

# Latin America Energy Outlook

Spanish translation

International  
Energy Agency

iea

World Energy Outlook Special Report

# INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

---

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 31 member countries, 13 association countries and beyond.

Please note that this publication is subject to specific restrictions that limit its use and distribution. The terms and conditions are available online at [www.iea.org/terms](http://www.iea.org/terms)

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

## IEA member countries:

Australia  
Austria  
Belgium  
Canada  
Czech Republic  
Denmark  
Estonia  
Finland  
France  
Germany  
Greece  
Hungary  
Ireland  
Italy  
Japan  
Korea  
Lithuania  
Luxembourg  
Mexico  
Netherlands  
New Zealand  
Norway  
Poland  
Portugal  
Slovak Republic  
Spain  
Sweden  
Switzerland  
Republic of Türkiye  
United Kingdom  
United States

The European Commission also participates in the work of the IEA

## IEA association countries:

Argentina  
Brazil  
China  
Egypt  
India  
Indonesia  
Kenya  
Morocco  
Senegal  
Singapore  
South Africa  
Thailand  
Ukraine

En muchos indicadores, la región de América Latina y el Caribe se destaca por su extraordinaria dotación de recursos naturales, tanto combustibles fósiles como energías renovables, y su trayectoria en formulación de políticas, que notablemente ha dado lugar a uno de los sectores eléctricos más limpios del mundo. La expansión de las tecnologías de energía renovable, como la energía hidroeléctrica y la bioenergía, impulsada en un primer momento con un foco en la seguridad energética, se ha visto potenciada más recientemente por un compromiso cada vez más profundo con la sostenibilidad. Dieciséis de los 33 países de la región se han comprometido a alcanzar las emisiones netas cero para mediados de siglo o antes, y la mayoría ha presentado objetivos climáticos actualizados y cada vez más ambiciosos vinculados al Acuerdo de París de 2015 sobre el cambio climático.

La publicación *Latin America Energy Outlook* (Prospectivas Energéticas de América Latina), la primera evaluación exhaustiva e integral de América Latina y el Caribe realizada por la Agencia Internacional de Energía (AIE), se fundamenta en la colaboración que se ha llevado a cabo durante décadas con socios de toda la región. En apoyo a los objetivos de América Latina y el Caribe en lo que a la energía se refiere, este informe explora las oportunidades y los desafíos que se avecinan, brindando información sobre de qué manera el futuro energético de la región y las principales tendencias globales están profundamente entrelazados.

Un activo clave para la región es su suministro eléctrico de bajas emisiones. Esto sienta las bases para otros aspectos clave de las transiciones energéticas, como la fabricación limpia de bienes industriales a gran escala y la producción de combustibles como el hidrógeno de bajas emisiones. Los recursos y los vastos conocimientos especializados en materia de bioenergía sostenible también posicionan a la región como líder en combustibles de transporte sostenibles, a nivel nacional y mundial. Al mismo tiempo, la electrificación mundial del transporte y la expansión de las redes eléctricas están generando un auge en la demanda de minerales críticos como el cobre, el litio, las tierras raras y el grafito. Las amplias reservas de estos minerales en la región la colocan en una posición privilegiada para expandir la producción a fin de satisfacer las necesidades de la transición global a la energía limpia, con la posibilidad adicional de avanzar en la cadena de valor hacia el refinado y el procesamiento.

Para lograr estos beneficios, serán necesarias una visión estratégica clara, políticas públicas sólidas y alianzas más amplias entre los gobiernos y otras partes interesadas. Los países de la región necesitan diseñar y aplicar políticas y normativas que atraigan inversiones sustanciales, garanticen la sostenibilidad y generen transiciones justas y equitativas. Esto incluye superar los desafíos remanentes en acceso a la energía y, al mismo tiempo, crear empleos e impulsar la innovación en los sectores emergentes de energías limpias.

El petróleo y el gas siguen siendo importantes en la región. El gas natural equilibra el suministro de los sistemas eléctricos y es un combustible clave para la industria, mientras que la mayoría de los vehículos que circulan por las carreteras dependen del petróleo, a pesar de la prevalencia de los biocombustibles. América Latina y el Caribe, donde abundan los recursos de petróleo y gas, seguirán desempeñando un papel vital en el abastecimiento de los mercados internacionales, aunque se espera que la demanda mundial de petróleo y gas alcance su punto máximo en esta

década en el marco de las políticas actuales. Gestionar esta transición requerirá la cooperación de un amplio conjunto de partes interesadas que estén dispuestas a adaptarse e innovar a medida que las necesidades locales y globales cambien en los próximos años.

Este informe pone de manifiesto las sólidas relaciones de la AIE con los países de América Latina y el Caribe, incluidos cinco miembros de la familia de la AIE: Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Colombia y México. Además, estas perspectivas reflejan las aportaciones de funcionarios gubernamentales, expertos y partes interesadas de 17 países de la región. También proporcionan una base para nuestra colaboración continua con otras instituciones internacionales de la región, como el Banco Interamericano de Desarrollo, la Organización Latinoamericana de Energía y la Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe.

Me gustaría transmitir un sincero agradecimiento a los colegas de la AIE, liderados por Stéphanie Bouckaert y Brent Wanner, quienes llevaron a cabo la investigación, la modelización y el análisis que dieron como resultado este importante hito en la colaboración de nuestro organismo con la región, que continuará creciendo en los próximos años. Espero que las conclusiones de este informe sirvan de inspiración para una mayor cooperación regional y bilateral.

La AIE está lista para apoyar a los países de la región a medida que avanzan en sus transiciones a energías limpias, mientras construyen en el proceso un sistema energético global más seguro y justo.

**Dr. Fatih Birol**  
**Director Ejecutivo**  
**Agencia Internacional de la Energía**

El equipo del *World Energy Outlook (WEO)* (Prospectivas Energéticas Mundiales) de la Dirección de Sostenibilidad, Tecnología y Prospectivas (STO), en cooperación con otras direcciones y oficinas de la Agencia Internacional de Energía (AIE), elaboró el presente estudio.

**Laura Cozzi**, Directora de Sostenibilidad, Tecnología y Prospectivas, se encargó de diseñar y dirigir el estudio. Los autores principales y coordinadores del análisis fueron **Stéphanie Bouckaert** y **Brent Wanner**. **Joerg Husar** lideró las relaciones institucionales, con el apoyo de **Alejandra Bernal**.

El informe contó con apoyo y contribuciones del Banco Interamericano de Desarrollo.

Los principales autores del informe de la AIE fueron: **Oskaras Alšauskas** (transporte), **Lucila Arboleya Sarazola** (líder de inversión), **Daniel Crow** (líder de modelización climática y sector de uso de la tierra), **Julie Dallard** (líder del capítulo 5, electricidad), **Amrita Dasgupta** (líder del capítulo 1, minerales críticos), **Tomás De Oliveira Bredariol** (líder de suministro de combustible, minerales críticos), **Eric Fabozzi** (electricidad), **Víctor García Tapia** (edificios, eficiencia energética), **Bruno Idini** (transiciones centradas en las personas), **Javier Jorquera Copier** (integración eléctrica regional), **Martin Kueppers** (líder del capítulo 2, industria), **Jennifer Ortiz** (agua), **Diana Perez Sanchez** (líder de políticas, industria), **Apostolos Petropoulos** (líder del capítulo 5, líder de transporte), **Amalia Pizarro** (líder de hidrógeno), **Max Schoenfish** (electricidad, hidrógeno), **Ryota Taniguchi** (electricidad, política climática), **Natalia Triunfo** (transporte) y **Anthony Vautrin** (respuesta del lado de la demanda).

Otros colaboradores clave fueron: **Yasmine Arsalane**, **Praveen Bains**, **Federico Callioni**, **Clara Camarasa**, **Pedro Carvalho**, **Olivia Chen**, **Yunyou Chen**, **Chiara D'Adamo**, **Davide D'Ambrosio**, **Michael Drtil**, **Angelina Gutiérrez**, **Jérôme Hilaire**, **Paul Hugues**, **Hyeji Kim**, **Yun Young Kim**, **Gabriel Leiva**, **Peter Levi**, **Jinsun Lim**, **Yannick Monschauer**, **Jeremy Moorhouse**, **Ana Morgado**, **Maximilian Olmos Van Velden**, **Alessio Pastore**, **Francesco Pavan**, **Matthieu Prin**, **Arthur Rogé**, **Gabriel Saive**, **Leonie Staas**, **Matthieu Suire**, **Gianluca Tonolo**, **Christoph Winkler** y **Peter Zeniewski**.

**Marina Dos Santos** y **Reka Koczka** brindaron un apoyo esencial.

**Edmund Hosker** asumió la responsabilidad editorial. **Debra Justus** fue la correctora.

Otros altos directivos y muchos otros colegas de la AIE proporcionaron valiosos comentarios y opiniones. En particular, **Mary Warlick**, **Araceli Fernández**, **Rebecca Gaghén**, **Tim Gould**, **Timur Gül**, **Dennis Hesseling**, **Pablo Hevia-Koch**, **Tae-Yoon Kim**, **Christophe McGlade**, **Brian Motherway**, **Uwe Remme**, **Thomas Spencer** y **Daniel Wetzel**.

Damos las gracias a la Oficina Digital y de Comunicaciones de la AIE por su ayuda en la elaboración del informe y los materiales del sitio web, en particular a **Jethro Mullen**, **Poeli Bojorquez**, **Curtis Brainard**, **Jon Custer**, **Hortense de Roffignac**, **Astrid Dumond**, **Merve Erdil**, **Grace Gordon**, **Julia Horowitz**, **Oliver Joy**, **Isabelle Nonain-Semelin**, **Julie Puech**, **Robert Stone**, **Sam Tarling**, **Clara Vallois**, **Lucile Wall**, **Therese Walsh** y **Wonjik Yang**. La Oficina de Asesoría Jurídica, la Oficina de Gestión y Administración y el Centro de Datos Energéticos de la AIE brindaron asistencia durante la elaboración del informe.

Ana Lepure, Luiz Gustavo Silva de Oliveira y David Wilkinson (consultores independientes) realizaron valiosas aportaciones al análisis.

Peter Rafaj, Gregor Kieseewetter, Laura Warnecke, Katrin Kaltenegger, Jessica Slater, Chris Heyes, Wolfgang Schöpp, Fabian Wagner y Zbigniew Klimont (Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados) prestaron apoyo a la modelación de la contaminación atmosférica y los efectos asociados para la salud. Nicklas Forsell, Zuelclady Araujo Gutierrez, Andrey Lessa-Derci-Augustynczik, Stefan Frank, Pekka Lauri, Mykola Gusti y Petr Havlík (Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados) contribuyeron de manera inestimable a la modelación y el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del uso de la tierra, la agricultura y la producción de bioenergía.

El *Clean Energy Transitions Programme – CETP* (Programa de Transiciones a Energías Limpias) de la AIE, la emblemática iniciativa destinada a transformar el sistema energético mundial a fin de lograr un futuro seguro y sostenible para todos, respaldó este análisis.

Transmitimos nuestro agradecimiento también a la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y a la Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe (CEPAL). La alta dirección del Banco Interamericano de Desarrollo, en particular Ariel Yépez García (Gerente del Sector de Infraestructura y Energía) y Marcelino Madrigal (Jefe de la División de Energía), brindaron un apoyo adicional.

