup>. [US Department of Energy, 2023].

---

natural comprimido (GNC) en vehículos. Sin embargo, el peso de estas alternativas aún es insuficiente para contrarrestar la tendencia general de crecimiento en el uso de derivados del petróleo.

**Si tuviéramos que mover la misma cantidad de personas, pero con menos emisiones, ¿por dónde empezamos?**

Quizás la respuesta esté en diversificar los modos, priorizar el transporte público y activo, e introducir tecnologías más limpias allí donde el cambio sea más urgente y factible. El reto no es menor, pero el potencial de transformación es enorme.

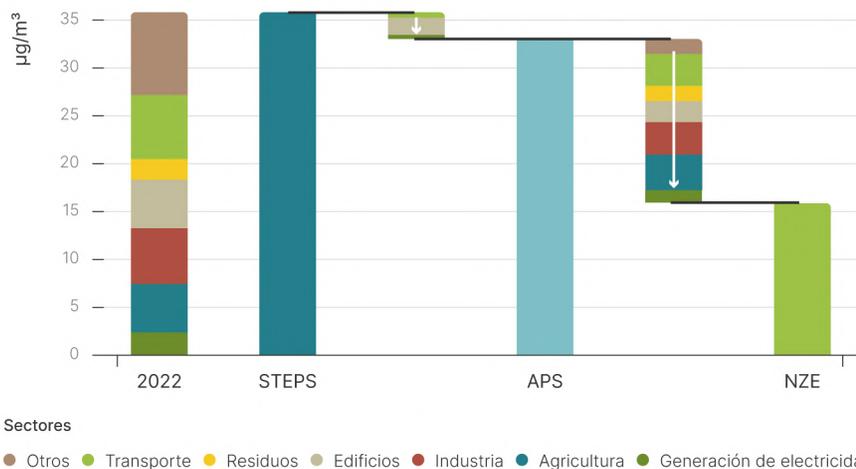
## La (no) calidad del aire: el costo en la salud por el transporte

En la mayoría de las ciudades de América Latina y el Caribe, el simple acto de respirar implica inhalar aire contaminado, y el transporte es uno de los principales responsables. En 2022, este sector emitió 4,18 megatoneladas de óxidos de nitrógeno (MtNOx), equivalentes al 48% de las emisiones totales de NOx en la región. Estos gases, junto con el material particulado fino (PM2.5), son dos de los contaminantes más dañinos para la salud humana<sup>9</sup>.

En 2022, las concentraciones anuales de PM2.5 superaron el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en más del 90% de las ciudades de la región. Ciudades como Ciudad de México, Buenos Aires, Ciudad de Guatemala y Bogotá registraron niveles superiores a  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y en casos como Santiago de Chile o varias urbes peruanas, los valores fueron entre cinco y ocho veces mayores al umbral recomendado<sup>3</sup>. Aunque el transporte por carretera es un emisor clave, comparte protagonismo con las industrias y el sector de la construcción.

El impacto no es solo ambiental, sino profundamente social y económico. La exposición prolongada a estas partículas finas está vinculada con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, provocando alrededor de 85.000 muertes prematuras al año en la región, principalmente en Brasil y México<sup>3</sup>. Esto se traduce también en una mayor presión sobre los sistemas de salud especialmente los públicos y, en consecuencia, en un mayor gasto fiscal.

## Concentraciones promedio de PM2.5 en grandes ciudades de América Latina y el Caribe en 2022, y reducciones por sector y escenario en 2030



**Nota:** reelaboración a partir de Figura 3.3 del Informe Latin America Energy Outlook de la IEA<sup>9</sup>.

**µg/m<sup>3</sup>:** microgramos por metro cúbico, unidad de concentración de partículas. **APS:** Announced Pledges Scenario, en español, Escenario de Compromisos Anunciados. Proyecta el futuro si los países cumplen sus metas climáticas anunciadas. **STEPS:** Stated Policies Scenario, en español, Escenario de Políticas Declaradas. Proyecta el futuro según políticas ya adoptadas o en aplicación. **NZE:** Net Zero Emissions, en español, Emisiones netas cero. Escenario en el que las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero se equilibran con su remoción de la atmósfera, ya sea mediante absorción natural o tecnologías de captura. Las grandes ciudades incluidas tienen una población de más de 5 millones de habitantes. "Otros" incluyen fuentes antropogénicas como el uso de solventes o consumo de tabaco y fuentes naturales como la polución e incendios forestales.

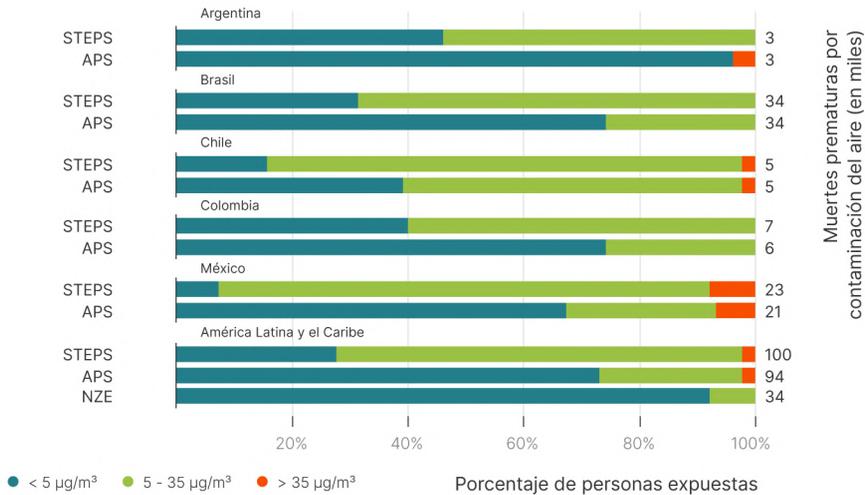
La buena noticia es que este problema tiene solución. Dejar atrás los combustibles fósiles en sectores como el transporte, pero también en la industria y en los edificios, no solo reduce emisiones de gases de efecto invernadero, sino que mejora la calidad del aire y, con ello la salud y calidad de vida de millones de personas. En el escenario de cero emisiones netas de la IEA (NZE), la concentración de PM2.5 podría caer drásticamente hacia 2030, reduciendo las muertes prematuras por contaminación a un tercio; es decir, a un 66% menos.

El transporte y los edificios son las principales causas de las concentraciones de PM2.5 en grandes ciudades; en 2030, estas se reducen a la mitad en el escenario NZE en comparación con el escenario STEPS.

### ¿Cuál es la diferencia entre PM2.5 y PM<sub>10</sub>?

PM<sub>10</sub> son partículas finas con diámetro ≤10 micrómetros, mientras que PM2.5 son más pequeñas (≤2,5 µm) y peligrosas, ya que penetran profundamente en los pulmones y pueden llegar al torrente sanguíneo<sup>10</sup>.

## Población expuesta a distintas concentraciones de PM2.5 y muertes prematuras por contaminación del aire en algunos países de América Latina y el Caribe, según escenario proyectado para 2030



**Nota:** reelaboración a partir de Figura 3.4 del Informe Latin America Energy Outlook de la IEA<sup>3</sup>.

**$\mu\text{g}/\text{m}^3$ :** microgramos por metro cúbico; unidad de concentración de partículas. **APS:** *Announced Pledges Scenario*, en español, *Escenario de Compromisos Anunciados*. Proyecta el futuro si los países cumplen sus metas climáticas anunciadas.

**STEPS:** *Stated Policies Scenario*, en español, *Escenario de Políticas Declaradas*. Proyecta el futuro según políticas ya adoptadas o en aplicación. **NZE:** *Net Zero Emissions*, en español, *Emissiones netas cero*. Escenario en el que las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero se equilibran con su remoción de la atmósfera, ya sea mediante absorción natural o tecnologías de captura.

¿Cómo se logra ese escenario NZE? La receta combina políticas y tecnología:

- Transición hacia modos de transporte de menor intensidad de carbono, como caminar, pedalear y usar transporte público masivo.
- Electrificación progresiva de buses y automóviles, especialmente en zonas urbanas con alta densidad poblacional.
- Normas más estrictas de eficiencia y emisiones para camiones y flotas de transporte urbano.
- Planeación urbana que reduzca la necesidad de desplazamientos largos y fomento alternativas limpias.

En definitiva, mejorar la calidad del aire en nuestras ciudades es una inversión en salud pública, productividad, mejora de recursos económicos.

Más personas respiran aire limpio en los escenarios APS y NZE que en el escenario STEPS, pero solo en el escenario NZE esto se traduce en una baja significativa de muertes prematuras.

### ¿Qué contaminante del transporte contribuye más a la formación de smog?

Los óxidos de nitrógeno (NOx) emitidos por motores diésel y de gasolina reaccionan con compuestos orgánicos volátiles (COV) bajo la luz solar, generando ozono troposférico, principal componente del smog<sup>11</sup>.

## Transporte en ciudades: un desafío de eficiencia, contaminación y emisiones

En América Latina y el Caribe, moverse por la ciudad es, muchas veces, un ejercicio de paciencia. Entre bocinazos, semáforos eternos y buses que no llegan a tiempo, la vida urbana se desarrolla en un escenario donde la congestión es casi parte del paisaje.

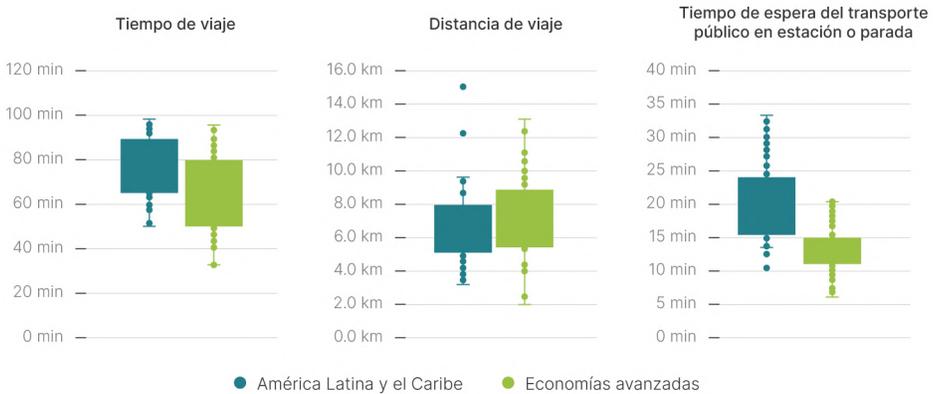
Nuestra región alberga seis megaciudades, y tres de ellas (São Paulo, Ciudad de México y Buenos Aires) superan los 15 millones de habitantes. Ahora, si analizamos donde vivimos, nos damos cuenta de que el 82% de la población vive en ciudades<sup>3</sup>, y para el final de esta década esa proporción será aún mayor. En pocas palabras, cada año más personas comparten el mismo espacio vial y la competencia por moverse se intensifica.

Pero el problema no es solo la cantidad de gente, sino cómo nos movemos. Informes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y del Banco Interamericano de Desarrollo<sup>12</sup> (BID) han planteado la baja cantidad de pasajeros por vehículo como un problema que no solo aporta a la congestión en las calles, sino que también dificulta la disminución de emisiones debido a la poca eficiencia de esta práctica. Ahondaremos un poco más en este punto en particular en el siguiente capítulo.

### **Ahora bien, ¿cuál puede ser el origen de este problema? ¿Por qué las personas usan vehículos privados en vez del transporte público?**

Revisemos algunos datos que nos permitan hacer una panorámica general. Según la División de Transporte del BID<sup>12</sup>, hoy en América Latina y el Caribe, los tiempos de viaje en transporte público son sumamente elevados. A pesar de recorrer distancias menores a la de estados más grandes, los tiempos de espera y de traslado son mayores.

## Comparación de factores de viaje en transporte público en América Latina y el Caribe y economías avanzadas



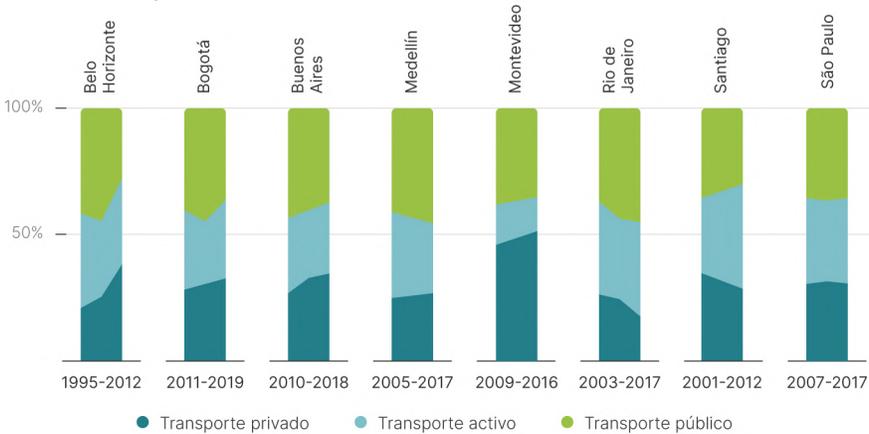
**Nota:** reelaboración a partir de Figura 11 del documento Hechos estilizados de la movilidad urbana en América Latina y el Caribe<sup>12</sup>.

Si observas el gráfico, podrás ver que en LAC los tiempos de viaje, en su mayoría, parten siendo mayores a una hora, mientras que en países con economías más desarrolladas comienzan desde los 50 minutos, recorriendo mayores distancias. A esto, además, se suma la poca frecuencia. En LAC, la mayoría de las personas pueden estar esperando el transporte entre 20 y 25 minutos en promedio, mientras que en países más desarrollados, la mayoría espera entre 12 y 15 minutos. Estos tiempos y la accesibilidad varían aún más cuando no hablamos de las grandes ciudades. Debido a la expansión del sector urbano en la región, también han aumentado las zonas periféricas, cuyas distancias a los centros urbanos son mayores y con menos posibilidades de transporte. En América Latina y el Caribe, a mayor distancia de traslado en la zona urbana, mayor es el uso de vehículos privados<sup>12</sup>.

En ese sentido, el uso del automóvil se transforma en una alternativa de mayor comodidad para trasladarse, lo que, si bien es un desafío para transitar a un modelo de transporte más sostenible, indica una ruta clara de lo que los Estados pueden hacer para avanzar.

Las consecuencias están a la vista: congestión que roba horas productivas y de descanso, brechas urbano-rurales en el acceso a transporte eficiente y más emisiones por pasajero. Para ponerlo en perspectiva, Europa cuenta con 35 kilómetros de transporte masivo por cada millón de habitantes; en LAC, apenas llegamos a 10 kilómetros<sup>13</sup>. No sorprende que ciudades como Bogotá o Monterrey figuren entre las más congestionadas en el mundo<sup>14</sup>.

## Modos de transporte en algunas ciudades de América Latina y el Caribe en distintos periodos de tiempo entre 1995 - 2017



**Nota:** reelaboración a partir de la Figura 3.1 del Informe Latin America Energy Outlook<sup>3</sup>. Transporte activo incluye principalmente caminar y andar en bicicleta.

Entre 2000 y 2022, la flota de transporte privado en la región se triplicó, mientras que la dependencia del transporte público disminuyó. Hoy, la tasa de propiedad de automóviles en LAC es comparable con el promedio mundial, aunque es 3,5 veces menor que la media de las economías avanzadas. A pesar del aumento de los modos de transporte privado, muchos hogares de ingresos bajos no tienen la capacidad económica para adquirir un automóvil. Las tasas de propiedad de automóviles varían según el país: Chile y Costa Rica muestran un rápido crecimiento en la región, y se proyecta que para 2050 tendrán una de las cifras más altas de autos per cápita en LAC<sup>3</sup>.

La proporción del transporte público ha ido disminuyendo en seis de las ocho ciudades principales presentadas en el gráfico, mientras que el transporte privado ha ido aumentando.

Y aunque dos tercios de los viajes urbanos en LAC se hacen en modos sostenibles, a pie, en bicicleta o en transporte público, los automóviles privados siguen siendo responsables de la mayor parte de las emisiones, la congestión, la contaminación acústica y la siniestralidad vial. Incluso la electrificación del automóvil no elimina todos estos impactos, aunque reduce las emisiones directas, puede intensificar otros, como la congestión, al mantener el modelo de uso individual.

## ¿Y qué cambios necesitamos para transformar nuestras ciudades?

En esencia, dos cosas: mejorar radicalmente el transporte público para que sea competitivo frente al automóvil privado, y diversificar la oferta de movilidad con metro, tranvías, buses eléctricos, ciclovías y espacios caminables, todos alimentados con electricidad renovable.

Ya existen avances. Más de 45 ciudades de la región han adoptado corredores de bus de tránsito rápido (BRT), que han demostrado ser una solución eficiente y asequible<sup>3</sup>. Ciudades como Curitiba, en Brasil, son pioneras en este modelo, que ofrece viajes más rápidos, reduce la congestión y disminuye las emisiones. Cuando se combinan estos sistemas con flotas de buses eléctricos, los beneficios se multiplican: menos ruido, aire más limpio y un transporte más cómodo y atractivo.

Esto no será barato: el BID estima que la región necesitará invertir 222 mil millones de dólares de aquí a 2030 para cumplir con el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles y garantizar un transporte urbano seguro, accesible y sostenible<sup>15</sup>. Es una cifra enorme, pero también una oportunidad histórica para repensar nuestras ciudades y poner a las personas, y no a los autos, en el centro.

## Electromovilidad: del piloto a la escala

En palabras simples, la electromovilidad es el uso de vehículos que funcionan con energía eléctrica, en lugar de combustibles fósiles. Y aunque hoy suene a innovación, no es una idea nueva: los primeros autos eléctricos circularon a fines del siglo XIX (años 1800)<sup>16</sup>, pero fueron desplazados por el motor de combustión interna y el abaratamiento de la gasolina. Ahora, más de un siglo después, vuelven a escena como una de las grandes apuestas para reducir emisiones y modernizar el transporte.

Su atractivo no es casual. Los vehículos eléctricos (VE, o en inglés EV) pueden ser entre cuatro y cinco veces más eficientes que los de gasolina, ya que logran aprovechar entre el 87% y el 91% de la energía de sus baterías para moverse (recuperando parte al frenar), mientras que un motor a combustión convierte sólo entre el 16% y el 25% del combustible en movimiento<sup>17</sup>. Además, los costos operativos

### ¿Puede ser el vehículo eléctrico una fuente de ingresos?

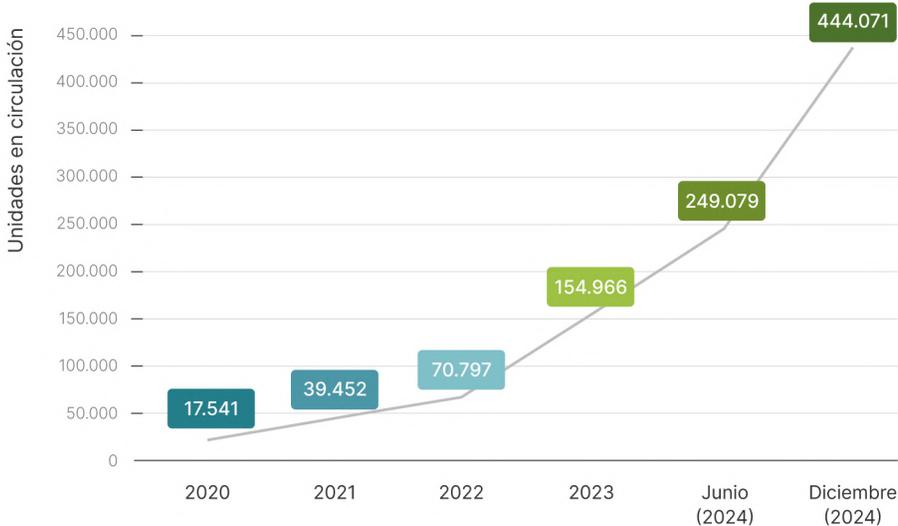
Un vehículo eléctrico, al contar con una batería, cuenta con la capacidad de no tan solo almacenar electricidad, sino que también de transmitirla para otros usos cuando es necesario. El sistema "vehicle to grid" es una práctica que permite a un vehículo eléctrico inyectar energía a la red cuando no se usa. Esto ya se prueba en Japón, Reino Unido y California. La ventaja de poder generar ingresos con este sistema es que para mercados con tarifas de electricidad variables, se puede cargar la batería en momentos donde la tarifa es baja, y luego inyectar a la red cuando la tarifa es más alta, generando ingresos por la venta de electricidad en horas punta.

de los VE suelen ser más bajos, ya que tienen sustantivamente menos piezas móviles, menos mantenimiento y, si la electricidad es barata, también menos gasto por kilómetro recorrido.

### Ahora, ¿qué tan extendida está la electromovilidad en América Latina y el Caribe?

Según los últimos reportes de la OLADE<sup>18</sup>, durante el año 2024, los vehículos livianos eléctricos aumentaron un 187% en comparación con el año anterior. Es decir, la cantidad de autos eléctricos se triplicó en solo un año. Con este crecimiento, los autos eléctricos representan actualmente el 0,3% del parque vehicular de América Latina y el Caribe<sup>7</sup>.

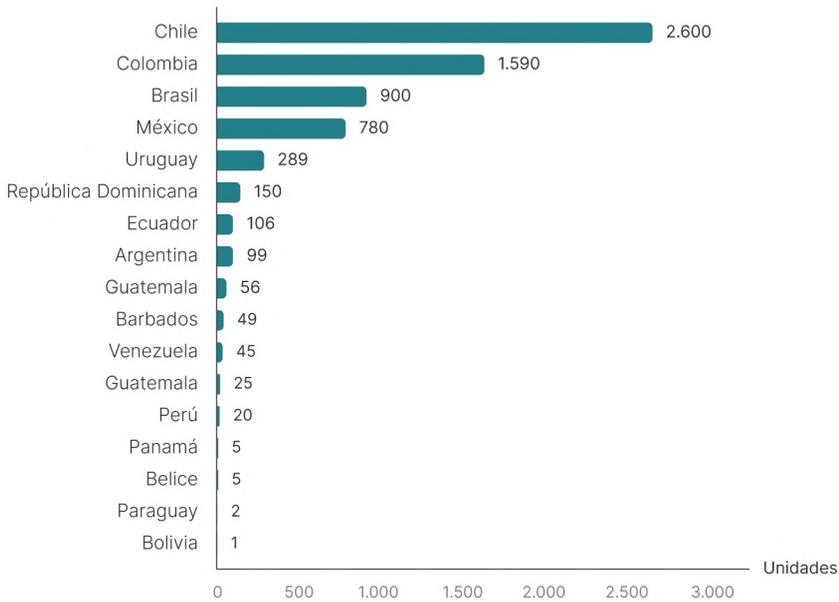
### Evolución del parque vehicular liviano electrificado entre 2020 y 2024



**Nota:** reelaboración a partir de la Figura 1 del documento Nota Técnica Movilidad Eléctrica en América Latina y el Caribe 2024<sup>19</sup>.

Donde sí se avanza con más fuerza es en el transporte público. A diciembre de 2024, había alrededor de 6.700 buses eléctricos, un 32% más que el año anterior. Chile y Colombia lideran el ranking, seguidos por Brasil, México y Uruguay.

## Ranking de países de América Latina y el Caribe con mayor número de buses eléctricos a diciembre del 2024



**Nota:** reelaboración a partir de la Figura 4 de documento Nota Técnica Movilidad Eléctrica en América Latina y el Caribe 2024<sup>19</sup>.

Este liderazgo en buses eléctricos es relevante porque ahí es donde la electromovilidad tiene más sentido social, ambiental y económico. Un bus eléctrico que recorre cientos de kilómetros diarios ahorra mucho más combustible y reduce más emisiones que un auto particular eléctrico que se usa esporádicamente. Y a diferencia del automóvil privado, su beneficio se reparte entre miles de pasajeros.

Sin embargo, no todo lo que brilla es libre de carbono. Si bien los vehículos eléctricos no emiten gases por el tubo de escape, sí liberan material particulado por el desgaste de frenos, neumáticos y pavimento. De hecho, por su mayor peso, pueden generar incluso más partículas de este tipo que los vehículos convencionales al frenado. De todas maneras, existe una diferencia en la composición del material particulado, ya que aquellos provenientes de motores diésel contienen sustancias ultrafinas y cancerígenas, mientras que el de origen mecánico suele ser menos tóxico.

### ¿Cuál es la vida útil promedio de una batería de auto eléctrico y qué se hace luego con ella?

Pueden alcanzar una vida útil de hasta 10 años, con proyección a 15 años al 2030<sup>20</sup>. Después, la batería puede reutilizarse para almacenamiento estacionario o reciclarse para recuperar litio, cobalto y níquel<sup>21</sup>.

Otro aspecto clave es el origen de la electricidad. Si la red eléctrica sigue dependiendo en gran medida de combustibles fósiles, la huella de carbono de un VE se reduce mucho menos de lo esperado. Por eso, la electromovilidad sólo tiene sentido climático si avanza en paralelo con la descarbonización de la matriz eléctrica.

También está la pregunta de quién gana y quién queda fuera. Muchos de los minerales críticos para fabricar baterías, como el litio, se encuentran en América Latina, especialmente en el “triángulo del litio” (Chile, Argentina, Bolivia). Esto puede ser una ventaja económica, pero también un riesgo en que la región se convierta en un mero proveedor de materias primas para la demanda de electromovilidad del Norte Global, sin capturar el valor agregado ni garantizar un uso justo de esos recursos. Este es un debate que retomaremos en el capítulo 6.

Y finalmente, está el tema de a quién se apoya. Subsidiar la compra de autos eléctricos particulares suele ser fiscalmente costoso, socialmente regresivo y con un impacto limitado en la reducción de emisiones. Antes de destinar grandes recursos a eso, hay medidas más efectivas, tales como priorizar la electrificación de buses urbanos, taxis y vehículos de pymes; ofrecer mecanismos financieros que faciliten la adopción de VE en flotas de alto uso diario; o incluso, mejorar la infraestructura de carga en transporte público y centros logísticos.

La electromovilidad no es lo único que podrá poner en jaque la contaminación del transporte sostenible. Pero bien diseñada, enfocada en el transporte público y la logística urbana, respaldada por energías renovables y acompañada de cambios en la forma de movernos, puede ser una palanca poderosa para acelerar la transición. Sin embargo, hay algo aún más limpio y sostenible que la electromovilidad. Vamos al próximo tema.

## Movilidad activa y sostenible: ciclovías y peatonabilidad

Cuando hablamos de transporte sostenible, muchas veces la conversación se centra en buses eléctricos, trenes o autos con baterías de litio. Pero existe una forma de moverse que no necesita motores, ni combustibles, ni siquiera electricidad: nuestras propias piernas y, para quienes prefieren algo de velocidad, la bicicleta.

---

### ¿Qué ciudad latinoamericana tiene la red de ciclovías más extensa?

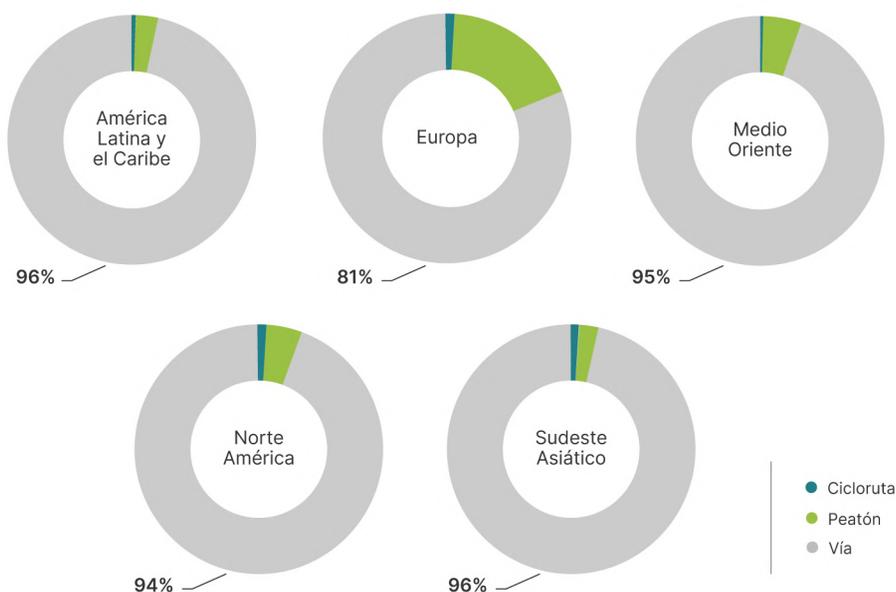
A mayo de 2024, Sao Paulo lidera con más de 730 km de ciclovías permanentes y 148 km en construcción<sup>22</sup>.

---

La movilidad activa, sea caminar o pedalear, es la opción de transporte más limpia y, a la vez, la más subestimada. No emite gases de efecto invernadero, mejora la salud física y mental, reduce la congestión y devuelve a las ciudades una escala más humana. No es casualidad que ciudades como Santiago, Río de Janeiro o Bogotá hayan visto aumentar el uso de la bicicleta y los desplazamientos a pie en los últimos años. En Santiago, por ejemplo, el transporte activo pasó de representar cerca del 30% en 2001 a alrededor del 40% en 2012, tras una inversión significativa en ciclovías entre 2007 y 2010<sup>3</sup>.

Ahora bien, ¿están nuestras ciudades realmente adaptadas para peatones y ciclistas? Lamentablemente, no. Según el BID, aunque a nivel mundial el 25% de las ciudades cuentan con al menos 50 kilómetros de ciclovías por cada millón de habitantes, en LAC ninguna urbe alcanza esos niveles. Además, en términos de inversión, la situación es preocupante: menos del 4% del gasto total en transporte se destina a infraestructura peatonal o ciclista, en contraste con el 19% que se invierte en Europa<sup>12</sup>.

### Distribución de la infraestructura de transporte terrestre por región global



**Nota:** reelaboración a partir de Figura 3 de documento Hechos estilizados de la movilidad urbana en América Latina y el Caribe<sup>12</sup>.

Aun así, hay señales alentadoras. Algunos países de la región han comenzado a desarrollar estrategias nacionales para impulsar la movilidad activa:

- **México:** el Plan Bici CDMX busca consolidar la bicicleta como parte estructural del transporte urbano.
- **Colombia:** el Programa Nacional de Fomento del Uso de la Bicicleta se enmarca dentro de la Estrategia Nacional de Movilidad Activa con Enfoque de Género y Diferencial (ENMA).
- **Brasil:** la Estrategia Nacional de Promoción de la Movilidad por Bicicleta (ENAB) apunta a que la bicicleta alcance un 25% de la participación modal para 2030.
- **Chile:** tras el auge ciclista durante la pandemia, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo se comprometió, en el marco del programa de Gobierno Abierto, a aumentar la inversión en infraestructura peatonal y ciclo-inclusiva en zonas estratégicas.

Estos avances muestran que el cambio es posible, pero aún queda mucho camino por recorrer para que la movilidad activa tenga un lugar prioritario en nuestras ciudades. Promoverla no solo es una decisión de transporte, también es una medida clave para cumplir con el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, que busca garantizar el acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos.

#### **Caso práctico: Ciudades de 15 minutos**

La capital de Francia, París, se ha destacado por popularizar la idea de que todos los servicios esenciales tales como como trabajo, educación, salud, compras y ocio deberían estar a menos de 15 minutos caminando o pedaleando desde casa. Esto no solo reduce las emisiones del transporte, también mejora la calidad de vida, fortalece el comercio local y devuelve el tiempo a las personas. Algunas ciudades latinoamericanas ya están explorando este enfoque, adaptándolo a sus propias realidades urbanas y sociales<sup>24</sup>.

## Panorama eficiente en la urbe: identificación de vías terrestres según modo de transporte



04

**Nota:** reelaboración de ilustración de "Mejores Calles México"

1. Este cruce está diseñado para alta visibilidad, posiblemente con un enfoque estético o inclusivo. Las franjas de colores pueden indicar una zona escolar, una intervención artística o una señal de prioridad peatonal reforzada.
2. Representa el uso cotidiano del espacio peatonal. Su presencia subraya la importancia de veredas amplias, seguras y accesibles para fomentar la caminata urbana.
3. La ciclovía segregada indica infraestructura dedicada al transporte activo. Su inclusión promueve la movilidad sostenible, reduce emisiones y mejora la seguridad vial.
4. Este punto destaca el uso recreativo del espacio público. Las áreas verdes y mobiliario urbano invitan a la permanencia, fortalecen el tejido social y mejoran la calidad de vida.
5. Señala infraestructura de apoyo para ciclistas. El bicicletero facilita el uso de la bicicleta como medio de transporte diario, promoviendo intermodalidad y seguridad.
6. Indica carril preferente para transporte público. Mejora la eficiencia del sistema, reduce tiempos de viaje y prioriza modos colectivos sobre el automóvil.
7. Este punto puede representar un carril compartido entre autos autorizados y bicicletas, aunque la señalización es ambigua. Podría tratarse de una vía de acceso restringido o de prioridad ciclista.
8. Son esenciales para la regulación del flujo vehicular y peatonal. Su correcta disposición mejora la seguridad, reduce conflictos y organiza la movilidad.
9. Estos elementos aportan sombra, confort térmico y seguridad nocturna. También embellecen el entorno y contribuyen a la salud ambiental del espacio urbano.