## Revisores

Muchos altos funcionarios gubernamentales y expertos internacionales realizaron aportaciones y revisaron los borradores preliminares del informe. Sus comentarios y sugerencias resultaron de gran valor. Algunos de ellos son:

Óscar Álamos	ISA INTERCHILE
Túlio Alves	Comisión de Integración Energética Regional
Carlos Ares	Asociación Argentina de Hidrógeno
Kimberly Ballou	Department of Energy, EE. UU.
Gustavo Barbarán	Secretaría de Energía, Argentina
Esteban Barrantes	Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica
Luiz Barroso	PSR - Consultoría y Análisis sobre Energía
Harmeet Bawa	Hitachi Energy
Isabel Beltran	Global Energy Alliance for People and Planet
Ilse Berdellans Escobar	Organismo Internacional de Energía Atómica
Fernando Branger	CAF Banco de Desarrollo de América Latina
Luciano Caratori	Instituto y Fundación Torcuato Di Tella
Jorge Cárcamo	Ministerio de Energía de Honduras
Joana Chivari	Iniciativa de Política Climática (CPI/PUC-Rio)
Fiona Clouder	ClouderVista

Suani Coelho	Universidad de São Paulo
Patricia Colaferro	Alacero, Asociación Latinoamericana del Acero
Manlio Coviello	TERNA Plus
Gustavo Naciff de Andrade	Empresa de Pesquisa Energética, Brasil
Nelson Delgado	Asociación Mexicana de Energía Solar Fotovoltaica, A.C.
Nicolas Di Sbroiavacca	Fundación Bariloche
Esteban Echeverría	Alianza por el Hidrógeno
Ramón Fiestas	Comité de América Latina del Consejo Mundial de Energía Eólica
Edward Enrique Fuentes	Ministerio de Energía y Minas de Guatemala
Sebastián Galarza	Centro Movilidad Sostenible
Elbia Gannoum	Asociación Brasileña de Energía Eólica
Carlos Garibaldi	Asociación de Empresas de Petróleo, Gas y Energía Renovable de América Latina y el Caribe
Felipe Gonçalves	Fundación Getulio Vargas
Patricia Costa Gonzalez de Nunes	Empresa de Pesquisa Energética
Francesca Gostinelli	ENEL
Andrea Heins	Comité Argentino del Consejo Mundial de la Energía
Sebastian Kind	Greenmap
Marcos Kulka	H2 Chile
Antonio Levy	GET Transform
Rosilena Lindo	Secretaría Nacional de Energía de Panamá
Fernando Llaver	Splight
Álvaro Lorca	Pontificia Universidad Católica de Chile
Aida Lorenzo	Comunidad de Práctica de Bioenergía / LEDS LAC
Natacha Marzolf	Banco Interamericano de Desarrollo
Alberto Melo	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Sebastián Nieto Parra	Centro de Desarrollo de la OCDE
Luis Alberto Orjuela López	Ministerio de Minas y Energía, Colombia
Brendan Oviedo	Asociación Peruana de Energías Renovables
Camilo Pabón	International Transport Forum
Giovanni Pabón	Transforma
Juan Roberto Paredes	Banco Interamericano de Desarrollo
Glenn Pearce-Oroz	Sustainable Energy for All
Joaquín Pérez Torres	Secretaría de Energía, Argentina
José Ignacio Pérez-Arriaga	Instituto de Investigación Tecnológica de la Universidad Pontificia Comillas, España

Vicky Pollard	Dirección General de Acción por el Clima, Comisión Europea
Rayén Quiroga	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
Vanderleia Radaelli	Banco Interamericano de Desarrollo
Ricardo Raineri	Pontificia Universidad Católica de Chile
Andrés Rebolledo	Organización Latinoamericana de Energía
Carla Reque	Ministerio de Hidrocarburos y Energías, Bolivia
Mauricio Roitman	Universidad ITBA
Ana Lía Rojas	Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento
Marina Ruete	International Institute for Sustainable Development
Carlos Salgado	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Ignacio Santelices	Asociación de Distribuidoras de Energía Eléctrica Latinoamericanas
Claudio Seebach	Generadoras de Chile / Consejo Mundial de la Energía
Gustavo Santos Masili	Ministério de Minas e Energia, Brasil
Roxana Serpa Vargas	Consultora independiente
Paul Simons	Yale University
Leonardo Stanley	Centro de Estudio de Estado y Sociedad
Wilmar Suárez	C40 Cities
Javier Toro Cabrera	Comisión Nacional de Energía, Chile
Joaquín Ubogui	McKinsey & Co
Patricia Ventura Nicolás	IPD América Latina
Arnaldo Vieira de Carvalho	Esconsult International
Carlos Villalobos	Universidad de Talca
Veronica Vukasovic	Agencia Alemana de Cooperación Internacional, Chile / H2LAC
Virginia Zalaquett	Pontificia Universidad Católica de Chile

El trabajo refleja las opiniones de la Secretaría de la Agencia Internacional de Energía, pero no necesariamente las de los distintos países miembros de la AIE ni de ningún financiador, cooperante o colaborador en particular. Ni la AIE ni ningún financiador, cooperante o colaborador que haya contribuido a este trabajo ofrece ninguna declaración ni garantía, ni expresa ni implícita, con respecto a su contenido (incluida su integridad o exactitud), y no será responsable del uso que se haga del trabajo ni de la confianza depositada en él.

El presente documento, así como los datos y mapas contenidos en el mismo, se entienden sin perjuicio del estatus o la soberanía de cualquier territorio, de los límites o fronteras internacionales, y del nombre de cualquier territorio, ciudad o área.

Los comentarios y las preguntas son bienvenidos y deben dirigirse a:

Laura Cozzi

Directorate of Sustainability, Technology and Outlooks

International Energy Agency

9, rue de la Fédération

75739 Paris Cedex 15

Francia

Correo electrónico: [weo@iea.org](mailto:weo@iea.org)

Existe más información disponible sobre *World Energy Outlook* en [www.iea.org/weo](http://www.iea.org/weo).



Prólogo .....	3
Agradecimientos.....	5
Resumen ejecutivo .....	15
<b>1 Situación actual</b> .....	<b>23</b>
1.1 Panorama general.....	24
1.1.1 Economía.....	27
1.1.2 Demografía.....	33
1.2 Inversión y financiación .....	35
1.2.1 Inversión.....	36
1.2.2 Financiación .....	38
1.3 Tendencias energéticas y de emisiones.....	40
1.3.1 Demanda de energía .....	40
1.3.2 Generación de electricidad .....	45
1.3.3 Recursos y oferta.....	47
1.3.4 Medio ambiente.....	53
1.4 Pobreza energética y asequibilidad .....	56
1.4.1 Acceso a la energía moderna .....	56
1.4.2 Asequibilidad y desigualdad.....	57
1.5 Políticas energéticas, compromisos climáticos y contribuciones determinadas a nivel nacional .....	61
<b>2 Prospectivas de la energía y las emisiones</b> .....	<b>65</b>
2.1 Introducción .....	67
2.1.1 Población y crecimiento económico .....	70
2.2 Suministro total de energía .....	72
2.3 Consumo de energía final .....	77
2.3.1 Transporte.....	78
2.3.2 Industria .....	83
2.3.3 Edificaciones.....	90
2.4 Sector eléctrico.....	95
2.4.1 Demanda de electricidad .....	95
2.4.2 Generación de electricidad .....	98
2.4.3 Capacidad de potencia instalada.....	100
2.4.4 Inversión en el sector eléctrico .....	101
2.4.5 Flexibilidad del sistema eléctrico .....	103

2.5	Producción de energía.....	105
2.5.1	Combustibles fósiles.....	105
2.5.2	Bioenergía e hidrógeno.....	111
2.6	Emisiones y contaminación del aire.....	114
2.6.1	Emisiones de CO <sub>2</sub> relacionadas con la energía.....	114
2.6.2	Contaminación del aire.....	115

3

**Ámbitos clave para la adopción de políticas** **117**

3.1	Transporte urbano sostenible y ciudades.....	119
3.1.1	Desarrollo de una movilidad urbana de bajas emisiones de carbono.....	121
3.1.2	Contaminación atmosférica urbana.....	122
3.2	Aprovechamiento del potencial de la eficiencia energética.....	125
3.2.1	Potencial de la economía de combustible para reducir la demanda de petróleo para el transporte.....	127
3.2.2	Códigos energéticos en edificaciones y estándares mínimos de rendimiento energético para electrodomésticos.....	128
3.2.3	Aumentar la eficiencia en industrias que no tienen un alto consumo de energía.....	131
3.3	Minerales críticos: un importante factor que contribuye a la seguridad mineral mundial y al crecimiento económico regional.....	132
3.3.1	Perspectivas de suministro.....	132
3.3.2	Minería responsable y sostenible.....	135
3.3.3	Avances en la cadena de suministro.....	137
3.4	Hidrógeno: una nueva frontera energética.....	139
3.4.1	Perspectivas de la demanda de hidrógeno de bajas emisiones y combustibles basados en el hidrógeno.....	140
3.4.2	Producción de hidrógeno de bajas emisiones.....	144
3.5	Transiciones centradas en las personas.....	147
3.5.1	Acceso a la energía.....	148
3.5.2	Asequibilidad de la energía.....	151
3.5.3	Empleo en el sector energético.....	152
3.6	Seguridad eléctrica e integración eléctrica regional.....	155
3.6.1	Razones para una mayor integración eléctrica regional.....	156
3.6.2	Beneficios y desafíos para mejorar la integración eléctrica regional.....	160
3.7	Transiciones en las economías productoras.....	162
3.7.1	Equilibrio entre las perspectivas de demanda a corto y largo plazo.....	162
3.7.2	Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.....	165
3.7.3	Diversificación de las economías.....	167

3.8	Bioenergía: una oportunidad sostenible .....	169
3.8.1	Biocombustibles líquidos .....	169
3.8.2	Biogás y biometano .....	174
3.8.3	Suministro de bioenergía .....	176
3.9	Lograr cero emisiones netas: inversión y financiación .....	177
3.9.1	Fuentes de financiación .....	178
3.9.2	Desafíos y formas de movilizar más inversiones .....	180

## 4

### *Implicaciones para las transiciones a nivel global y la seguridad energética* **185**

4.1	El rol de América Latina y el Caribe en la configuración de las tendencias energéticas mundiales.....	186
4.1.1	Demanda de energía .....	186
4.1.2	Emisiones de CO <sub>2</sub> relacionadas con la energía .....	189
4.1.3	Emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del uso del suelo y la agricultura .....	190
4.2	El rol de ALC en alcanzar las transiciones energéticas a nivel global y el respaldo a la seguridad energética.....	194
4.2.1	Diversidad del suministro de combustibles fósiles.....	194
4.2.2	Hidrógeno de bajas emisiones, combustibles basados en el hidrógeno y productos relacionados.....	199
4.2.3	Minerales críticos .....	207

## 5

### *Perfiles energéticos regionales y nacionales* **209**

	Introducción.....	209
	América Latina y el Caribe.....	210
	Argentina .....	216
	Brasil .....	222
	Chile .....	228
	Colombia.....	234
	Costa Rica.....	240
	México .....	246
	Notas.....	252

## Anexos

Anexo A.	Tablas de proyecciones de escenarios .....	257
Anexo B.	Definiciones.....	271
Anexo C.	Referencias .....	293



## ***América Latina y el Caribe está bien posicionada para prosperar a medida que el mundo se adentra en una era de energías limpias***

**La forma en que América Latina y el Caribe utilice sus vastos recursos, determinará el futuro energético de la región y su papel en el sistema energético global.** América Latina y el Caribe constituye una región grande y diversa en términos de desarrollo económico y recursos naturales. Es rica en combustibles fósiles y energía renovable, así como en minerales críticos. Ya sea aprovechando los biocombustibles en Brasil, la energía hidroeléctrica en Brasil, Venezuela, México, Colombia, Argentina y Paraguay, o los recursos solares y eólicos de alta calidad en Brasil, México, Chile o Argentina; produciendo cobre o litio en Chile, Perú y Argentina, minerales esenciales para las tecnologías de energía limpia; o aprovechando los vastos recursos de petróleo y gas natural en Venezuela, Brasil, Colombia, Argentina, México o Guyana, América Latina y el Caribe está bien posicionada para prosperar a medida que avanza la transición hacia las energías limpias y para contribuir a la seguridad energética global y a los objetivos climáticos.

**Los combustibles fósiles representan alrededor de dos tercios de la matriz energética de la región, una cifra considerablemente inferior al promedio mundial del 80 %, gracias a la participación del 60 % de energías renovables en la generación de electricidad.** La energía hidroeléctrica por sí sola representa el 45 % del suministro eléctrico de la región. En Costa Rica y Paraguay, casi todo el suministro eléctrico proviene de fuentes renovables. Los combustibles fósiles dominan en muchos sectores de uso final y el petróleo es, en particular, el principal combustible utilizado en el transporte. Sin embargo, el porcentaje de biocombustibles en el transporte terrestre duplica la media mundial. América Latina y el Caribe representa el 5 % de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con la energía desde 1971, mientras que representó el 9 % del PIB mundial durante el mismo período. Hoy en día, la región es exportadora neta de petróleo crudo y carbón, pero importadora neta de productos derivados del petróleo y gas natural.

**América Latina y el Caribe representa hoy el 8 % de la población mundial y el 7 % de la economía global, pero puede desempeñar un papel fundamental en la nueva economía energética.** Con grandes recursos de petróleo y gas, la región puede ayudar a diversificar el suministro de petróleo y gas en el corto plazo. También está avanzando en el desarrollo y exportación de biocombustibles avanzados e hidrógeno de bajas emisiones, y está intensificando la producción de minerales críticos esenciales para las tecnologías de energía limpia. La región tiene todos los ingredientes para realizar transiciones seguras, asequibles y rápidas. Además, el éxito en América Latina y en el Caribe puede aportar muchos beneficios al mundo.

## ***Las transiciones hacia energías limpias ofrecen oportunidades para un crecimiento económico más sólido***

**La economía de América Latina y el Caribe está saliendo de un período de crecimiento lento en los últimos diez años.** La tasa de crecimiento de la región ha sido un tercio de la media mundial durante este período. La considerable carga de la deuda, los déficits fiscales, la elevada

inflación y la crisis energética mundial han frenado el crecimiento económico. Esto generó ecos de la llamada “década perdida” de los años 80, cuando el PIB regional creció lentamente en medio de crisis de deudas y caída de las inversiones.

**Se puede lograr un crecimiento económico más fuerte con políticas energéticas sólidas y desarrollo de los recursos.** Se espera que el crecimiento económico se recupere en la próxima década alcanzando más del doble del desarrollo económico observado durante la última década, a medida que los países fortalecen sus sectores industriales y de servicios, se centren en productos de mayor valor y aprovechen los enormes recursos energéticos y minerales de la región, lo que también impulsará la competitividad económica de los sectores que consumen mucha energía. Para atraer la inversión extranjera directa se necesitan diversas medidas, tales como implementar marcos regulatorios claros, simplificar los procedimientos administrativos y trabajar estrechamente con instituciones de desarrollo.

**Nuestro *Latin America Energy Outlook 2023 (Perspectivas Energéticas de América Latina 2023)* —el primer reporte de perspectivas de la AIE para la región— contiene un análisis en profundidad de las tendencias energéticas y climáticas a nivel nacional y regional, identificando oportunidades y retos clave, a medida que se recupera un crecimiento más sólido.** Este informe explora tres escenarios. Se centra en el Escenario de Políticas Declaradas (Stated Policies Scenario o STEPS), que refleja la configuración de las políticas actuales, y el Escenario de Compromisos Anunciados (Announced Pledges Scenario o APS), que presupone que todos los compromisos y objetivos se logren en su totalidad y a tiempo, incluidos los objetivos climáticos establecidos por las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional. El APS también refleja los compromisos de emisiones netas cero asumidos por 16 países (Antigua y Barbuda, Argentina, Barbados, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominica, República Dominicana, Granada, Guyana, Jamaica, Panamá, Perú, Surinam y Uruguay) que en conjunto cubren el 60 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) relacionadas con la energía y dos tercios del PIB de la región. Los avances también se comparan con el Escenario de Emisiones Netas Cero para 2050 (Net Zero Emissions by 2050 Scenario o NZE), que traza una vía para descarbonizar el sistema energético global a mediados de siglo.

## ***La electricidad limpia proporciona un trampolín para la transición de la región***

**Los amplios recursos renovables brindan una oportunidad para hacer que el sector eléctrico de América Latina y el Caribe, que ya es uno de los más limpios del mundo, sea aún más limpio.** Las fuentes de energía renovables superan el crecimiento de la demanda de electricidad en todos los escenarios. Con las políticas actuales, eleva su cuota de suministro de electricidad de poco más del 60 % hoy en día, a dos tercios en 2030 y al 80 % en 2050 con las políticas actuales. La energía hidroeléctrica, que ha sido la base del suministro eléctrico de la región durante décadas, proporciona hoy la mayor parte de la electricidad en Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Paraguay y Venezuela. Si bien sus perspectivas de crecimiento son más limitadas en el futuro debido a preocupaciones medioambientales y sociales, la energía hidroeléctrica representa

una enorme fuente de flexibilidad. Esto será fundamental, ya que la cuota de energía solar fotovoltaica y la eólica en la generación de electricidad se duplicará de aquí a 2030, desde un 11 % actualmente, hasta un 40 % en 2050. Brasil, México, Chile y Argentina lideran el desarrollo de energía solar fotovoltaica y eólica. El gas natural seguirá generando alrededor de una cuarta parte de la electricidad hasta 2030, mientras que el carbón y el petróleo disminuirán rápidamente. En el APS, la región acelera el cambio hacia las energías renovables, superando una cuota del 70 % en 2030, 10 años antes del STEPS, y más del 90 % en 2050.

**Integración regional ofrece ventajas adicionales en materia de seguridad y costes a medida que evoluciona la matriz eléctrica.** Aunque se conocen bien los beneficios y se han logrado avances con las interconexiones bilaterales y las centrales eléctricas de propiedad conjunta, el comercio transfronterizo de electricidad sigue siendo limitado en la actualidad. Nuestro análisis revela que los beneficios de una integración regional más sólida en América Latina y el Caribe aumentará debido a varios factores: vincular países con diferentes porcentajes de energía eólica y solar fotovoltaica reduce las necesidades de flexibilidad; aprovechar un conjunto más amplio de recursos disponibles mejora la flexibilidad del suministro; y conectar la demanda y el suministro de electricidad de diferentes zonas climáticas proporciona una mayor resiliencia a las condiciones cambiantes.

**La electricidad adquiere mayor protagonismo en la economía regional y es la forma de energía final de más rápido crecimiento en América Latina y el Caribe.** La demanda de electricidad crecerá un 90 % hasta 2050 con las políticas actuales y un 180 % si se cumplen todos los compromisos y objetivos, lo que duplica el porcentaje de electricidad en el consumo final total. Las energías renovables baratas de la región dan a la electricidad una ventaja de costes en muchas aplicaciones frente a otros combustibles, particularmente el gas natural en los países importadores. En el APS, el principal impulsor del crecimiento de la demanda de electricidad es la producción de hidrógeno, seguida de las edificaciones (incluidos los electrodomésticos y los aires acondicionados), la electrificación del transporte (con casi 16 millones de vehículos eléctricos, incluidos autobuses, en las carreteras en 2030) y el crecimiento de la industria para producir hierro y acero, aluminio y productos químicos más limpios. La demanda máxima de electricidad aumenta incluso más rápido que la demanda media en ambos escenarios, lo que pone en evidencia la necesidad de fortalecer la capacidad despachable y el almacenamiento para mantener la seguridad eléctrica.

### *Las políticas determinan el rumbo de la matriz energética en América Latina y el Caribe*

**Las políticas actuales se encaminan a un crecimiento modesto del uso de combustibles fósiles en la región a largo plazo, complementado con energías renovables.** A medida que la demanda total de energía supera el crecimiento de los combustibles fósiles, su proporción en la matriz energética cae del 67 % actual al 63 % en 2030 y al 54 % en 2050. En esta senda, el uso de petróleo experimenta un crecimiento modesto, y sigue siendo, por un margen grande, el combustible dominante en el transporte, a pesar de un mayor uso de biocombustibles y de la penetración de

vehículos eléctricos. El gas natural también continúa creciendo, con una nueva demanda proveniente de las industrias químicas y siderúrgicas en México, Argentina y Brasil, lo cual se suma al creciente uso en el transporte y la construcción, y a una demanda estable en el sector eléctrico. El carbón sigue siendo una pequeña parte de la matriz energética de la región a medida que disminuye su demanda, con reducciones en el sector eléctrico en Chile, Brasil y México compensadas en parte por un mayor uso en la industria. A pesar del crecimiento de los combustibles fósiles, las energías renovables cubren la gran mayoría de la nueva demanda de energía en la región con las políticas actuales, principalmente gracias a la expansión de la electricidad renovable y a una duplicación del uso de biocombustibles en el transporte y a un mayor uso de la bioenergía en la industria. Esto eleva la proporción de energías renovables del 28 % en 2022 a más del 40 % en 2050.

**Cumplir todos los compromisos y objetivos a tiempo marca un camino diferente para América Latina y el Caribe, que conduce a una disminución en el uso de combustibles fósiles en favor de fuentes de bajas emisiones.** En este camino, el consumo de cada combustible fósil alcanza su punto máximo en esta década y luego disminuye de forma constante. El uso de petróleo se reducirá a más de la mitad de aquí a 2050, donde la mayoría de las reducciones en el transporte se deberán a una mayor disponibilidad de transporte público, vehículos eléctricos, aumentos de la eficiencia y combustibles más limpios. Brasil lidera la expansión del uso sostenible de biocombustibles, mientras que Chile y México aumentan sus flotas de vehículos eléctricos. En esta senda, el uso de gas natural en la región disminuirá en un tercio para 2050, con las mayores reducciones presentándose en el sector eléctrico en Argentina, Brasil, México, Chile y Colombia. Descarbonizar la electricidad en estos países para cumplir los compromisos y los objetivos es también el principal motor para mayores reducciones en el uso de carbón y un crecimiento más rápido de las energías renovables en la región.

**Medidas de eficiencia energética en edificaciones, transporte e industria mantienen bajo control el crecimiento de la demanda de energía y, al mismo tiempo, generan una amplia gama de beneficios sociales.** Hasta la fecha, las políticas de eficiencia energética no están generalizadas en la región. Menos de un tercio de los países cuentan con estándares mínimos obligatorios de rendimiento energético para motores industriales o electrodomésticos, y pocos tienen códigos energéticos de construcción obligatorios. Una mejor cobertura de las normas de rendimiento en todos los sectores, estándares de economía de combustible más estrictas y códigos de construcción actualizados con referencia a la energía, reducirán el crecimiento del consumo de energía final en una quinta parte en 2030. La adopción de las mejores tecnologías disponibles para productos como los aires acondicionados modera el crecimiento de la demanda de energía con un coste mínimo o nulo para los consumidores.

### ***Los vastos recursos permiten un suministro dinámico y diversificado de combustibles tradicionales y más limpios en la región***

**América Latina y el Caribe produjo más de 8 millones de barriles de petróleo diarios (mb/d) en 2022, superando la demanda regional con un valor de producción de 230 mil millones de dólares, con más recursos disponibles para incrementar la producción.** Los mayores productores

de petróleo de la región en la actualidad (Brasil, México, Colombia, Venezuela y Argentina) se encuentran en diversas etapas de desarrollo de sus recursos. En Venezuela, la producción de petróleo ha disminuido en tres cuartas partes desde 2010; las fuentes convencionales en Argentina muestran signos de declive; la producción en Brasil aumentó cerca de un 40 % desde 2010 y en Guyana, la producción comenzó recientemente después de un aumento de los descubrimientos costa afuera. Incluyendo estos últimos, la región posee alrededor del 15 % de los recursos mundiales de petróleo y gas. Hasta 2030, la producción de petróleo en la región superará el crecimiento de la demanda, sumando alrededor de 2 mb/d de exportaciones netas. Brasil y Guyana aumentan su producción de petróleo en más de 1 mb/d, lo que les otorga dos de los tres mayores aumentos en exportaciones netas del mundo hasta 2035. Sin embargo, cualquier nuevo proyecto se enfrentaría a importantes riesgos comerciales si el mundo está en camino de alcanzar las emisiones netas cero en 2050, ya que la demanda de petróleo disminuye rápidamente.

**La región produjo alrededor del 5 % del gas natural a nivel mundial en 2022, pero es un importador neto de gas y lo sigue siendo en las perspectivas a pesar de sus grandes recursos.** La producción de gas natural disminuye ligeramente en la región hasta 2030 bajo las políticas actuales, lo que aumenta las importaciones netas. Si se cumplen plenamente los compromisos y los objetivos, incluido el de reducir la quema y las emisiones de metano, la producción de gas natural disminuirá constantemente, pero la demanda caerá más rápido, particularmente después de 2030, lo que reducirá las balanzas de importación en 30 mil millones de metros cúbicos (mmc) en 2050 respecto al nivel actual. Argentina amplía la producción de gas en ambos casos mediante la explotación de recursos no convencionales, y consume la mayor parte del gas en la región. La producción cae en varios otros países, en particular en Trinidad y Tobago. Argentina, Brasil, México, Colombia y Venezuela tienen más recursos de gas que podrían explotarse si estuviese justificado por una mayor demanda, unos precios de mercado atractivos y unos costes de producción inferiores a los previstos.