## Carga pesada y corredores logísticos

Si pensamos en emisiones de transporte, lo primero que suele venir a la mente son los autos en las ciudades. Pero hay un actor mucho más silencioso y pesado, que recorre nuestras carreteras y rutas: el transporte de carga. Camiones de varios ejes, furgones de reparto y tráileres que, aunque indispensables para el comercio y la economía, representan uno de los segmentos más difíciles de descarbonizar.

La electrificación a gran escala del transporte de carga pesada sigue siendo costosa y técnicamente compleja. La razón es simple: mover decenas de toneladas requiere mucha energía, y las baterías necesarias para ello siguen siendo voluminosas, pesadas, caras y con tiempos de recarga bastante largos. Por eso, las estrategias para reducir sus emisiones se centran por ahora, en dos frentes: mejorar la eficiencia (motores más eficientes, mejores normas de consumo de combustible) y migrar hacia combustibles alternativos como los biocombustibles y el hidrógeno (algo que podremos ver más adelante). Hoy, alrededor del 88% de la carga por carretera en la región depende del petróleo y sus derivados (diésel y gasolina)<sup>25</sup>, y estas opciones intermedias pueden ayudar a reducir su huella mientras las tecnologías eléctricas o de hidrógeno maduran.

El transporte ferroviario, por su parte, ofrece una alternativa mucho más eficiente en términos de emisiones por tonelada-kilómetro. Sin embargo, su viabilidad económica requiere grandes volúmenes de carga y una infraestructura que en la región, todavía está fragmentada. Proyectos de integración como los corredores bioceánicos o redes intermodales conectadas con SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central) podrían cambiar este panorama, facilitando un transporte de mercancías más limpio y competitivo.

En contraste, el transporte de carga liviano, especialmente el que se ocupa de la logística urbana y la “última milla”, sí tiene un alto potencial para electrificarse rápidamente. ¿Por qué? Porque requiere menos potencia, recorre distancias más cortas y su uso intensivo acelera el retorno de la inversión. Un furgón eléctrico que realiza decenas de entregas diarias no solo ahorra combustible, sino que reduce el ruido y mejora la calidad del aire en zonas densamente pobladas. El reto aquí es otro: la alta informalidad y atomización del sector, que dificulta la adopción de flotas eléctricas a gran escala sin apoyo financiero e institucional.

Para rutas largas o consumos muy intensivos, el hidrógeno verde y las celdas de combustible aparecen como una opción prometedora a futuro, aunque todavía lejos

de ser masiva. Su adopción dependerá de reducir costos, expandir infraestructura de producción y abastecimiento y garantizar que el hidrógeno se produzca con energías renovables.

Finalmente, no podemos olvidar que el transporte aéreo es el modo de transporte de más rápido crecimiento en América Latina y el Caribe<sup>3</sup>. Su fuerte dependencia del petróleo y la dificultad técnica para electrificar lo convierten en uno de los sectores más complejos de descarbonizar. Aquí, las soluciones pasan por mejorar la eficiencia de las aeronaves, optimizar rutas y explorar combustibles sostenibles de aviación como el SAF.

---

#### ¿Qué es la logística de última milla y cómo se puede descarbonizar?

Es el tramo final de entrega de un producto al cliente. Imagínate como la entrega de productos de Mercado Libre, Amazon o cualquier compra que se realiza por internet y la solicitas con despacho a tu hogar. Este sector se puede descarbonizar con la implementación de bicicletas de carga, vehículos eléctricos ligeros y centros de distribución cercanos a zonas de alta demanda<sup>26</sup>.

---

04

#### SAF y el futuro de la aviación en América Latina<sup>3</sup>

Los combustibles sostenibles de aviación (SAF), como el biojet kerosene, producido a partir de biomasa y residuos y compatible con los motores e infraestructura actuales, ofrecen una alternativa clave: pueden mezclarse con el combustible convencional y usarse directamente en aviones en operación. Sin embargo, hoy su uso es marginal, cubriendo apenas el 0,1% de la demanda global.

**América Latina cuenta con ventajas únicas para producir SAF:** abundante biomasa, una industria de biocombustibles consolidada y experiencia técnica. Según la IEA, la región podría producir hasta siete veces su demanda interna y cubrir un 20% del consumo mundial de biojet para 2030. Brasil y Colombia ya han iniciado marcos regulatorios que incluyen mandatos de mezcla y hojas de ruta específicas.

**El principal desafío es económico:** el SAF sigue costando más del doble que el queroseno fósil y su expansión requerirá políticas de incentivo, inversión en nuevas tecnologías y cadenas de suministro sostenibles.

En resumen, combinar medidas de eficiencia, opciones intermedias como biocombustibles, electrificación progresiva en segmentos viables y proyectos ferroviarios de integración regional será clave para mover mercancías con menor huella de carbono, sin frenar el pulso económico de la región.



## Medir la eficiencia: intensidad y parámetros contextuales

La eficiencia energética en palabras muy simples significa hacer más con menos: usar menos energía para realizar la misma tarea o, al revés, usar la misma cantidad de energía pero lograr mejores resultados.

Si lo llevamos a un ejemplo concreto, sería, por ejemplo, que un auto pudiese recorrer la misma, o una mayor cantidad de kilómetros, con menos energía de la que usaría normalmente, o que una ampolla ilumine igual o mejor consumiendo menos electricidad. Y es que en términos prácticos, no existe energía más limpia que aquella que no se consume.

La eficiencia energética es clave, ya que la aceleración de las mejoras en esta materia puede generar más del 70% de la disminución proyectada en la demanda de petróleo y el 50% de la reducción en la demanda de gas para 2030<sup>1</sup>.

Una de las principales formas para medirla es la intensidad energética, que relaciona la energía consumida con un indicador económico, como el Producto Interno Bruto (PIB). La fórmula es la siguiente:

$$\text{Intensidad energética} = \frac{\text{Energía consumida}}{\text{Indicador económico}}$$

Este indicador nos muestra cuánta energía se necesita para producir una unidad de riqueza económica. Por lo tanto:

- Una menor intensidad energética indica una mayor eficiencia: se necesita menos energía para generar el mismo valor económico.
- Una mayor intensidad energética sugiere menor eficiencia: se requiere más energía para producir el mismo nivel de actividad económica.

En otras palabras, si la intensidad energética disminuye con el tiempo, es una señal de que se está mejorando la eficiencia. Pero si aumenta, puede indicar problemas de desempeño energético o cambios estructurales que requieren atención.

Este indicador depende de varios factores y puede ir cambiando según las características de un territorio. Es relevante considerar la estructura económica (más servicios o más industria), la industria energética de base, el tipo de matriz energética (fósil o renovable), los tipos de cambio en la moneda, el tamaño del país, el clima, el comportamiento de los usuarios y la tecnología disponible, ya que estos elementos nos permiten evaluar no solo cuánta energía se utiliza, sino también si el sistema energético responde de forma adecuada a las condiciones y necesidades específicas del contexto local.

05

Es importante no confundir eficiencia energética con conservación de energía. Aunque ambos conceptos buscan reducir el consumo, lo hacen de maneras diferentes. Repitamos el ejemplo anterior: la eficiencia energética significa usar menos energía para lograr el mismo resultado, por ejemplo, cambiar una ampolleta tradicional por una LED que ilumina igual pero gasta menos electricidad. En cambio, la conservación de energía implica reducir directamente el uso, incluso si eso significa hacer menos cosas o limitar ciertos consumos. Por ejemplo, apagar la luz al salir de una habitación o bajar la calefacción unos grados para gastar menos.

Ambos enfoques son importantes, pues la eficiencia busca hacer más con menos sin afectar la calidad de vida, mientras que la conservación implica decisiones conscientes de reducción para cuidar los recursos.

Además, la eficiencia energética se puede analizar por sectores, sea residencial, transporte, servicios, entre otros. En cada uno se calcula cuánta energía se usa para generar una unidad económica (por ejemplo, un dólar de producción), lo que permite identificar oportunidades de mejora específicas.

## Beneficios de un sistema energético eficiente

Organismos como la IEA, las Naciones Unidas y el Banco Mundial han reportado una serie de beneficios que trae consigo generar sistemas energéticos más eficientes<sup>2</sup>, entre ellos destacan:



**Ahorro en infraestructura energética:** retrasa la necesidad de construir nuevas plantas de generación eléctrica. En Chile, el Plan Nacional de Eficiencia Energética de 2013 permitió reducir en un 9% la demanda energética proyectada para 2019. En México, entre 2005 y 2015, se logró un ahorro del 33% en el consumo residencial de energía.



**Mayor acceso a la energía:** la misma infraestructura puede abastecer a más personas sin aumentar la capacidad instalada.



**Ahorro económico:** duplicar la tasa de eficiencia energética, como establece el ODS 7: Energía asequible y no contaminante, podría reducir hasta un tercio de las facturas energéticas en economías desarrolladas.



**Reducción de gases de efecto invernadero (GEI):** alcanzar la meta anterior contribuiría con el 40% de los compromisos del Acuerdo de París y el 50% de los esfuerzos para lograr emisiones netas cero.



**Mejora en la salud pública:** reduce la exposición a combustibles contaminantes como la biomasa para cocinar, leña para calefaccionar o gasolina para transportarse.



**Aumento del valor de los activos:** por ejemplo, los edificios eficientes energéticamente suelen tener una mayor valorización en el mercado, ya que permiten entregar los mismos servicios con un menor consumo energético. En algunas ofertas de ventas de inmobiliarios, ya es posible encontrar el etiquetado de eficiencia energética.



**Generación de empleos:** cumplir con los objetivos de eficiencia energética podría generar nuevos empleos debido a la mayor necesidad de profesionales, uso de tecnología y el desarrollo de infraestructura.



**Alivio de la pobreza:** en América Latina y el Caribe, el gasto en energía es el segundo más alto después de los alimentos. Las familias destinan

entre el 7% y 9% de sus ingresos al pago de electricidad y gas, pero en el 10% de las familias más pobres este porcentaje asciende hasta el 24%. Un sistema más eficiente disminuye los costos.



Resiliencia de la red eléctrica: disminuye los picos de demanda, evitando apagones y permitiendo una mejor integración de energías renovables.

La eficiencia energética en la región ha avanzado de forma irregular. En promedio, la mejora en la intensidad energética no ha superado el 3% anual. Este ritmo es considerado bajo, ya que representa el mínimo recomendado para alinearse con los objetivos de carbono-neutralidad global y cumplir con las metas climáticas internacionales.

Según el Informe de Eficiencia Energética 2024 de la IEA<sup>1</sup> entre 2010 y 2019, el avance promedio fue de apenas 0,4% anual, muy por debajo del promedio mundial. En 2022, América Latina mostró un repunte, alcanzando una mejora del 2,5% en la intensidad energética, no obstante, en 2023 este progreso se detuvo por completo

A pesar de este panorama general, hay señales positivas. Un tercio de los países de la región cuenta con una ley marco de eficiencia energética, y la mitad ha establecido unidades o entidades gubernamentales específicas para liderar este tema. Además, si bien hay países que no cuentan con estas políticas, sí han establecido procesos avanzados de diseño o discusión de marcos regulatorios.

### Avances en la legislación de eficiencia energética en los países de la región de América Latina y el Caribe



**Nota:** reelaboración a partir de Figura 1 del informe de Leyes de Eficiencia Energética en Latinoamérica y el Caribe OLADE<sup>3</sup>.

Como puedes observar en el mapa, la mayoría de los países cuentan con un instrumento vigente o en construcción. Ahora bien, es importante desglosar qué tipo de contenidos tienen estos proyectos. En la siguiente tabla, podrás observar una comparativa entre distintos proyectos de países de la región.

### Leyes marco de eficiencia energética de la región

País	Ley Marco de Eficiencia Energética	Inventarios Públicos o Plan Nacional	Agencia o Unidad dedicada	Ejemplo de medida destacada
<b>México</b>	Ley de Transición Energética. DOF 24-12-2015	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía)	Etiquetado de productos y edificaciones en "Excelencia en Eficiencia Energética"
<b>Brasil</b>	Ley N° 10.295, de 17 de octubre de 2001	Política Nacional de Conservación y Uso Racional de Energía	Comité de Gestión de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética	Fabricantes e importadores deben cumplir con los estándares de eficiencia energética fijados por la normativa.
<b>Chile</b>	Ley N° 21.305 Sobre Eficiencia Energética	Plan Nacional de Eficiencia Energética	Ministerio de Energía	Calificación Energética de Edificaciones
<b>Uruguay</b>	Ley N° 18.597: Ley de uso eficiente de la energía	Plan nacional de Eficiencia a Energética	Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM)	Certificados de eficiencia energética.
<b>Costa Rica</b>	Ley N° 7.447: Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía	Programa nacional de uso racional de la energía	Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas (MIRENEM)	Límites graduales de consumo a empresas privadas.

**Nota:** elaboración propia a partir de fuentes por país<sup>4</sup>.

Si volvemos a las cifras, también encontramos algunas alentadoras. Según el mismo informe del 2024 de la IEA<sup>1</sup>, más de la mitad de los países ha alcanzado mejoras superiores al 4% al menos una vez en la última década, y la mitad lo ha logrado en tres o más ocasiones durante ese periodo. Además, en fechas más recientes, en el 2022, al menos 7 de los 33 países latinoamericanos lograron mejoras superiores al 4% en su intensidad energética.

## Eficiencia en el transporte

Como vimos en el capítulo anterior, el transporte es uno de los aspectos clave para trabajar y mejorar si queremos avanzar en una transición energética justa para la región, ya que en la actualidad se posiciona como uno de los sectores que mayormente emite CO<sub>2</sub>.

En ese contexto, mejorar la eficiencia energética en el transporte no solo permite disminuir los costos, sino que también pisar el acelerador de la transición.

Organismos como el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) han proyectado un 19% del potencial de mitigación a la electrificación del transporte<sup>5</sup>. Esto, en palabras simples, significa que hay gran parte de las fichas de la mitigación puestas en los resultados de la electrificación del transporte, y por lo mismo, han ido en aumento los autobuses eléctricos en la región, cuyas cifras superan las 6.700 unidades, como vimos en los gráficos del capítulo anterior. Además, los autos eléctricos son más eficientes que los de combustión en cuanto al uso de la energía.

Esto es una medida sumamente coherente con los problemas principales del transporte, ya que su mayor contribuyente de emisiones es el medio terrestre, por lo que es ahí donde los organismos internacionales y la comunidad científica han recomendado invertir.

### **Ahora bien, ¿basta solo con electrificar para aumentar la eficiencia del transporte?**

La verdad, no. Debemos pensar en muchas más soluciones, y en ese sentido el transporte público es clave, ya que debido a la mono-transportación que mencionamos en el capítulo anterior, el transporte de personas ya sea a sus escuelas, universidades o trabajos, es sumamente ineficiente.

Alguna de esas veces que has quedado atascado en el tráfico, ya sea en la ciudad o en alguna carretera, ¿te has fijado en cuántas personas van solas en sus vehículos?

Probablemente te sorprendas con la cantidad, y es que una serie de personas hoy prefiere movilizarse de forma independiente para asegurar su comodidad y uso del tiempo debido a las condiciones no óptimas del transporte público. Y aquí se pierde una excelente oportunidad de eficiencia, tanto para el tráfico, para las emisiones y para la economía de las personas.



Esta imagen se ha hecho sumamente popular en las redes sociales, ya que permite dimensionar cuántas personas caben en cada medio de transporte y cómo esto puede afectar el tránsito. Si tomamos un grupo de aproximadamente 50 personas que se desplazan por la carretera, distribuidas en autos con una o dos personas cada uno, bastaría con un solo bus para transportarlas a todas. Mientras que en vehículos particulares usados como mono-transportación se utilizarían bastante más unidades, haciendo un uso de hasta 15 veces más del espacio público. La imagen es clara al evidenciar que una mayor adopción y uso de transporte público reduciría drásticamente el tráfico y, por ende, la cantidad de emisiones, ya que habría menos vehículos en circulación.

El siguiente cuadro forma parte del Capítulo de Transporte y Transición Energética del Reporte de Economía y Desarrollo del año 2024 de la CAF - Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe, quienes analizaron el consumo energético por pasajero, por kilómetro y por el tipo de combustible predominante para siete modalidades de transporte<sup>6</sup>.



## Eficiencia y consumo energético de distintos medios de transporte urbano agrupados por tipo de combustible

### Combustibles fósiles



Automóvil



Bus



BRT

Pasajeros por hora	2.000	9.000	17.000
MJ/pasajero-km	1,65-2,45	0,32-0,91	0,24
Combustible predominante	Fósil	Fósil	Fósil
USD/pasajero-km infraestructura	2.500-5.000	200-500	500-600
Equivalencia en MJ/pasajero-km BRT	x8.5	x2.6	x1

### Electricidad



Tranvía



Tren/metro

Pasajeros por hora	22.000	80.000
MJ/pasajero-km	0,53-0,65	0,15-0,35
Combustible predominante	Electricidad	Electricidad
USD/pasajero-km infraestructura	2.500-7.000	15.000-60.000
Equivalencia en MJ/pasajero-km tren/metro	x2.4	x1

### Comida



Bicicleta



Caminata

Pasajeros por hora	14.000	19.000
MJ/pasajero-km	0,1	0,2
Combustible predominante	Comida	Comida
USD/pasajero-km infraestructura	50-150	50-150
Equivalencia en MJ/pasajero-km caminata	x1	x2

**Nota:** reelaboración de tablas a partir del Cuadro 8.2 del capítulo Transporte y transición energética: hacia una movilidad sustentable del Reporte Red 2024 CAF<sup>6</sup>.

**Pasajeros por hora:** cantidad de pasajeros que caben de forma segura y cómoda en el transporte. **MJ/pasajero-km (MJ/P-KM):** intensidad energética por pasajero-kilómetro (medida en megajulios). Cuánta energía consume un pasajero cada un kilómetro. **USD/pasajero-km infraestructura:** costos de infraestructura por pasajero-kilómetro (en dólares). **Combustible predominante:** Qué tipo de combustible usa ese medio de transporte. **BRT:** Bus Rapid Transit, en español Bus de Tránsito Rápido. Sistema de transporte público urbano de alta capacidad y velocidad, que opera en carriles exclusivos y con estaciones diseñadas para mejorar la eficiencia y la fiabilidad del servicio.

Como puedes observar en las tablas, un mismo pasajero recorriendo el mismo kilómetro puede gastar más o menos energía. En el caso de los transportes a partir de fósiles, un automóvil puede llegar a gastar hasta de ocho veces más energía que un bus rápido (BRT, por sus siglas en inglés). Por otro lado, en transportes a partir de electricidad, un tranvía puede llegar a ocupar más del doble de energía de la que ocupa un metro o tren para un pasajero.

Si a esto, además, le sumamos las distintas cantidades de pasajeros que pueden ir en cada medio de transporte, podemos ir sacando conclusiones respecto a su eficiencia. Por ejemplo, mientras un automóvil gasta más energía y

### ¿Qué es un sistema BRT y por qué reduce emisiones?

Es un corredor exclusivo para buses de alta capacidad y frecuencia, con estaciones rápidas y priorización semafórica. Mejora la velocidad, aumenta la ocupación y reduce emisiones frente al auto privado<sup>7</sup>.

caben menos personas, un BRT puede transportar más pasajeros y usando una menor cantidad de combustible. Otro análisis importante que nos entrega este cuadro de la CAF son los indicadores económicos.

En términos del costo de infraestructura para cada medio de transporte es posible identificar que los sistemas con menor inversión son aquellos destinados para la caminata y las bicicletas, con valores entre 50 y 150 USD/pasajero-km de infraestructura; seguido del bus y el BRT con costos de inversión entre 200 y 600 USD/pasajero-km de infraestructura; luego por el automóvil y tranvía con costos entre 2.500 y 7.000 USD/pasajero-km de infraestructura; hasta llegar al metro o tren con los costos más altos de 15.000 a 60.000 USD/pasajero-km de infraestructura.

Otro indicador importante a tomar en cuenta, y que lo analizamos con la imagen popularizada en redes sociales, es la cantidad de pasajeros transportados por cada modo. En ese caso el metro o tren es el con mayor capacidad de transporte de pasajeros con 80.000 pasajeros por hora; seguido del tranvía, BRT, bus, bicicleta y caminata con valores entre los 22.000 y 9.000 pasajeros por hora; y luego en último lugar el automóvil con una capacidad de tan solo 2.000 pasajeros por hora, siendo sin duda, el medio menos eficiente en términos de capacidad de pasajeros transportados por hora; y el transporte público junto a la bicicleta y caminata, los medios con mayor capacidad de transporte de personas por hora.

Debemos recordar también que cuando hablamos de transporte, no solo hablamos de transporte de personas. Los países también transportan materias primas, productos, comida, etc. A esto le llamamos transporte de carga pesada, y en América Latina y el Caribe más del 85% de la carga terrestre se moviliza en camiones y otros vehículos pesados<sup>6</sup>.

Este tipo de transporte representa uno de los mayores desafíos para la eficiencia energética, y es que estos son vehículos que requieren mucha más energía para operar debido a su peso y volumen, y además, son mucho más complejos y costosos de electrificar que un automóvil convencional.

Frente a este desafío, la CAF ha propuesto avanzar por caminos complementarios. Uno de ellos es electrificar progresivamente los vehículos de carga más liviana, donde ya existen soluciones tecnológicas más accesibles, y el otro, es mejorar la eficiencia de los vehículos de combustión interna mediante la modernización de la infraestructura vial, ya que caminos en buen estado pueden reducir el consumo energético y las emisiones. A esto se suma el uso de combustibles de menor impacto ambiental, como los biocombustibles o el hidrógeno verde que actúa como portador de energía.

Además, se ha propuesto potenciar medios alternativos de transporte, como el ferrocarril para carga en distancias largas, que puede ofrecer mayor eficiencia energética por tonelada transportada. No obstante, su implementación también requiere alta inversión y planificación.

Cabe mencionar que el transporte de carga también incluye modos marítimos, fluviales y aéreos, los que representan una parte importante de la logística internacional y regional.

Aunque este capítulo se enfoca principalmente en el transporte terrestre, por ser el más predominante en términos de volumen de carga en la región, es relevante considerar que la eficiencia energética en el transporte debe ser abordada de manera integral, incluyendo todos los modos de movilización.

Finalmente, si queremos cambiar la fuente de energía de los vehículos, tanto de carga como de pasajeros, es imprescindible considerar la matriz energética completa. Hay países con más recursos e infraestructura que otros, y esto implica que las soluciones deben ser pensadas desde una lógica de justicia en la transición, sobre todo cuando hablamos de tecnologías que dependen de procesos extractivos.

En este contexto, y ante el aumento sostenido en la demanda de combustibles fósiles por parte del transporte, mejorar su eficiencia energética no puede verse solo como una opción técnica: es un deber colectivo, tanto para América Latina y el Caribe como para el resto del mundo.

## Eficiencia en edificaciones y electrodomésticos

Así como ocurre con el transporte, la infraestructura que nos rodea también requiere energía para funcionar. En nuestras casas, escuelas, universidades, lugares de trabajo, centros de salud, comercios y oficinas de servicios públicos, la energía es esencial. Se utiliza para hacer funcionar aparatos, iluminar espacios y mantener condiciones térmicas confortables.

Estos espacios tienen un gran potencial, ya que hoy el consumo energético residencial junto al de servicios y comercio corresponde a un 21% del consumo final según el Balance Energético de la OLADE<sup>8</sup>.

## ¿Y qué se puede hacer en este sector?

Organismos como la IEA y la CEPAL han hecho una serie de recomendaciones, dirigidas particularmente a América Latina y el Caribe, en donde es fundamental comenzar a establecer estándares para los edificios en su infraestructura y rendimiento energético.

Particularmente, se han planteado dos pilares de medidas: mejorar el rendimiento energético, tanto de los distintos elementos que componen un edificio, como su infraestructura, sus sistemas de calefacción, su aislamiento, etc. Y por otro lado, mejorar el rendimiento del edificio en su totalidad, implementando herramientas como etiquetas energéticas, certificados y divulgación respecto al consumo<sup>9</sup>.

Para esto, son cruciales los códigos y normas mínimas de desempeño energético, también conocido como MEPS (por sus siglas en inglés Minimum Energy Performance Standards o bien Normas Mínimas de Desempeño Energético). Estas son normas mínimas de eficiencia energética que se aplican a productos, equipos o edificaciones. En palabras simples son reglas que establecen cuánta energía como máximo puede consumir un edificio o aparato para que se le permita ser construido, vendido o utilizado.

En el caso de edificaciones, las MEPS definen, por ejemplo, cuánto aislamiento térmico debe tener una pared o techo, qué tan eficientes deben ser los sistemas de iluminación o climatización, qué nivel de consumo energético total se permite por metro cuadrado, etc. Estas normas ayudan a que los edificios usen menos energía, sean más cómodos y más económicos de operar, además de contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En América Latina y el Caribe, algunos países ya han comenzado a implementar este tipo de medidas. La CEPAL elaboró un documento en donde podemos observar algunos avances en distintos países de la región<sup>10</sup>, veamos algunos ejemplos.

En México se crearon las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de eficiencia energética en edificios para usos no residenciales. Esta normativa busca fomentar el uso de tecnologías y estrategias sostenibles, reducir costos energéticos y contribuir al cumplimiento de compromisos internacionales en cambio climático y eficiencia energética. Además, las NOMs se actualizan periódicamente para incorporar avances tecnológicos y mejores prácticas.

Más hacia el sur, nos encontramos con el Reglamento sobre gestión energética de los Grandes Consumidores en Chile, un documento que marca un avance importante en

la estrategia nacional para mejorar la eficiencia energética. Este reglamento obliga a las empresas con alto consumo energético a implementar sistemas de gestión energética sólidos, medir y analizar su consumo para identificar oportunidades de optimización, además de reducir sus costos operativos y su huella de carbono. Entre las acciones clave que deben realizar estas empresas se encuentran:

- Medir y registrar periódicamente el consumo energético en sus principales procesos y equipos.
- Identificar líneas base de consumo, es decir, establecer cuánta energía se utiliza normalmente en condiciones estándar.
- Aplicar indicadores de desempeño energético (EnPIs) para evaluar la eficiencia de sus operaciones.
- Realizar auditorías energéticas para detectar oportunidades de mejora y posibles pérdidas de energía.
- Definir metas y planes de acción que incluyan tecnologías más eficientes o cambios en los procesos productivos.
- Asignar responsables internos para asegurar la implementación, el seguimiento y la mejora continua del sistema.

Un beneficio importante de esta política es que también está orientada a contribuir a la eficiencia económica de las empresas, por lo que es un incentivo extra para la toma de medidas de eficiencia energética.

Por otro lado, los sellos y certificados de eficiencia y sostenibilidad también se han transformado en una herramienta relevante para varios países de la región que buscan, no solo elevar los estándares de construcción y operación, sino que también informar a los usuarios y consumidores en sus decisiones.

En ese contexto, las certificaciones LEED (por sus siglas en inglés Leadership in Energy and Environmental Design o bien Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) y EDGE (por sus siglas en inglés Excellence in Design for Greater Efficiencies o bien Excelencia en Diseño para una Mayor Eficiencia) han comenzado a integrarse a las políticas públicas de la región.

---

#### ¿Qué son los EnPIs?

Por sus siglas en inglés Energy Performance Indicators, estos son parámetros cuantificables que se pueden expresar en consumo de energía por unidad de producción, energía por metro cuadrado, intensidad energética (energía/PIB), consumo específico por línea de producción, o eficiencia térmica de equipos.

Los EnPIs son utilizados para evaluar el desempeño energético de un sistema, proceso u organización. Permiten establecer líneas base, hacer seguimiento a mejoras de eficiencia y verificar el cumplimiento de objetivos energéticos conforme a sistemas o normas de gestión como la ISO 50001.

---

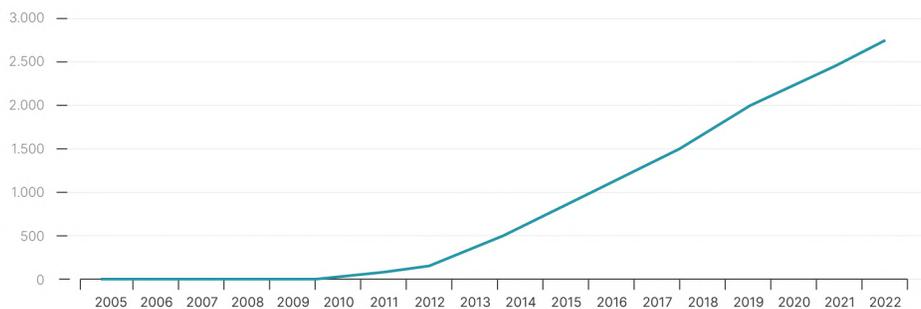
Ambas certificaciones son otorgadas por entidades internacionales:

- LEED es emitida por el U.S. Green Building Council (USGBC) y evalúa múltiples aspectos del diseño, construcción, operación y mantenimiento de edificios sostenibles.
- EDGE, por su parte, es una certificación desarrollada por la Corporación Financiera Internacional (IFC), perteneciente al Grupo del Banco Mundial, y está orientada principalmente a mercados emergentes, con un enfoque en eficiencia energética, uso del agua y materiales sostenibles.

Estas certificaciones pueden ser obtenidas por proyectos de construcción nuevos o existentes, tanto públicos como privados, siempre que cumplan con los criterios técnicos establecidos. Su incorporación no solo se da a través de marcos regulatorios, sino que también son consideradas requisitos o incentivos en la postulación a fondos públicos o internacionales destinados a proyectos sostenibles.

En el caso particular de LEED, su implementación en América Latina y el Caribe ha mostrado un crecimiento sostenido durante la última década. Se proyecta que esta tendencia continúe al alza a medida que los países fortalezcan sus compromisos con la eficiencia energética, la mitigación del cambio climático y la construcción sustentable<sup>11</sup>.

### Cantidad de proyectos certificados LEED en América Latina entre 2005 y 2022



Nota: reelaboración a partir de gráfico objetivo de Certificaciones empresariales de sostenibilidad en América Latina y el Caribe año 2023 CEPAL<sup>11</sup>.

Por otro lado, la eficiencia energética en el hogar es igualmente fundamental. Las viviendas deben contar con un buen aislamiento térmico que permita mantener el confort interior, disponer de instalaciones eléctricas seguras y confiables, y evitar sobrecostos innecesarios para las familias, entre otros aspectos. Además, dentro

del hogar también es clave el uso de electrodomésticos con un consumo energético eficiente, que contribuyan al ahorro y a un menor impacto ambiental.

A nivel de vivienda, la eficiencia es un pilar para combatir la pobreza energética, punto en el que ahondaremos más en el Capítulo 8, pero que por ahora puedes entender como una situación en la que una persona o núcleo familiar no puede cubrir su demanda energética. En ese sentido, trabajar la eficiencia en las viviendas es también mejorar la calidad de vida.

Países como Chile, México, Brasil y Argentina han desarrollado etiquetas de eficiencia energética tanto para las viviendas como para los distintos electrodomésticos que hay en ellas. En general, una etiqueta de eficiencia energética se ve así:



En esta etiqueta, la letra "G" es la categoría más baja y "A" la más alta, por lo que se consideraría eficiente un aparato o vivienda que esté desde la "C" hacia arriba.

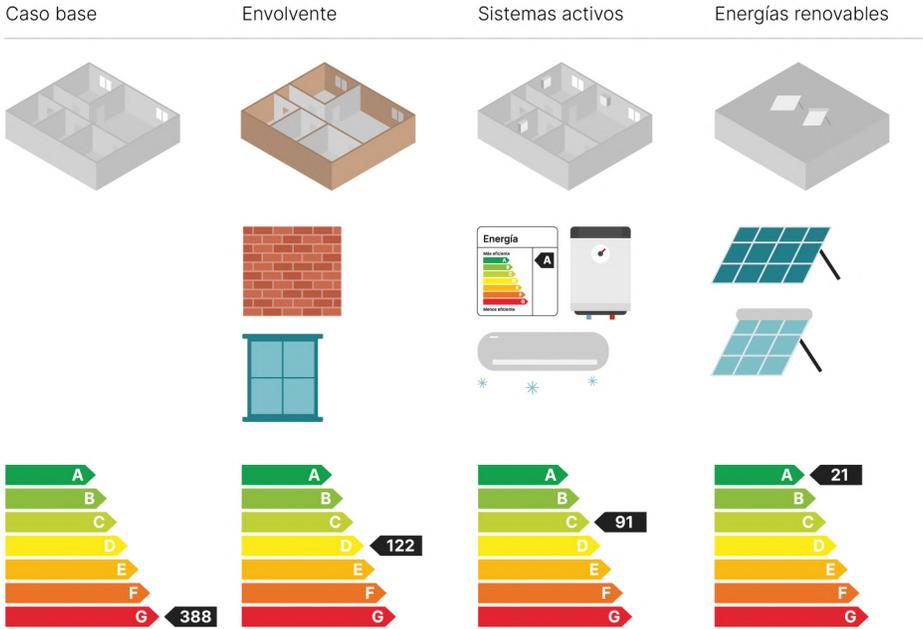
Este tipo de etiquetados se pueden encontrar en artefactos como el microondas, el hervidor, el refrigerador, el horno eléctrico, entre otros. Esta etiqueta nos permite reconocer, como usuarios, la calidad de lo que estamos comprando, lo que no solo garantiza una ayuda al planeta, sino que también nos puede ahorrar energía y dinero en la cuenta de electricidad.