**América Latina y el Caribe tienen un enorme potencial para aumentar la producción de combustibles bajos en emisiones.** La bioenergía es una industria en crecimiento en la región y los biocombustibles, en particular, pueden ayudar a cumplir los objetivos climáticos y de seguridad energética. Brasil es un destacado productor y consumidor de biocombustibles, y el bioetanol se utiliza en gran medida en el transporte terrestre. Con un mayor apoyo político, el uso de biogás y biometano también podría expandirse en la generación de electricidad y el transporte. Los biocombustibles avanzados tienen un gran potencial, como la exportación económicamente competitiva de queroseno para biojet. Con abundantes recursos de energía renovable, la región tiene el potencial para convertirse en un importante productor de hidrógeno y otros combustibles relacionados de bajo costo y bajas emisiones, particularmente en Argentina, Brasil, Colombia y Chile. Ya hay anuncios de importantes proyectos de hidrógeno de bajas emisiones. Más allá de las aplicaciones tradicionales del hidrógeno, como para la refinación y para los químicos, el hidrógeno de bajas emisiones también permitiría reducir las emisiones en otras aplicaciones industriales. Por ejemplo, desarrollar hierro de bajas emisiones y a un costo competitivo podría dar un importante impulso a la economía regional y atraer inversiones extranjeras.

## *Las transiciones mundiales abren grandes mercados para América Latina y el Caribe*

**Los abundantes recursos minerales ofrecen oportunidades para diversificar el suministro mundial y generar crecimiento económico, al tiempo que permiten transiciones hacia unas energías limpias a nivel mundial.** La región tiene al menos un tercio de las reservas mundiales de litio, cobre y plata. Los ingresos por la producción de minerales críticos (grafito, bauxita, níquel, zinc, litio, cobre y neodimio) ascendieron a unos US\$ 100 mil millones en 2022. En el APS, superarán los ingresos procedentes de la producción de combustibles fósiles antes de 2050. Las exportaciones de cobre y litio serán especialmente significativas: el cobre como componente esencial de las redes eléctricas, que deben fortalecerse y ampliarse, y el litio para impulsar la adopción de vehículos eléctricos y el almacenamiento en baterías a medida que se integran energías renovables más variables en los sistemas energéticos.

**La región tiene recursos que la sitúan en una buena posición para un sistema energético cambiante, desde petróleo de formaciones compactas y gas de esquisto (*shale gas*) hasta energías renovables, minerales y metales.** Avanzar en la cadena de valor desde las exportaciones de minerales en bruto y menas hasta producir materiales refinados y procesados puede beneficiar a la economía de la región y fomentar el desarrollo tecnológico. Los productores deben ser ágiles y leer bien los mercados para aprovechar nuevas oportunidades. En todos los casos, unas normas estrictas en cuestiones medioambientales, sociales y de gobernanza —incluida la atención a las emisiones de metano— marcarán enormes diferencias en las perspectivas.

### *Para cumplir los objetivos nacionales y aprovechar las oportunidades globales, la región debe cerrar las brechas en políticas, aumentar la inversión y poner a las personas en el centro de sus estrategias.*

**Existe una brecha de implementación significativa en América Latina y el Caribe, ya que las políticas actuales conducen a un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> mientras que los compromisos climáticos exigen recortes profundos.** Es necesario cubrir los vacíos en las políticas para cerrar la brecha entre la trayectoria de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el STEPS, que aumentan de 1660 millones de toneladas (t) hoy a 1850 t en 2050, y el APS, donde estas emisiones caen por debajo de 800 t para 2050. Nuestro análisis señala que las energías renovables, la electrificación, la eficiencia energética y otras medidas para reducir la demanda son las áreas claves que requieren mayor atención por parte de los responsables políticos y medidas de aplicación más sólidas.

**Además de la energía, los enfoques para reducir las emisiones en la región también deben prestar suma atención al uso del suelo y a la agricultura.** Hoy en día, el uso del suelo y la agricultura producen el 45 % de las emisiones regionales de GEI. Tras décadas de pérdida de la cubierta arbórea, los compromisos del APS conducen a una reducción del 80 % de la deforestación de bosques primarios para 2030 y a un crecimiento forestal neto de 100 millones de hectáreas para 2050. Junto con mejores prácticas de gestión de recursos, el uso de la tierra y la agricultura alcanzan las emisiones netas cero de gases de efecto invernadero de aquí a 2030, y los esfuerzos de forestación en Brasil y México desempeñarán un papel clave.

**La inversión en energía limpia necesita un gran impulso para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones relacionadas con la energía y aprovechar las oportunidades internacionales.** En el APS, la inversión en energía limpia se duplicará de aquí a 2030, hasta alcanzar los 150 mil millones de dólares, y se quintuplicará de aquí a 2050. La relación entre inversión en fuentes limpias y combustibles fósiles sin captura de carbono integrada aumenta de aproximadamente 1:1 hoy a 4:1 durante la década de 2030. Atraer capital privado será fundamental para lograrlo, pero entre los desafíos figuran altos costes de financiación, inestabilidad política y regulatoria, y una limitada capacidad crediticia nacional. Superar estos obstáculos requiere políticas de apoyo, soluciones personalizadas como instrumentos de cobertura, y más financiamiento concesional, especialmente para la eficiencia energética y las tecnologías emergentes.

**Una transición inclusiva y centrada en las personas exige el acceso universal a la energía moderna a precios asequibles.** América Latina y el Caribe cuenta con uno de los niveles más altos de desigualdad de ingresos: el 10 % más rico de la población concentra el 40 % de las emisiones totales. Alrededor de 17 millones de personas siguen sin acceso a la electricidad y 74 millones carecen de acceso a una cocina no contaminante. Más esfuerzos son necesarios para lograr el acceso universal en ambos frentes. La energía asequible también es una preocupación importante. Una transición más rápida hacia la energía limpia podría reducir los costes energéticos para los hogares, facilitando la eliminación de los subsidios a los combustibles fósiles. Sin embargo, los grupos con ingresos más bajos pueden necesitar ayuda, dados los mayores costes iniciales de algunas tecnologías de energía limpia. La transición hacia energías limpias también ofrece nuevas oportunidades de empleo para los trabajadores de la región, ya que se prevé que los puestos de trabajo en el sector energético aumenten más de un 15 % hasta 2030, especialmente en las tecnologías de energía limpia y en el sector de los minerales críticos.



## Situación actual

### Una potencia mundial en energía limpia lista para dar el gran salto

#### R E S U M E N

- *El Latin America Energy Outlook 2023 (Prospectivas Energéticas de América Latina 2023)* es la primera prospectiva de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) para la región. Este contiene un análisis regional y nacional profundo de las prospectivas energéticas, las oportunidades y los desafíos claves en esta vasta y diversa región que es el hogar del 8 % de la población mundial, el 7 % del producto interno bruto (PIB) mundial y alrededor del 6 % de la oferta y demanda mundial de energía.
- La economía de América Latina y el Caribe (ALC) es intensiva en recursos naturales y su alto nivel de dependencia de estos, como por ejemplo los combustibles y los minerales, expone su economía a la volatilidad de los mercados internacionales y las fluctuaciones de precios. Buscar oportunidades en la nueva economía energética podría ayudar a impulsar su desarrollo económico. Gracias a su sector energético de bajas emisiones, sus recursos minerales críticos y su potencial para el desarrollo de energías limpias, la región podría desempeñar un papel clave en la transición hacia una energía limpia. Se necesitan altos estándares ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) para aprovechar esta oportunidad.
- ALC es rica en recursos energéticos que engloban desde la energía hidroeléctrica hasta el gas no convencional. Existe un potencial significativo para un mayor desarrollo de la bioenergía y de los recursos solares y eólicos de alta calidad. Brasil, México, Argentina y otros países son importantes productores de petróleo y gas. Algunos productores, como Venezuela, se enfrentan a una disminución de la producción, mientras que otros, como Guyana, están experimentando un aumento. Colombia es el principal proveedor de carbón de la región y Chile, Perú, Argentina y Brasil producen grandes volúmenes de minerales críticos como litio, cobre y grafito.
- Hasta la fecha, la región solo representa el 5 % de las emisiones globales acumuladas de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía. Esto refleja la dependencia histórica que el sector eléctrico tiene de la energía hidroeléctrica. Sin embargo, los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente de energía y el petróleo se mantiene como el combustible predominante en muchos países, principalmente para su uso en el transporte y la industria.
- ALC presenta uno de los niveles de desigualdad de ingresos más altos del mundo. Esto queda reflejado en el perfil de emisiones relacionadas con la energía, en donde el 10 % más rico de la población representa el 40 % de las emisiones totales, mientras que alrededor de 17 millones de personas todavía carecen de acceso a la electricidad. Para que sea justa, la transición debe garantizar el acceso universal a la energía moderna a precios asequibles y debe incluir a las comunidades y los grupos étnicos.

- La mitad de los países de la región se han comprometido a lograr cero emisiones netas para mediados de siglo o antes. Representan alrededor del 65 % del PIB de la región y el 60 % de sus emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía. La región necesita impulsar la inversión en tecnologías de energía limpia para alcanzar sus objetivos de reducción de las emisiones relacionadas con la energía. Los esfuerzos para reducir las emisiones en la región también deben centrarse en la agricultura y el cambio de uso del suelo, que representan el 25 % y el 20 % de sus emisiones totales de gases de efecto invernadero respectivamente, lo que resalta la importancia de hacer frente a la deforestación.

## 1.1 Panorama general

América Latina y el Caribe (ALC) es una región diversa que alberga alrededor del 8 % de la población mundial y genera aproximadamente el 7 % del producto interno bruto (PIB) mundial. Alrededor del 8 % de la población es indígena. La región abarca aproximadamente el 15 % de la superficie terrestre desde México hasta el extremo sur de la Patagonia. Cuenta con ecosistemas importantes y diversos como la cuenca del río Amazonas, las montañas de los Andes, el desierto de Atacama, los pastizales de los Llanos y las Pampas, y los altiplanos de Brasil y Guyana. Tiene una de las tasas de urbanización más altas del mundo, alrededor del 82 %, y la mayoría de sus ciudades y su actividad económica se concentran a lo largo de las costas.

Los países de ALC son responsables de aproximadamente el 6 % del total de la oferta y la demanda de energía a nivel mundial y de las emisiones relacionadas. Las energías renovables, principalmente la hidroeléctrica (45 %), generan más del 60 % de su electricidad, lo que convierte a su sector eléctrico en uno de los menos intensivos en carbono del mundo. En Costa Rica y Paraguay, casi el 100 % del suministro eléctrico procede de fuentes renovables (Tabla 1.1). La región tiene una floreciente industria bioenergética que creció un 30 % en la última década.

Las energías renovables ofrecen una gran oportunidad para la región, que cuenta con extensos litorales para la energía eólica, mucho sol para la energía solar, un gran potencial geotérmico a lo largo de los Andes y caudalosos ríos para la energía hidroeléctrica. Sin embargo, para aprovechar al máximo este potencial, es necesario transportar la energía renovable a través de grandes distancias y terrenos accidentados que separan los lugares en los que se encuentran los mejores recursos renovables de los centros de población y actividad económica. En el sector eléctrico, la inversión en energías renovables ha sido históricamente mayor que la de los combustibles fósiles. Sin embargo, la inversión general en el suministro de petróleo y gas natural sigue siendo mayor que todo el gasto en el sector energético, aunque la brecha se está reduciendo.

ALC posee el 15 % de los recursos mundiales de petróleo y gas, y menos del 1 % de los recursos mundiales de carbón. También alberga grandes recursos de petróleo y gas no convencionales, como el petróleo de formaciones compactas y el gas de lutita, en cuyo desarrollo se está trabajando de forma activa en Argentina. En la región están representadas tanto economías consumidoras como productoras netas de hidrocarburos: Brasil, Venezuela y Colombia se encuentran entre los principales exportadores de petróleo, mientras que Chile, la República

Dominicana y Panamá son algunos de los países que dependen en gran medida de las importaciones de petróleo y gas para satisfacer la demanda interna de energía.