En cuanto a viviendas, es más fácil que lo veamos con un caso concreto. Hablemos un poco del caso de etiquetado de viviendas de Argentina, en donde las casas y departamentos también traen un etiquetado para que quienes quieran comprar o arrendar puedan saber qué tan eficientes son.

En primer lugar, para determinar la calificación se calcula el Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), un número que indica cuánta energía necesita una vivienda, por metro cuadrado y al año, para funcionar bien en cuanto a calefacción, refrigeración, agua caliente e iluminación. Se expresa en kilovatios hora por metro cuadrado al año (kWh/m<sup>2</sup>-año). Este valor se calcula bajo condiciones estándar y no depende del uso real de la vivienda.

En la página de esta iniciativa, Argentina ilustró cómo esta clasificación puede subir o bajar a partir de las condiciones de la vivienda.

## Etiquetado de eficiencia en viviendas Argentina



**Nota:** Ilustración etiquetado de vivienda obtenido de la página [Etiquetadoviviendas.mecon.gob.ar](http://Etiquetadoviviendas.mecon.gob.ar)<sup>12</sup>.

Como se observa en la ilustración, si una vivienda cuenta con una capa aislante en su infraestructura, ya podría empezar a calificar en la categoría “D”, si a eso le sumamos la incorporación de sistemas como calentador de agua o métodos eficientes de calefacción, puede seguir subiendo, y si además tiene implementado el uso de energías renovables para electricidad o agua caliente podría llegar hasta una categoría “A”.

Este mismo sistema, y siguiendo la misma escala, se utiliza en los electrodomésticos a nivel internacional, una práctica que no sólo busca estandarizar medidas mínimas en el mercado, sino que también informar a los consumidores, ya que un producto más eficiente, consume menos para realizar sus funciones y, por ende, puede transformarse en un ahorro para las personas.

Ahora bien, para tomar este tipo de medidas se requiere inversión, que, si bien en muchos casos puede estar dada por la postulación a fondos, financiamiento internacional o los mismos presupuestos de los Estados destinados a temáticas como energía y medioambiente, para una firma privada más pequeña o una institución pública con menor presupuesto esto puede significar un desafío.

En ese contexto, un modelo que ha cobrado fuerza es el de las Empresas de Servicios Energéticos (ESCOs, por sus siglas en inglés), organizaciones especializadas en implementar proyectos de eficiencia energética que se financian a partir del ahorro o la venta de energía<sup>11</sup>.

Si bien hoy en la región las ESCOs no son un modelo masivo, se han planteado como una oportunidad desde organismos como la CEPAL para superar barreras de financiamiento y fomentar la cooperación público-privada<sup>13</sup>. Este mecanismo podría ser aplicado en alumbrado público, edificios municipales, empresas, oficinas u otras infraestructuras que quieran hacer más eficientes sus procesos. Incluso, este modelo se está comenzando a aplicar en el ámbito residencial, especialmente para la instalación de sistemas fotovoltaicos, como lo demuestra la experiencia de la empresa chilena RUUF solar en Chile.

Este tipo de modelos permite avanzar de forma cuantificable en eficiencia, en paralelo a las acciones a nivel macro de los Estados, a una mayor velocidad y de forma descentralizada, lo que nos permitiría acercarnos más rápidamente a las metas y compromisos de las NDC.

05

## Eficiencia energética en industrias

La industria representa el 27% del consumo energético final de la región, posicionándose como el segundo sector que más consume energía en el balance energético para el año 2024 de la OLADE<sup>8</sup>.

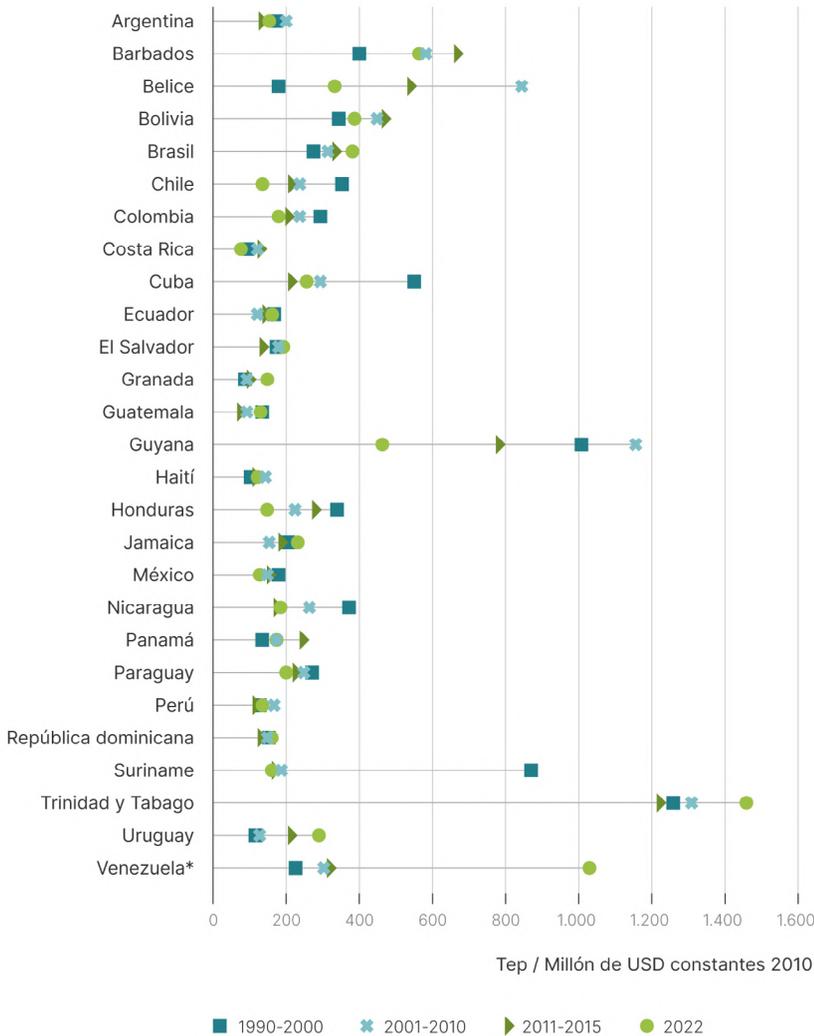
Hacer este sector más eficiente es clave, ya que también es el sector que mayormente contribuye con las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo.

Las medidas que han tomado los distintos Estados a nivel internacional han apuntado a la modernización tecnológica y la automatización de procesos, es decir, a incorporar nuevas tecnologías que permitan hacer los mismos trabajos, pero con mayor rapidez, mayor precisión y muchas veces menores costos. Esto ha llevado a incluir motores de alta eficiencia, sistemas de recuperación de calor para aprovechar su potencial de energía, el uso de tecnologías en procesos industriales que permitan reducir pérdidas, y normativas o marcos regulatorios para establecer límites, garantías y exigencias a los distintos entes que componen la industria.

## Y, ¿cómo vamos actualmente?

Como podrás observar en el gráfico, los avances e intensidades son sumamente variados dependiendo del país. Costa Rica, Guatemala y Perú son quienes tienen menores niveles de intensidad, con números que no superan los 130 TEP por millón de dólares. Ten en cuenta que un país con cifras más bajas puede hablar de una mejor eficiencia, ya que pueden generar un tep con una menor cantidad de dinero.

## Eficiencia energética en la transición sostenible e inclusiva de América Latina y el Caribe



**Nota:** reelaboración a partir del Gráfico 10 obtenido del Documento de Trabajo Eficiencia Energética en la Transición Sostenible e Inclusiva de América Latina y el Caribe: Progresos y Políticas CEPAL del año 2024<sup>10</sup>. **TEP:** Tonelada Equivalente de Petróleo. se utiliza para comparar el consumo energético entre países, sectores o tecnologías. Representa la cantidad de energía que se obtiene, de forma convencional, al quemar una tonelada de petróleo.

Ahora bien, así como Costa Rica, Guatemala y Perú mantienen cifras bajas, si tenemos un ojo aún más agudo, podremos observar que las mayores variaciones se observan en países como Guyana o Chile. Esto puede evidenciar avances durante los últimos años en las medidas ligadas a eficiencia energética.

Por otro lado, países como Venezuela y Uruguay muestran las mayores alzas, alcanzando cifras que superan las que tenían hace tres décadas atrás<sup>8</sup>.

### Y, ¿qué se puede hacer?

Las recomendaciones son múltiples. Los expertos y organizaciones intergubernamentales han puesto énfasis en que debe existir capacitación y asistencia técnica. Se deben formar personas que sean capaces de introducir proyectos innovadores y creativos a la industria.

Por otro lado, se debe fomentar el uso combinado de eficiencia energética y el cambio hacia fuentes renovables, como la solar o térmica, para procesos industriales. Esto permitiría reducir aún más las emisiones de carbono. Por último, la tecnología juega un papel clave. El uso de sensores, plataformas digitales de gestión energética y análisis de datos está creciendo, permitiendo un control más preciso del consumo energético y, por ende, la identificación más concreta de espacios para la mejora en la eficiencia.

Hoy, el cambio tecnológico de los combustibles fósiles hacia energías renovables es sumamente necesario, pero si queremos impactos reales no solo debemos pasar de una fuente a otra, sino que aprovechar de generar sistemas que puedan hacer un uso más eficiente de la energía, ya que, si bien las renovables contribuyen a emitir menos, no están exentas de impactos ambientales o de ser costosas. Es por ello que la eficiencia no solo debe ser una aliada de la transición energética, sino que un pilar estratégico para avanzar. Porque, como mencionamos al inicio del capítulo: no hay energía más limpia que aquella que no se consume.

---

#### ¿Qué es un "TEP"?

Significa tonelada equivalente de petróleo. Es una unidad que se usa para medir y comparar cuánta energía nos entregan diferentes fuentes, como la electricidad, el gas o los combustibles. Todo se lleva al mismo tipo de medida: la energía que tendría una tonelada de petróleo. Así, por ejemplo, 1 TEP equivale a la energía contenida en unos 11.630 kilowatts-hora (kWh). Usar esta medida nos ayuda a comparar y entender mejor cuánta energía consume un país o una actividad, sin importar de dónde venga esa energía.

---



## Demanda global de los minerales en LAC

Para generar, transportar y almacenar energía, se necesitan una serie de materiales, entre los que destacan algunos minerales por sus capacidades y características de conducción y almacenamiento, como el litio, el cobre o el cobalto.

En un contexto de transición energética, cómo nos relacionamos, producimos y adquirimos estos minerales es un debate que no solo pasa por temas económicos, sino también territoriales, sociales y geopolíticos, ya que muchas veces la demanda es mucho mayor a lo que se produce o la producción debe enfrentar una serie de desafíos a nivel socioambiental. Sí, son varios temas, pero vamos por parte.

### **Primero, ¿de qué minerales estamos hablando?**

Como se puede ver en la tabla, existen múltiples minerales que poseen propiedades que los hacen fundamentales para la industria energética. Debido a sus capacidades de conducir energía y calor, almacenar energía, ser utilizados en la construcción de infraestructura eléctrica y a su importancia para generar tecnologías para la transición, ha comenzado a utilizarse el concepto de minerales críticos, un concepto que retrata un panorama en donde la demanda crece y la disponibilidad es limitada.

Si buscas información respecto a este tema, también es probable que te encuentres con el concepto de minerales estratégicos, minerales para la transición o minerales para la energía. Todos estos conceptos aluden a los mismos materiales y buscan destacar su importancia estratégica para la generación de tecnologías para la transición y su creciente demanda<sup>1</sup>.

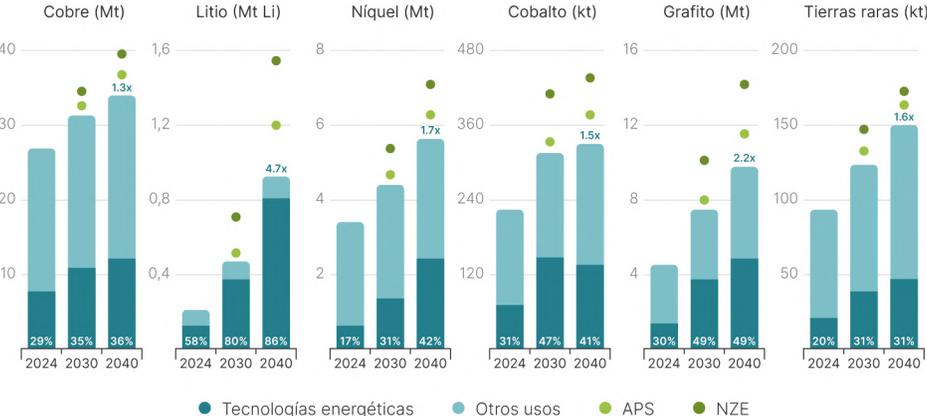
## Minerales y sus principales usos

Nombre	Descripción	Principales usos
Litio	 Metal alcalino ligero, esencial para tecnologías de almacenamiento de energía como las baterías.	Baterías recargables para vehículos eléctricos (VE), almacenamiento estacionario de energía renovable.
Cobre	 Metal conductor ampliamente utilizado en infraestructura eléctrica.	Redes eléctricas, turbinas eólicas, paneles solares, cargadores de VE.
Níquel	 Metal resistente a la corrosión, clave en aleaciones y baterías.	Cátodos de baterías de iones de litio, turbinas eólicas, almacenamiento de energía.
Cobalto	 Metal de transición utilizado en baterías de alta densidad energética.	Baterías de iones de litio para VE y almacenamiento estacionario.
Grafito	 Forma cristalina del carbono, excelente conductor térmico y eléctrico.	Ánodos de baterías de iones de litio, pilas de combustible.
Tierras raras	 Grupo de 17 elementos con propiedades magnéticas y ópticas únicas: lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, escandio e itrio.	Imanes permanentes de alta potencia para motores eléctricos (VE) y turbinas eólicas, pantallas de celulares y televisores, baterías y vehículos eléctricos, sistemas de iluminación eficiente, tecnología militar y satélites.
Silicio	 Semimetal abundante, base de la electrónica moderna.	Celda fotovoltaica, panel solar, semiconductor, red inteligente.
Vanadio	 Metal utilizado en aleaciones y baterías de flujo redox.	Batería de flujo, almacenamiento de energía a gran escala.
Manganeso	 Metal utilizado en aleaciones y como componente de baterías.	Batería de iones de litio, tecnología de almacenamiento.
Plata	 Metal de alta conductividad eléctrica y térmica, clave en tecnología electrónica y energética.	Celda solar fotovoltaica, contacto eléctrico, componente de batería, sistema de transmisión eléctrica.

**Nota:** tabla de elaboración propia

Dado el ímpetu internacional de transformar la matriz energética hacia nuevas tecnologías que dejen atrás los combustibles fósiles, la demanda de este tipo de minerales ha aumentado de forma acelerada, superando los niveles de producción de las últimas décadas.

### Demanda global de minerales críticos en escenarios STEPS, APS y NZE en los años 2024, 2030 y 2040



**Nota:** reelaboración a partir de un gráfico obtenido del Global Critical Minerals Outlook 2025 de la IEA<sup>2</sup>. **STEPS:** Stated Policies Scenario, en español Escenario de Políticas Declaradas. **APS:** Announced Pledges Scenario, en español, Escenario de Compromisos Anunciados. **NZE:** Net Zero Emissions by 2050 Scenario, en español, Escenario de Emisiones Netas Cero para 2050. **Mt:** millones de toneladas métricas (megatoneladas). **kt:** mil toneladas métricas (kilotoneladas). Las cifras de cobre corresponden al cobre refinado (excluyendo chatarra de uso directo). Las de elementos de tierras raras se refieren únicamente a los utilizados en imanes. Las tasas de crecimiento (en azul) corresponden al período 2024 - 2040. **Mt Li:** millones de toneladas métricas (megatoneladas) de litio contenido.

Al observar el gráfico, se hace evidente que la demanda de todos los minerales aumentará considerablemente hacia los años 2030 y 2040, con incrementos de al menos un 30% respecto a 2024. El litio destaca por su fuerte crecimiento, ya que se espera que su demanda se multiplique por cinco. El grafito y el níquel también muestran un alza importante, duplicando sus niveles actuales. En el caso del cobre, se proyecta un aumento cercano al 30%, mientras que el cobalto y las tierras raras podrían crecer en torno al 50% y 60%, respectivamente<sup>2</sup>.

El aumento de la demanda global de minerales críticos ha sido impulsado por el rápido despliegue de tecnologías energéticas.

### Respecto al gráfico: tecnologías energéticas

Esta categoría abarca todos los usos de minerales críticos relacionados con la transición energética y la descarbonización. Incluye:

- **Vehículos eléctricos (EVs):** baterías de iones de litio (litio, níquel, cobalto, grafito), motores eléctricos (tierras raras).
- **Almacenamiento de energía estacionaria:** baterías para redes eléctricas, sistemas de respaldo (litio, grafito, cobalto).
- **Energía solar fotovoltaica:** paneles solares requieren cobre para cableado y tierras raras en algunos componentes.
- **Energía eólica:** turbinas eólicas usan tierras raras en imanes permanentes, cobre en cableado.
- **Redes eléctricas inteligentes y transmisión:** cobre para cableado, conectores y transformadores.
- **Hidrógeno verde:** electrólisis requiere platino, iridio (no mostrados en el gráfico, pero relevantes).

### Respecto al gráfico: “Otros usos”

Esta categoría incluye aplicaciones industriales, tecnológicas y de consumo que no están directamente ligadas a la transición energética:

- **Electrónica de consumo:** teléfonos, computadoras, televisores (cobalto, tierras raras, grafito).
- **Industria metalúrgica:** níquel y cobre en aleaciones, acero inoxidable.
- **Construcción e infraestructura:** cobre en cañerías, cableado; níquel en estructuras metálicas.
- **Aeronáutica y defensa:** tierras raras en sistemas de navegación, motores, sensores.
- **Química e industria farmacéutica:** cobalto y tierras raras en catalizadores y pigmentos.
- **Lubricantes y refractarios:** grafito en aplicaciones industriales.

### ¿Por qué es importante esta distinción en el gráfico?

Porque muestra cómo la transición energética está reconfigurando la demanda global de minerales. Muchos que antes se usaban principalmente en industrias tradicionales ahora están siendo absorbidos por el sector energético. Esto tiene implicancias geopolíticas, económicas y ambientales.

A nivel económico, y a grandes rasgos, la extracción de minerales divide el panorama internacional en dos: quienes producen y quienes compran. Hoy, los productores son quienes realizan las actividades extractivas y exportan estos minerales como materias primas. Por otro lado, quienes les compran los minerales a los productores son los países consumidores, los que utilizan los minerales como insumos clave para la industria, la tecnología y la transición energética.

Actualmente, los principales demandantes de estos minerales son los países con economías más desarrolladas, como Estados Unidos, China, Japón y los miembros de la Unión Europea. Esto se debe a dos motivos: son países que cuentan con industrias de gran escala que requieren grandes cantidades de estos recursos y, por otro lado, no disponen de yacimientos suficientes dentro de sus territorios para extraer estos materiales.

A raíz de esta alta demanda y las proyecciones de necesidades a nivel internacional de estos minerales, estos mismos Estados han comenzado a elaborar listas de minerales críticos, y cuando un mineral es incluido en estas listas, su precio y valor comercial tienden a aumentar, ya que se vuelve más solicitado por economías que no pueden producirlo localmente.

Por otro lado la mayor demanda, levanta el interés de países que tienen estos minerales en sus territorios en producir más, lo que, dependiendo de la perspectiva puede ser considerado tanto una oportunidad como una sentencia.

### **¿Las “tierras raras”, son realmente raras?**

No tanto. Están presentes en muchos lugares de la corteza terrestre, y algunos son más abundantes que el cobre. Pero hay tres razones por las que se consideran “raras”:

- Vienen mezcladas con otros minerales, así que extraerlas es difícil y costoso.
- El proceso de separación puede contaminar el ambiente.
- Muy pocos países las producen, y China domina más del 80% del mercado.

### **Entonces, ¿por qué se llaman “raras”?**

El nombre viene del siglo XIX (años 1800), cuando los científicos pensaban que eran difíciles de encontrar. Hoy sabemos que no son tan escasas, pero sí son difíciles de separar y procesar, lo que las hace estratégicamente valiosas.

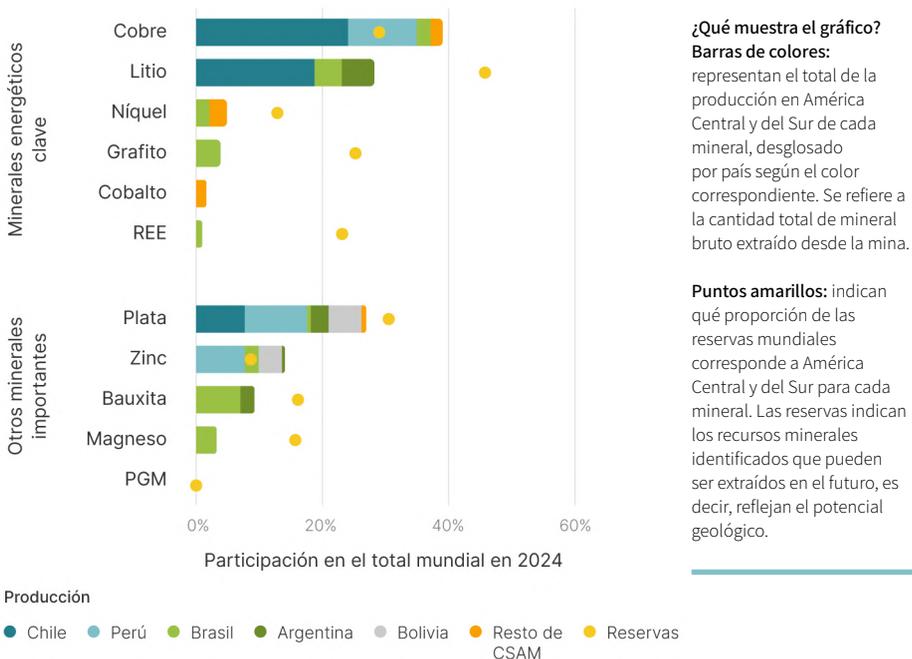
## ¿Y qué tiene que ver esto con América Latina y el Caribe?

Países de la región, como Chile, Perú y Brasil, se han posicionado como territorios clave para el mercado de los minerales críticos por la alta concentración de estos, en un contexto donde la minería es una actividad que representa parte importante de las economías de estos países.

Como podrás observar en el siguiente gráfico, la región concentra aproximadamente el 45% de las reservas mundiales de litio y el 30% de las de cobre. Además, el sector minero está bien desarrollado, lo que ha permitido un crecimiento sostenido en la producción, transformando a la región en la productora del 40% del cobre y el 30% del litio a nivel mundial<sup>2</sup>.

Entonces, el panorama general es que el mundo necesita de estos minerales para la industria energética junto a la transición, y en América Latina y el Caribe se concentra gran parte de estos minerales.

### Participación de América Central y del Sur en producción y reservas de minerales energéticos clave en 2024



**Nota:** reelaboración a partir de un gráfico obtenido del Global Critical Minerals Outlook 2025 de la IEA<sup>2</sup>.

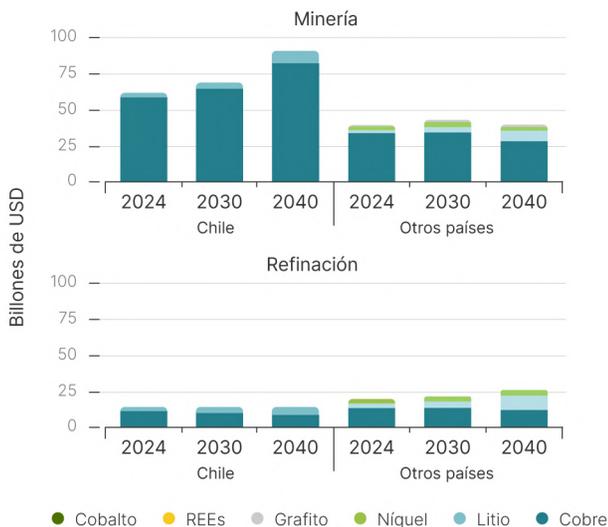
**REE:** elementos de tierras raras. **PGM:** metales del grupo del platino. **CSAM:** América Central y del Sur. Las cifras de producción se refieren solo a elementos de tierras raras magnéticas. Las cifras de reservas se refieren a todos los elementos de tierras raras. El grafito mencionado es grafito natural.

## Interpretaciones relevantes del gráfico

El gráfico permite visualizar tanto el potencial geológico (reservas) como el rol actual en la cadena de suministro (producción).

- Oportunidad regional en minerales energéticos: CSAM tiene una presencia relevante en reservas de minerales clave para la transición energética: grafito, tierras raras, níquel, aunque en menor proporción que el cobre y litio, siendo considerado sus recursos actor clave para la transición energética.
- Distribución desigual entre países: Chile y Perú dominan en cobre, Chile, Argentina y Brasil en litio, mientras que otros países tienen menor participación.
- Brasil como actor diversificado: participa en varios minerales como bauxita, grafito, manganeso, litio y níquel, lo que lo convierte en un país con una base minera amplia.
- Chile lidera en cobre y litio: tiene una participación dominante en la producción global de cobre y litio.
- Perú y Brasil también son claves: Perú destaca en cobre, plata y zinc, Brasil destaca en bauxita y grafito.

## Proyección del valor de mercado de minerales energéticos clave en los años 2024, 2030 y 2040



### ¿Qué muestra el gráfico?

**Minería:** muestra cuánto produce Chile y otros países en 2024, 2030 y 2040. Representa el valor económico de la actividad minera, es decir, cuánto vale en dólares la extracción de esos minerales.

**Refinación:** compara la capacidad de procesamiento de minerales en esos mismos años. Se refiere al procesamiento químico o metalúrgico posterior a la extracción, donde ese mineral extraído se convierte en un producto usable.

**Nota:** reelaboración a partir de un gráfico obtenido del Global Critical Minerals Outlook 2025 de la IEA.

**REEs:** elementos de tierras raras. **Otros países:** se refiere al resto de países de América Central y del Sur.

### **Interpretaciones relevantes del gráfico**

Proyección al 2040, crecimiento en minería y refinación: se espera un aumento sostenido en la producción y refinación de minerales críticos, especialmente en Chile en cobre y litio, lo que sugiere una mayor integración en la cadena de valor.

Refinación: el gran desafío: aunque la región produce grandes volúmenes, su capacidad de refinamiento sigue siendo limitada en comparación con otros países del mundo, lo que representa una oportunidad estratégica de inversión y desarrollo tecnológico reduciendo la dependencia de la exportación de minerales en estado bruto.

Este escenario se ha transformado en un punto de debate e inflexión, puesto que algunas perspectivas lo han señalado como una gran oportunidad económica y estratégica para la región, mientras que otras lo han visto como una reconsolidación del modelo extractivo en América Latina y el Caribe, en donde se extraen recursos de la naturaleza a nivel territorial para satisfacer una demanda que viene desde países de economías más desarrolladas.

Por otro lado, la conflictividad de estos minerales puede ser aún más desafiante, puesto que, al estar en manos de pocos países, el suministro está más expuesto a riesgos como conflictos geopolíticos, crisis financieras o desastres naturales, lo que puede afectar su disponibilidad a nivel global.

## **El rol de Latinoamérica y los minerales críticos: desafíos ambientales y sociales**

Tal como mencionamos antes, algunas perspectivas de organismos internacionales han considerado a los minerales críticos como una oportunidad económica para el desarrollo de la región. Si hablamos de cifras, el valor del mercado de los minerales críticos en la región se estimó en aproximadamente 100 mil millones de dólares para la minería y 19 mil millones de dólares para procesos de refinación en el año 2024. Para que te hagas una idea, estas cifras equivaldrían al 34,6% y al 6,57% del PIB de Perú durante el año 2024, la sexta economía más grande de la región<sup>3</sup>.

Estos valores, además, se proyectan con una tendencia creciente hacia el año 2040, hasta alcanzar los 130 mil millones y 24 mil millones de dólares, respectivamente<sup>2</sup>.

Estas proyecciones pueden verse como un camino de mayor desarrollo económico para América Latina y el Caribe, sobre todo para países que ya tienen una gran actividad minera instalada dentro de sus economías, como Chile, Perú, o Bolivia, ya que permitiría aumentar la exportación de minerales y captar nuevos mercados. Ahora bien, aumentar la escala de producción e incluso mantener la actual, conlleva una serie de impactos y desafíos a nivel social y ambiental que ponen en debate el rol de Latinoamérica en la transición energética a nivel local e internacional.

La expansión de la minería es un tema conflictivo para la región, e incluso, representa uno de los sectores que mayor conflictos socioambientales genera. Los desplazamientos de comunidades, la gestión de aguas y la degradación de ecosistemas han sido parte de los problemas que han denunciado organizaciones de la sociedad civil y comunidades indígenas frente a la expansión de actividades mineras.

Algunos ejemplos son el Salar de Atacama en Chile, en donde las comunidades han denunciado la sobreexplotación de acuíferos por parte de las empresas de litio, lo que ha llevado, literalmente, al hundimiento del salar en la zona norte. Al otro lado de la cordillera, en Catamarca, una provincia en la zona norte de Argentina, la represa de una minera para la explotación de litio dejó sin agua al río Trapiche y obligó a una serie de familias indígenas a migrar por la escasez hídrica. Más al norte aún, en la provincia de Cotabambas, en Perú, los conflictos de las comunidades campesinas e indígenas con la mina Las Bambas llevan más de una década debido a la degradación de su territorio por el transporte de cobre<sup>4</sup>.

A nivel económico, un sistema en el que existan países que se dedican solo a producir y otros a comprar y desarrollar industria puede repetir la estructura actual y, con ello, sus falencias e injusticias.

Hoy, los países mineros de Latinoamérica dependen en gran medida de la inversión extranjera, especialmente de países del Norte Global, lo que hace que sigan siendo muy dependientes de decisiones y recursos que vienen desde fuera.

### A qué nos referimos al decir “Norte Global”

El Norte Global es una forma de referirse a los países más industrializados y con mayor poder político y económico en el mundo. Aunque el nombre sugiere que están todos en el hemisferio norte, no se trata solo de geografía. Es más bien una manera de hablar de desigualdades globales.

Incluye países como Estados Unidos, Canadá, la mayoría de Europa, Japón, Corea del Sur, Australia y Nueva Zelanda. Estos países suelen tener economías fuertes y estables, alta calidad de vida, acceso a tecnologías avanzadas y mayor influencia en decisiones globales (como en el cambio climático o el comercio internacional).



En ese contexto, la creciente demanda de minerales para la transición energética ha llevado a que varios países latinoamericanos ofrezcan incentivos para aumentar la producción. Esto ha impulsado nuevos proyectos en territorios que ya concentran una gran cantidad de actividad minera, o bien, territorios que no tenían esta actividad, lo que ha provocado una serie de conflictos ambientales, sociales e incluso territorios altamente afectados por las zonas industriales, algunos conocidos como “zonas de sacrificio”<sup>5</sup>.

A pesar de ese escenario, la minería y la transición energética están estrechamente relacionadas, ya que los minerales críticos son esenciales para el desarrollo de nuevas tecnologías, pero la transición debe enfocarse en reducir los impactos sociales y ambientales, no en profundizarlos. Sin duda, un desafío que genera una disyuntiva importante en esta transición.

### **Entonces, ¿qué hacemos? y ¿cómo avanzamos?**

Los organismos internacionales proponen apuntar hacia la sostenibilidad social, en donde, si bien la transición energética puede ser una oportunidad de mercado, también debe ser una oportunidad de disminuir brechas y entregar un mayor bienestar a las comunidades más vulnerables. Para ello, se propone que la participación y el diálogo con sectores de la sociedad que puedan verse afectados por proyectos mineros es crucial. Estas comunidades no solo deben verse involucradas a través de consultas, sino que también participen de la toma de decisiones para evitar su desplazamiento o exclusión social<sup>6</sup>.

Se deben integrar medidas que eviten el deterioro de la calidad de vida de estas comunidades, pensando en cómo pueden aumentar los costos y beneficios, cómo puede verse afectado el acceso a servicios básicos y cómo esto puede repercutir en sus actividades económicas a nivel territorial.

Por otro lado, así como debe existir una preocupación por las comunidades, también se deben establecer límites y medidas de protección para los ecosistemas. Los Estados deben ser capaces de identificar puntos clave de conservación, al igual que medidas que puedan disminuir y mitigar efectos negativos sobre la naturaleza, poniendo especial énfasis en la gestión hídrica, la contaminación y la alteración de ecosistemas que puedan ser claves para la conservación de especies.

Para lograrlo, se requiere cooperación global para gestionar eficientemente los minerales críticos, fomentando el financiamiento climático, la investigación conjunta y el intercambio de mejores prácticas. En ese sentido, la innovación y diversificación en la minería son claves para reducir la dependencia de ciertos suministros, en conjunto con la promoción del reciclaje de minerales para una transición energética más sostenible y equitativa.

La propuesta, además, es repensar la manera en que se diseña la tecnología, buscando salir de lógicas lineales y entrando en dinámicas de economía circular, lo que permite ir aprovechando el potencial de los residuos, generar procesos de producción más eficientes e ir abordando la demanda.

Los puntos anteriores suenan lógicos, ¿pero es suficiente? La minería es una dimensión del sector energético que sin lugar a dudas, enfrenta más encrucijadas que respuestas, con múltiples perspectivas que deben ser parte de los diálogos, debates y toma de decisiones a la hora de hablar de transición energética.

Qué tan suficientes o bien encaminadas estén las medidas respecto a los minerales críticos dentro de la región no depende sólo de lo que puedan sugerir los organismos internacionales o de las cifras del mercado, sino de su capacidad para articular la seguridad económica, la justicia y participación territorial, y el cuidado de la naturaleza.

En ese escenario, son válidas una serie de preguntas que podemos hacernos desde la sociedad civil:

## ¿Para quiénes son críticos estos minerales?

### ¿Quiénes pagan los costos y quiénes se benefician?

06

¿Se debe aumentar la producción de minerales si el motivo es la transición?

¿Es posible garantizar que la extracción de minerales críticos en LAC no reproduzca modelos extractivistas que vulneran derechos humanos y ambientales?

## ¿Qué medidas deberían tomar los Estados de LAC?

¿Cómo asegurar que la transición energética no profundice desigualdades históricas, sino que promueva justicia social y ambiental en América Latina?

¿Qué mecanismos pueden implementarse para que las comunidades locales participen activamente en la toma de decisiones sobre proyectos mineros?

**¿Puede realmente la minería ser sustentable si consiste en extraer recursos finitos? ¿Es posible transformar la actividad minera dentro de un marco de transición energética justa?**

Muchas veces se podrá escuchar que grandes compañías mineras están en la búsqueda de desarrollar una minería sostenible o bien sustentable. Términos que podrían ser cuestionables desde lo más teórico. Por una parte, ¿sería posible considerar sostenible una práctica que consiste en explotar recursos que son finitos? En estricto rigor, no sería sostenible en el tiempo infinito, pues tiene un límite en recursos. Por otra parte, ¿una práctica que consta de la explotación de recursos podría llegar a ser sustentable? Es compleja esta respuesta, pero desde la mirada ambiental no podría ser sustentable.

Ahora bien, existen diversas prácticas que han buscado tener un comportamiento más responsable que tanto la minería como el sector público y la academia, están intentando empujar para reducir el impacto negativo. Algunas de ellas son: mejor gestión de los recursos hídricos, electrificación de consumos energéticos, generación de energías renovables para el suministro energético, control de emisión de contaminantes, entre otras medidas. Sin embargo, estas no han logrado eliminar por completo los impactos negativos de la minería, y aún queda un largo camino que recorrer, sobre todo en una industria que busca proyectar su crecimiento.

América Latina y el Caribe tienen una oportunidad de desarrollo económico importante con los minerales críticos, según las cifras. Sin embargo, es necesario ampliar aún más el debate aunque nos traiga muchas veces más preguntas que respuestas.

Tomar decisiones respecto a estas temáticas desde planos meramente económicos, geopolíticos o estratégicos puede generar la pérdida de la dimensión de justicia de la transición energética a la que apuntamos, en donde no solo debemos aspirar a un recambio tecnológico, sino también a modificar nuestros sistemas en razón de un desarrollo más equitativo.

# Descarbonización de la industria

## oportunidad del hidrógeno en América Latina

# 07



## El hidrógeno y sus colores

En los últimos años ha sido muy común escuchar a las personas y autoridades hablar sobre el hidrógeno verde. Pero ¿qué es? ¿Y por qué verde? El hidrógeno es el elemento químico más ligero y abundante del mundo. Es incoloro, por lo que no es visible; inodoro, por lo que tampoco se puede oler; e insípido, por lo que tampoco podríamos sentirlo a través del sabor.

### **¿Y qué tiene que ver con la energía?**

Este elemento puede tener diversos usos en el mundo de la energía debido a sus características. Es un vector energético versátil que puede utilizarse en diversos sectores. Actualmente, el hidrógeno es utilizado principalmente en los sectores de la refinación y la petroquímica; pero también podría llegar a ser utilizado como fuente energética para trenes, autos, buses e incluso barcos; para la generación de fertilizantes y explosivos en la minería; como combustible sintético. Además, por sus condiciones físicas, se podría exportar como subproducto a otros países.

El hidrógeno se ha planteado a nivel internacional como un aliado importante en la descarbonización, sobre todo en la industria pesada como la química, la siderurgia y la cementera, ya que se consideran sectores energo-intensivos, es decir, que necesitan de cantidades importantes de energía para su funcionamiento. Esto implica que la electrificación sea altamente inviable, o muy compleja, debido a las limitaciones

técnicas, ya que se requerirían de baterías literalmente gigantes para electrificar estos sectores.

Ahora bien, el hidrógeno no es una solución única ni automática. Su desarrollo debe evaluarse de manera integral en conjunto con otras alternativas energéticas.

Si bien el hidrógeno es el elemento más abundante en el mundo, para poder obtenerlo usable y estable en su más pura composición ( $H_2$ ) también se requiere producirlo. Según su fuente y proceso de producción, se ha creado una clasificación por colores que busca reflejar su huella de carbono y nivel de emisiones.

### Tipos de hidrógeno según color

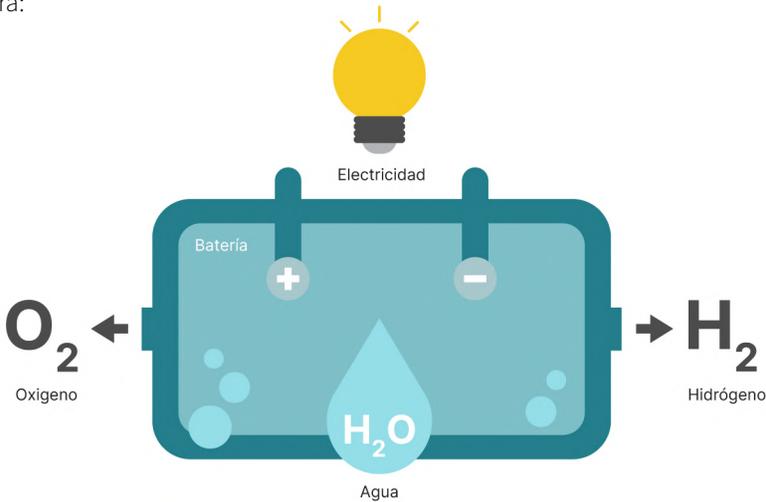
 <b>Hidrógeno café</b> Se produce a partir del carbón, a través de la gasificación, por lo que libera grandes cantidades de $CO_2$ a la atmósfera.	 <b>Hidrógeno gris</b> Se produce a partir del reformado del gas natural. Este proceso también libera $CO_2$ a la atmósfera.	 <b>Hidrógeno azul</b> Se lleva a cabo de la misma forma que el hidrógeno gris. Sin embargo, el proceso cuenta con herramientas de captura y almacenamiento de carbono, por lo que puede llegar a ser considerado carbono neutral.	 <b>Hidrógeno verde</b> Se genera a partir de un proceso llamado electrólisis, el que se abastece a partir de energías renovables. Profundizaremos en esto un poco más adelante.	 <b>Hidrógeno rosado</b> También se genera a partir de electrólisis, pero el proceso se alimenta de energía nuclear.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Nota:** tabla de elaboración propia.

Sin embargo, es importante destacar que, actualmente, muchos actores de la industria están dejando de utilizar la clasificación por colores y prefieren hablar de “hidrógeno renovable” o “hidrógeno bajo en carbono”. Esta clasificación busca ser tecnológicamente neutral y centrarse en la intensidad real de emisiones de carbono a lo largo del ciclo de vida del hidrógeno.

## Electrólisis, consumo y producción

La electrólisis consiste en el proceso de producción de hidrógeno a partir del agua. En palabras simples, se inyecta una corriente eléctrica al agua para romper los enlaces que mantienen unidos los átomos de hidrógeno y de oxígeno ( $H_2O$ ). De manera más concreta, consiste en la introducción de placas metálicas con corriente en contenedores de agua. Debido a la electricidad, la molécula de agua se descompone en dos gases: hidrógeno y oxígeno. Este proceso se podría ilustrar de la siguiente manera:



Como vimos anteriormente, cuando la electricidad utilizada proviene de energías renovables, se habla de hidrógeno verde, o bajo en carbono, pero ¿por qué se ha mencionado tanto para la descarbonización?

El hidrógeno se ha posicionado como una alternativa viable a los combustibles fósiles, ya que la electrólisis no genera emisiones de carbono por sí sola. Al utilizar energía proveniente de fuentes renovables, todo el ciclo de producción puede llevarse a cabo sin emisiones de carbono. Además, es capaz de contribuir a la descarbonización de industrias más pesadas, que requieren una cantidad de energía importante para sus procesos.

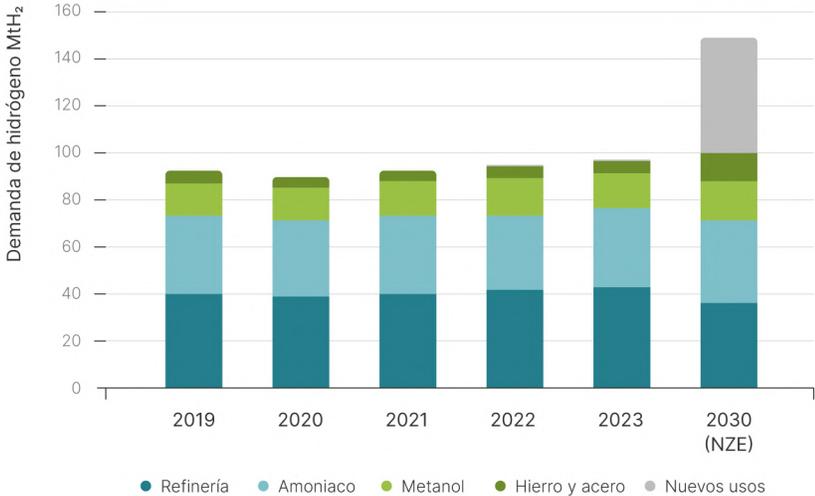
A partir de la electrólisis del agua no solo se produce hidrógeno, sino también oxígeno, producto que también podría ser comercializado para utilizarse directamente en el transporte y el sector industrial como fuente de energía primaria. El hidrógeno es un portador de energía que puede utilizarse directamente en los vehículos de pila de combustible y en el sector industrial.

Ahora bien, no por sus bajas emisiones es necesariamente sostenible o libre de impactos, y es que el hidrógeno y el desarrollo de su industria conllevan también una serie de desafíos a nivel ambiental, social, económico e incluso político, de lo que hablaremos en mayor profundidad en la siguiente sección<sup>2</sup>.

Si volvemos al rol que ha tomado el hidrógeno en el debate de la transición, las cifras solo han aumentado.

Según la Revisión Global de Hidrógeno que realiza la IEA cada año, y como podrás observar en los siguientes gráficos, la demanda de hidrógeno a nivel mundial alcanzó los 97 millones de toneladas en 2023, una cifra mayor en un 2,5% a la del 2022. Esta demanda seguirá en aumento. Para 2030, en un escenario de emisiones netas cero (NZE), se espera llegar a las 150 millones de toneladas, debido a su incorporación en nuevos sectores como combustibles sintéticos, generación eléctrica y transporte de carga pesada<sup>3</sup>.

### Demanda global de hidrógeno por sector: tendencia 2019 - 2023 y proyección al año 2030 en el escenario NZE



**Nota:** reelaboración a partir de la base de datos Demanda mundial de hidrógeno por sector en el escenario Net Zero, 2020-2030 de la IEA<sup>4</sup>

**Mth2:** millones de toneladas de hidrógeno. **NZE:** Net Zero Emissions, en español Emisiones Netas Cero. Se refiere al equilibrio entre las emisiones de gases de efecto invernadero generadas y las eliminadas de la atmósfera, de modo que no haya un aumento neto en su concentración. Este objetivo es clave para estabilizar el clima y limitar el calentamiento global.

### Interpretaciones relevantes del gráfico

**Demanda estable hasta 2024:** entre 2019 y 2024, la demanda global de hidrógeno se mantiene relativamente constante, con ligeros aumentos.

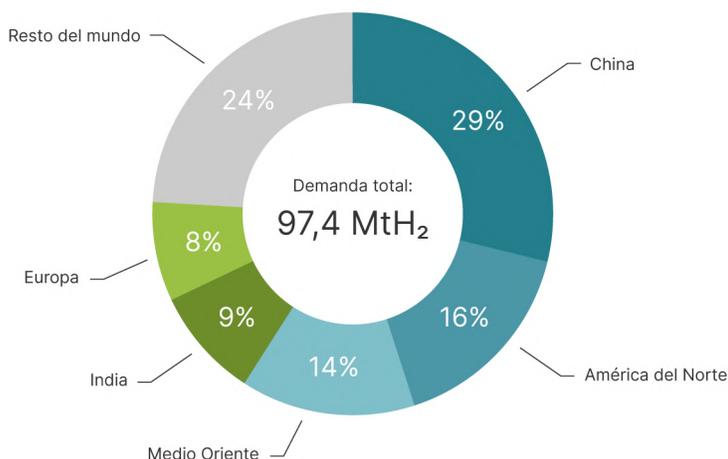
**Aceleración a partir de 2029:** para 2029, se proyecta un crecimiento significativo en la demanda, alcanzando cerca de 140 MtH<sub>2</sub> en 2030.

**Diversificación sectorial:** en 2030, la demanda ya no se concentra solo en refinerías y amoniaco. Se observa un aumento notable en sectores como hierro y acero, metanol y nuevos usos (por ejemplo, transporte, energía, industria pesada).

**Transición hacia nuevos usos:** el crecimiento más fuerte proviene de nuevas aplicaciones del hidrógeno, lo que refleja su papel emergente en la descarbonización de sectores difíciles de electrificar.

Si observas el gráfico de torta, a nivel regional, los usos del hidrógeno producido en el mundo van variando. Para 2023 China se consolidó como el país que mayoritariamente usa el hidrógeno verde producido a nivel internacional, seguido de los países de América del Norte y el Medio Oriente.

### Demanda mundial de hidrógeno por región en 2023



**Nota:** reelaboración a partir de Figura 2.1 del Global Hydrogen Review 2024 de la IEA<sup>3</sup>.

## Demanda mundial de hidrógeno por sector: tendencia 2019 - 2023 y proyección 2030

	Refinería [MtH <sub>2</sub> ]	Amoniaco [MtH <sub>2</sub> ]	Metanol [MtH <sub>2</sub> ]	Hierro y acero [MtH <sub>2</sub> ]	Nuevos usos [MtH <sub>2</sub> ]	Total [MtH <sub>2</sub> ]
2019	40,9	32,4	13,8	4,7	0	91,8
2020	38,8	33,1	13,9	4,4	0	90,2
2021	40,6	32,9	14,7	5	0	93,2
2022	42,1	32,5	15	5,3	0,1	95,0
2023	43,6	33,2	14,8	5,6	0,2	97,4
<b>2030 (escenario NZE)</b>	37,5	34,7	16,4	11,6	48,4	148,6

**Nota:** tabla de elaboración propia a partir de datos de Demanda mundial de hidrógeno por sector en el escenario Net Zero, 2020-2030 de la IEA<sup>4</sup>.

**MtH<sub>2</sub>:** millones de toneladas de hidrógeno. **NZE:** Net Zero Emissions, en español Emisiones Netas Cero.

### ¿A qué se refiere “Nuevos usos”?

Según la IEA, esta categoría agrupa aplicaciones emergentes del hidrógeno en sectores donde antes no se utilizaba o tenía un rol marginal. Incluye, por ejemplo, su uso como agente reductor en la producción de acero mediante DRI (hierro reducido directamente), una tecnología que reemplaza el carbón por hidrógeno para extraer el oxígeno del mineral de hierro, reduciendo así las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de acero. También abarca el transporte de larga distancia, la fabricación de combustibles sintéticos como el amoníaco, la mejora de biocombustibles mediante hidrogenación, la calefacción industrial de alta temperatura, el almacenamiento energético y la generación eléctrica. Además, contempla otros usos donde el hidrógeno podría tener un papel limitado, debido a la existencia de alternativas más eficientes y con menores emisiones<sup>4</sup>.

A pesar del aumento del 40% en la demanda de hidrógeno en los últimos años, menos del 1% corresponde a hidrógeno verde o azul, lo que indica que su producción sigue siendo mayoritariamente fósil y con altas emisiones de carbono. Esto representa un gran desafío si se quiere alcanzar el escenario NZE en 2030. Actualmente, el hidrógeno se utiliza principalmente en procesos de refinación e industrias, mientras que su uso en áreas clave para la transición energética, como el transporte o el almacenamiento

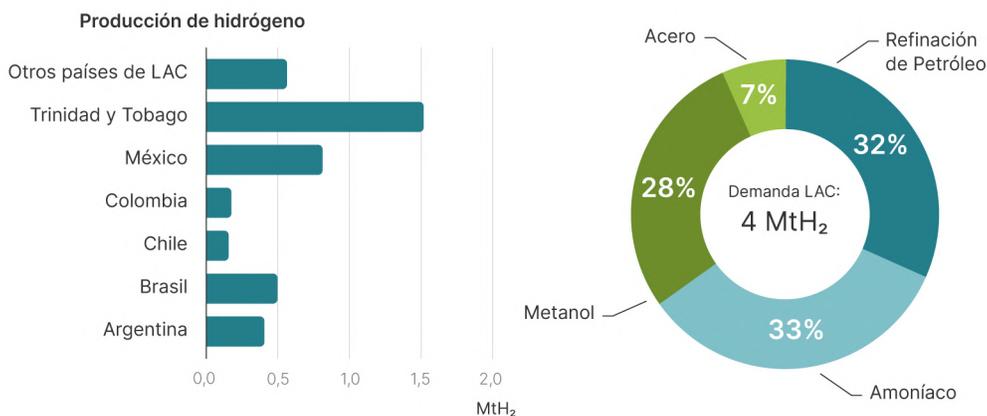
de energía, es limitado. Esto representa también alrededor del 1% de la demanda global. Aunque el hidrógeno verde está ganando terreno como alternativa para la transición energética, aún constituye una parte pequeña de los usos que se le da a este combustible<sup>3</sup>.

## ¿Una oportunidad para América Latina y el Caribe?

A nivel mundial, la producción de hidrógeno café o gris es menos costosa, por lo que una serie de países han comenzado a implementar mecanismos de captura, uso y almacenamiento de carbono (también llamado CCU, por sus siglas en inglés). Esta es una práctica que va en aumento en países como Noruega y China, para disminuir las emisiones y no realizar inversiones tan grandes en infraestructura.

Ahora bien, aquí es donde algunos organismos, como la CEPAL, han señalado que América Latina tiene una oportunidad económica, y es que las regiones con abundantes energías renovables a bajo costo tienen la ventaja de producir hidrógeno verde a precios más competitivos.

### Producción de hidrógeno por país y demanda por sector industrial en América Latina y el Caribe en 2023



**Nota:** reelaboración a partir de Figura 8.2 del Global Hydrogen Review 2024 de la IEA<sup>3</sup>.  
**MtH<sub>2</sub>:** millones de toneladas de hidrógeno. **LAC:** América Latina y el Caribe.

### **Interpretaciones relevantes del gráfico**

La demanda de hidrógeno alcanzó 4 millones de toneladas (Mt) en América Latina y el Caribe en 2023, aproximadamente el 4% del total mundial, principalmente para la refinación de petróleo o, especialmente en Trinidad y Tobago, para la fabricación de productos químicos.

La demanda está altamente concentrada en tres sectores: amoníaco, refinación de petróleo y metanol representan el 93% del uso total de hidrógeno en la región. El uso en acero es aún marginal (7%), lo que indica espacio para crecimiento en aplicaciones industriales emergentes.

La región representa el 4% de la demanda global de hidrógeno, lo que muestra una participación modesta pero estratégica, especialmente en productos químicos.

Chile, Colombia y Brasil tienen producción baja, lo que sugiere que aún no han desarrollado plenamente su potencial en hidrógeno, pese a sus recursos renovables.

Como puedes observar en el gráfico, los países de la región que más producen hidrógeno para 2023 fueron Trinidad y Tobago, que marca la mayor producción debido a la producción y exportación de amoníaco y metanol. Le siguen México, Colombia y Chile, con mercados que se han ido consolidando en la última década.

### **¿Cuál es el problema entonces?**

Más que problemas, son debates que debemos tener en cuenta, y se basan en dos pilares principales: la repetición de un modelo extractivo dependiente de economías externas para la región, y los impactos tanto sociales como ambientales.

Actualmente, la región de América Latina y el Caribe importa grandes cantidades de gas natural y fertilizantes hidrogenados, lo que representó un costo de 9.000 millones de dólares en 2022<sup>5</sup>. Y es aquí donde hay un primer punto de inflexión, y es que, cuando se habla del potencial de la región, no solo se está pensando en lo que los países de América Latina pueden exportar, sino que cuánto de eso puede ser aprovechado dentro de la misma región.

Hoy, los países de LAC han proyectado sus mercados de producción de hidrógeno principalmente para exportación, sin embargo, también cuentan con un alto potencial de consumo interno. Si bien la exportación de hidrógeno verde representa una oportunidad económica, también plantea riesgos si se adopta un enfoque extractivista, ya que repetiría lógicas de dependencia de otros países para sostener la producción y estabilidad del hidrógeno; y mantendría el paradigma de mantener los costos sociales y ambientales en países menos desarrollados, mientras que los beneficios de los menores costos para un mayor desarrollo de su industria y economía lo obtienen países más desarrollados.

En ese sentido, es fundamental priorizar modelos que generen beneficios locales, mediante la transferencia tecnológica, la creación de empleos calificados y el desarrollo de cadenas de valor industriales que se sostengan desde los mismos países. Promover la innovación local puede evitar que la región quede relegada a un rol de mera exportadora de recursos energéticos. Además, se debe pensar en proyectos en donde la participación ciudadana no solo se transforme en una herramienta consultiva, sino que avanzar en planificaciones conjuntas con las comunidades, en busca de que la obtención de beneficios sea a nivel local también. Esto debe, además, traducirse en regulaciones concretas, para evitar avances a ciegas que puedan suponer riesgos<sup>6</sup>.

Aunque el hidrógeno verde ofrece un gran potencial para la descarbonización, también enfrenta desafíos importantes respecto a sus impactos. Su producción mediante electrólisis requiere entre 17 a 23 litros de agua por kilogramo (valores que varían si se utiliza electrólisis PEM o alcalina), lo que en realidad no se posiciona como una cifra elevada en comparación a otras tecnologías y combustibles; sin embargo, las cantidades necesarias a gran escala son muchísimo mayores a un kilogramo. Por ende, el desarrollo de megaproyectos que buscan producir cientos de kilogramos, o incluso, toneladas de hidrógeno pueden significar un riesgo inminente en zonas áridas o aquellas con recursos hídricos limitados, generando tensiones tanto ambientales como sociales. Sus bajas emisiones de carbono no garantizan la disminución de

---

### ¿Por qué resulta aún tan costoso la producción de hidrógeno a partir de electrólisis alimentada de energías renovables?

**Equipos caros:** los electrolizadores aún tienen costos de fabricación elevados, especialmente los de tipo PEM (Proton Exchange Membrane, o membrana de intercambio de protones), electrolizador que usa una membrana para separar agua en hidrógeno y oxígeno con alta eficiencia, pero también muy costosos.

**Electricidad intermitente:** Las fuentes renovables como el sol y el viento no generan energía de forma constante. Esto reduce el “factor de capacidad” del sistema, es decir, el tiempo efectivo en que el electrolizador puede operar, lo que encarece cada kilo de hidrógeno producido.

**Escala limitada:** como la tecnología aún no se ha desplegado masivamente, los costos no se han reducido por economías de escala. Además, la infraestructura de apoyo (almacenamiento, transporte, etc.) está en desarrollo.

Según el Departamento de Energía de EE. UU., el costo nivelado de producción de hidrógeno limpio con electrólisis renovable se estima entre 5 y 7 dólares por kilogramo, sin subsidios<sup>7</sup>.

---

impactos ambientales en otro tipo de dimensiones como la biodiversidad, el impacto a comunidades indígenas o aledañas, o la correcta distribución costo-beneficio de los proyectos.

Por último, el costo de producción sigue siendo elevado en comparación con fuentes convencionales de energía, y la infraestructura necesaria para su almacenamiento, transporte y distribución aún es incipiente en muchos países.

Generar una industria de hidrógeno no termina en las mismas plantas: se requeriría la construcción de puertos, mejorar sistemas logísticos, formar nuevas capacidades en profesionales y entrar a pensar formas de obtención de agua que no se contrapongan con el consumo humano o la estabilidad de los ecosistemas. Esto puede llevar a soluciones como el uso de aguas residuales o la desalinización, otros debates que tampoco están exentos de conflictos y múltiples perspectivas.

### **Desafíos de la desalinización<sup>8</sup>**

Para la producción de hidrógeno en zonas con recursos hídricos limitados, pero que resultan estar cerca del mar se ha posicionado la desalinización. Este proceso consta de la obtención de agua dulce apta para la industria, como la del hidrógeno, o incluso para el consumo humano. Sin embargo, ha generado diversos debates.

Esta práctica consiste en remover sales y otros minerales del agua salada (mar o salobre) para producir agua dulce. Actualmente, existen dos técnicas que son las más utilizadas:

- **Osmosis inversa:** el agua de mar entra a grandes tanques y, a través de placas con membranas semipermeables, se presuriza (aumenta su presión) para separar el agua dulce de las sales y contaminantes.
- **Destilación multiefecto (MED):** se calienta el agua salada, que se evapora en distintas etapas. Como resultado, se obtienen dos productos: por un lado, los residuos como sales y contaminantes que no se evaporan, llamados salmuera residual; y por otro, el vapor de agua, que luego se condensa como agua dulce.

En ambos procesos se obtienen los mismos resultados: agua dulce y salmuera (o agua de rechazo).

El conflicto ha recaído en la disposición final de la salmuera. La práctica más común ha sido devolver estas sales al mar mediante difusores (también llamados emisores submarinos). El problema de esta práctica es que al descargar esto al mar, se aumenta la concentración de sales y contaminantes en zonas específicas. Imagínate un vaso con agua salada del que se extrae una parte de agua y luego se le añade más sal: el resultado es un agua más salada. Un agua más salada es un ecosistema menos apto para las especies allí presentes.

### **¿Cuáles son sus principales impactos ambientales?**

Pueden ser varios. En primer lugar, al extraer volúmenes importantes de agua del mar, también se arrastran especies costeras como macroalgas, o se succionan organismos marinos como el plancton, e incluso se pueden atrapar organismos de mayor tamaño. Luego, al devolver estas sales al mar, se incrementa la salinidad, lo que afecta el ecosistema marino y las condiciones de vida de la flora y fauna marina. Esto puede generar consecuencias tanto a nivel de ecosistemas marinos costeros como en comunidades, especialmente aquellas que dependen del turismo o la pesca artesanal.

Dentro de los desafíos transversales está el correcto uso del territorio en zonas costeras, que priorice el acceso a agua potable y considere tarifas preferenciales para comunidades vecinas. También se debe incentivar la investigación y el desarrollo (I+D) en torno a la valorización de la salmuera, explorando su potencial en la recuperación de minerales o en usos industriales.

A pesar de la proliferación de la desalinización para obtener agua potable en las últimas décadas, son escasas las investigaciones que profundizan en cómo impacta en los hábitos y prácticas de uso y consumo de agua a nivel doméstico, o en la salud de los consumidores. Estas se han desarrollado principalmente en países del Medio Oriente y Australia, donde dependen principalmente de la desalinización de agua de mar para el abastecimiento humano.

Abordar estos desafíos implica inversiones sustanciales y marcos regulatorios adecuados, y conversados con distintos sectores.

Ahora, volviendo a las oportunidades, de aprovecharse el desarrollo del hidrógeno, podría reducir la dependencia de fertilizantes importados, especialmente en un mercado donde el precio del amoníaco varía significativamente debido a fluctuaciones en el costo del gas natural. Estas variaciones se deben a varias razones, siendo una de ellas los conflictos internacionales, dejando a muchos países sin margen de maniobra y obligados a pagar altos precios. En ese sentido, podría dar cierta estabilidad económica para la región, pero solo si esto se aprovecha también a nivel interno y no solo pensando en exportaciones.

Por otro lado, representa una herramienta complementaria o transitoria para la descarbonización, pero su implementación enfrenta múltiples desafíos que requieren una planificación estratégica y colaboración internacional.

Más allá de las distintas perspectivas, la realidad es que hoy ya existen entes que están invirtiendo en hidrógeno en la región. En Brasil, la empresa Unigel produce hidrógeno verde para fertilizantes a base de amoníaco. En Paraguay, la empresa TOME busca producir fertilizantes sólidos con hidrógeno. En Chile, existen proyectos para la producción de combustibles sintéticos y explosivos a base de amoníaco. Hasta 2021, el mayor proyecto de electrólisis en la región estaba en Perú, destinado a la producción de nitrato de amonio para la industria minera.

### ¿Qué se está haciendo hoy con el hidrógeno verde en países de América Latina?

País	Proyecto	Empresa	Aplicación
Brasil	Planta Unigel	Unigel	Fertilizantes a base de amoníaco
Paraguay	Proyecto TOME	TOME	Fertilizantes sólidos
Chile	Diversos proyectos	HIF Global, Enaex, MAE	Combustibles sintéticos y explosivos
Perú	Electrólisis para nitrato de amonio	Engie, Enaex	Uso minero (hasta 2021)

**Nota:** tabla de elaboración propia a partir del IEA Hydrogen Projects Database CEPAL 2023<sup>9</sup> y de BID Invest - Proyecto Atome<sup>10</sup>.

Respecto al consumo de la región, según el mismo Balance de la IEA mencionado en la sección anterior, América Latina consume casi 4 millones de toneladas de hidrógeno al año, lo que representa apenas el 4 % del consumo global. Es un porcentaje relativamente bajo, que además no ha mostrado un crecimiento significativo en los últimos años. Esto genera preocupación, ya que la producción podría orientarse principalmente a satisfacer demandas externas, a pesar de que en América Latina existe capacidad instalada que podría aprovecharse para avanzar en la descarbonización o incluso para ampliar la red eléctrica mediante combustibles alternativos.

El hidrógeno y sus colores es un debate que en la región sigue abierto, dejando muchas veces más preguntas y puntos de inflexión que respuestas. Sin embargo, es necesario reconocer estas complejidades y abordarlas desde diálogos participativos, multisectoriales y con perspectiva de futuro.



## Consumo y uso doméstico de la energía

Desde que nos levantamos hasta que nos vamos a dormir, usamos energía constantemente en nuestras casas, trabajos y lugares de estudio. Para hacernos conscientes de cuánto dependemos de la energía, imaginemos una mañana de invierno, con un relato donde cada acción que implique energía o cada aparato que la requiera, aparecerá destacada en color turquesa.

Te despiertas en la mañana con el sonido de la **alarma**. Permaneces unos minutos más en la cama **revisando mensajes de WhatsApp, notificaciones y redes sociales**.

Finalmente te levantas, **prendes la calefacción** y te vas directo al baño. **Lavas tus dientes** y te das una **ducha rápida** para terminar de despertarte, pero los últimos minutos fueron con agua helada; probablemente **se está acabando el gas**.

Vas a la cocina, preparas algo para comer: pan con mermelada, pero para ayudarte a entrar en calor, **dejas el pan en el tostador y pones el agua a hervir para un té**. Mientras desayunas, **enciendes la televisión**. Comienza el noticiero matutino y la periodista dice la hora. Ya es tiempo de salir.