**Tabla 1.1 ▶ Indicadores clave de determinados países de ALC e indicadores totales de la región, 2022**

	Población (millones de personas)	PIB per cápita miles de USD (2022, PPA)	Combustibles fósiles en STE	Renovables en la generación de electricidad	Tasa de dependencia de las importaciones	
					Petróleo	Gas
Argentina	46,0	27	85%	33%	0,07	-0,15
Bolivia	12,2	10	84%	38%	-0,36	0,76
Brasil	215,3	18	46%	88%	0,30	-0,40
Chile	19,8	29	69%	59%	-0,98	-0,81
Colombia	51,9	19	73%	78%	0,63	
Costa Rica	5,2	25	50%	99%	-1,00	
Cuba	11,2	N/A	85%	5%	-0,66	
República Dominicana	11,2	23	89%	17%	-0,99	-1,00
Ecuador	18,0	13	81%	81%	0,55	
El Salvador	6,3	11	52%	84%	-1,00	-1,00
Guatemala	17,3	11	37%	70%	-0,94	
Guyana	0,8	42	95%	2%	0,67	-0,89
Haití	11,6	3	25%	13%	-1,00	
Honduras	10,4	7	52%	61%	-0,97	
Jamaica	2,8	12	91%	13%	-1,00	-1,00
México	129,8	23	89%	19%	0,21	-0,56
Nicaragua	6,9	7	42%	69%	-0,96	
Panamá	4,4	37	76%	78%	-1,00	-1,00
Paraguay	6,8	16	29%	100%	-0,97	
Perú	34,0	15	73%	62%	-0,42	0,35
Suriname	0,6	18	89%	49%	-0,09	
Trinidad y Tobago	1,5	28	100%	0%	0,72	0,35
Uruguay	3,4	28	44%	85%	-0,93	-1,00
Venezuela	28	9	81%	80%	0,70	
<b>ALC</b>	<b>658</b>	<b>18</b>	<b>67%</b>	<b>61%</b>		

Notas: PIB expresado en dólares estadounidenses del año 2022 en términos de paridad de poder adquisitivo (PPA); STE = suministro total de energía; las energías renovables incluyen la geotérmica, la hidroeléctrica, la marina, la bioenergía moderna y los residuos renovables, la solar y la eólica; la dependencia de las importaciones se representa como la relación entre las importaciones netas y la demanda para los importadores netos y las exportaciones netas y la producción para los exportadores netos. Por ejemplo, en el caso de Guyana, país exportador neto de petróleo, su dependencia de las importaciones de petróleo se correspondería con las exportaciones netas de petróleo (3,9 millones de toneladas equivalentes de petróleo [Mtep]) divididas entre la producción de petróleo (5,9 Mtep). La tasa de dependencia de las importaciones se basa en datos de 2021.

Fuentes: Las estimaciones de población de la Agencia Internacional de la Energía se basan en el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (2022), en el Banco Mundial (2023a) y en las bases de datos y análisis de la Agencia Internacional de la Energía. El PIB se basa en Oxford Economics (2023a) y en el FMI (2023a). Los combustibles fósiles en STE y las renovables en electricidad son estimaciones basadas en datos que la Agencia Internacional de la Energía publicó en *World Energy Balances* (IEA, 2023a).

ALC es una de las regiones más democráticas (Economist Intelligence, 2023); sin embargo, tiene uno de los niveles más altos de desigualdad de ingresos del mundo. Más de 15 países de ALC suelen tener un coeficiente de Gini<sup>1</sup> superior a 40 y 17 millones de personas todavía carecen de acceso a la electricidad. Hasta ahora, los planes de integración regional como el MERCOSUR, la CAN, la OLADE y el SICA<sup>2</sup> han tenido poco éxito en términos energéticos, con la notable excepción del diseño y la puesta en marcha del Mercado Eléctrico Regional en América Central.

Por supuesto, los desafíos varían de un país a otro, pero, a grandes rasgos, incluyen la corrupción generalizada (las puntuaciones de 30 o inferiores en el índice de percepción de la corrupción<sup>3</sup> no son una excepción), la falta de transparencia y datos abiertos, y las altas tasas de desempleo y empleo informal. Estos desafíos afectan a los servicios energéticos y a las perspectivas de desarrollo. Por ejemplo, a pesar de los riesgos que implica, el robo de cables de cobre y de petróleo procedente de los oleoductos es común. La región de América Latina y el Caribe ha sido víctima de una inversión insuficiente en energía durante muchas décadas; asimismo, la elevada deuda limita la capacidad de los gobiernos para acelerar la transición hacia una energía limpia. La mejora de las alianzas regionales e internacionales puede ayudar a la región a superar muchos de estos desafíos y a reforzar su papel en la economía energética mundial.

ALC se encuentra en una posición única que puede permitirle convertirse en un ejemplo de desarrollo sostenible y progreso si logra superar los desafíos que se interponen en su camino. En concreto, la región tiene grandes oportunidades de utilizar sus recursos naturales para convertirse en un líder en la producción de hidrógeno de bajas emisiones y el desarrollo de minerales críticos. Esto, a su vez, podría ser de ayuda para su reindustrialización y su diversificación. Es necesario fortalecer las prácticas de extracción y producción responsables para proteger el medio natural y las comunidades locales e indígenas, así como para gestionar adecuadamente el uso del suelo y la deforestación ante los puntos de inflexión a los que han llegado los ecosistemas, como la sabanización en el Amazonas y la extinción de los arrecifes de coral.

El *Latin America Energy Outlook 2023* es el primer análisis a fondo de la Agencia Internacional de la Energía sobre las perspectivas energéticas específico para la región. En él se examinan las perspectivas sobre la demanda y la oferta de energía y sobre las emisiones relacionadas y se analizan oportunidades claves para reforzar su papel en la nueva economía energética mundial emergente. De acuerdo con la práctica internacional estándar, ofrece datos y proyecciones en materia de energía para toda América Latina y el Caribe. Sin embargo, este análisis se centra concretamente en América Latina. El Caribe es una subregión importante por derecho propio, con sus propios desafíos y oportunidades específicas relacionadas con la energía (Recuadro 1.5).

<sup>1</sup> El coeficiente de Gini mide la diferencia entre la distribución de los ingresos de las personas o los hogares y una distribución perfectamente equitativa. Un valor de 0 representa igualdad absoluta, mientras que uno de 100 representa el mayor grado posible de desigualdad. La puntuación más alta para cualquier país del mundo en 2022 fue 63.

<sup>2</sup> MERCOSUR = Mercado Común del Sur; CAN = Comunidad Andina; OLADE = Organización Latinoamericana de Energía; SICA = Sistema de la Integración Centroamericana.

<sup>3</sup> El índice de percepción de la corrupción (IPC) de un país es el nivel percibido de corrupción en el sector público en una escala de 0 a 100, donde 0 significa muy corrupto y 100, muy limpio. En 2022, Dinamarca consiguió la puntuación más alta, 90, mientras que Somalia obtuvo 11 (Transparency International, 2023).

Este informe está estructurado en cinco capítulos. En este capítulo inicial se analiza la evolución de los panoramas energético y económico de América Latina a lo largo de las décadas y su situación actual. En el segundo, se presentan las perspectivas sobre la demanda energética, la generación de electricidad y el suministro de energía en diferentes escenarios del *World Energy Outlook (WEO)* (Perspectivas de la energía en el mundo) de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2023b). En el tercero, se detallan nueve temas importantes para el sector energético. En el cuarto capítulo, se analizan las consecuencias mundiales de las perspectivas energéticas para ALC y se resalta su importancia en términos de objetivos energéticos y climáticos. Por último, en el capítulo cinco, se presenta un perfil detallado de la región, así como los perfiles nacionales de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y México. En la web de la Agencia Internacional de la Energía se pueden consultar versiones más completas de estos perfiles: <https://www.iea.org/>

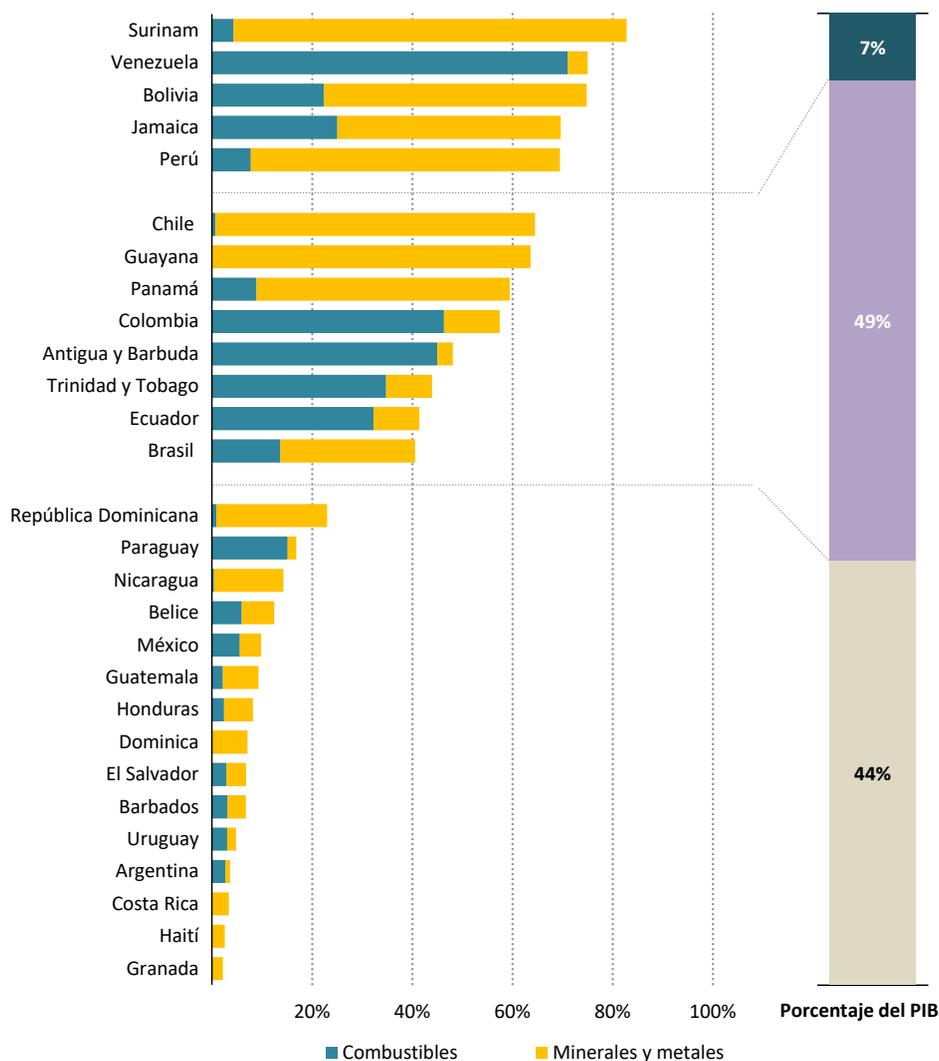
### 1.1.1 Economía

La estrategia económica de ALC en la década de 1950 trató de reducir la dependencia de las importaciones y desarrollar las comunidades rurales. Esto conllevó una expansión de la clase media, especialmente en Argentina, Brasil y México, así como una rápida urbanización. En las últimas décadas, la economía de la región ha experimentado una ola de desregulación y privatización con el objetivo de estimular la actividad económica y aumentar las exportaciones. No obstante, su continuo alto grado de dependencia de las exportaciones de materias primas implica que la región sigue expuesta a perturbaciones económicas (Figura 1.1).