Antes de irte, revisas que tengas todo en la mochila: **computador**, libreta, lápiz y tu tarjeta del **transporte**. Te pones los **audífonos** y sales de casa.

Tomas el **transporte público: bus y luego metro**, aprovechas para **escuchar música** y **reparar algo en el celular**.

Entras a la universidad y llegaste cinco minutos antes, así que pasas a la **máquina de café** y te lo llevas a tu clase. Entrás a la sala, llega la profesora, quien **enciende las luces y el proyector, y conecta su computador**. Empieza la clase.

### **En base al ejemplo, ¿para qué usamos la energía?**

En nuestro cotidiano, la energía es vital para asegurar el bienestar y la calidad de nuestro estilo de vida. Sus usos van desde lo más doméstico, como lo es conservar alimentos, cocinar, acceder al agua, tener una temperatura mínima y máxima saludable en nuestros hogares, contar con iluminación, herramientas de trabajo y estudio, hasta sus usos en el área de la salud, el transporte y la industria.

Estas necesidades energéticas varían y están intrínsecamente ligadas a la territorialidad y el contexto cultural de la comunidad en la que nos estemos enfocando. Probablemente una persona de Centroamérica considerará temperaturas muy distintas a una persona de Sudamérica para sentirse cómoda dentro de su casa. También son muy distintas las necesidades energéticas de una edificación cuyo principal uso es habitacional, comparada a una comercial que cuenta únicamente con oficinas en donde las personas trabajan. Estas diferencias se evidencian en el consumo y son sumamente importantes para determinar las necesidades.



# Accesibilidad, asequibilidad y justicia energética

Para comenzar este apartado, debemos diferenciar el concepto de accesibilidad y asequibilidad.

Accesibilidad	Asequibilidad
<p>Acceso físico y técnico a fuentes de energía confiables y seguras, independientemente de la ubicación geográfica o situación socioeconómica.</p> <p><i>Pregunta clave: ¿Llega energía a donde vives?</i></p>	<p>La capacidad de las personas o comunidades para pagar por los servicios energéticos sin comprometer otras necesidades básicas, como alimentación, salud o educación.</p> <p><i>Pregunta clave: ¿Puedes pagar esa energía?</i></p>

## ¿Por qué ambas son importantes?

En el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7: Energía asequible y no contaminante, ambos conceptos, no solo son necesarios, sino que también deben ser capaces de complementarse entre sí.

### Vinculación con el medio del ODS 7



**Vinculación con comunidades**

Participación ciudadana en planificación energética



**Justicia energética**

Distribución equitativa de beneficios y costos



**Innovación y tecnología local**

Apoyo a soluciones descentralizadas



**Sostenibilidad ambiental**

Uso de fuentes renovables

Reconocimiento de necesidades energéticas locales

Acceso garantizado en zonas rurales y urbanas

Fomento de proyectos comunitarios de energía

Respeto a ecosistemas en desarrollo energético

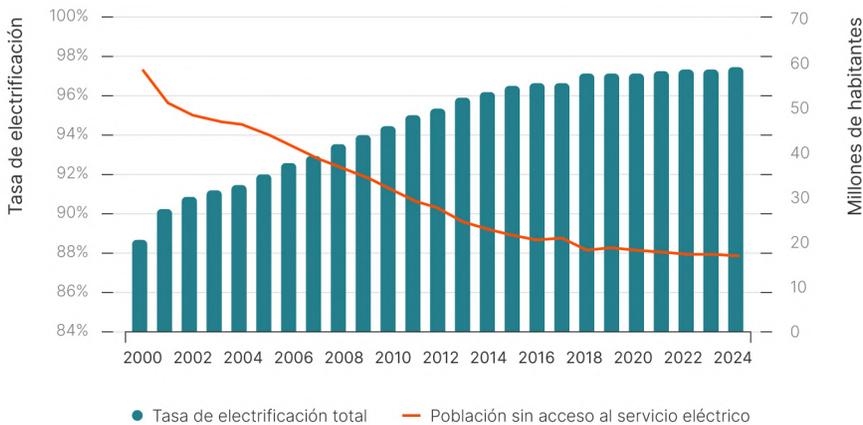
**Nota:** Elaboración propia.

Para garantizar el acceso a energía asequible, no basta con que la energía esté disponible (accesibilidad) si las personas no pueden pagarla (asequibilidad), así como tampoco basta con tener energía barata si las personas no pueden acceder a ella por límites técnicos o geográficos.

En ese sentido, existe un fortalecimiento mutuo al trabajarlas en conjunto. Por ejemplo, mejorar la infraestructura puede reducir los costos de la distribución de la energía. Por otro lado, las políticas públicas y los subsidios que ayuden a reducir costos en la generación o distribución pueden incentivar la expansión de la red, o bien facilitar proyectos que mejoren su tecnología y capacidad.

Existen una serie de desafíos a la hora de hablar de accesibilidad y asequibilidad en Latinoamérica, y es que, a pesar de que la región ha alcanzado un 97,3% de personas con acceso a electricidad<sup>1</sup>, existen desigualdades profundas respecto a los grupos más ricos y más vulnerables. El 20% más pobre de la región tiene hasta nueve veces menos acceso a energía que el 20% más rico<sup>2</sup>.

### Tasa de electrificación y población sin acceso al servicio eléctrico en América Latina y el Caribe: evolución 2000 - 2024



**Nota:** reelaboración a partir de gráfico obtenido del Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe de la Olade<sup>3</sup>.

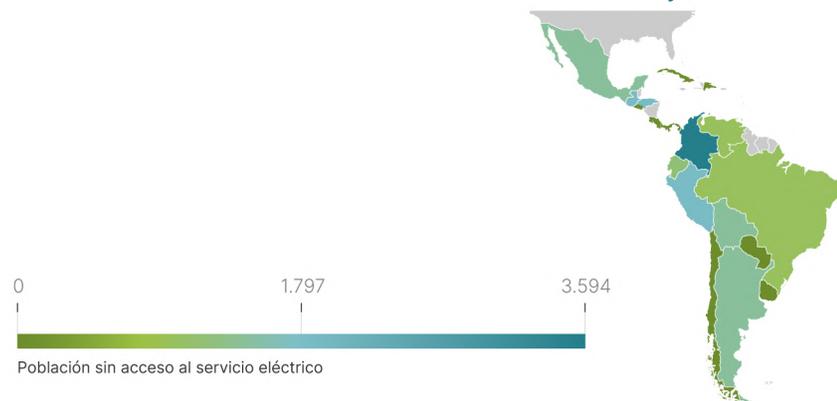
Como puedes observar en el gráfico, a medida que la electrificación total sube, la población sin acceso al servicio disminuye. Esto es un buen indicador. Sin embargo, si vamos a las cifras por país, nos encontraremos con que, si bien los porcentajes son alentadores, las personas sin acceso siguen siendo un grupo importante que considerar, ya que incluso en algunos países esta cifra supera los mil habitantes.

## Población sin acceso al servicio eléctrico en América Latina y el Caribe en 2023

País	Tasa de electrificación total	Población sin acceso al servicio eléctrico [miles de habitantes]
Colombia	93,1%	3.593,9
Guatemala	90,4%	1.691,6
Honduras	86,3%	1.337,6
Perú	97%	1.030,6
México	99,4%	732,2
Argentina	98,4%	728,9
Bolivia	95,6%	535,5
Ecuador	97,6%	415,0
Venezuela	99,0%	337,3
Brasil	99,8%	326,7
República Dominicana	98,0%	217,4
Panamá	95,6%	195,9
El Salvador	98,3%	107,8
Chile	99,7%	58,9
Costa Rica	99,4%	31,6
Paraguay	99,9%	7,5
Uruguay	99,9%	2,1
Cuba	99,9%	2,0
Trinidad & Tobago	100%	0

**Nota:** elaboración propia a partir de datos del Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe de la Olade<sup>3</sup>.

## Población sin acceso al servicio eléctrico en América Latina y el Caribe en 2023



**Nota:** elaboración propia a partir de datos de del Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe de la Olade<sup>3</sup>.

A partir de cifras como esta, es que una serie de organizaciones de la sociedad civil y organismos intergubernamentales han hablado de justicia energética, un concepto que nos ha invitado a pensar: ¿Quién paga los costos y quién recibe los beneficios de la transición energética?, ¿es justo cómo funcionan nuestros sistemas energéticos actualmente?

Para ello existen cuatro pilares que nos pueden ayudar a analizar qué tan justo está siendo un sistema energético en transición.

¿Quién recibe impactos y beneficios?	¿Quién está tomando las decisiones?	¿Quién está siendo reconocido en las decisiones?	¿Qué impactos tiene y tendrá en el futuro?
Justicia distributiva	Justicia procedimental	Justicia de reconocimiento	Justicia intergeneracional

Estas cuatro preguntas, que responden a cuatro dimensiones de la justicia, nos ayudan a evaluar cómo se distribuyen los costos y beneficios, quiénes están participando e incidiendo en la toma de decisiones, qué grupos son más o menos visibilizados y qué responsabilidades se tomarán respecto a los impactos en las generaciones actuales y futuras.

En ese sentido, la dimensión de justicia de la transición energética no solo debiera posicionarse como un apellido de la transición, sino como una oportunidad de cambiar los paradigmas de cómo ha funcionado el mundo energético hasta hoy.

En ese marco, debemos preguntarnos: ¿qué entendemos por transición energética justa?

### Un poco de historia sobre la transición justa...

El origen del concepto transición justa viene desde el movimiento sindicalista estadounidense en la segunda mitad del siglo XX (años 1900). Cuando comenzaron los primeros planes de descarbonización y cierre de centrales nucleares en Estados Unidos, los obreros de la industria vieron amenazados sus trabajos y salarios, por lo que comenzaron a usar el término de justicia para exigir certezas respecto a su futuro laboral en este nuevo proceso, en donde comenzarían a cerrar las centrales. En esta época, se comenzaron a unir los movimientos ambientales y sindicales con el objetivo de comenzar a responder a las demandas de la crisis climática, pero sin dejar de lado los derechos sociales de los trabajadores<sup>4</sup>.

Ahora bien, en América Latina, el concepto comienza a tomar fuerza en los 2000 bajo el alero de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), quienes posicionaron el concepto a nivel gubernamental con las autoridades y organismos de la región, y por otro lado, las organizaciones de la sociedad civil, quienes aterrizaron el concepto como una demanda de justicia ambiental, energética y territorial, impulsando que la transición no sea solo técnica o económica, sino que incluya derechos, participación y reparación histórica<sup>5</sup>.

En América Latina, la transición justa tiene una serie de dimensiones. Desde los movimientos laborales, se ha planteado no dejar a nadie atrás, protegiendo los derechos laborales y promoviendo el desarrollo de capacidades frente a una industria energética que está y seguirá cambiando.

Desde los movimientos ambientales y ecológicos, la transición justa se entiende como una dimensión de la justicia centrada en el cuidado de la naturaleza y de las personas. Aunque se está produciendo un recambio tecnológico en las fuentes de energía, esto no implica necesariamente una reducción de otros impactos sobre los ecosistemas, los que deben ser abordados, ya que el origen de la transición responde a la gravedad de la crisis climática. En esta dimensión, además, diversos movimientos indígenas han planteado la necesidad de incorporar la justicia territorial, así como el respeto y reconocimiento a sus comunidades y a su relación ancestral con los territorios.

Desde la academia y la investigación se han desarrollado herramientas para analizar cómo se distribuyen, de manera equitativa y transparente, los costos y beneficios de la energía; considerando quién toma las decisiones, cómo se reconocen las voces de las comunidades y cómo se aplican nuevas tecnologías y modelos de gobernanza.

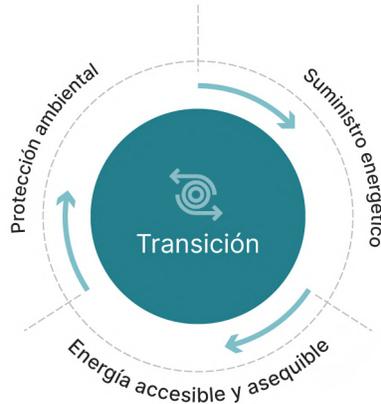
Algunos ejemplos de estas herramientas son:

- Programas de subsidios diferenciados según nivel de ingreso
- Políticas de participación comunitaria en decisiones de proyectos energéticos
- Iniciativas de co-generación comunitaria o cooperativas energéticas

A grandes rasgos, la transición justa se puede definir como un proceso complejo que busca reemplazar los combustibles fósiles al tiempo que reduce desigualdades sociales y ambientales, reconfigurando nuestros sistemas energéticos para un mundo más equitativo. Representa una oportunidad no solo para un recambio tecnológico, sino también para repensar nuestros sistemas socioeconómicos en busca de modelos más justos con las comunidades y con la naturaleza.

Desde esta perspectiva, se ha dado un fenómeno que se constituye como el trilema energético, el que consiste en tres puntos: asegurar un suministro energético competitivo, un acceso universal a energía de calidad y la promoción de la protección del medio ambiente, en equilibrio entre sí<sup>6</sup>.

### ¿Cómo equilibrar la energía del futuro? El trilema energético: hacia una transición justa y sostenible



**Fuente:** elaboración propia a partir del Documento de Trabajo ¿De qué hablamos cuando hablamos de transición energética justa? Articulando múltiples escalas, resoluciones y sentidos de NEST-r3 y la Red de Pobreza Energética de Chile<sup>6</sup>.

Estos tres puntos responden, en primer lugar, a la necesidad de garantizar la seguridad energética, es decir, contar con un suministro confiable, seguro y de calidad para las personas. En segundo lugar, se busca promover la equidad energética, asegurando que todas las personas puedan acceder y utilizar la energía de manera justa y transversal. Y, en tercer lugar, se trata de abordar ambos objetivos en equilibrio con la protección de la naturaleza.

Una transición energética justa debe ser capaz de equilibrar el desarrollo de energías de calidad desde fuentes renovables procurando no continuar con un modelo que ha ido en desmedro del cuidado ambiental.

Por ejemplo, imagina una comunidad rural pequeña sin acceso eléctrico formal. Mediante un proyecto de paneles solares locales, gestionado por la comunidad, se instala una micro-red colaborativa. Las familias pueden generar y vender excedentes, reduciendo la dependencia del diésel y aumentando su autonomía. A cambio, reciben capacitación técnica, tarifas accesibles y se integran en la toma de decisiones comunitarias. Así, la energía sostenible se convierte en un motor de justicia social.

## Pobreza energética

A partir de las desigualdades existentes en la sociedad y su reflejo directo en el sistema energético, ha surgido un concepto que ha permitido visibilizar situaciones de mayor vulnerabilidad en el contexto de la energía: la pobreza energética. Este tema ha dejado de ser exclusivo del ámbito académico y ha comenzado a incorporarse en planes energéticos a nivel nacional, además de ser debatido en organismos intergubernamentales.

### ¿Cuál es su definición?

La definición no es exacta, pero sí tiene algunos parámetros. Se plantea que un hogar o comunidad se encuentra en situación de pobreza energética cuando no tiene acceso equitativo a servicios de buena calidad para cubrir sus necesidades<sup>7</sup>. Debemos entender que un hogar tiene necesidades básicas y fundamentales de energía; por ende, para entender aún más los matices de la pobreza energética, es necesario separarlas.

#### Necesidades fundamentales de energía

Tienen impactos directos en la salud de la población. Por ejemplo: cocción y conservación de alimentos, acceso al agua, temperatura mínima y máxima saludable, iluminación mínima, salud de electrodependientes.

#### Necesidades básicas de energía

Varían en función de la pertinencia territorial y cultural. Por ejemplo: el control térmico (confortable), agua caliente sanitaria, iluminación y electrodomésticos, tecnología para la educación y comunicación.

Para verlo de manera más concreta, utilicemos un caso ficticio (o tal vez no tan ficticio). Un hogar que no cuenta con refrigerador ni cocina no puede satisfacer adecuadamente sus necesidades fundamentales, ya que la cocción y la conservación de los alimentos son esenciales para la salud. La ausencia de estos elementos puede llevar al consumo de alimentos en mal estado, lo que representa un riesgo sanitario y afecta negativamente la nutrición de las personas que viven allí.

Asimismo, en un hogar donde viven estudiantes, la ausencia de una iluminación adecuada limita su capacidad para estudiar y desarrollarse académicamente, lo que constituye una vulneración de sus necesidades básicas.

Por otro lado, cuando hablamos de la pobreza energética, es posible identificar tres dimensiones de esta: el acceso, la equidad y la calidad<sup>8</sup>.

 **Acceso** | Umbrales físicos y tecnológicos que permiten que las personas accedan o no a la energía

 **Calidad** | Qué tan bueno es el servicio al que las personas tienen acceso (umbrales de tolerancia)

 **Equidad** | Responde a los umbrales económicos

**Nota:** elaboración propia a partir del documento Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe de la CEPAL<sup>8</sup>.

Para combatirla, se deben tener presentes estas tres dimensiones, ya que la calidad asegura un suministro que sea seguro y confiable, la equidad se hace cargo de la diversidad de contextos socioeconómicos que tienen las personas en la región, y el acceso garantiza la puerta de entrada a contar con electricidad en los hogares. Todos estos elementos transforman a la pobreza energética en un problema complejo, multisectorial y multidimensional.

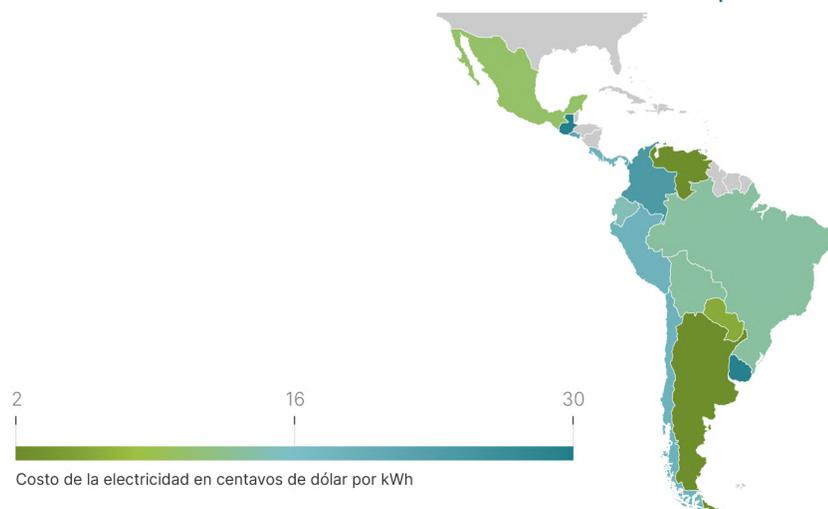
### **Entonces, ¿cómo podemos medirla?**

Tiene varios índices de medición. Algunos de ellos son el porcentaje de población sin acceso a electricidad en sus viviendas, el precio de la electricidad en centavos de dólar por kWh, la duración y la cantidad de interrupciones del sistema eléctrico en centros comerciales principales, etc. Sin embargo, cuando se hacen indicadores globales, se busca obtener cosas comparables y medibles, las que se basan principalmente en asuntos de salud.

Ahora bien, una idea central que debemos tener en mente es que, más allá de las mediciones de indicadores, la pobreza energética es un fenómeno que afecta la calidad de vida de las personas, por lo tanto, a pesar de la incapacidad de medir el bienestar, a nivel territorial son discusiones que deben levantarse y sostenerse.

A nivel latinoamericano, la pobreza energética es un problema presente que afecta tanto el acceso como la asequibilidad y la calidad. Podemos ver algunos indicadores en los siguientes gráficos, en donde se muestra la cantidad de hogares sin acceso, el precio y la interrupción del suministro.

## Precio de la electricidad en América Latina en centavos de dólar por kWh



**Nota:** elaboración propia a partir de la sección Costo de la electricidad por país 2025 del World Population Review<sup>9</sup>.

## Costo de la electricidad en países de América Latina en 2024

País	Costo de la electricidad marzo de 2024 en centavos de dólar por kWh	PIB per cápita en USD a precios actuales
Guatemala	29,8 (#1)	6.150 (#12)
Uruguay	24,3 (#2)	23.907 (#1)
El Salvador	22,4 (#3)	5.580 (#13)
Colombia	21,1 (#4)	7.914 (#9)
Perú	18,7 (#5)	8.452 (#8)
Panamá	18 (#6)	19.103 (#2)
Costa Rica	17,5 (#7)	18.587 (#3)
Chile	17,4 (#8)	16.710 (#4)
Brasil	15,4 (#9)	10.280 (#7)
Bolivia	15 (#10)	4.001 (#14)
México	10 (#11)	14.158 (#5)
Ecuador	9,7 (#12)	6.875 (#10)
Paraguay	5,2 (#13)	6.416 (#11)
Venezuela*	4,6 (#14)	3.867 (#15)
Argentina	2 (#15)	13.858 (#6)

**Nota:** elaboración propia a partir de la sección Costo de la electricidad por país 2025 del World Population Review<sup>9</sup> y de datos del Banco Mundial<sup>10</sup>. \* Banco Mundial no cuenta con el dato para Venezuela. Fue extraído de la prensa colombiana<sup>11</sup>. kWh: kilovatio-hora. Unidad de energía que equivale al consumo de un kilovatio de potencia durante una hora. Se usa para medir uso eléctrico en hogares, industrias y sistemas energéticos.

## **Y, ¿qué podemos hacer?**

Entender la transición energética como una oportunidad para avanzar en justicia social y reducir desigualdades es clave para enfrentar la pobreza energética.

Como vimos en los capítulos anteriores, América Latina y el Caribe tiene una serie de oportunidades a nivel económico y geográfico para avanzar hacia una transición que sea responsable con los ecosistemas, pero también con las personas. La incorporación de energías renovables de forma planificada y participativa puede generar nuevas oportunidades de acceso, mejorar la calidad del suministro y reducir costos, lo que contribuye a disminuir la pobreza energética en la región.

Para avanzar en este camino, es fundamental contar con voluntad política y fomentar la colaboración. Es necesario crear espacios de discusión y creación de políticas en donde puedan participar personas con mayor vulnerabilidad, especialistas con conocimientos basados en la ciencia, junto a quienes toman decisiones, para construir medidas más justas y efectivas.



## (In)equidad de género en la transición energética: trabajo doméstico y empleos

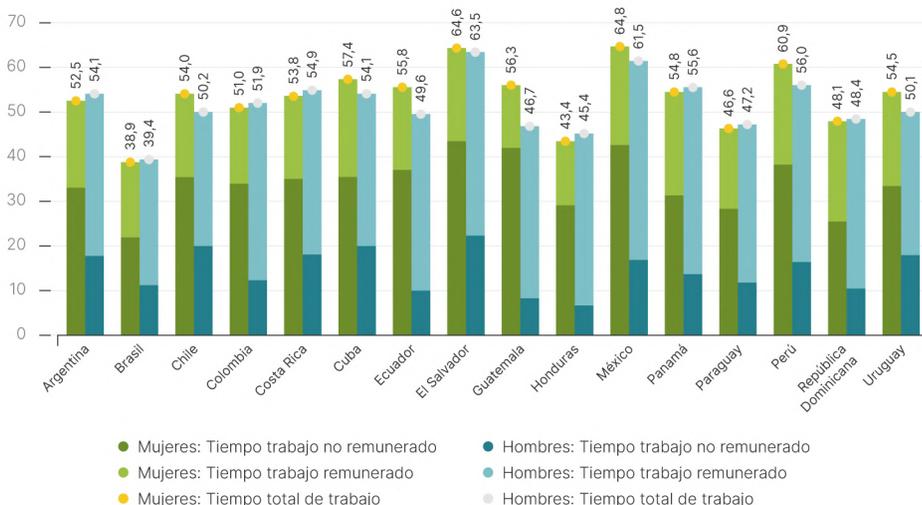
Cuando hablamos de energía y transición, debemos hablar de género. Pero ¿por qué? Según datos publicados por la oficina global de ONU Mujeres, las mujeres y niñas son quienes enfrentan con mayor intensidad los costos de la crisis climática. Ante desastres extremos, tienen hasta 14 veces más probabilidades de morir que los hombres. Esto se debe a múltiples factores. Por un lado, los cuerpos femeninos tienen una temperatura basal más alta, lo que las hace más vulnerables ante olas de calor. Además, durante la lactancia, sus cuerpos requieren mayor cantidad de nutrientes y agua, aumentando los riesgos en situaciones de escasez. A esto se suman las desigualdades sociales: en muchas comunidades, las mujeres son las responsables del cuidado familiar, lo que limita su movilidad y acceso a recursos frente a emergencias climáticas. Además, se estima que cuatro de cada cinco personas desplazadas por los impactos del cambio climático son mujeres o niñas<sup>1</sup>. Estas vulnerabilidades se agravan cuando se suman otros factores como la precariedad económica, vivir en zonas rurales, pertenecer a pueblos indígenas, padecer enfermedades, formar parte de la comunidad LGBTQIA+, o estar en situación de discapacidad.

Esta especial vulnerabilidad se debe principalmente a las brechas de género. Hoy, las mujeres y niñas aún no cuentan con las mismas herramientas que los hombres

para enfrentar la crisis, ya que existen obstáculos culturales y legislativos para garantizar el acceso a la educación, al trabajo remunerado y decente, a puestos que estén encargados de tomas de decisiones, al manejo de las finanzas, entre otros elementos que limitan la capacidad de resiliencia frente a los efectos de la crisis climática.

A esto además debemos sumar la labor de los cuidados y la administración del hogar. Según estudios de la CEPAL, y como podrás observar en detalle en el siguiente gráfico, en promedio las mujeres dedican 35 horas semanales a trabajo no remunerado en el hogar, mientras que los hombres solo 12. Esto equivale a un 20% del tiempo de las mujeres y un 8% del de los hombres.

### Contraste de tiempo total de trabajo de mujeres y hombres en América Latina y el Caribe en 2023



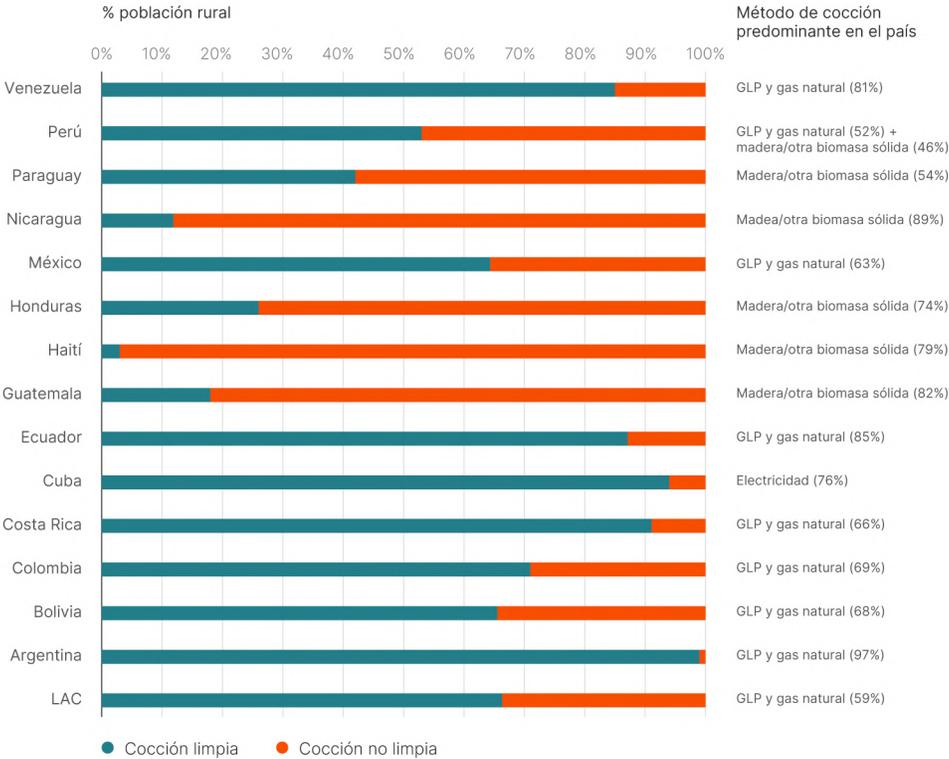
**Nota:** reelaboración a partir de gráfico sobre la base del Repositorio de Información sobre uso del tiempo en América Latina y el Caribe de la CEPAL<sup>2</sup>. Considera a la población mayor de 15 años de edad por tipo de trabajo y género para el año 2023, midiendo el tiempo en horas semanales.

El rol de cuidadora implica una serie de tareas como cocinar, limpiar, asistir a personas enfermas cuyas necesidades pueden variar e implicar un nivel mayor o menor de supervisión, asistir a citas médicas, apoyar a niños y niñas en tareas escolares, ser un soporte emocional y más.

En ese sentido, hay una serie de actividades a las que las mujeres se ven expuestas o de las que deben hacerse responsables y que competen a la administración doméstica de la energía.

Por ejemplo, la calefacción del hogar o la elaboración de comidas. Estas tareas llevan consigo la administración del gas, la electricidad e incluso de la leña o el carbón. Esto no solo convierte a las mujeres en las principales afectadas por la contaminación derivada del uso de biomasa para la cocción, sino que además las transforma en agentes clave para los procesos de transición energética.

### Porcentaje de la población rural que utiliza principalmente combustible limpio para cocinar en países de América Latina y el Caribe en 2023



**Nota:** elaboración propia a partir de la base de datos de la Agencia Internacional de Energía<sup>3</sup>. **Limpio:** gas licuado de petróleo (GLP) y gas natural, electricidad y otros limpios (bioetanol y biogás). **No limpio:** madera/otra biomasa sólida, carbón vegetal, o/y otros no limpios (carbón mineral y keroseno).

Como podrás observar en el gráfico, en la población rural de la región las mujeres suman otra capa de vulnerabilidad frente a la exposición de cocción a través de fuentes no limpias. Existen una serie de países en donde este porcentaje se eleva a cifras por sobre el 50%. Esto nos presenta un desafío importante y nos recuerda que la transición energética no solo pasa por planos técnicos, sino que en este caso también puede ser una oportunidad de tomar medidas para la salud de las personas, especialmente para grupos más vulnerables frente a estos temas como lo son las mujeres.

## Impactos y beneficios de la transición hacia cocción limpia en América Latina

- **Centroamérica (rural promedio):** mujeres e hijos expuestos diariamente al humo, con mayor riesgo de neumonía, cataratas e hipertensión. El tiempo dedicado a recolectar leña limita las oportunidades educativas.
- **México (zonas rurales como Pátzcuaro, Michoacán):** las estufas Lorena permiten reducir en un 30% el uso de leña, disminuyendo la carga económica y el tiempo de recolección. El humo se reduce significativamente, mejorando la salud respiratoria de mujeres y niños.
- **Honduras (rural):** la concentración de PM2.5 en fogones tradicionales alcanza los 360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que con estufas mejoradas se reduce a 137  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que mejora la salud cardiovascular y respiratoria.
- **Guatemala (Altiplano rural):** mujeres presentan mayor presión arterial y niños sufren infecciones respiratorias recurrentes por exposición al humo. Las estufas mejoradas reducen significativamente CO y PM.
- **Sudamérica (rural promedio):** la exposición a PM2.5 es de 171  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en zonas rurales. Cambiar a energía limpia reduce esta exposición en un 62 - 65%, mejorando la salud y la calidad de vida.
- **Perú (rural altoandino):** niños menores de 5 años tienen hasta tres veces más riesgo de infecciones respiratorias. También se incrementa la mortalidad infantil y las enfermedades crónicas asociadas.
- **Costa Rica (urbano y periurbano):** el uso de gas o electricidad para cocinar reduce la exposición al humo, acelera la cocción y elimina la necesidad de recolectar leña, disminuyendo el riesgo respiratorio.

**Nota:** elaboración propia a partir de datos de Fitzgerald Cantero - OLADE, "Perspectivas de la cocción limpia en ALC"<sup>24</sup>.

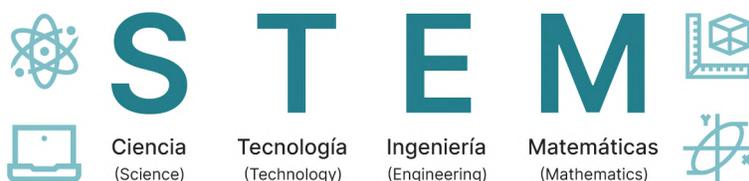
Dado su contacto directo con el uso cotidiano de la energía en los hogares, las mujeres suelen ser las primeras en experimentar las crisis relacionadas con la matriz energética, como los cortes de luz o corte de suministro de combustible como el gas o la leña. Si bien esta cercanía evidencia una mayor vulnerabilidad, también representa una oportunidad para que su voz sea central en la elaboración de soluciones y en los procesos de transición. Son ellas quienes perciben de primera mano los impactos a nivel doméstico y quienes a lo largo de la historia, han debido adaptarse frente a eventos climáticos, transformándose entonces en agentes clave para diseñar soluciones.