Hoy en día, la economía de América Latina y el Caribe está estrechamente ligada a la producción de materias primas (combustibles, minerales, entre otros), alimentos para exportación (como soja y carne de vacuno) y productos básicos (UNCTAD, 2022). La región se ve afectada en gran medida por los mercados internacionales, las divisas y los ciclos de precios. En la conocida como «década perdida» de la región, de 1980 a 1990 aproximadamente, las crisis de endeudamiento y la caída de la inversión afectaron a la producción industrial en muchos países de ALC mientras que el PIB regional se mantuvo relativamente estable en torno a los US\$ 5 billones. Desde entonces, la región ha experimentado un crecimiento y un progreso significativos: la economía regional se ha duplicado con creces en las tres décadas transcurridas desde 1990 hasta situarse en torno a los US\$ 12 billones en 2022. La mayor parte de este crecimiento se produjo a mediados de la década de los 2000, cuando los precios altos de las materias primas contribuyeron al aumento de la inversión y de la productividad. Tradicionalmente, ALC se ha beneficiado de los superciclos mundiales de las materias primas, pero estos han tendido a desviar la atención de la necesidad de adoptar reformas importantes para mantener el crecimiento a largo plazo.

Tras el inicio de la pandemia mundial del COVID-19 en 2020 y la invasión de Ucrania por parte de la Federación de Rusia (en adelante, Rusia) en 2022, la economía de ALC vuelve a mostrar indicios de desaceleración, aunque no de manera homogénea en todos los países. La tasa de crecimiento anual del PIB de la región cayó del 7 % entre 2020 y 2021 al 4 % entre 2021 y 2022, y las primeras estimaciones muestran una nueva caída en la tasa de crecimiento en 2023. Si bien las presiones sobre los precios que acompañaron a la crisis energética mundial de 2022 parecen haber alcanzado su punto máximo, la inflación subyacente sigue siendo persistentemente alta y su repercusión en los precios de los alimentos afecta a los más vulnerables (Recuadro 1.1).

**Figura 1.1** ▶ Participación de materias primas en las exportaciones totales de mercancías y el PIB por país en ALC, 2021



IEA. CC BY 4.0.

*Las economías de ALC están muy expuestas a las exportaciones de productos básicos; los países donde los productos básicos suponen más de 1/3 de sus exportaciones representan el 56 % del PIB regional*

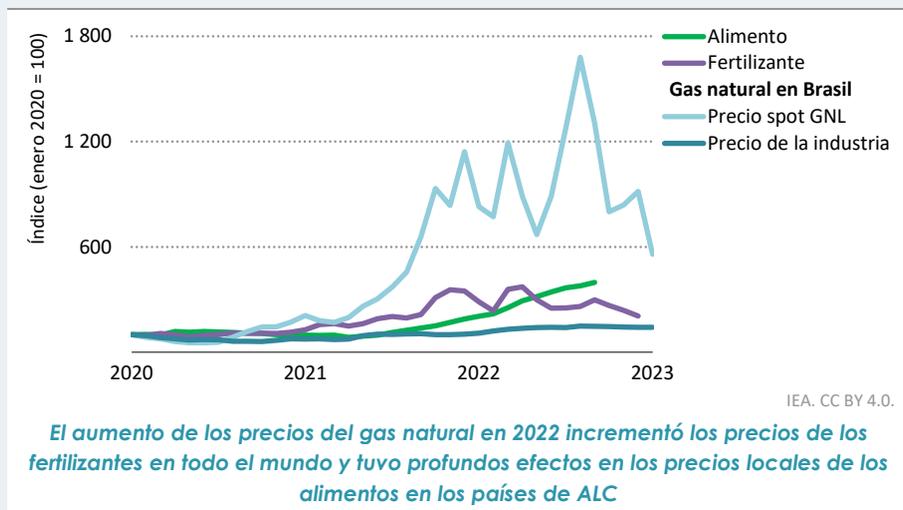
Nota: La representación del PIB en la barra de la derecha corresponde con la contribución de cada grupo de países al PIB total de la región.

Fuentes: Análisis de la Agencia Internacional de la Energía basado en datos de la UNCTAD sobre el comercio de mercancías de los países (2022). Los datos del PIB se basan en Oxford Economics (2023b) y el FMI (2023b).

### Recuadro 1.1 ▶ Repercusión de la invasión de Ucrania por parte de Rusia en los precios de los alimentos en ALC

Los países de ALC exportan alrededor del 10 % de su producción total de los principales cereales (maíz, arroz, trigo y cebada), principalmente de Argentina. En cuanto al cultivo de plantas oleaginosas (p. ej., soja, frutas y verduras), la región es una fuente de exportaciones todavía más rica, ya que produce entre un 25 % y un 60 % más que su consumo interno. En cuanto al café, ALC representa casi el 60 % de la producción mundial de café, siendo Brasil y Colombia productores particularmente importantes. A pesar de esta abundante oferta interna de alimentos, muchas personas pasan hambre en la región: el 6,5 % de la población regional sufrió desnutrición en 2022; el 37,5 %, se enfrenta a una inseguridad alimentaria moderada o grave; y otro 13 %, a una inseguridad alimentaria grave (UN FAO, 2023a).

### Figura 1.2 ▶ Índices de precios de los alimentos, los fertilizantes y el gas natural de ALC



Notas: GNL = gas natural licuado. El precio de referencia de los fertilizantes se corresponde con el precio CFR al contado de Urea Brazil Granular (CFR = costo y flete). El precio de referencia de los alimentos se corresponde con los datos de inflación de los precios de los alimentos de UN FAO (2023b) para América Latina y el Caribe. El precio de referencia del gas natural (Brasil, precio al usuario final de la industria) se corresponde con un promedio de los precios regulados para usuarios industriales de diversos tamaños. El precio de referencia del gas natural (Brasil, precio al contado del GNL) se corresponde con el precio de importación del GNL.

Una cuestión importante en este contexto es la dependencia de ALC de las importaciones de fertilizantes para la producción de alimentos y, en particular, de las importaciones de urea y otros fertilizantes granulados que se suelen utilizar cuando la facilidad de transporte y uso son factores claves. La importancia de esta dependencia se vio amplificada por la crisis energética relacionada con la invasión de Ucrania por parte de Rusia. Los precios de los fertilizantes nitrogenados minerales están estrechamente relacionados con los precios del gas natural, ya que el combustible representa entre el 70 % y el 80 % del costo de producción (Figura 1.2). La invasión por parte de Rusia hizo que los precios al contado del gas natural licuado (GNL)

internacional y de los centros europeos alcanzasen máximos históricos, lo que provocó enormes aumentos en los precios de los fertilizantes en los mercados mundiales. En el primer semestre de 2022, el precio de las importaciones de fertilizantes a ALC aumentó casi un 190 % en comparación con el mismo período de 2021, mientras que el volumen comercializado solo aumentó un 4 % (IICA, 2023). Por ejemplo, México experimentó un aumento de hasta un 300 % en los precios de los fertilizantes (El Economista, 2023). La producción nacional de fertilizantes se vio gravemente afectada por el aumento del precio del gas natural, lo que provocó una mayor dependencia de las importaciones. Brasil se convirtió en el mayor importador mundial de fertilizantes granulados por primera vez en 2021, mientras que Argentina ingresó entre los diez mayores importadores en 2020 (IFA, 2023).

Las actuales crisis energéticas y alimentarias a nivel mundial tienen implicaciones tanto a corto como a mediano plazo. Los gobiernos tendrán que decidir cómo reaccionar. A corto plazo, los responsables de las políticas en ALC podrían centrarse en diseñar estructuras de apoyo sostenibles para proteger a los ciudadanos más vulnerables de los altos precios de los alimentos. A mediano plazo, podrían animar a los productores de alimentos a aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes y redoblar los esfuerzos para reemplazar el uso de combustibles fósiles en la cadena de suministro de alimentos con fuentes de energía seguras y sostenibles.

Estas presiones, junto con los desafíos institucionales y la competencia internacional, amenazan con conducir a una segunda década perdida para la región (Figura 1.4) (CEPAL, 2023a). No obstante, ALC aún podría recuperarse, especialmente si es capaz de frenar las altas tasas de inflación y capitalizar su potencial como centro clave para el emergente sistema global de energía limpia (Recuadro 1.2). La reindustrialización de la región para producir bienes procesados o refinados y de valor añadido es uno de los principales desafíos regionales en la actualidad.

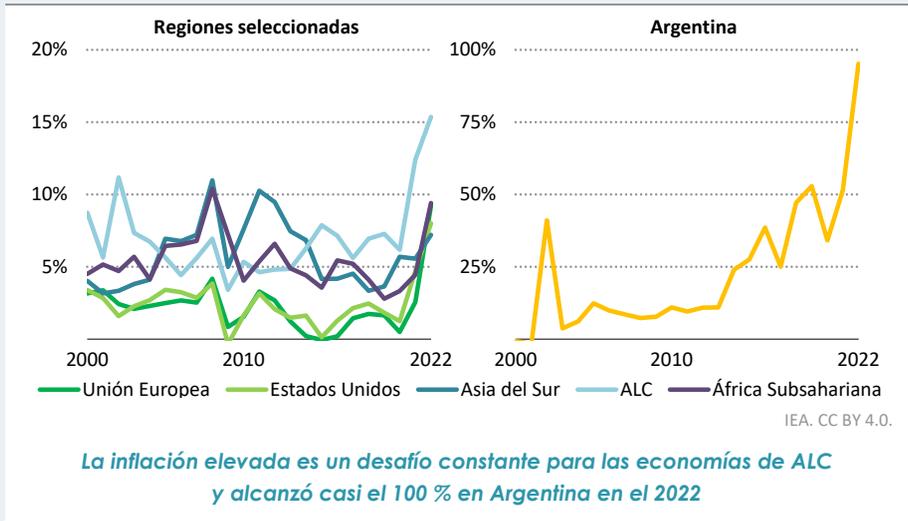
### **Recuadro 1.2 ▶ La inflación está en máximos históricos en ALC**

La inflación es una preocupación para los asalariados y pensionistas, cuyos ingresos y riqueza se deterioran en términos reales cuando las indexaciones son lentas o parciales; también lo es para los inversionistas que buscan flujos de efectivo predecibles y que quizá sean cautelosos a la hora de endeudarse. La inflación elevada constituye un problema recurrente en la mayoría de las economías de ALC y un impedimento clave para un mayor crecimiento económico. ALC (excluida Venezuela) registró una tasa de inflación anual promedio del 7 % entre 2000 y 2022, en comparación con el 5,9 % del sur de Asia, el 5,4 % del África subsahariana, el 2,5 % de los Estados Unidos y el 2,3 % de la Unión Europea (Figura 1.3). Después de haber aumentado a alrededor del 15 % en 2022, la inflación en las economías de ALC se reducirá a menos del 12 % en 2023 (frente a la cifra mundial, que se acerca al 7 %), pero esta disminución refleja caídas en los precios de las materias primas más que avances en la reducción de la inflación subyacente.

Este problema es más grave en unos países que en otros. Es particularmente importante en Argentina, donde la inflación superó el 50 % en 2021 y alcanzó casi el 100 % en 2022. Esta cifra fue 16 veces la inflación anual de Brasil en 2022, 12 veces la de México y 7 veces la de Colombia. La inflación fue más baja entre principios de la década de los 2000 y principios de

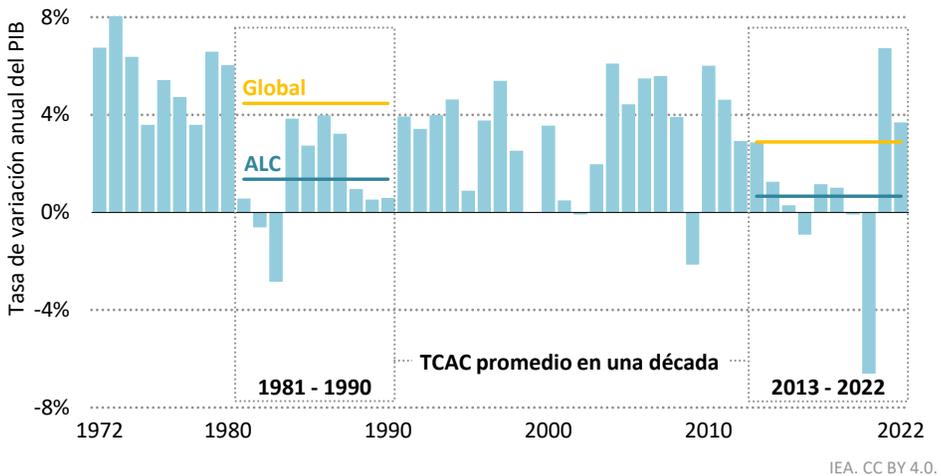
la de 2010, con un promedio del 9 % entre 2003 y 2013, pero alcanzó casi el 25 % en el 2014 y, desde entonces, ha estado constantemente por encima de esta cifra.