## La transición como una oportunidad para la equidad de género

La transición energética puede transformarse en una oportunidad histórica para las mujeres, sobre todo a nivel laboral, ya que, debido a los esfuerzos de los países por impulsar la transición energética, se están generando una serie de empleos en los distintos proyectos de generación a partir de fuentes renovables, de distribución y de almacenamiento. En ese contexto, se abre una puerta clave para garantizar la participación de las mujeres y fomentar su liderazgo en el sector.

### Entonces, ¿cuál es el problema?

El principal obstáculo es cultural. Muchas mujeres consideran que ciertos sectores como la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (áreas STEM) no son espacios para ellas. Esto parte desde la educación, y es que, en el mundo, de todas las personas que deciden estudiar carreras STEM, solo un tercio son mujeres<sup>5</sup>.



Ahora bien, el sector energético no solo necesita personas capacitadas en ciencias físicas o matemáticas, pero eso tampoco ha disminuido la brecha. Al año 2025, las mujeres representan menos del 25% de los empleos en el sector energético, con una presencia aún menor en áreas técnicas, operativas y de toma de decisiones<sup>5</sup>.

¿Qué podemos hacer al respecto? Se deben aplicar soluciones técnicas, pero también impulsar un cambio a nivel sociocultural. A nivel técnico, organismos como las Naciones Unidas han recomendado garantizar que la perspectiva de género y los derechos humanos sean parte de la acción climática. Esto se puede implementar a través de la integración de estas perspectivas en los planes, políticas y programas que realicen los países para sus transiciones.

A nivel cultural, es fundamental generar referentes femeninos desde la educación temprana. Esto puede implicar medidas como cuotas de género en universidades y en puestos de trabajo, así como la lucha contra los estereotipos, generando espacios en donde la niñez y la juventud pueda proyectarse en diversas posibilidades según sus intereses y no según las brechas. Esto es fundamental, ya que las mujeres representan el 50% de la población mundial. Avanzar en la transición energética sin ellas limita a

la mitad nuestra capacidad de innovación, desarrollo y justicia social<sup>6</sup>. Por cada 100 hogares pobres, hay hasta 118 mujeres y niñas en América Latina viviendo en pobreza energética, lo que exacerba esta desigualdad<sup>7</sup>.

La transición no es una oportunidad de género por inercia. Los estados deben impulsar estas agendas para convertirla en un proceso de mayor inclusión y de reducción de las brechas de género, lo que conlleva responsabilidades, planificación, colaboración y la participación de mujeres y niñas en procesos de toma de decisiones.

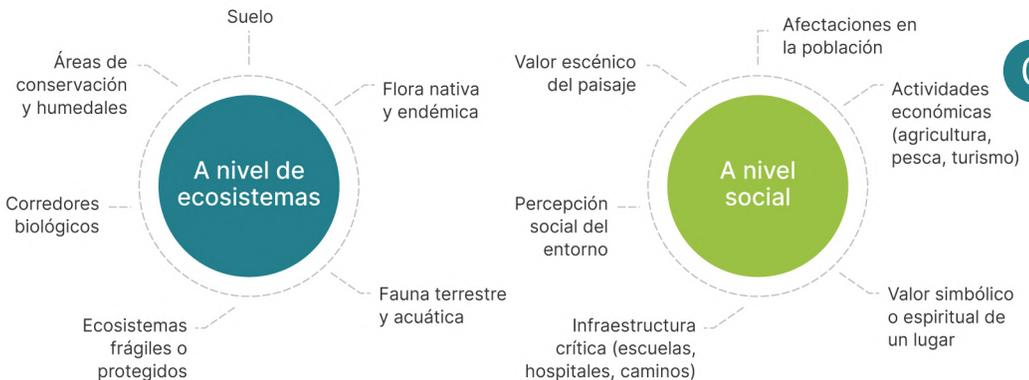
## Impactos de la transición energética en comunidades locales

Las transiciones energéticas responden a problemas complejos que requieren soluciones desde diversas perspectivas. Se deben poner a dialogar distintas voces y dimensiones a nivel técnico, político, económico, cultural y social.

Imaginemos la instalación de un parque de paneles solares. A primera vista, parece una decisión lógica para avanzar hacia una matriz energética más limpia y reducir las emisiones de carbono. Sin embargo, si ese parque se construye en una zona de bosque nativo o en un territorio significativo para una comunidad indígena, surgen otros elementos que también deben ser considerados.

A nivel general, podemos categorizar los impactos en dos grandes grupos: a nivel ecosistémico, es decir, cómo un proyecto puede afectar la naturaleza y sus sistemas; y a nivel social, o en otras palabras, a nivel “humano”, en donde pueden existir afectaciones a comunidades, sus formas de vida y su infraestructura.

### Factores ecológicos y sociales en la evaluación territorial



En estos casos, la solución al cambio climático, como lo es la energía solar, puede entrar en conflicto con otros valores igualmente importantes como la conservación de la biodiversidad o el respeto a los derechos de las comunidades locales. Por eso, es fundamental que estas decisiones se tomen con una mirada integral que no solo evalúe los beneficios a nivel global, sino también los impactos a nivel local.

En América Latina, los conflictos socioambientales son una realidad. Es por ello que se debe re-pensar la forma en que se elaboran proyectos y cómo las comunidades locales son incluidas en la toma de decisiones frente a la transición energética.

En este sentido, compete hablar sobre el Acuerdo de Escazú, un tratado regional pionero para América Latina y el Caribe. Fue adoptado en 2018 y tiene tres pilares fundamentales: el acceso a la información ambiental, la participación pública y la justicia en asuntos ambientales<sup>8</sup>. Estos derechos son esenciales para que la transición energética sea justa, democrática y responsable con las comunidades.

Este acuerdo, del total de 33 países, a agosto de 2025 ha sido firmado por 25 y ratificado por 17, incluyendo a Argentina, México, Bolivia, Chile y Uruguay. Algunos han dado pasos concretos. Por ejemplo, Costa Rica ha avanzado en mecanismos participativos para proyectos energéticos y Argentina ha creado protocolos para asegurar consulta previa con pueblos originarios. Sin embargo, aún existen desafíos importantes, ya que en varios países el acuerdo no ha sido ratificado, o bien su implementación es limitada.

### **¿Por qué es tan relevante este acuerdo en el contexto de la transición energética?**

Porque muchas veces los proyectos de generación renovable, como represas, parques solares o eólicos, se instalan sin un diálogo real con las comunidades que habitan esos territorios. Esto ha llevado a conflictos socioambientales en distintos países. Algunos ejemplos:

- HidroAysén en Chile, un megaproyecto hidroeléctrico que fue finalmente cancelado por su alto impacto ambiental y la oposición ciudadana.
- Belo Monte en Brasil, una de las represas más grandes del mundo con fuertes cuestionamientos por su impacto en pueblos indígenas y ecosistemas.
- Proyectos eólicos en Oaxaca, México, con denuncias por falta de consulta previa a comunidades zapotecas e ikoots.

Según datos del Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL), el 40% de los conflictos socioambientales activos en la región están vinculados a proyectos energéticos. Esto muestra que el cambio de matriz energética no es neutro: puede ser una oportunidad o una amenaza, dependiendo de cómo se gestionan sus impactos sociales y ambientales.

El Acuerdo de Escazú ofrece una hoja de ruta para que la transición energética en América Latina no solo sea baja en emisiones, sino también inclusiva, transparente y respetuosa de los derechos humanos.

Si bien no existe una cifra global precisa, informes de organizaciones como CARE, UNDP y OIT documentan un claro aumento en los conflictos socioambientales en torno a proyectos energéticos renovables, especialmente donde no se garantizó consulta previa o hubo desplazamientos. En un informe realizado por el World Resources Institute en el año 2023, se muestra que persisten brechas significativas en participación ciudadana en al menos nueve países de la región<sup>9</sup>. Junto con ello también ha crecido el uso de herramientas judiciales para frenar o intervenir en proyectos que afectan a comunidades locales y ecosistemas. En este contexto, en los últimos años ha surgido en el ámbito jurídico el concepto de “litigio por la transición justa” a través de distintos casos en países de América Latina, como Chile, Brasil, México y Colombia. Este término se refiere a casos que llegan a los tribunales en el marco de procesos de transición energética y que evidencian patrones emergentes de conflicto frente a estos proyectos.

Este aumento de la conflictividad debe impulsar a los estados a pensar en mecanismos de participación e integración de las comunidades locales, no solo con la intención de apalancar los conflictos, sino como un deber de los estados de integrar en su totalidad los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y los acuerdos internacionales como los de la Organización Mundial del Trabajo (OIT).

### **¿Sabías que existe un tratado que reconoce los derechos de pueblos indígenas y su participación?**

El Convenio 169 de la OIT es un tratado internacional que reconoce los derechos colectivos de los pueblos indígenas y tribales, garantizando su identidad cultural, sus instituciones y su autodeterminación dentro de los Estados. Establece que deben ser consultados de forma previa, libre e informada sobre cualquier medida que los afecte, especialmente en lo relativo

a su desarrollo y territorios. Además, reconoce su vínculo especial con la naturaleza y estipula que sus derechos sobre los recursos naturales deben ser protegidos, incluyendo su participación en su utilización, administración y conservación. Este convenio busca asegurar que el desarrollo no se imponga sino que se construya con la participación activa de los pueblos indígenas, respetando su visión del mundo y su relación con el entorno.

En este contexto existen una serie de desafíos, pero también oportunidades. Hoy, la participación vinculante de las comunidades es una deuda pendiente en las decisiones que tienen que ver con la transición energética. Además, se deben considerar los impactos de manera diferenciada, es decir, analizar y tomar las medidas correspondientes para identificar qué comunidades son más vulnerables a la crisis climática y cómo pueden verse afectadas por proyectos de energía.

Por otro lado, la transición debe entenderse desde una perspectiva global que dialogue con lo local. Si bien el objetivo a largo plazo es dejar atrás los combustibles fósiles, este proceso implica una serie de etapas y decisiones que tienen impactos concretos a nivel local. Por ello, muchas de estas decisiones deben tomarse desde ese mismo nivel, considerando las particularidades de cada territorio.

Estos desafíos traen consigo oportunidades que pueden marcar nuevos rumbos para la transición energética. La inclusión de comunidades locales conlleva también la incorporación de conocimientos que van más allá de lo técnico, ya que quienes mejor pueden entender dinámicas económicas, sociales e incluso climáticas son las propias personas que habitan sus territorios. Este conocimiento local no solo fortalece los proyectos, sino que también abre puertas a nuevas dinámicas de representación y participación.

Como proyección, la transición energética debiera evolucionar hacia un modelo socioecológico justo, equilibrando necesidades comunitarias y la conservación de los ecosistemas.



## Inversión y financiación

En América Latina y el Caribe, el financiamiento representa un desafío importante. Aunque la región cuenta con ventajas comparativas significativas, incluso frente a economías más grandes, la transformación del sistema energético implica costos sustanciales en infraestructura, que requieren inversiones de gran escala. En particular, según el Informe Perspectiva energética mundial 2023 de la IEA, para alcanzar el escenario de 1,5°C, América Latina tendría que aumentar mucho más del doble su inversión actual al 2030 y quintuplicarla al 2050<sup>1</sup>.



### Fuentes de financiamiento

- Público
- Privado
- Multilateral



### Instrumentos financieros

- Subsidios
- Créditos verdes
- Bonos climáticos



### Sectores beneficiados

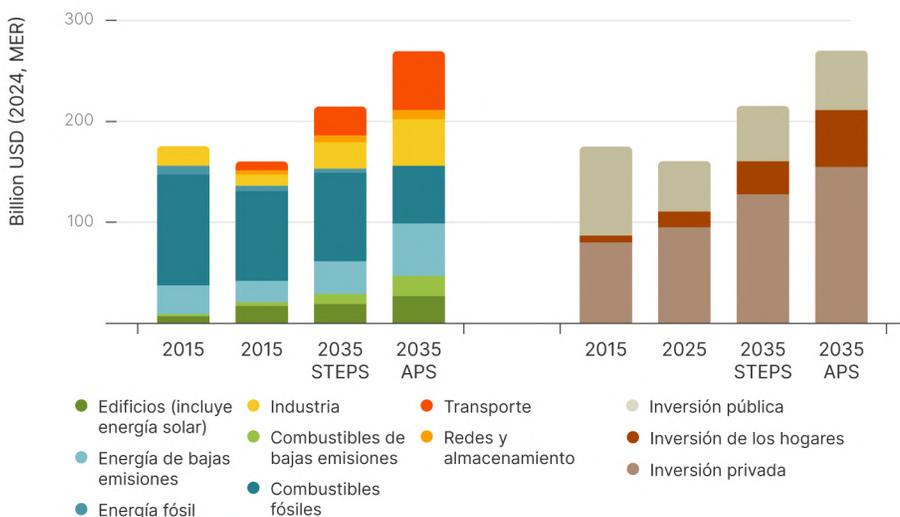
- Energías renovables
- Eficiencia energética
- Electrificación rural



### Impacto esperado

- Reducción de emisiones
- Acceso
- Empleo verde

## Inversiones históricas y proyecciones de inversión por sector en LAC



**Nota:** reelaboración a partir de gráfico obtenido del informe Energy Outlook 2023 de la IEA<sup>1</sup>.

**2025e:** estimación para el año 2025, basada en tendencias actuales y proyecciones de inversión energética realizadas por la Agencia Internacional de Energía. **STEPS:** Stated Policies Scenario, en español Escenario de Políticas Declaradas. **APS:** Announced Pledges Scenario, en español, Escenario de Compromisos Anunciados. **MER:** Market Exchange Rate, en español, Tasa de cambio del mercado. Tipo de cambio vigente en los mercados internacionales. Los valores se expresan en dólares de 2024, ajustados según esta tasa.

Si lo llevamos a cifras concretas, desde la CEPAL han planteado que para el 2035, en el escenario de los compromisos climáticos adoptados por los países de la región, se necesitarían alrededor de 47 billones de dólares, de los que un 80% se espera que venga de entidades privadas<sup>2</sup>.

Frente a esta situación, los países deben ir trabajando en dos caminos. En primer lugar, en generar políticas públicas que puedan fomentar economías más independientes, no solo en base a la exportación de materias primas, permitiendo desarrollar y fortalecer sus sistemas energéticos. Y, en segundo lugar, atraer inversiones extranjeras para aquellos proyectos que necesiten de mayor financiamiento.

### Pero ¿cómo funciona esto?

A nivel internacional, y debido al Acuerdo de París, existen una serie de formas en las que economías más desarrolladas y entes privados entregan financiamiento a países con economías emergentes para enfrentar los desafíos de la transición energética. Esta relación de financiamiento muchas veces puede ser estratégica a nivel económico y geopolítico, sobre todo pensando en el potencial de minerales críticos de la región.

Volviendo al cómo funciona, en el impulso hacia una transición energética sostenible, la financiación proviene tanto de fuentes públicas como privadas. Por ejemplo, la Unión Europea ha destinado más de 250.000 millones de euros entre 2021 y 2027 para acciones climáticas dentro del paquete “European Green Deal”<sup>3</sup>.

En América Latina, el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe CAF y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) han canalizado fondos para proyectos de energías limpias, como el programa de electrificación rural en Perú y parques solares en Chile. También existen actores privados comprometidos, como la Fundación Rockefeller o Breakthrough Energy, que invierten en innovación energética. Estos ejemplos muestran la variedad de canales y actores que pueden financiar la transición energética, cada uno con enfoques distintos según el territorio y su contexto social y económico.

Por otro lado, los países también tienen la posibilidad de generar fondos nacionales o acudir a bonos verdes, mecanismos de financiamiento que permiten invertir en proyectos que cuenten con un sello ambiental. Veámoslo con ejemplos concretos.

#### **Chile y los bonos verdes soberanos**

El país se convirtió en el primer país de América en implementar este mecanismo, el que consiste en la gestión de instrumentos de deuda emitidos por el Ministerio de Hacienda, cuyo dinero recaudado se destina exclusivamente a proyectos con beneficios ambientales.

Según el último reporte del mismo ministerio Chile ya habría emitido más de 7.500 millones de dólares en bonos verdes, ocupados en proyectos de transporte limpio, energías renovables, eficiencia energética, entre otros<sup>4</sup>.

#### **Colombia y el multilateralismo**

Los aportes de organismos como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM) han sido un aporte importante para Colombia y su transición. En 2022, el BID facilitó 45 millones de dólares para el sector energético colombiano<sup>5</sup>.

Dos años después, a inicios del 2024, el BM aprobó un financiamiento de 750 millones de dólares para la transición colombiana, cuyo principal enfoque

está en la inversión en transporte, energías renovables y la gestión eficiente de recursos naturales<sup>6</sup>.

### **Brasil y las subastas de energía**

Las subastas son una estrategia que Brasil lidera desde el 2004. Son organizadas por el Ministerio de Minas y Energía (MME) y ejecutadas por la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) y la Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Consisten en procesos competitivos donde empresas presentan ofertas para vender energía al sistema eléctrico nacional. El gobierno selecciona las propuestas más eficientes y firma contratos de largo plazo con los ganadores<sup>7</sup>.

Los países, entonces, tienen la posibilidad de mover internamente su economía y optar a diversos financiamientos a nivel internacional. Ahora bien, dada la magnitud que implica el proceso de transición energética en el mundo, muchas veces los recursos económicos pareciesen escasos, por lo que es un tema que se encuentra en constante negociación, siendo uno de los puntos principales de las Conferencias de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP Cambio Climático).

En relación al mercado eléctrico, existen diversos instrumentos dentro del mercado eléctrico que permiten incentivar la adopción de energías renovables o facilitar la competitividad entre tecnologías. Entre ellos se encuentran:

- Subastas de energía renovable, utilizadas en países como México, Brasil o Chile, donde los generadores compiten por ofrecer energía al menor precio garantizado.
- Mercados de capacidad, que aseguran disponibilidad futura de energía en momentos de alta demanda, aplicados en países como Colombia.
- Tarifas feed-in (FIT), como las aplicadas en Alemania, que garantizan un precio fijo por cada kWh generado con energía renovable.
- Certificados de energía limpia (CEL), como en México, donde se exige a los comercializadores un porcentaje mínimo de energía renovable.

Estos instrumentos permiten balancear objetivos económicos y ambientales en los mercados eléctricos, y deben ser diseñados de acuerdo a la madurez tecnológica del país y su estructura de costos.

# Instrumentos de precio al carbono para la descarbonización

Uno de los mecanismos que ha ganado relevancia para incentivar la descarbonización a nivel global son los instrumentos de precio al carbono. Estos buscan que los emisores de gases de efecto invernadero internalicen el costo ambiental de sus emisiones, incorporándolo en sus decisiones económicas.

A nivel nacional, varios países han comenzado a definir el llamado precio social del carbono: una herramienta que asigna un valor monetario al daño ambiental asociado a la emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub>. Su objetivo es orientar la inversión pública hacia tecnologías bajas en carbono, favoreciendo proyectos con menor impacto climático. En el caso de Chile, el Ministerio de Desarrollo Social y Familia actualizó este valor en 2024, elevándolo a 63,4 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>, un salto significativo respecto al valor anterior de 30 dólares. Ambos montos contrastan con el impuesto al carbono vigente, que establece un cobro de 5 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> para ciertas industrias, principalmente aquellas con fuentes fijas de emisión<sup>8</sup>.

Estos instrumentos asignan un precio a las emisiones de carbono, y existen diversos tipos.

Tipo de instrumento de precio al carbono	Descripción
Impuestos al carbono	 <p>Se aplica un impuesto fijo por tonelada de CO<sub>2</sub> emitido. Este instrumento permite mantener el carbono y las emisiones a un precio fijo. Sin embargo, qué tanto se reducen las emisiones queda a criterio de qué tanto más están dispuestos a pagar los emisores.</p>
Sistemas de comercio de emisiones	 <p>Se establece un monto “tope” de emisiones por sector, y según eso se emiten permisos de emisiones. Dependiendo de si un organismo emite más o menos emisiones, puede entrar a vender o comprar permisos, lo que genera un mercado que nunca supera el límite previo establecido al sector.</p>
Créditos de carbono	 <p>Consiste en la compra de “bonos” que se generan a partir de proyectos que reduzcan o capturen emisiones. Por ejemplo, una reforestación o un proyecto de energías renovables.</p>

**Nota:** tabla de elaboración propia.

Este tipo de instrumentos ya se está usando en América Latina y el Caribe. Según el informe Estado y Tendencias del Precio del Carbón 2024 del Banco Mundial, tanto los impuestos al carbono como los sistemas de comercio de emisiones son herramientas que están implementando los gobiernos para incentivar la descarbonización. En el siguiente mapa puedes ver su distribución en la región.

### Estado de implementación de instrumentos de precio al carbono en América Latina y el Caribe



**Nota:** reelaboración a partir de Figura 2 del Informe State and Trends of Carbon Pricing 2025 del Banco Mundial<sup>9</sup>.  
**SCE:** Sistema de Compensación de Emisiones, mecanismo que permite compensar emisiones gravadas mediante proyectos certificados de reducción.

Tal como puedes observar, algunos países de la región tienen o están implementando impuestos al carbono y sistemas de comercio de emisiones. Sin embargo, estas medidas no son soluciones suficientes para enfrentar la crisis que enfrentamos o para garantizar una transición justa.

Diversos expertos, expertas y organizaciones de la sociedad civil han visibilizado los riesgos que puede llevar descansar solo en este tipo de mecanismos para abordar la transición, los que podemos dividir en tres principales puntos: la falta de enfoque territorial, el incentivo a la no transformación y el enfoque centrado en el mercado<sup>10</sup>.

Cuando hablamos de territorialidad, nos referimos a que las soluciones implementadas deben tener sentido en relación con las dinámicas y desafíos propios del territorio, es decir, deben ser coherentes con su realidad. Por ejemplo, si en un lugar existen industrias emisoras de carbono y la única medida propuesta para abordar sus emisiones es la compra de bonos de carbono, esta acción no

tendrá un impacto visible ni para la comunidad ni para el ecosistema local. Aunque técnicamente las emisiones puedan considerarse mitigadas, el efecto territorial será nulo, dejando de lado aspectos fundamentales como la justicia territorial y la distribución equitativa de los costos.

En segundo lugar, si bien estas medidas pueden complementar otros planes y soluciones, si se aplican de forma aislada o no se entienden como una solución integral, existe el riesgo de que se conviertan en un obstáculo para avanzar hacia la transformación profunda de los sistemas energéticos. Tal como se analizó en capítulos anteriores, si queremos asegurar que la transición energética sea justa y represente una oportunidad para cambiar nuestros paradigmas hacia modelos socioecológicamente más equitativos, no basta con contabilizar lo que se emite y lo que se mitiga. Es fundamental comprender la transición como una oportunidad de transformación estructural que fomente la equidad y la sostenibilidad en los modelos energéticos y económicos. Limitarse a dinámicas centradas únicamente en la compensación de emisiones puede restringir la capacidad de innovación y la creación de soluciones más profundas y transformadoras.

Y por último, no se puede entender la transición energética únicamente como una nueva dinámica de mercado. Si bien las consideraciones económicas son fundamentales en la toma de decisiones políticas y en la transformación de la matriz energética, una transición energética justa es un proceso complejo que debe abordar también dimensiones sociales, demográficas, de justicia, de género, entre otras. Regular la transición y la descarbonización del sistema solo desde parámetros económicos puede resultar insuficiente frente a las exigencias de la crisis climática.

¿Cuál es el llamado entonces? Entender este tipo de herramientas como mecanismos complementarios a transformaciones más profundas, en donde los estados puedan apuntar a modelos como la economía circular, el desarrollo sostenible y un enfoque que ponga en equilibrio el cuidado de la naturaleza, la energía y la justicia social.

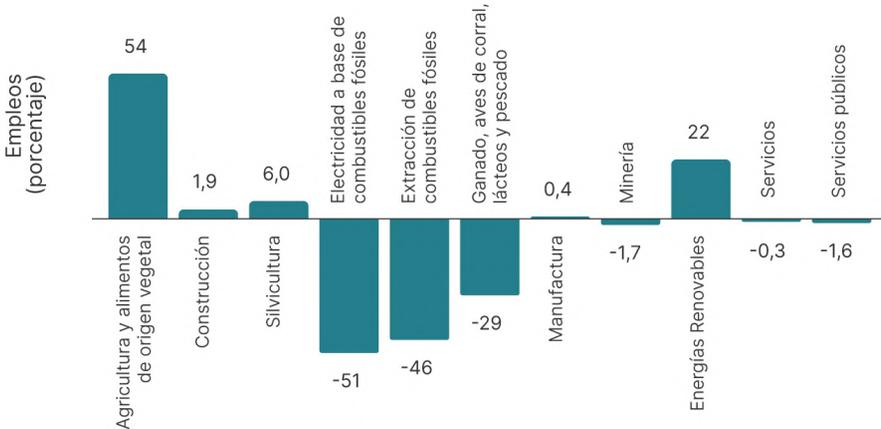
## Empleos en la nueva transición energética

Como vimos en otros capítulos, una de las primeras discusiones a nivel global respecto a la transición energética justa tuvo que ver con los empleos de las personas que trabajaban en la industria del carbón y los combustibles fósiles. Pero así como hay empleos que hay que reconvertir y darles soluciones a sus colaboradores, también se abren nuevas oportunidades laborales con la transición. Y es que, para cambiar una

industria tan grande como lo es la energética no solo se necesita infraestructura, sino que también personas que realicen estudios, tecnología, que implementen medidas, que piensen en políticas, planes, etc.

En un mundo que cada vez automatiza más sus distintos sectores laborales, incluyendo el energético, la transición energética puede entenderse como un nuevo espacio de empleos que seguirá creciendo en el tiempo, teniendo una especial alza en los últimos años y en los próximos. Si comparamos este sector con otros, es de los pocos que, al proyectar, plantea un aumento en su demanda, lo que trae una muy buena oportunidad, pero también un desafío de responsabilizarse con esta demanda y no repetir patrones laborales que puedan desviar la dimensión de justicia de la transición a una mera producción<sup>11</sup>.

### Crecimiento de empleos en sectores específicos en América Latina y el Caribe al año 2030 en escenario NZE



**Nota:** reelaboración a partir de Gráfico 2.5 El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe 2020 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y el Banco Interamericano del Desarrollo (BID)<sup>11</sup>.

En el gráfico puedes observar algunas proyecciones de crecimiento o disminución de empleos en algunos sectores. En el caso de las energías renovables, se posiciona como el segundo de los sectores analizados, con un crecimiento de un 22% proyectado para el año 2030.

La transición energética genera impactos laborales importantes. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), en 2022 el sector de las energías renovables empleó a más de 13,7 millones de personas en todo el mundo, cifras que, si miramos hacia el futuro, seguirán tendiendo al alza<sup>12</sup>.

Algunos empleos que ya se han proyectado con alza en la demanda por algunas instituciones financieras son profesionales instaladores de sistemas de energías renovables; técnicos en mantenimiento e instalación para los nuevos sistemas, especialistas en eficiencia, electromovilidad y redes inteligentes; especialistas en adaptación y mitigación; personas facilitadoras y/o comunicadoras de proyectos que establezcan puentes de diálogo con las comunidades, educadores ambientales expertos en energía que puedan capacitar distintos profesionales, entre otros<sup>13</sup>.

En el caso de América Latina, Brasil lidera la generación con más de 1 millón de empleos, especialmente en bioenergía, seguido de México, con alrededor de 300.000 empleos, y Chile, con más de 100.000 en áreas como la energía solar y la eficiencia energética<sup>14</sup>.

Otros sectores como la energía solar fotovoltaica y la eólica también están mostrando un crecimiento notable, sobre todo en países como Argentina, Colombia y Uruguay. Por ejemplo, se estima que el 64% de los empleos en energía renovable en América Latina están concentrados en bioenergía, mientras que un 18% corresponde a solar fotovoltaica y un 7% a energía eólica<sup>15</sup>.

Sin embargo, la transición presenta múltiples desafíos. Muchos de los nuevos empleos requieren capacitación técnica específica, lo que plantea la necesidad de políticas públicas orientadas a la formación laboral y la reconversión profesional. Esto presenta no solo una oportunidad de inclusión laboral en general, sino que también de ir disminuyendo brechas como las de género en estos nuevos puestos. Sin embargo, esto se debe abordar con una voluntad política clara, que pueda generar medidas y estrategias concretas para abordar estos desafíos.

Además, como partimos mencionando en esta sección, las regiones altamente dependientes de industrias fósiles, como ciertas zonas mineras o petroleras, podrían enfrentar impactos negativos si no se implementan medidas de transición justa. Por ejemplo, se estima que más de 7 millones de empleos relacionados con los combustibles fósiles podrían perderse a nivel global hacia 2050, por lo que los beneficios de estos nuevos empleos solo se concretarán si se planifica adecuadamente la reconversión laboral que sea inclusiva y que logre generar la participación y el diálogo de múltiples sectores<sup>16</sup>.

## Subsidios a los combustibles fósiles

A pesar de los compromisos climáticos, muchos países siguen destinando altos subsidios a los combustibles fósiles, lo que contradice los esfuerzos de descarbonización. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI), América Latina gastó más de 77.000 millones de dólares en subsidios a los combustibles fósiles en 2022, lo que representa entre el 1% y el 6% del PIB de algunos países. Por ejemplo, en 2022, México destinó más de 28.000 millones de dólares a subsidiar combustibles fósiles, mientras que Argentina destinó más de 11.000 millones y Venezuela superó los 14.000 millones en subsidios implícitos (es decir, por debajo del precio de mercado)<sup>17</sup>.

Estos subsidios, aunque muchas veces se justifican como medida para reducir costos a los hogares, también benefician de manera desproporcionada a los sectores de mayores ingresos. Según un estudio del Banco Mundial, el 20% más rico de la población recibe, en promedio, seis veces más beneficios de estos subsidios que el 20% más pobre<sup>18</sup>. Esto perpetúa desigualdades sociales y dificulta la transición hacia energías limpias, además de representar una carga significativa para los presupuestos públicos.

Los organismos internacionales, como el G20 y la OCDE y tres Conferencias de las Partes de Cambio Climático (COP26, COP27 y COP28), han llamado reiteradamente a eliminar los subsidios ineficientes a los combustibles fósiles y redirigir esos recursos a políticas de protección social y fomento de energías renovables. En particular, el acuerdo final de la COP28 en Dubái marcó un hito al incluir por primera vez un llamado explícito a “eliminar progresivamente los subsidios ineficientes a los combustibles fósiles” como parte de una transición energética justa, ordenada y equitativa<sup>19</sup>. No obstante, la eliminación de subsidios debe hacerse gradualmente y con criterios de equidad, considerando medidas compensatorias para hogares vulnerables y sectores productivos sensibles<sup>20</sup>.

En Chile, si bien no existen subsidios directos al consumo de combustibles fósiles como en otros países, sí se han identificado subsidios implícitos. En 2022, el país otorgó un subsidio estimado de 107 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>, mientras el precio de carbono era de apenas cinco dólares<sup>21</sup>. Además, el Ministerio de Desarrollo Social y Familia reconoce la necesidad de racionalizar los subsidios ineficientes que distorsionan el mercado energético<sup>22</sup>.

## ¿Cómo redirigir estos recursos?

Diversos organismos, como el PNUD y el BID, recomiendan que los recursos actualmente destinados a subsidios fósiles se redirijan hacia:

- Inversión en transporte público limpio (eléctrico o basado en hidrógeno verde)<sup>23</sup>.
- Expansión de redes de transmisión para energías renovables<sup>24</sup>.
- Programas de eficiencia energética en hogares vulnerables
- Educación y capacitación en tecnologías limpias.

Investigación y desarrollo en almacenamiento energético y electrificación industrial<sup>25</sup>. Una reforma gradual, con medidas compensatorias para hogares vulnerables y sectores sensibles, puede convertir esta transición en una oportunidad para mejorar la equidad social, la salud pública y la sostenibilidad fiscal.

# El rol de la ciudadanía y las políticas públicas para la transición energética regional

# 11



## Políticas, compromisos climáticos y NDC

Como vimos en los capítulos previos, el Acuerdo de París establece que cada país firmante debe presentar una Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC). En este instrumento, los países informan cuánto planean reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, qué acciones tomarán para adaptarse a los efectos del cambio climático y cómo lo harán. Estas acciones pueden incluir, por ejemplo, el uso de energías limpias, la protección de los bosques o la mejora de la eficiencia energética<sup>1</sup>.

Las NDC, si bien no tienen una pauta ni temáticas obligatorias que deban abordar, al leer una, es probable que te encuentres principalmente con cuatro ejes fundamentales. El primero es la mitigación, que incluye metas, objetivos y acciones orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El segundo eje es la adaptación, que se enfoca en enfrentar las consecuencias del cambio climático en sectores clave con alta vulnerabilidad. El tercer eje corresponde a pérdidas y daños, donde se plantean medidas y estrategias para hacer frente a los impactos irreversibles de la crisis climática. Finalmente, cada vez se ha vuelto más común que las NDC incorporen ejes transversales que integran enfoques como la equidad de género, la interculturalidad, la intergeneracionalidad, y la interseccionalidad, con el fin de asegurar que las acciones climáticas sean inclusivas, justas y representativas de la diversidad social.