**Figura 1.3** ▶ La inflación anual en determinados países y regiones, 2000-2022



Nota: Inflación medida por el Índice de Precios al Consumidor. En este gráfico, ALC no incluye Venezuela. El sur de Asia incluye Afganistán, Bangladesh, Bután, la India, Maldivas, Nepal, Pakistán y Sri Lanka. Fuentes: CEPAL (2023b); FMI (2023c), y Banco Mundial (2023a).

**Figura 1.4** ▶ Tasa de variación anual del PIB en ALC, 1972-2022

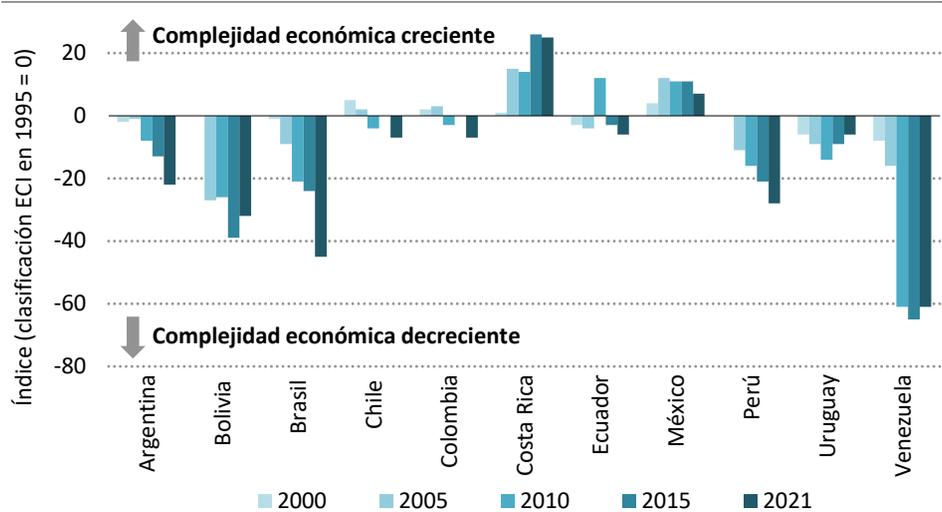


**La tasa promedio de crecimiento del PIB en los últimos diez años es de aproximadamente la mitad de la tasa de crecimiento que tuvo la región en la «década perdida» de 1980**

Nota: TCAC = tasa de crecimiento anual promedio compuesta.

El papel de ALC en la economía global ha cambiado con el tiempo. Algunos países están exportando menos bienes procesados y de valor añadido que hace tres décadas. En su lugar, se han convertido en exportadores de productos agrícolas crudos, petróleo crudo, gas natural y minerales y metales sin procesar, lo que ha reducido la complejidad de sus economías internas y ha obstaculizado significativamente sus perspectivas de acceder a los mercados para comerciar con bienes de valor añadido (Figura 1.5). Con la excepción de Costa Rica y México, que han logrado diversificar sus exportaciones hasta cierto punto, el resultado es que la mayoría de las principales economías de la región han simplificado la naturaleza de los bienes que exportan y han reducido la complejidad de sus economías internas (Harvard University, 2023). Esto conlleva el riesgo de que queden atrapados en una relación centro-periferia con economías más industrializadas en donde se llevan a cabo operaciones avanzadas de fabricación, procesamiento y refinación.

**Figura 1.5** ▸ Cambio relativo en las clasificaciones de complejidad económica de determinados países de ALC, 1995- 2021



IEA. CC BY 4.0.

*Muchas economías de ALC han perdido complejidad con el tiempo, con un cambio en las exportaciones, que pasan de productos de valor añadido a materias primas y productos básicos*

Notas: ECI = índice de complejidad económica, que es un índice para clasificar los países según la diversificación y complejidad de su cesta de exportaciones. Cada año histórico se representa como una caída o un aumento en las clasificaciones en relación con 1995.

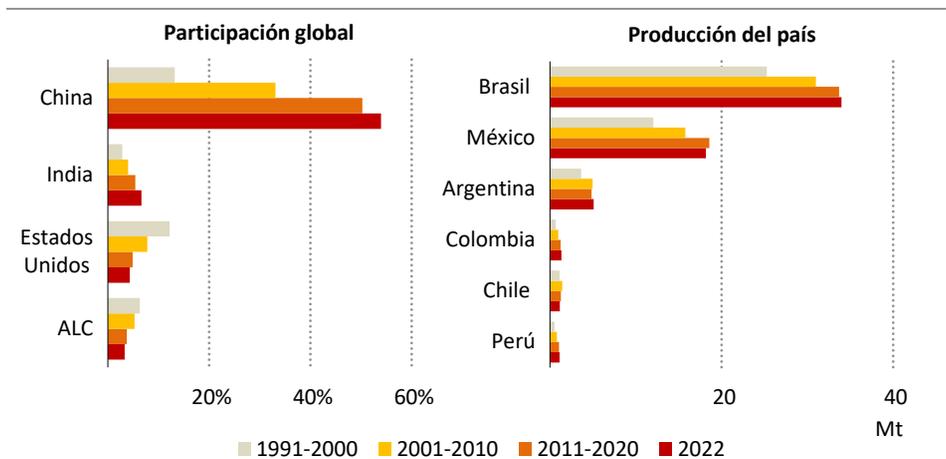
Fuente: Análisis de la AIE a partir de datos de la Universidad de Harvard (Harvard University, 2023).

Las exportaciones de cobre de Chile son un ejemplo de ello. Hace una década, el cobre refinado y las aleaciones de cobre representaban alrededor del 30 % de sus ingresos de exportaciones, lo que lo convirtió en la mayor fuente de ingresos de exportaciones de Chile en el 2010. Sin embargo, en el 2021, casi el 30 % de sus ingresos por exportaciones provenían del mineral de cobre y del cobre sin refinar, mientras el porcentaje del cobre refinado y las aleaciones de mayor valor había

caído al 19 % (Harvard University, 2023). En otros países de ALC, se han observado tendencias similares.

Una consecuencia de este cambio hacia economías menos complejas a lo largo del tiempo ha sido la caída en las exportaciones de bienes de valor elevado. Debido, en parte, al aumento de los costos de la energía, toda la región de ALC ha venido perdiendo participación en el mercado global de bienes industriales clave de alto valor, como el acero, a pesar de que Brasil sigue siendo el noveno productor de acero del mundo (Figura 1.6). Como resultado, la región presenta una dependencia cada vez mayor de las importaciones de productos de alto consumo de energía. La transición hacia energías limpias podría ayudar a los países de la región a lograr cambios en sus economías y exportaciones. Una energía asequible y limpia, junto con una producción mineral sostenible y responsable, podría apoyar la reindustrialización, impulsar la competitividad internacional de la región y ayudar a revertir las tendencias económicas recientes.

**Figura 1.6 ▶ Participación anual promedio de los principales productores de acero en la producción mundial y producción de acero en países de ALC**



IEA. CC BY 4.0.

*Los crecientes costos de la energía y la competencia en el mercado mundial han reducido las cuotas de mercado del acero de los productores de ALC y han aumentado la dependencia de las importaciones*

Nota: Mt = millones de toneladas.

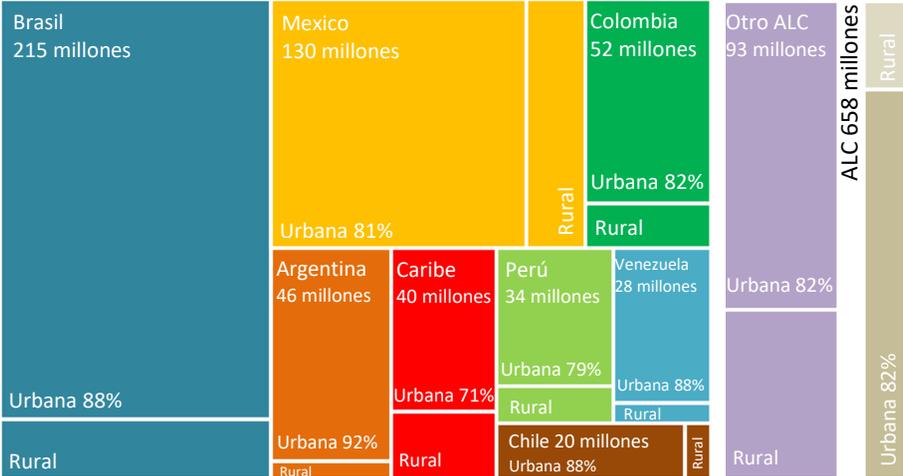
Fuente: World Steel Association (2023).

### 1.1.2 Demografía

Hoy en día, seis países (Brasil, México, Colombia, Argentina, Perú y Venezuela) aglutinan más de las tres cuartas partes de la población de la región de América Latina y el Caribe, que suma 658 millones de personas (Figura 1.7). Su población ha aumentado en los últimos años, pero con

mayor lentitud que en la mayoría de los países de África y el sur y sudeste de Asia. La población de ALC era un 12 % mayor en el 2022 que en el 2010, comparada con una cifra promedio del 16 % en lo que respecta a las economías emergentes y en desarrollo durante el mismo período. La población de ALC también es más joven que la de muchas economías avanzadas, con una edad media de alrededor de 30 años, esto es, entre ocho y diez años inferior a la de Estados Unidos y Canadá.

**Figura 1.7** ► Población y urbanización por país en ALC, 2022



IEA. CC BY 4.0.

*Solo seis países representan más de las tres cuartas partes de los 658 millones de habitantes de ALC; la región es una de las más urbanizadas del mundo*

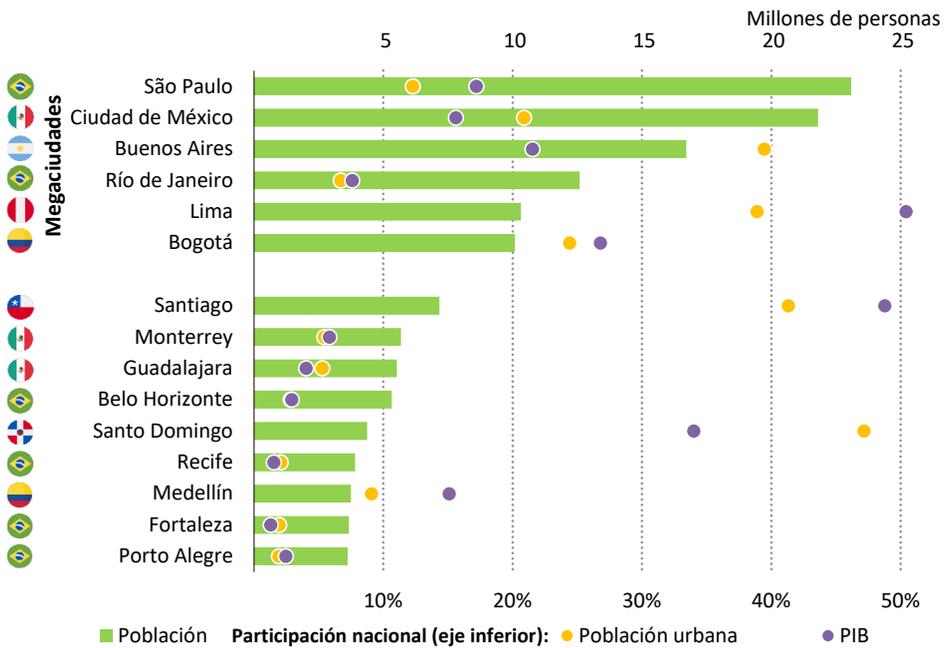
Fuente: Las estimaciones de población se elaboran a partir de las bases de datos del Banco Mundial (World Bank, 2023b) y ONU DESA (UN DESA, 2022).