En términos simples, las NDC son planes nacionales en los que cada país define sus metas climáticas y las estrategias para alcanzarlas. Aunque cada país establece sus propias metas, el acuerdo exige que se describa y comunique las acciones climáticas posteriores a 2020, siendo actualizadas cada cinco años, con el objetivo de aumentar progresivamente la ambición climática. Si bien algunos países presentaron sus intenciones de NDC antes del 2020, el primer ciclo oficial de las NDC fue a partir del 2020, y se espera que tanto para 2025 como para 2030 los países entreguen actualizaciones de estos planes.

En América Latina y el Caribe, el avance ha sido variado en el compromiso y la implementación, ya que hay países que van mucho más avanzados que otros. Sin embargo, los tópicos prioritarios en las NDC muchas veces son los mismos. Si vemos las versiones hasta 2024 de las NDC de los países de LAC, en el eje de mitigación existe una tendencia a priorizar los sectores de energía, agricultura e industrial. Mientras que en adaptación, las prioridades están puestas en la agricultura, el agua y la biodiversidad<sup>2</sup>.

A la actualización del año 2025 se le ha llamado NDC 3.0, ya que se posiciona como la tercera versión de los compromisos de las contribuciones por país. Lamentablemente, en América Latina y el Caribe, la presentación de estas versiones ha sido sumamente lenta, solo tres países presentaron sus planes a tiempo (febrero 2025): Brasil, Uruguay y Ecuador. Ahora bien, esto no significa que los estados restantes no puedan presentar su NDC actualizada durante el año, como ya lo han hecho varios estados fuera de los que ya mencionamos, pero sí nos puede dar señales de qué tan prioritarios están siendo estos temas para los países.

Según uno de los últimos reportes de las Naciones Unidas respecto a los avances de las NDC a nivel global<sup>3</sup>, si se implementan completamente las NDC actuales, las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) alcanzarían aproximadamente 52,5 GtCO<sub>2</sub>e en 2030. Esto representa una reducción del 2% respecto a los niveles del 2019, pero no es suficiente para alinear con la trayectoria de 1,5 °C.

Para alcanzar la meta de 1,5 °C, las emisiones deberían reducirse en al menos 43 GtCO<sub>2</sub>e para 2030, un escenario que aún es difícil de proyectar, incluso con las nuevas actualizaciones<sup>3</sup>.

En este sentido, América Latina y el Caribe, si bien no es una de las economías que más contribuye a las emisiones, es una región sumamente vulnerable al cambio climático, por lo que sus políticas no solo deben apuntar a la reducción de emisiones, sino que también priorizar la adaptación con foco territorial, siendo fundamental un enfoque de justicia y equidad climática.

## Necesidad de integración social para la transición energética

Como ya hemos mencionado a lo largo de este libro, la transición energética es una oportunidad para cambiar paradigmas, incluyendo las dinámicas de poder.

Hoy no solo tenemos el desafío de reducir emisiones de gases de efecto invernadero y transformar la matriz energética hacia energías renovables, sino que tenemos el espacio de repensar nuestros sistemas a nivel más macro. Preguntarnos: ¿quiénes toman las decisiones?, ¿quiénes pagan los costos?, ¿quiénes se benefician?

En ese sentido, la transición, para ser justa, debe ser participativa, ya que no solo permite formas de gobernar que sean más democráticas y que reconozcan los derechos individuales y comunitarios de las personas, sino que también permite construir políticas públicas más legítimas, sostenibles y adaptadas a las realidades locales<sup>4</sup>. Pensar en una transición energética sin participación ciudadana, enfoque en las comunidades o repensar la forma en que generamos, consumimos, distribuimos la energía no es una transición justa, sino un mero recambio tecnológico.

Incluir a las comunidades en la toma de decisiones y en las discusiones en torno a la transición reduce conflictos socioambientales, ya que permite integrar a quienes se ven directamente afectados producto de las decisiones. Adicionalmente, un mayor grado de involucramiento ciudadano fortalece la justicia energética, al permitir que sectores históricamente excluidos accedan a los beneficios de la energía limpia, junto con aumentar la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos al incorporar saberes locales y generar mayor apropiación social.

Debemos contar con todas las voces en el proceso de transición. Pero ¿cómo? Algunos países de la región ya han implementado algunos mecanismos de participación ciudadana, los que, si bien aún deben someterse a una serie de mejoras para garantizar el acceso equitativo y realmente vinculante, pueden ser un primer acercamiento a la participación de las comunidades locales. Entre ellos

encontramos: las consultas públicas en procesos de planificación energética o de evaluación ambiental de proyectos de energía; las mesas de diálogo multiactor para definir hojas de ruta de descarbonización, en donde participan organizaciones de trabajadores y miembros de la sociedad civil; y los presupuestos participativos, en donde se establecen cuotas de participación de ciertos sectores de la sociedad en la elaboración y/o evaluación de proyectos.

Veamos algunos ejemplos concretos de tres modelos que se repiten en la región:

## Mecanismos de participación ciudadana en la gobernanza energética en América Latina

Mecanismo	Participación institucionalizada por el estado
<b>Definición</b>	En Chile, el Ministerio de Energía ha institucionalizado la participación ciudadana a través de procesos como: Diálogos ciudadanos para la elaboración de la Política Energética Nacional, consultas públicas en proyectos de infraestructura energética, mesas territoriales para abordar conflictos socioambientales, el Consejo de la Sociedad Civil (COSOC) del Ministerio de Energía, entre otros.
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aporta legitimidad democrática a las decisiones energéticas.</li> <li>• Permite incorporar voces diversas en el diseño de políticas.</li> <li>• Favorece la transparencia y la rendición de cuentas.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ser limitada en alcance o profundidad si no es vinculante.</li> <li>• Riesgo de que se convierta en una formalidad sin impacto real.</li> <li>• A veces excluye a comunidades rurales o indígenas por barreras técnicas, idiomáticas o disponibilidad de tiempo al desarrollar las actividades en horarios poco adecuados para la participación territorial.</li> </ul>

Mecanismo	Participación técnica territorial
<b>Definición</b>	<p>Bolivia ha sido reconocido internacionalmente como uno de los países con una de las experiencias más sólidas en participación popular estructurada, gracias a instrumentos legales como la Ley de Participación Popular (1994), la creación de espacios institucionalizados de deliberación local, como los Comités de Vigilancia y los Planes de Desarrollo Participativo.</p> <p>Estos mecanismos han sido utilizados también en sectores como el energético, especialmente en zonas rurales y comunidades indígenas.</p>

---

<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integra saberes locales y conocimiento técnico.</li> <li>• Mejora la resiliencia social y climática de los planes energéticos.</li> <li>• Fortalece la gobernanza territorial y la apropiación comunitaria.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere capacidades institucionales y técnicas que no todos los países tienen.</li> <li>• Su implementación es más lenta y costosa.</li> <li>• Corre el riesgo de enunciarse a través de la política y la normativa, pero presentar brechas en su implementación</li> </ul>

---

<b>Mecanismo</b>	<b>Participación directa de la sociedad civil</b>
------------------	---------------------------------------------------

---

<b>Definición</b>	<p>Uruguay fue pionero en la región al comenzar a extender la práctica de las cooperativas energéticas, organizaciones de consumidores que se agrupan para producir, gestionar o consumir energía renovable de forma colectiva.</p> <p>Se basan en principios de autogestión, democracia interna y sostenibilidad ambiental; contribuyen a descentralizar el sistema energético, reduciendo la dependencia de grandes operadores y fomentan la educación energética y la apropiación comunitaria de los recursos.</p> <p>Si bien no tienen una normativa en particular, las cooperativas deben cumplir con las normativas de UTE (empresa pública de energía) para la conexión a la red, las disposiciones de la Dirección Nacional de Energía sobre eficiencia, seguridad y calidad del servicio, y los marcos regulatorios sobre generación distribuida, que permiten a usuarios producir su propia energía y volcar excedentes a la red.</p>
-------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promueve la autonomía energética y la democratización del acceso.</li> <li>• Fomenta la innovación social y la economía solidaria.</li> <li>• Puede generar beneficios económicos locales y empleo verde.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfrenta barreras regulatorias y financieras para escalar.</li> <li>• Depende de la capacidad organizativa de las comunidades.</li> <li>• A menudo carece de apoyo técnico o institucional sostenido.</li> </ul>

---

**Nota:** tabla de elaboración propia.

Si observamos estas tres formas, nos daremos cuenta de que hay una desventaja que se repite, que tiene que ver con la bajada e implementación técnica de la iniciativa. Hoy son múltiples los espacios que se han declarado de participación ciudadana. Sin embargo, es necesario avanzar en procesos que no solo se queden en enunciados normativos, sino que tengan la capacidad de recibir las perspectivas de las comunidades locales, no solo a modo consultivo, sino que realmente como voces incidentes dentro de los procesos.

# Beneficios de una integración energética regional

América Latina y el Caribe es una región sumamente diversa, lo que implica que su proceso de transición energética enfrenta múltiples desafíos que varían según las características propias de cada nación. Estos desafíos, si son bien abordados, pueden ser convertidos en soluciones que adopten distintos enfoques, con la presencia de múltiples actores con influencias e intereses que muchas veces se contraponen.

Pero, así como existen desafíos, también la región tiene grandes oportunidades. Dada la diversidad de recursos y el rápido crecimiento de las energías renovables en América Latina y el Caribe, es momento de preguntarnos ¿por qué no apoyarnos mutuamente entre los países de la región?, ¿por qué no pensar en una transición energética que tenga en el centro el beneficio de la región y su población, más que en las necesidades de otras regiones?

Según la CEPAL, la integración energética regional, no solo sería provechosa a nivel económico, debido a la cooperación en infraestructura compartida o la reducción de los costos por proximidad geográfica, sino que también podría incentivar la independencia de la región frente al Norte Global, aumentando nuestra resiliencia a posibles crisis geopolíticas, económicas o climáticas extremas<sup>5</sup>.

La cooperación a nivel LAC podría beneficiar una transición energética justa de forma colaborativa a partir de cuatro pilares principales:



## 1. Infraestructura e interconexión energética

Generar líneas eléctricas interconectadas podría ayudar a satisfacer ofertas y demandas, reduciendo los recortes y generando sistemas más eficientes. Esto no solo abarataría los costos, sino que permitiría a los consumidores tener sistemas energéticos más seguros en la región.

Este proceso implica desafíos estructurales, por la infraestructura que debe levantarse para comenzar a conectar sistemas, y también normativo, por la necesidad de armonizar los diversos instrumentos jurídicos que viabilicen una red integrada.



## 2. Planificación y gobernanza regional

El desafío de la crisis climática exige cooperación, especialmente con nuestros vecinos, ya que probablemente enfrenten desafíos sumamente parecidos a los nuestros.

Hoy, colaborar no solo debe ser una opción, sino que un camino a seguir para alcanzar las metas del Acuerdo de París. Los organismos internacionales han sido claros en esto, incluso a través de uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: las alianzas para lograr objetivos comunes son clave y deben ser una estrategia internacional para avanzar de forma más eficiente hacia los compromisos climáticos.



## 3. Justicia social y ambiental, y acceso equitativo

América Latina y el Caribe es una de las regiones con más vulnerabilidad frente al cambio climático, a pesar de su baja contribución a los gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global. La transición, como proceso de transformación es una oportunidad para replantear las lógicas de los sistemas económicos, energéticos, ambientales y sociales.

El apoyo internacional es fundamental, especialmente a nivel regional, ya que existe una mejor oportunidad para aprendizajes, intercambio de saberes y experiencias, y colaboración. En ese sentido, la adopción de la justicia social, ambiental y energética deben ser los tres pilares que sostengan el modelo de transición justa para América Latina y el Caribe, cuidando de mantener un equilibrio entre su prosperidad, el cuidado de los ecosistemas y una buena calidad de vida para las comunidades.



## 4. Potencial estratégico y liderazgo regional

América Latina y el Caribe tiene hoy una oportunidad histórica para posicionarse como líder en la transición energética global. Su ventaja no reside solo en la disponibilidad de recursos, sino en su capacidad de articular una visión compartida, impulsar modelos inclusivos y posicionarse como actor relevante en la gobernanza internacional.

Según el Foro Económico Internacional organizado por CAF, la región debe aspirar a mayor protagonismo global, liderando con iniciativas propias y articuladas<sup>6</sup>.

Hoy la región cuenta con la matriz energética más limpia del mundo, pero enfrenta una serie de desafíos para integrar estas fuentes de forma eficiente, lo que ha imposibilitado la independencia total de los combustibles fósiles. En ese sentido, la integración energética regional es clave ya que permitiría complementar la producción, diversificar aún más la matriz y generar mayor independencia de otras cadenas externas a la región.

Ahora bien, la integración regional no solo es técnica: es una decisión política que deben tomar los y las diversas líderes de los países que forman parte de la región. Tiene que existir voluntad política de colaboración y de diálogo. Pero dados los desafíos, las oportunidades y la serie de contenido que abordamos en este libro es momento de preguntarnos: ¿qué tan posible es una transición energética desde y para América Latina?

## El poder de la ciudadanía para la transición energética justa en América Latina y el Caribe

Llegamos al final de este libro, pero en realidad estamos apenas en el inicio de una historia más grande: la de millones de personas decidiendo cambiar el rumbo energético del mundo y de nuestra región de América Latina.

Si algo esperamos que haya enseñado este recorrido por cada uno de los capítulos, es que la transición energética cuenta con una gran magnitud y diversidad de desafíos y oportunidades. Las páginas anteriores fueron solo una pincelada de lo que nos pide la transición energética, pero muchos temas quedaron afuera, y es que son múltiples los desafíos que se requieren cubrir.

La complejidad de cada tema que alcanzamos a cubrir deja en evidencia que no es necesario solo un recambio de termoeléctricas fósiles por plantas solares o eólicas; es algo más profundo que aborda desde lo técnico, económico, ambiental, social y sobre todo, político.

Para afrontar esto, no basta con soluciones desde la ingeniería, se requiere de personas especialistas en economía, en ciencia, en gestión de recursos, docentes, profesionales de la salud, personas de la clase política, las diversas especialidades de

las ciencias sociales, también las comunicaciones, el periodismo, los conocimientos territoriales y ancestrales, incluso, el arte y el mundo de la entretención.

Requerimos de diferentes conocimientos, habilidades y experiencias para afrontar uno de los posibles mayores desafíos de esta generación y de este siglo. Y no solo los requerimos por separado, sino que en diálogo entre ellos, siendo una oportunidad para el trabajo inter y transdisciplinario, así como de conocimientos de dentro y fuera de la academia.

Este desafío es, ante todo, un proceso colectivo, diverso, profundamente humano.

A lo largo de las páginas vimos cómo la energía ha impulsado la civilización, cómo la quema de combustibles fósiles de una u otra forma nos permitió desarrollarnos a nivel industrial, lo que ha llevado al avance en la superación de la pobreza y de la hambruna, a mejorar las posibilidades de entrega de educación, a los miles (tal vez millones) de experimentos que lograron grandes descubrimientos que nos trajeron prosperidad como humanidad. También permitieron el uso del internet, las comunicaciones, e incluso el transporte, que nos da la oportunidad de descubrir nuevos lugares, culturas, idiomas y poder conectar más con todo el mundo.

No será fácil transformar algo tan arraigado a nuestro ADN como sociedad. Pero hoy la evidencia nos ha demostrado que los combustibles fósiles generan diferentes impactos negativos y desigualdades. Impactos que van desde la emisión de contaminantes, como el material particulado, el azufre y los óxidos de nitrógeno, que afectan la salud de millones de personas generando enfermedades y muerte prematuras; también la emisión de gases de efecto invernadero que están generando cambios en el clima que impactan lo ambiental, lo social y lo económico como nunca antes en nuestra historia. Y, por último, pero no menos importante, los impactos en la naturaleza que tiene la misma extracción de los combustibles fósiles, como derrames de petróleo o explotación de ecosistemas únicos a partir de una industria que se sostiene en el extractivismo.

Todos estos impactos han perturbado la balanza poco a poco, llegando a un punto en el que ya no basta con los beneficios de lo “barato” de estos combustibles.

Ahora el presente y el futuro no se trata solo de cambiar carbón por paneles solares, ni de esperar soluciones mágicas desde arriba. Se trata de transformar la forma en que pensamos y actuamos frente a la energía: cómo la producimos, cómo la usamos, cómo la distribuimos y, sobre todo, cómo decidimos quiénes se benefician y quiénes

quedan fuera. Si la transición energética no es democrática, justa, transparente y participativa, será solo un cambio de etiquetas, no un cambio real de paradigma. Hablamos de tecnología, de economía, de minerales y políticas, pero detrás de todo eso hay personas, comunidades, sueños y también conflictos. Y ahí es donde la ciudadanía cobra un rol clave.

La historia latinoamericana está llena de ejemplos donde la ciudadanía ha sido protagonista de los grandes cambios. Desde movimientos sociales que frenaron megaproyectos, como la hidroeléctrica Hidroaysén en Chile en 2011 o el referéndum ciudadano para proteger al Amazonas del Yasuní de la expansión de plataformas y pozos petroleros en 2023, hasta cooperativas que hoy generan energía renovable en territorios rurales como en Uruguay y Costa Rica. Desde pueblos indígenas defendiendo el agua y la tierra, hasta jóvenes organizando campañas y movilizaciones por el derecho a un futuro que asegure una vida digna.

Cada avance, cada derecho logrado, ha sido fruto de la unión, la resiliencia, la creatividad y la persistencia ciudadana.

Por eso, este libro no es solo un manual técnico o un catálogo de soluciones. Es una invitación abierta a informarse, a involucrarse, a exigir políticas públicas ambiciosas y a tomar decisiones de consumo y participación que sumen. El poder ciudadano se expresa en el voto, en la organización local, en el control social de los proyectos energéticos, pero también en la innovación, la educación, en la inversión y la colaboración regional.

La transición energética sólo será posible y sostenible si la hacemos de manera colaborativa. Si logramos que la energía limpia sea accesible y asequible, pero también descentralizada, justa, autónoma y democrática.

Hoy, más que nunca, necesitamos una ciudadanía informada, crítica y movilizada. Porque la pregunta ya no es si lograremos una matriz energética 100% limpia, sino cuándo, cómo y con qué garantías. Porque tenemos gran parte de la tecnología y el conocimiento necesario, pero falta el músculo político y social para acelerar el cambio y evitar que la transición termine repitiendo el paradigma de los fósiles.

La transición energética en América Latina no será un camino fácil ni exento de contradicciones, discusiones o puntos de vista que sean opuestos. Tal vez hoy, en medio de una transición que no espera, hay más preguntas que respuestas. Pero es una realidad que está ocurriendo aquí y ahora, y depende de todas las manos,

cabezas y corazones que se atreven a empujar no tan solo el cuándo, sino también el cómo y con quiénes. E incluso llevarnos más allá de la energía y pensar en nuevos sistemas para nuestros modelos de vida.

Si este libro logra despertar una sola pregunta incómoda, una idea, un debate en familia o con amigos, una organización en tu comunidad, o simplemente alimentar la curiosidad por seguir aprendiendo, habrá cumplido su propósito.

El futuro energético de la región puede ser tan justo, rápido y democrático como lo queramos, y para ello, hay poder en la ciudadanía y en América Latina y el Caribe.



# Una región con energía, desafíos y decisión

## LAC frente al espejo energético, ¿qué vemos?



### **Panorama energético**

En 2024, la región de Latinoamérica y el Caribe (LAC) representa el 8,8% de la población mundial y contribuye con un 8,1% de las emisiones globales. En cuanto a la matriz energética de LAC, un 65% proviene de fuentes renovables, con un 46% de hidroeléctricas. A nivel global, la energía renovable solo alcanza el 30%, con un 15% de hidroeléctricas.

### **El vaso medio vacío**

A pesar de la reducción en los costos de las energías renovables, la oferta primaria de energía sigue siendo mayormente de origen fósil (68%), mientras que las energías renovables representan solo el 32%. Si bien los países de la región han avanzado en la transición energética, todavía queda un largo camino por recorrer. Es fundamental enfocar los esfuerzos en reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

### **El vaso medio lleno**

A diferencia del resto del mundo, LAC tiene una mayor penetración de energías renovables en su matriz primaria, impulsada por su riqueza en recursos naturales. La energía solar y eólica han mostrado un crecimiento acelerado. En el sector de generación eléctrica, la región ha desarrollado significativamente su potencial renovable. Algunos ejemplos destacados son:

- Energía solar: Norte de Chile, sur de Perú y el Caribe.
- Energía eólica: Brasil, norte de Colombia y México.
- Energía hidroeléctrica: Paraguay y Costa Rica.

Algunos países han logrado días con el 100% de su generación eléctrica proveniente de energías renovables, como Costa Rica, Paraguay y Uruguay. Este potencial posiciona a la región como un líder en la transición energética, pero también impone desafíos como la cooperación, la innovación y la atracción de inversiones para un desarrollo sostenible.

### **Emisiones**

LAC contribuye con el 8,1% de las emisiones globales, de las cuales el 49% proviene del sector energético. Al analizar las emisiones del sector energético a nivel mundial, LAC representa un 5,13%, con Brasil y México como los principales emisores.

### **Potencial como región**

La región ha aprovechado solo el 29% del potencial hidroeléctrico disponible. La región consta con gran potencial eólico y solar, donde resalta el norte de Chile como el área de mayor radiación solar del planeta.

También se han iniciado inversiones innovadoras en hidrógeno verde y almacenamiento de energía a gran escala, con Chile y Brasil liderando estos esfuerzos.

### **Balance Energético**

Ver en Capítulo 03, página 47.

# Fuentes consultadas

## Capítulo 1

1. Smil, V. (2021). *Energía y civilización: Una historia*. Arpa Editores.
2. Cartay, R. (1995). La energía en el desarrollo económico. *Espacios*, 16(3). <https://www.revistaespacios.com/a95v16n03/30951603.html>
3. ¿Qué es la electricidad y quién la descubrió? (s.f.). Fundación Instituto ORT. <https://fi.ort.edu.uy/blog/que-es-la-electricidad-y-quien-la-descubrio>
4. de la Cruz Ochoa, P. A., & Bañuelos Cabral, E. S. (s.f.). La guerra de las corrientes: Una de las grandes rivalidades del siglo XIX. *Saber Más*, (63). <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/562-numero-63/1117-la-guerra-de-las-corrientes-una-de-las-grandes-rivalidades-del-siglo-xix.html>
5. Romero, F. (2006). La economía de la energía: Una perspectiva histórica. *Revista de Economía Informa*, (340). Recuperado de <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/reseconinforma/pdfs/340/05francoromero.pdf>
6. Intergovernmental Panel on Climate Change. (1992). IPCC first assessment report: Informe completo. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc\\_90\\_92\\_assessments\\_far\\_full\\_report\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report_sp.pdf)
7. Watson, R. T., Albritton, D. L., Barker, T., Bashmakov, I. A., Canziani, O., Christ, R., Cubasch, U., Davidson, O., Gitay, H., Griggs, D., Halsnaes, K., Houghton, J., House, J., Kundzewicz, Z., Lal, M., Leary, N., Magadza, C., McCarthy, J. J., Mitchell, J. F. B., ... Zhou, D. (2001). Informe de síntesis del tercer informe de evaluación. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR\\_syrfull\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR_syrfull_es.pdf)
8. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Sixth assessment report: Synthesis report. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
9. Ritchie, H., & Rosado, P. (2017). Fossil fuels. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/fossil-fuels>
10. Forster, P. M., Smith, C., Walsh, T., Lamb, W. F., Lamboll, R., Cassou, C., Hauser, M., Hausfather, Z., Lee, J.-Y., Palmer, M. D., von Schuckmann, K., Slangen, A. B. A., Szopa, S., Trewin, B., Yun, J., Gillett, N. P., Jenkins, S., Matthews, H. D., Raghavan, K., ... Zheng, B. (2025). Global carbon budget 2025. *Earth System Science Data*, 17(6), 2641-2692. <https://doi.org/10.5194/essd-17-2641-2025>
11. Global temperature anomalies. (2025). NASA Scientific Visualization Studio. <https://svs.gsfc.nasa.gov/5450/>
12. - Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2020). Energy production and consumption. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption-> International Energy Agency. (2025). Global energy review 2025: CO2 emissions. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/co2-emissions>
13. CAT thermometer. (2024). Climate Action Tracker. <https://climateactiontracker.org/global/cat-thermometer/>
14. Carbon emissions. (s.f.). Global Carbon Atlas. <https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>
15. United Nations. (s.f.). World population prospects. <https://population.un.org/wpp/>
16. Olguín, F. P., Busch, P., da Cunha, N. N., Paredes, J. R., & Sucre, C. G. (2024). Cadenas de valor de energías renovables y almacenamiento de energía en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Cadenas-de-valor-de-energias-renovables-y-almacenamiento-de-energia-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
17. International Energy Agency. (2023). Latin America energy outlook 2023: Energy and emissions outlook. <https://www.iea.org/reports/latin-america-energy-outlook-2023/energy-and-emissions-outlook>

## Capítulo 2

1. United Nations Framework Convention on Climate Change. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

2. ¿Qué es el efecto invernadero? (s.f.). NASA Ciencia. <https://ciencia.nasa.gov/cambio-climatico/preguntas-frecuentes/que-es-el-efecto-invernadero/>
3. Methane. (s.f.). NASA Climate. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/methane/?intent=121>
4. Fresco, P. (2021). El futuro de la energía. Nowtilus.
5. Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S. L., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., ... Zommers, Z. (2021). Chapter 7: The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity. En Intergovernmental Panel on Climate Change, Sixth assessment report: Working Group I – The physical science basis. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Chapter0.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter0.pdf)
6. <https://www.nationalgeographic.com/historia/2023/01/que-es-el-antropoceno-y-por-que-esta-teoria-cientifica-responsabiliza-a-los-humanos>
7. Forster, P. M., Smith, C., Walsh, T., Lamb, W. F., Lamboll, R., Cassou, C., Hauser, M., Hausfather, Z., Lee, J.-Y., Palmer, M. D., von Schuckmann, K., Slangen, A. B. A., Szopa, S., Trewin, B., Yun, J., Gillett, N. P., Jenkins, S., Matthews, H. D., Raghavan, K., ... Zheng, B. (2025). Global carbon budget 2025. *Earth System Science Data*, 17(6), 2641-2692. <https://doi.org/10.5194/essd-17-2641-2025> }
8. World greenhouse gas emissions by sector 2021. (2021). World Resources Institute. World Greenhouse Gas Emissions by Sector 2021 (Sunburst chart)
9. Coalición para la neutralidad de carbono. (s.f.). Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition>
10. International Energy Agency. (2024). World energy outlook 2024. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024?language=es>
11. The global health cost of PM2.5 air pollution: A case for action beyond 2021. (2021). World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/455211643691938459/the-global-health-cost-of-pm-2-5-air-pollution-a-case-for-action-beyond-2021>
12. Skea, J., Shukla, P. R., Al Khourdajie, A., McCollum, D., Al Jaber, S., Bai, X., Berger, A., Bidoglio, G., Bind, M., Boekhout van Solinge, T., Bootsma, M. C., Bosetti, V., Chakravarty, S., Clarke, L., Creutzig, F., Cui, R., Dasgupta, D., de Coninck, H., Dubash, N. K., ... Zhou, D. (2022). Chapter 10: Transport. En Intergovernmental Panel on Climate Change, Sixth assessment report: Working Group III – Mitigation of climate change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-10>
13. Ocampo, J. A., & Gómez, M. P. (2020). Transporte y cambio climático en América Latina y el Caribe: Brechas de conocimiento y prioridades de investigación. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Transporte-y-cambio-climatico-en-America-Latina-y-el-Caribe-brechas-de-conocimiento-y-prioridades-de-investigacion.pdf>
14. PNUMA. (2021) ACCIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE – INFORME REGIONAL PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. . <https://drive.google.com/file/d/1D1ElmLajkJepqHlqhZ53qxGUOYWHYQQ5/view>
15. Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2020). Global primary energy. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy>
16. International Energy Agency. (2023). World energy outlook 2023. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023?language=es>
17. Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2020). Primary energy consumption by source. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/primary-energy-source-bar?country=VEN~CHL~BRA~MEX~ARG~COL~PER~ECU>
18. Balance energético. (2023). Organización Latinoamericana de Energía. <https://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteBalanceEnergetico.aspx?or=600&ss=2&v=1>
19. Infograma: Participación del consumo energético por sectores. (2023). Organización Latinoamericana de Energía. <https://sielac.olade.org/WebForms/BalanceEnergetico/Reportes/InfogramaParticipacionConsumoEnergeticoSectores.aspx?or=603&ss=2&v=3>

20. Infograma: Balance energético simplificado. (2023). Organización Latinoamericana de Energía. <https://sielac.olade.org/WebForms/BalanceEnergetico/Reportes/InfogramaBalanceEnergeticoSimplificado.aspx?or=545&ss=2&v=3>
21. Infograma: Matriz de electricidad. (2023). Organización Latinoamericana de Energía. Recuperado el 11 de agosto de 2025, de <https://sielac.olade.org/WebForms/BalanceEnergetico/Reportes/InfogramaMatrizElectricidad.aspx?or=549&ss=2&v=3>

### Capítulo 3

1. International Energy Agency. (2023). Latin America energy outlook 2023: Resumen ejecutivo. <https://www.iea.org/reports/latin-america-energy-outlook-2023/executive-summary?language=es>
2. Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2020). Electricity generation. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-generation?tab=discrete-bar&time=latest&country=ARG-BRA-CHL-COL-ECU-MEX-PER-BOL-CR>
3. Producción de energía eléctrica por fuente. (2023). Organización Latinoamericana de Energía. <https://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteDato7.aspx?oc=51&or=30102&ss=2&v=1>
4. International Energy Agency. (2023). Perspectiva energética de América Latina 2023. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/878e705f-43e0-4858-9c5a-6349447ed669/LatinAmericaEnergyOutlook\\_Spanish.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/878e705f-43e0-4858-9c5a-6349447ed669/LatinAmericaEnergyOutlook_Spanish.pdf)
5. Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (2024). CAF-TEJ 2050: Compendio. <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/2340/CAF-TEJ%202050%20compendio%20%282%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
6. Infograma: Participación del consumo energético por sectores. (2023). Organización Latinoamericana de Energía. <https://sielac.olade.org/WebForms/BalanceEnergetico/Reportes/InfogramaParticipacionConsumoEnergeticoSectores.aspx?or=603&ss=2&v=3>
7. Vargas, J. (2022). Desafíos del vertimiento en energías renovables. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/energia/es/desafios-del-vertimiento-en-energias-renovables/>
8. International Energy Agency. (2023). World energy outlook 2023. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
9. Informe de determinación de mínimo técnico: Engie BESS PSFV Coya. (2024). Coordinador Eléctrico Nacional. [https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2024/02/A-1011-Engie-BESS-PSFV-Coya-Informe-de-determinacion-de-Minimo-Tecnico\\_v3.pdf](https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2024/02/A-1011-Engie-BESS-PSFV-Coya-Informe-de-determinacion-de-Minimo-Tecnico_v3.pdf)

### Capítulo 4

1. Smil, V. (2017). Energía y civilización: Una historia. Petroleumag. <https://petroleumag.com/wp-content/uploads/2024/07/SMIL-VACLAV-Energia-y-Civilizacion.-Una-Historia-por-Ganz1912.pdf>
2. Climate Watch. (s.f.). GHG emissions: Latin America and Caribbean. [https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=area&end\\_year=2022&ions=LAC&sors=agriculture%2Cindustrial-processes%2Cland-use-change-and-forestry%2Cwaste%2Cbuilding%2Celectricity-heat%2Cfugitive-emissions%2Cmanufacturing-construction%2Coother-fuel-combustion%2Ctransportation&start\\_year=2012](https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=area&end_year=2022&ions=LAC&sors=agriculture%2Cindustrial-processes%2Cland-use-change-and-forestry%2Cwaste%2Cbuilding%2Celectricity-heat%2Cfugitive-emissions%2Cmanufacturing-construction%2Coother-fuel-combustion%2Ctransportation&start_year=2012)
3. International Energy Agency. (2023). Latin America energy outlook. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/1055131a-8dc4-488b-9e9e-7eb4f72bf7ad/LatinAmericaEnergyOutlook.pdf>
4. CAF - Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (2024). Panorama de la infraestructura de transporte en América Latina y el Caribe. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2248>
5. International Energy Agency. (s.f.). Well-to-wheel (wake/wing) GHG intensity of motorised passenger transport modes. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/well-to-wheel-wake-wing-ghg-intensity-of-motorised-passenger-transport-modes-2>
6. International Energy Agency. (2019). The future of rail. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/fb7dc9e4-d5ff-4a22-ac07-ef3ca73ac680/The\\_Future\\_of\\_Rail.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/fb7dc9e4-d5ff-4a22-ac07-ef3ca73ac680/The_Future_of_Rail.pdf)

7. Admin.ch. (s.f.). Tráfico. <https://www.aboutswitzerland.eda.admin.ch/es/trafico>
8. U.S. Department of Energy. (s.f.). Fuel economy. <https://www.energy.gov/energysaver/fuel-economy>
9. Joint Research Centre, European Commission. (2024). EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research (AP8.1). [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/dataset\\_ap81](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/dataset_ap81)
10. World Health Organization. (2021). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1>
11. U.S. Environmental Protection Agency. (2000). Control of emissions of hazardous air pollutants from mobile sources. <https://www3.epa.gov/ttnecat1/dir1/fnoxdocs.pdf>
12. Giraldez Zúñiga, F., Sánchez González, S., & Calatayud, A. (2022). Hechos estilizados de la movilidad urbana en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0004239>
13. INRIX. (2022). 2022 INRIX global traffic scorecard report. [https://citygo-project.eu/wp-content/uploads/2023/02/2022\\_INRIX\\_Traffic\\_Scorecard\\_Report.pdf](https://citygo-project.eu/wp-content/uploads/2023/02/2022_INRIX_Traffic_Scorecard_Report.pdf)
14. Brichetti, J. P., Mastronardi, L., Rivas, M. E., Serebrisky, T., & Solís, B. (2021). La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe: Estimación de las necesidades de inversión hasta 2030 para progresar hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0003759>
15. U.S. Department of Energy. (s.f.). History of the electric car. <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>
16. U.S. Environmental Protection Agency. (s.f.). Electric vehicle myths. <https://www.epa.gov/greenvehicles/electric-vehicle-myths>
17. Organización Latinoamericana de Energía. (2025, mayo). Nota técnica: Movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe - Cifras 2024. [https://www.olade.org/wp-content/uploads/2025/05/Nota-Tecnica-Movilidad-electrica-en-America-Latina-y-el-Caribe-Cifras-2024\\_May15.pdf](https://www.olade.org/wp-content/uploads/2025/05/Nota-Tecnica-Movilidad-electrica-en-America-Latina-y-el-Caribe-Cifras-2024_May15.pdf)
18. Eurobat. (2021). E-mobility roadmap. [https://www.eurobat.org/wp-content/uploads/2021/09/eurobat\\_emobility\\_roadmap\\_lores\\_1.pdf](https://www.eurobat.org/wp-content/uploads/2021/09/eurobat_emobility_roadmap_lores_1.pdf)
19. International Energy Agency. (2024). Recycling of critical minerals. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/3af7fda6-8fd9-46b7-bede-395f7f8f9943/RecyclingofCriticalMinerals.pdf>
20. Comunicar. (2025, abril 25). Análisis de Apuesta México: CDMX es la tercera ciudad con mayor tráfico vehicular a nivel mundial. <https://comunicar.com.mx/notas-de-prensa/analisis-de-apuestamexico-cdmx-es-la-tercera/>
21. Suárez-Lastra, M., Galindo-Pérez, C., & Reyes-García, V. (2022). Plan Bici CDMX: Una estrategia de movilidad en bicicleta para Ciudad de México. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 54(213), 665–682. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2022.213.8>
22. Departamento Administrativo de la Función Pública, Colombia. (2024). Circular Externa No. 100-013-2024: Lineamientos para la promoción de la movilidad sostenible en las entidades públicas. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=259476>
23. Datos por país:
  - México: Suárez-Lastra, M., Galindo-Pérez, C., & Reyes-García, V. (2022). Plan Bici CDMX: Una estrategia de movilidad en bicicleta para Ciudad de México. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 54(213), 665–682. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2022.213.8>
  - Colombia: Departamento Administrativo de la Función Pública, Colombia. (2024). Circular Externa No. 100-013-2024: Lineamientos para la promoción de la movilidad sostenible en las entidades públicas. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=259476>
  - Brasil: Ministério das Cidades, Brasil. (s.f.). Programa Bicicleta Brasil. <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/mobilidade-urbana/programa-bicicleta-brasil/habilitadas/arquivos/5314807.pdf>
  - Chile: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Chile. (s.f.). Plan nacional de movilidad. <https://www.mtt.gob.cl/archivos/28458>

24. Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratloug, F. (2021). Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. *Smart Cities*, 4(1), 93-111. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010006>
25. Cantillo, V (2023). Policy Paper N°26: Transporte de carga y transporte interurbano de pasajeros en América Latina y el Caribe. CAF- banco de desarrollo de América Latina y el Caribe. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2267>
26. Sanz, A., & Meyer, P. (2024). Electrifying the Last-Mile Logistics (LML) in Intensive B2B Operations—An European Perspective on Integrating Innovative Platforms. *Logistics*, 8(2), 45. <https://doi.org/10.3390/logistics8020045>

## Capítulo 5

1. International Energy Agency. (2024). Energy efficiency 2024. Recuperado de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f304f2ba-e9a2-4e6d-b529-fb67cd13f646/EnergyEfficiency2024.pdf>
2. Fuentes consultadas para cuadro Beneficios de un sistema energético eficiente:
  - 2.1 Vásquez, C., Steinbuks, J., & Estévez, R. (s.f.). Del potencial a la acción: La eficiencia energética en América Latina. The World Bank. <https://blogs.worldbank.org/es/energy/del-potencial-la-accion-la-eficiencia-energetica-en-america-latina>
  - 2.2 International Energy Agency. (s.f.). Net zero emissions by 2050 scenario (NZE). <https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/net-zero-emissions-by-2050-scenario-nze>
  - 2.3 World Health Organization. (s.f.). WHO-WMO joint climate and health programme. <https://www.who.int/initiatives/who-wmo-joint-climate-and-health-programme>
  - 2.4 International Energy Agency. (2025). Energy efficiency policy toolkit 2025: Buildings. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-policy-toolkit-2025/buildings>
  - 2.5 Vásquez, C., Steinbuks, J., & Estévez, R. (s.f.). Del potencial a la acción: La eficiencia energética en América Latina. The World Bank. <https://blogs.worldbank.org/es/energy/del-potencial-la-accion-la-eficiencia-energetica-en-america-latina>
3. Organización Latinoamericana de Energía. (2021). Leyes de eficiencia energética en Latinoamérica y el Caribe. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f304f2ba-e9a2-4e6d-b529-fb67cd13f646/EnergyEfficiency2024.pdf>
4. Fuentes por país para tabla de Leyes marco de eficiencia energética de la región:
  - 4.1 Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (s.f.). Ley para el aprovechamiento sustentable de la energía. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>
  - 4.2 Presidência da República. (s.f.). Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10295.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm)
  - 4.3 Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s.f.). Ley 21.305, sobre eficiencia energética. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1155887>
  - 4.4 Poder Legislativo. (s.f.). Ley 18.597, de 18 de septiembre de 2009. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18597-2009>
  - 4.5 Asamblea Legislativa. (s.f.). Ley para el uso racional y eficiente de la energía. [https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=24436](https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=24436)
5. Jaramillo, P., Kahn Ribeiro, S., Newman, P., Dhar, S., Diemuodeke, O., Kajino, T., Lee, D. S., Nugroho, S. B., Ou, X., Hammer Strømman, A., & Whitehead, J. (2022). Chapter 10: Transport. En Intergovernmental Panel on Climate Change, Sixth assessment report: Working Group III – Mitigation of climate change. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_Chapter\\_10.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Chapter_10.pdf)
6. Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (2024). RED 2024 – Capítulo 8: Transporte y transición energética: Hacia una movilidad sustentable. <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/2263/RED%202024%20-%20Cap%3%adtulo%208.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Institute for Transportation & Development Policy. <https://itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/>

8. Infograma: Balance energético simplificado. (2023). Organización Latinoamericana de Energía. <https://sielac.olade.org/WebForms/BalanceEnergetico/Reportes/InfogramaBalanceEnergeticoSimplificado.aspx?or=545&ss=2&v=3>
9. International Energy Agency. (2015). Energy efficiency policy recommendations: Latin America and the Caribbean. Recuperado de [https://iea.blob.core.windows.net/assets/761ae750-0ef2-48cc-b5a8-241e605af41b/EEPPolicyRecom\\_LatinAmerica\\_Caribbean.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/761ae750-0ef2-48cc-b5a8-241e605af41b/EEPPolicyRecom_LatinAmerica_Caribbean.pdf)
10. Carvajal, F., Gil, M., Poveda, R., & Quiroga, R. (2024). Eficiencia energética en la transición sostenible e inclusiva de América Latina y el Caribe: Progresos y políticas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/estudio\\_eficiencia\\_energetica\\_alc\\_cepal.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/estudio_eficiencia_energetica_alc_cepal.pdf)
11. Araya, N., & Correa, F. (2023). Certificaciones empresariales de sostenibilidad en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/4c452e3b-1d7b-4f23-b1fb-f1c80fece951/content>
12. Secretaría de Energía. (s.f.). Etiquetado de viviendas. [https://etiquetadoviviendas.mecon.gov.ar/#etiqueta\\_eficiencia](https://etiquetadoviviendas.mecon.gov.ar/#etiqueta_eficiencia)
13. Banco Interamericano de Desarrollo. (2017). Guía F: El modelo de negocio ESCO y los contratos de servicios energéticos por desempeño. <https://publications.iadb.org/es/guia-f-el-modelo-de-negocio-esco-y-los-contratos-de-servicios-energeticos-por-desempeno>

## Capítulo 6

1. International Energy Agency. (s.f.). Critical minerals. <https://www.iea.org/topics/critical-minerals>
2. International Energy Agency. (2025). Global critical minerals outlook 2025. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>
3. Banco Mundial. (s.f.). PIB (US\$ a precios actuales). <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD>
4. Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina. (2025). Conflictos y debates en la transición energética: Minerales críticos, zonas de sacrificio y alternativas. <https://www.ocmal.org/wp-content/uploads/2025/05/Conflictos-y-Debates-T-E-14.pdf>
5. ¿Qué es una zona de sacrificio? Consecuencias y soluciones. (s.f.). Poder Ambiental. <https://consultas.poderambiental.cl/article/74-que-es-una-zona-de-sacrificio-consecuencias-y-soluciones>
6. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s.f.). Minerales críticos en la transición energética: La electromovilidad como oportunidad de desarrollo. <https://www.cepal.org/es/enfoques/minerales-criticos-la-transicion-energetica-la-electromovilidad-oportunidades-desarrollo>

## Capítulo 7

1. Albaladejo, M., Altenburg, T., Fokeer, S., Wenck, N., & Schwager, P. (s.f.). Hidrógeno verde: Impulsando el desarrollo industrial para un futuro limpio y sostenible. <https://iap.unido.org/es/articulos/hidrogeno-verde-impulsando-el-desarrollo-industrial-para-un-futuro-limpio-y-sostenible>
2. Hurwitz, Z., Bujak, N., Tapia, M., Daza, E., Gischler, C. (2023). Aspectos clave para gestionar los riesgos ambientales y sociales del hidrógeno verde. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/aspectos-clave-para-gestionar-los-riesgos-ambientales-y-sociales-del-hidrogeno-verde/>
3. International Energy Agency. (2024). Global hydrogen review 2024. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf>
4. International Energy Agency. (s.f.). Global hydrogen demand by sector in the net zero scenario, 2020-2030. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-hydrogen-demand-by-sector-in-the-net-zero-scenario-2020-2030-2>
5. PENDIENTE
6. Poblete Zúñiga, F. (2022). Análisis de la integración del hidrógeno verde en el sistema eléctrico chileno:

- Oportunidades y desafíos desde la perspectiva de la planificación urbana. Universidad Católica de Chile. <https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2022/05/TESIS-FPZ.pdf>
7. Hubert, M., Peterson, D., Miller, E., Vickers, J., Mow, R., & Howe, C. (2024). Clean hydrogen production cost scenarios with PEM electrolyzer technology (DOE Hydrogen Program Record No. 24005). U.S. Department of Energy, Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office. <https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/24005-clean-hydrogen-production-cost-pem-electrolyzer.pdf>
  8. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (s.f.). Desalinización: Oportunidades y desafíos para abordar la inseguridad hídrica en Chile. [https://www.minciencia.gob.cl/uploads/filer\\_public/e0/48/e048f6f8-ca73-4d90-b108-8ca5976565c1/desalinizacion\\_\\_oportunidades\\_y\\_desafios\\_para\\_abordar\\_la\\_inseguridad\\_hidrica\\_en\\_chile.pdf](https://www.minciencia.gob.cl/uploads/filer_public/e0/48/e048f6f8-ca73-4d90-b108-8ca5976565c1/desalinizacion__oportunidades_y_desafios_para_abordar_la_inseguridad_hidrica_en_chile.pdf)
  9. IEA, Hydrogen Production and Infrastructure Projects Database, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-production-and-infrastructure-projects-database>, Licence: CC BY 4.0
  10. IDB Invest. (s.f.). Atome: Primer proyecto de exportación de fertilizantes de hidrógeno verde en Paraguay. <https://www.idbinvest.org/es/proyectos/atome-primer-proyecto-de-exportacion-de-fertilizantes-de-hidrogeno-verde-en-paraguay>

## Capítulo 8

1. Organización Latinoamericana de Energía. (2024). Panorama energético ALC 2024. [https://www.olade.org/wp-content/uploads/2024/12/PANORAMA-ENERGETICO-ALC\\_202418-12-2024.pdf](https://www.olade.org/wp-content/uploads/2024/12/PANORAMA-ENERGETICO-ALC_202418-12-2024.pdf)
2. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2023, julio). Diplomacia energética: La energía como asunto de Estado. Sesión 4. América Latina en el contexto actual de la transición energética. [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/cepal\\_alc\\_transicion\\_energetica.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/cepal_alc_transicion_energetica.pdf)
3. Organización Latinoamericana de Energía. (s.f.). Sistema de información energética de América Latina y el Caribe (SIE-LAC): Reporte de datos. <https://sielac.olade.org/WebForms/Reportes/ReporteDato7.aspx?oc=-512&or=-515&ss=2&v=1>
4. Wang, X. X., & Lo, K. (2021). Just transition: A conceptual review. *Energy Research & Social Science*, 82, 102291. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102291>
5. Organización Internacional del Trabajo. (2021). Transición justa y empleo verde en América Latina y el Caribe: 10 años de trabajo de la OIT en la región. [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@americas/@ro-lima/documents/publication/wcms\\_831477.pdf](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@americas/@ro-lima/documents/publication/wcms_831477.pdf)
6. Araya, P., Fleischmann, M., Reyes, A., González, K., Oyarzún, T., Sánchez, J., Billi, M., Louder, E., Amigo, C., Urquiza, A., Riquelme, R., & Rojas, V. (2023). ¿De qué hablamos cuando hablamos de transición energética justa? Articulando múltiples escalas, resoluciones y sentidos (Documento de trabajo NEST-r3 N°4). Red de Pobreza Energética, Universidad de Chile. <https://pobrezaenergetica.cl/wp-content/uploads/2023/03/disenio-DT-TEJ-NEST-REDPE-1.pdf>
7. Red de Pobreza Energética. (2019). Pobreza energética: El acceso desigual a energía de calidad como barrera para el desarrollo en Chile. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2). [https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/01/policypaper\\_redpe20191128.pdf](https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/01/policypaper_redpe20191128.pdf)
8. Calvo, R., Álamos, N., Huneeus, N., & O’Ryan, R. (2021). Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe (Serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 207, LC/TS.2021/104). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/f3b3060c-94ab-4128-adaf-d56d2e860836/content>
9. World Population Review. (s.f.). Cost of electricity by country. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/cost-of-electricity-by-country>
10. Banco Mundial. (s.f.). PIB per cápita (US\$ a precios actuales). <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD>
11. La República. (2025, julio 29). El PIB per cápita de Venezuela está como en 1999. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/el-pib-per-capita-de-venezuela-esta-como-en-1999-3916554>

## Capítulo 9

1. ONU Mujeres. (2022, junio). Datos clave: Igualdad de género y cambio climático. <https://www.unwomen.org/es/news-stories/fact-tale/2022/06/fast-facts-gender-equality-and-climate-change>
2. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s.f.). Tiempo total de trabajo. Observatorio de Igualdad de Género de América Latina y el Caribe. <https://oig.cepal.org/es/indicadores/tiempo-total-trabajo>
3. IEA (2024), Share of population by primary cooking fuel in rural settings, 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-population-by-primary-cooking-fuel-in-rural-settings-2023>, Licence: CC BY 4.0
4. Cantero, F. (2025). Análisis de la incorporación del enfoque de género en las políticas energéticas de América Latina y el Caribe. Organización Latinoamericana de Energía. <https://www.ledslac.org/wp-content/uploads/2025/03/Fitzgerald-Cantero-OLADE.pdf>
5. ONU Mujeres. (2025). Mujeres y niñas en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en América Latina y el Caribe. [https://lac.unwomen.org/sites/default/files/2025-03/informe-stem-onumujeres\\_final-comprimido.pdf](https://lac.unwomen.org/sites/default/files/2025-03/informe-stem-onumujeres_final-comprimido.pdf)
6. ONU Mujeres. (s.f.). Enfoque: Las mujeres y los ODS. ODS 5: Igualdad de género. <https://www.unwomen.org/es/news/in-focus/women-and-the-sdgs/sdg-5-gender-equality>
7. Banco Interamericano de Desarrollo. (2025, marzo 8). Día Internacional de la Mujer: El impacto desigual de los desastres en las mujeres. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/en/international-womens-day-the-unequal-impact-of-disasters-on-women/>
8. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s.f.). Acuerdo de Escazú. <https://www.cepal.org/es/acuerdodeescazu>
9. World Resources Institute. (s.f.). Escazú Agreement: Seeking rights, information, participation, and justice for the most vulnerable. <https://www.wri.org/research/escazu-agreement-seeking-rights-information-participation-and-justice-most-vulnerable>

## Capítulo 10

1. International Energy Agency. (2023). Latin America energy outlook 2023. <https://www.iea.org/reports/latin-america-energy-outlook-2023>
2. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2023). Estudio económico de América Latina y el Caribe, 2023: Financiamiento para la transición hacia una economía verde e inclusiva (LC/PUB.2023/15-P). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/67989-estudio-economico-america-latina-caribe-2023-financiamiento-transicion>
3. European Commission. (s.f.). European Green Deal. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
4. Ministerio de Hacienda de Chile. (s.f.). Bonos ESG: Bonos SLB. Oficina de la Deuda Pública. <https://www.hacienda.cl/areas-de-trabajo/finanzas-internacionales/oficina-de-la-deuda-publica/bonos-esg/bonos-slb>
5. Banco Interamericano de Desarrollo. (s.f.). BID aprueba línea de crédito para acelerar la transición energética en Colombia. <https://www.iadb.org/es/noticias/bid-aprueba-linea-de-credito-para-acelerar-la-transicion-energetica-en-colombia>
6. Banco Mundial. (2024, abril 11). El Banco Mundial y Colombia reafirman su compromiso con la acción climática. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2024/04/11/el-banco-mundial-y-colombia-reafirman-su-compromiso-con-la-accion-climatica>
7. Empresa de Pesquisa Energética. (2025). Leilão de energia nova A-5 2025. <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes/leilao-de-energia-nova-a5-2025>
8. Ministerio de Desarrollo Social y Familia de Chile. (s.f.). Nueva actualización del precio social del carbono busca incentivar proyectos públicos que reduzcan la huella de carbono. <https://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/noticias/nueva-actualizacion-del-precio-social-del-carbono-busca-incentivar-proyectos-publicos-que-reduzcan-l>

9. World Bank. (2025). State and trends of carbon pricing 2025. <https://hdl.handle.net/10986/43277>
10. Perspectivas de expertos, expertas y organizaciones frente a instrumentos de precio al carbono:
  - 10.1. Sovacool, B. K., Baum, C. M., & Low, S. (2020). Climate change and the challenge of community-based natural resource management. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(52), 33094–33103. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004093117>
  - 10.2. West, S., & Badgley, J. (2023, enero 18). Revealed: Forest carbon offsets by biggest provider ‘worthless’, analysis shows. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2023/jan/18/revealed-forest-carbon-offsets-biggest-provider-worthless-verra-aoe>
  - 10.3. Greenfield, P. (2023, septiembre 25). Revealed: Why the UN is not climate neutral. *Mongabay*. <https://news.mongabay.com/2023/09/revealed-why-the-un-is-not-climate-neutral/>
  - 10.4. Interferencia. (2023, agosto 8). Los créditos de carbono y el mercado voluntario: ¿Solución o distracción?. <https://interferencia.cl/articulos/los-creditos-de-carbono-y-el-mercado-voluntario-solucion-o-distraccion>
11. Saget, Catherine, Vogt-Schilb, Adrien y Luu, Trang (2020). El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Internacional del Trabajo, Washington D.C. y Ginebra. [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@americas/@ro-lima/documents/publication/wcms\\_752078.pdf](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@americas/@ro-lima/documents/publication/wcms_752078.pdf)
12. International Renewable Energy Agency. (2023). Renewable energy and jobs: Annual review 2023. <https://www.irena.org/publications/2023/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2023>
13. Fundación Biodiversidad. (2023). Estudio sobre empleo y transición ecológica. [https://fundacion-biodiversidad.es/wp-content/uploads/2023/05/Estudio-Empleo-y-Transicion-Ecologica\\_-def.pdf](https://fundacion-biodiversidad.es/wp-content/uploads/2023/05/Estudio-Empleo-y-Transicion-Ecologica_-def.pdf)
14. Organización Internacional del Trabajo. (2022). Greening with jobs: World employment and social outlook 2018. [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms\\_856649.pdf](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms_856649.pdf)
15. International Renewable Energy Agency. (2022). Renewable energy and jobs: Annual review 2022. <https://www.irena.org/publications/2022/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2022>
16. International Energy Agency. (2022). World energy employment 2022. <https://www.iea.org/reports/world-energy-employment-2022>
17. International Monetary Fund. (s.f.). Energy subsidies. <https://www.imf.org/en/Topics/climate-change/energy-subsidies>
18. Banco Mundial. (s.f.). Energía. <https://datos.bancomundial.org/tema/11>
19. UN Climate Change. (2023). El acuerdo de la COP28 señala el «principio del fin» de la era de los combustibles fósiles [Comunicado de prensa]. <https://unfccc.int/es/news/el-acuerdo-de-la-cop28-senala-el-principio-del-fin-de-la-era-de-los-combustibles-fosiles>
20. Organisation for Economic Co-operation and Development. (s.f.). Fossil fuel support. <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/fossil-fuel-support.html>
21. Gonzales, L. E., Gonzales, L. E., & Gonzales, L. E. (2023, 25 agosto). Subsidios a los combustibles fósiles y el riesgo moral. *El País Chile*. <https://elpais.com/chile/2023-08-25/subsidios-a-los-combustibles-fosiles-y-el-riesgo-moral.html>
22. Chile Agenda 2030. (s.f.). Indicador 12.c.1: Cantidad de subsidios a combustibles fósiles por unidad de PIB (producción y consumo) y como proporción del PIB nacional total. <https://www.chileagenda2030.gob.cl/indicadores/detalle12-c-1>
23. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2023, octubre 30). Impulsando el cambio: Redirigir subsidios a los combustibles fósiles hacia la movilidad limpia en América Latina y el Caribe. <https://www.undp.org/es/latin-america/blog/impulsando-el-cambio-redirigir-subsidios-los-combustibles-fosiles-hacia-la-movilidad-limpia-en-america-latina-y-el-caribe>
24. Universidad Tecnológica Metropolitana. (2024, agosto 8). Transición energética en Chile: Un camino hacia la sostenibilidad impulsado por políticas y desafíos estructurales. <https://untec.cl/transicion-energetica-en-chile-un-camino-hacia-la-sostenibilidad-impulsado-por-politicas-y-desafios-estructurales/>

25. [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia\\_instrumentos\\_economicos.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_instrumentos_economicos.pdf)

## Capítulo 11

1. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.). ¿Qué son las NDC? Contribuciones determinadas a nivel nacional y cambio climático. <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-son-las-NDC-contribuciones-determinadas-nivel-nacional-cambio-climatico>
2. NDC LAC Naciones Unidas. (s.f.). Países. <https://ndc-lac.org/es/paises#adaptations-facets-block>
3. United Nations Framework Convention on Climate Change. (2024). Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on its sixth session, held in Baku from 11 to 22 November 2024 (CMA2024\_10). [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2024\\_10\\_adv.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2024_10_adv.pdf)
4. Román-Cuesta, R. M., Bastidas, M., & Bastos, L. (2025). Emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina: Implicaciones para la transición energética. *Visión Electrónica*, 19(1), 1–22. <https://doi.org/10.14483/issn.2248-4728>
5. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2024). El cambio climático en América Latina y el Caribe: Hacia un desarrollo sostenible e inclusivo (LC/TS.2024/96). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/3a9b2a1c-b137-4754-9047-c495c7234c5f/content>
6. CAF - Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (2025). Minuto a minuto: Plenaria Foro Económico Panamá 2025. <https://www.caf.com/es/especiales/foro-economico-panama-2025/minuto-a-minuto-plenaria-foro-economico>

## Coautoras(es)

Abraham Torres	Camilo Morales	Diego Ponce	Gerardo González
Adriana López	Carla Jiménez	Dubrasca Rodríguez	Gessica Villalba
Adriana Rodas	Carla Seefó	Dunia Osorio	Gisela Wild
Agustín Amigo	Carlos Cabrera	Eber Durán	Gladys Ponce
Alba Yacabalquiej	Carlos Garcés	Edgar Uribe	Guillermo Ramos
Alberto Ríos	Carlos Gavarrete	Eduardo Romero	Gustavo Bau
Alberto Rosandi	Carlos Hernández	Edward Guzmán	Gustavo Guerra
Alegría García-Huidobro	Carlos Mancilla	Edwin Girón	Hannia Vega
Alejandra Chavez	Carlos Romero	Elian Heyer	Harby Sotelo
Alejandra Condori	Carlos Rubio	Elizabeth Aguilar	Héctor Giordanengo
Alejandra Delcid	Carlos Tapia	Elizabeth Valdés	Héctor Taticuan
Alejandra Villalpando	Carmen Arias	Elsa Miranda	Héctor Tzoc
Alejandro Camargo	Carol Cruces	Elsy Parodi	Herless Roque
Alejandro Carpinteyro	Carola Ramos	Emily Guerra	Hernán Baulo
Alex Bernard	Carolina Braga	Erik Salas	Hugo Mendizabal
Alexander Tello	Carolina Cerón	Erika Méndez	Iblin Herrera
Allison Payne	Carolina Noya	Esteban Sepulveda	Iciar Olocco
Alonso Flores	Catalina Adaos	Estela Riveros	Icoana Martins
Álvaro Arévalo	Cecilia Canoura	Eugenio Eugenio	Ignacio Olguín
Amelia Carranza	César Cervantes	Evelyn Miranda	Ignacio Villarroja
Ana Chamalé	César Sánchez	Evert Morocho	Imara Gamboa
Ana Paula Silva	Christian de Barros	Fabiana Altobelli	Isela Sánchez
Anahí Goytia	Clara Buriticá	Fátima Sandoval	Isidora Gómez
Andrea Bertolini	Clara Machuca	Federico Rehemann	Isis Torres
Andrea Osses	Clara Ovejero	Felipe Delgado	Ivania Aguirre
Andrea Oviedo	Claudio Mozzo	Felipe Pizarro	Jacqueline Cruz
Andrea Torres	Conrado Fleck	Felipe Ruiz	Jair Nazar
Andrés Camargo	Cristian Castillo	Felix Delgado	Jairzinho Torres
Andrés Olmedo	Cristian Garro	Fernanda Alarcón	Jaqueline Valenzuela
Andrés Pogo	Cristian Ligña	Fernanda Jamet	Javier Ante
Angela Ortiz	Croy Montoro	Fernanda Pérez	Javier Porrez
Angie Bermudez	Dánae Fenton	Fernando Bonilla	Javier Vargas
Anthonela Rurush	Daniel Fallas	Fernando Plazas	Javiera Maturana
Antonio Membrillo	Daniel Juárez	Fernando Rojas	Jeoriannys Bastardo
Aslhey Moreno	Daniel Ramírez	Fiorella Arana	Jeremias Cuello
Atahualpa Mantilla	Daniel Rodríguez	Fiorella Hernández	Jessica Paredes
Aurora Morales	Daniel Rojas	Flavio Arroyo	Jhan Alarcón
Aylyn Berqueffer	Daniela Isla	Flor Lacayo	Jhonas Lami
Bertha Arenivar	Daniela Medina	Francisco Ruiz	Jimena Gonthier
Boris Fernández	Daniela Osorio	Franco Hessling	Job Acosta
Bruno Aun	Daniela Santander	Freddy Aguilar	Joelmi Pérez
Bruno Huayta	Daniela Vega	Fresia Quirós	Jofre Saqui
Bryan Casa	David Bustillo	Gabriel Atin	Jorge Avella
Bryan Medina-Rodríguez	Dennis Wiltink	Gabriel Chuquimia	Jorge Bravo
Bryan Silva	Diana Aburto	Gabriel Sánchez	Jorge Mardones
Caio Rodrigues	Diana Canales	Gabriela Ayala	Jorge Marroquin
Caique Nascimento	Diego Escalante	Geissler Gómez	Jose Pablo Retana

José Alfonso Arevalo	Luis Siles	Patricio Burga	Victor Aramayo
José Ignacio Parada	Luz Muñoz	Paulina Ramírez	Victor Renfijo
José Peñalba	Madelin Castillo	Pedro Maldonado	Violeta Ortega
José Luis Tituaña	Manuel Batista	Pedro Sosa	Vitor Araújo
Josep Villalobos	Marcos Mayo	Pedro Torres	Vitória da Silva
Jozuely Pérez	María del Carmen Choque	Peter Santana	Viviana Chomiczak
Juan Sebastian Avila	María Julieta Graffigna	Pilar de la Cerda	Viviana Leitón
Juan Antonio Bogarin	María Fernanda Perez	Rafael Bustamante	Waltter Valdez
Juan David Espinosa	María Lucía Póppolo	Raúl Inciarte	Wênnia Nascimento
Juan Jácome	María Catalina Dávila	Rebeca Vargas	Ximena Ynga
Juan Raúl Quispe	María Alejandra Fuentes	Renata Ribeiro	Yair Benavidez
Juan Luis Ramírez	María Elena Martín	René Ariza	Yensie Saldaña
Juan Fabricio Ramos	María Eugenia Ramírez	Ricardo Gonçalves	
Juan Carlos Rojas	María Carolina Vargas	Roberpiere Villar	
Juan Pablo Solarte	María Victoria Aguirre	Roberto Guzmán	
Juan Francisco Vega	Mariana Carrasco	Rodrigo Ortiz	
Juliana Arbelaez	Mariana Páez	Ronald Hidalgo	
Julieta Passarello	Mariana Quintero	Roselba Canelon	
Julio de Oliveira	Mariano González	Rossana Velasco	
Kairin Marin	Marina Hernández	Samuel Roque	
Kairós Chung	Marta Pop	Santiago Gulino	
Karen Bailón	Martín Arias	Santiago López	
Karen García	Martín Griffin	Santiago Roa	
Karen Martínez	Martín Rosales	Saray Pertuz	
Karen Molina	Matías Espinosa	Sebastián Alvarez	
Karina Díaz	Mauricio Moscoso	Sebastián Hernández	
Katia Ortuño	Mauricio Téllez	Sebastián Muñoz	
Kauano Moreira	Mauricio Vizcaino	Sebastián Rivas	
Kelly Jaramillo	Mayte González	Sebastián Sierra	
Kenny Escobar	Miguel Olarte	Selena Rodríguez	
Klever Vargas	Murilo Frigo	Silvana García	
Laine Lezcano	Natacha Vásquez	Simón Martínez	
Latoyaa Roberts-Thomas	Natalia López	Sofía Antonelli	
Laura Bernal	Nicol Miranda	Sofía Donatti	
Laura Sánchez	Nicolás Muñoz	Sofía Coña	
Leonardo Navarro	Nicolás Rietta	Soledad Contreras	
Lesvi Montoya	Nicolás Villa	Stephanie Gavilan	
Leticia Moraes	Nuvia Gandarillas	Sthefany Sueldo	
Liana Muñoz	Omar Cordero	Susan Claros	
Lilian George	Omar Ramírez-Tejada	Trinidad Valenzuela	
Lina Martinez	Oriana Cherini	Ulises Galván	
Linda Chimborazo	Osami Doku	Valentín Alfonso	
Linda Peñalosa	Oscar Jui	Valeria Meza	
Lisbeth Jaramillo	Oscar Ortega	Valery Rosales	
Lucas Mota	Oscar Trochez	Vanessa Hetze	
Luis García	Paola Pulido	Vanessa Cueto	
Luis Lara	Paola Sandoval	Vicente Cuadra	