ALC es una de las regiones más urbanizadas del mundo, con un promedio regional de alrededor del 82 % de la población viviendo en ciudades. Brasil, México, Colombia, Argentina, Chile y Perú albergan muchos de los centros urbanos más grandes de la región; solo Brasil tiene 6 de las 15 ciudades más grandes de ALC, que, en conjunto, representan casi el 33 % del PIB de Brasil (Figura 1.8). Esto hace que el papel de las ciudades en la transición hacia una energía limpia en ALC sea extremadamente importante y abre la posibilidad de que actúen como centros para la innovación en energía limpia.

Muchas de estas grandes áreas urbanas se enfrentan a desafíos relacionados con asentamientos de viviendas informales que carecen de servicios básicos, presentan altos niveles de empleo informal y sufren de pobreza energética. Estos desafíos subrayan los beneficios potenciales que se pueden obtener de la inversión en redes de distribución de electricidad, gestión de los residuos y del agua, construcción de transporte público seguro y sostenible, y edificios energéticamente

eficientes. También ilustran la necesidad de trabajar para mejorar la planificación urbanística, crear ciudades sostenibles e invertir en la infraestructura necesaria para hacerlas más seguras, más eficientes y resilientes frente a los impactos del cambio climático y los desastres naturales.

**Figura 1.8** ▶ Población de las 15 ciudades más grandes de ALC y su proporción en la población urbana nacional y el PIB, 2022



IEA. CC BY 4.0.

**ALC alberga seis megaciudades, incluidas tres ciudades con una población de más de 15 millones**

Nota: Las ciudades de esta figura se refieren a áreas metropolitanas, que son centros urbanos formados por la ciudad y sus alrededores.

Fuentes: Los datos de población de las áreas metropolitanas se tomaron de Demographia World Urban Areas (2023). Los cálculos de la proporción del área metropolitana en el PIB nacional se basan en datos de Oxford Economics (2023b).

## 1.2 Inversión y financiación

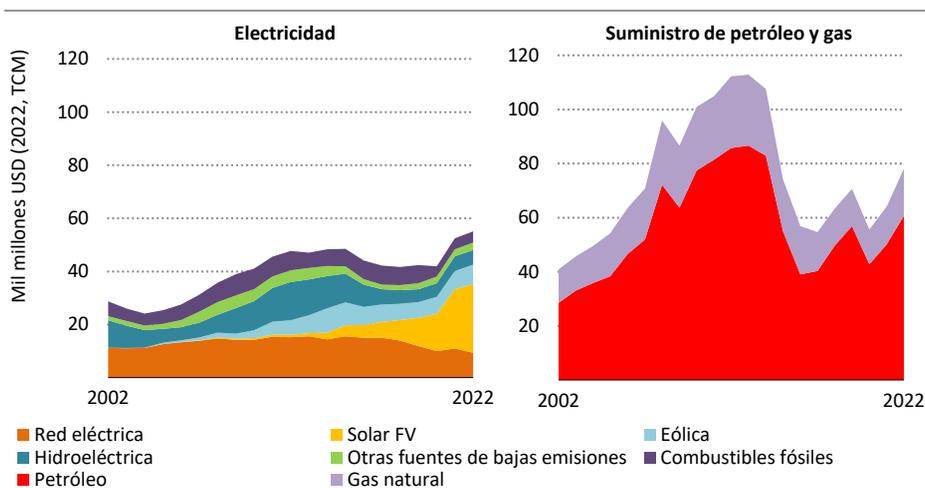
El escaso margen fiscal y los problemas macroeconómicos, problemas de gobernanza y los marcos de inversión incompletos han contribuido a la inversión reducida y al lento crecimiento del suministro de energía en América Latina y el Caribe y también han afectado al desarrollo de varios proyectos de infraestructura. Resolver las cuestiones relacionadas con las necesidades de inversión y financiación e impulsar la inversión podría desempeñar un papel crucial en la recuperación de la región.

### 1.2.1 Inversión

A nivel mundial, el porcentaje del PIB que ALC invierte en energía es uno de los más bajos. Se situó por debajo del 3 % entre 2014 y 2022, en comparación con el 5 % en Eurasia, Oriente Medio y el Norte de África, y casi el 4 % en el África subsahariana. Varios países de la región se enfrentan a desafíos relacionados con la infraestructura energética, como las redes eléctricas obsoletas e ineficientes y el escaso despliegue de sistemas modernos de almacenamiento y distribución de la energía.

Los gobiernos de la región de ALC han gastado alrededor de US\$ 14 mil millones en la transición hacia energías limpias desde el 2020, lo que representa aproximadamente el 15 % del gasto total en las economías emergentes y en desarrollo. La mayor parte se ha destinado a tecnologías limpias para cocinar y para redes y generación de electricidad de bajas emisiones. Desde la crisis energética del 2022, la atención se ha centrado principalmente en mantener los servicios energéticos asequibles, con especial énfasis en los combustibles para el transporte. Hasta junio del 2023, se habían movilizado US\$ 33 mil millones para este fin. Perfeccionar el alcance del apoyo proporcionado ayudaría a los gobiernos a impulsar la adopción de tecnologías energéticas limpias en la región (IEA, 2023c).

**Figura 1.9** ▶ Inversión en el suministro de electricidad y de petróleo y gas en ALC 2000-2022



IEA. CC BY 4.0.

**La inversión en el suministro de petróleo y gas sigue siendo superior a la inversión en el suministro de electricidad, pero la brecha se ha reducido en los últimos años**

Nota: Otras fuentes de bajas emisiones incluyen otras energías renovables, energía nuclear, baterías y combustibles fósiles con captura, utilización y almacenamiento del carbono.

Además del escaso margen fiscal, la reducción de la inversión en el suministro de petróleo y gas a nivel mundial ha desempeñado un papel importante en la región. El gasto de capital en el suministro de petróleo y gas se ha reducido considerablemente desde el fin del auge de las materias primas alrededor del 2014. La inversión anual promedio en suministro de energía en la

región fue de alrededor de US\$ 110 mil millones entre 2010 y 2014. Esta cifra cayó a un promedio de US\$ 65 mil millones en los siete años siguientes a 2014 y, en 2022, subió a US\$ 80 mil millones (Figura 1.9). Sin embargo, la inversión en el sector eléctrico ha aumentado en los últimos años, pues ha pasado de un promedio de US\$ 45 mil millones en los primeros cinco años de la década de 2010 a US\$ 50 mil millones en los tres años previos a 2022; no obstante, este aumento no fue lo suficientemente alto como para igualar la caída de la inversión en el suministro de petróleo y gas. Aun así, las perspectivas de energía limpia están mostrando importantes signos de mejora, ejemplificado por un aumento del gasto de capital en energía solar y eólica. Durante la última década, la inversión de capital en energías renovables ha sido mucho mayor que en la generación de combustibles fósiles; de hecho, en 2022, fue casi diez veces mayor, y la energía solar fotovoltaica representó una parte importante de este aumento del gasto.

Después de estar en declive durante una década, la inversión extranjera directa (IED) en ALC aumentó a casi US\$ 225 mil millones en 2022, una recuperación masiva que superó los niveles previos a la pandemia (CEPAL, 2023c). La IED anunciada (un indicador de inversiones futuras) se centran en gran medida en la energía limpia, especialmente en la generación de energía renovable. Los principales inversores en ALC han sido empresas de Estados Unidos y la Unión Europea. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas estima que la inversión de Estados Unidos y la Unión Europea representó el 55 % de la IED total en ALC en 2022 y alrededor del 50 % o más desde 2015 (CEPAL, 2023c).

Los bancos de desarrollo también han sido importantes fuentes de financiación en la región, especialmente para proyectos relacionados con la energía. Los bancos de desarrollo multilaterales y regionales (en concreto, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo y la Corporación Andina de Fomento) han desempeñado un papel fundamental a la hora de proporcionar deuda a largo plazo, así como asistencia técnica para el desarrollo de proyectos y asesoramiento sobre políticas. Los bancos nacionales de desarrollo, como el Banco de Desarrollo de Brasil (BNDES), también han hecho contribuciones importantes, incluida la concesión de préstamos denominados en moneda local para proyectos energéticos.

La República Popular China (de aquí en adelante, China) ha otorgado cuantiosos préstamos soberanos a proyectos de energía e infraestructura en ALC, aunque su nivel de préstamos ha disminuido en los últimos años (Recuadro 1.3). El Banco de Desarrollo de China y el Banco de Exportaciones e Importaciones de China proporcionaron más de US\$ 136 mil millones en préstamos soberanos entre 2005 y 2020, de los cuales Venezuela por sí sola recibió más de dos quintas partes y Brasil, más de otra quinta parte (Ray and Myers, 2023).

### **Recuadro 1.3 ▶ Préstamos soberanos a ALC por parte de bancos de desarrollo de China**

Durante la última década, los bancos de desarrollo chinos han sido una importante fuente de financiación para algunos gobiernos de ALC (Ray & Myers, 2023). Parece que estos préstamos alcanzaron su punto máximo en 2010 y han ido disminuyendo rápidamente desde 2016. La gran mayoría de los préstamos (proporcionados principalmente por el Banco de Desarrollo de China y el Banco de Exportación e Importación de China) se han destinado a proyectos energéticos y, en particular, petroleros.

Alrededor del 45 % del total de préstamos entre 2005 y 2020 fueron para Venezuela, que recibió aproximadamente US\$ 60 mil millones, con el acuerdo de que el pago de la deuda se haría en exportaciones de petróleo. Sin embargo, la producción de petróleo en Venezuela disminuyó después de 2010 y se desplomó aún más en 2016; y durante años China se ha negado a prestar más dinero a Venezuela, reduciendo así su inversión general en la región (Boston University Global Development Policy Center, 2022). Brasil y Ecuador, otros dos grandes productores de petróleo, fueron los siguientes mayores receptores de préstamos chinos, pues recibieron US\$ 31 mil millones y US\$ 18 mil millones respectivamente desde 2007. Argentina ha financiado algunos proyectos de infraestructura, ferrocarriles y líneas de metro importantes, con los US\$ 17 mil millones prestados por China.

Al mismo tiempo, China se ha convertido en uno de los mayores socios comerciales de ALC. Por ejemplo, si bien no ha habido una adopción masiva de vehículos eléctricos, casi todos los autobuses y muchos automóviles eléctricos en ALC provienen de China (Ugarteche, de Leon, & Garcia, 2023). Brasil, en particular, ha fortalecido significativamente sus asociaciones comerciales con China durante las últimas dos décadas: en 2000, solo el 2 % de las exportaciones totales de Brasil tenían China como destino, una cifra que aumentó hasta el 16 % en 2010 y al 32 % (equivalente a casi US\$ 98 mil millones) en 2021 (Harvard University, 2023).

### 1.2.2 Financiación

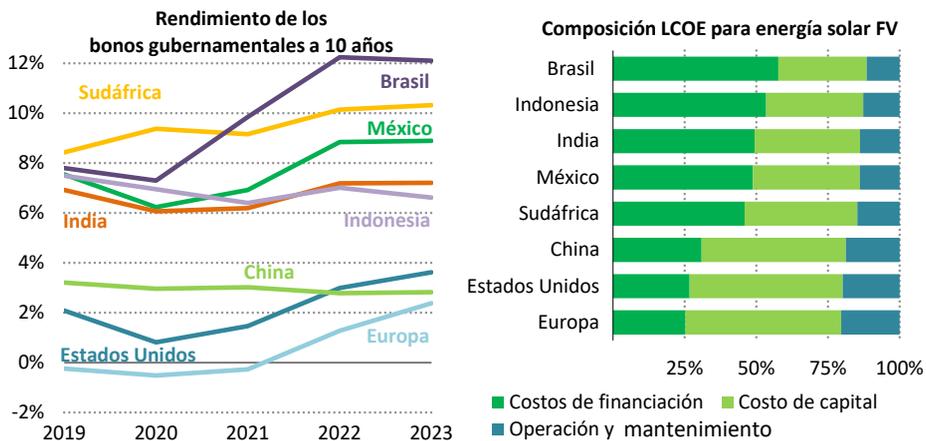
Un obstáculo importante que impide un mayor flujo de dinero es el alto costo de capital de la región. Los datos del *Cost of Capital Observatory* de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2023d) muestran que el costo de capital de una planta solar fotovoltaica típica en Brasil estaba entre el 12,5 % y el 13,5 % (nominal, después de impuestos) en 2021, el más alto entre un amplio conjunto de economías emergentes. En el caso de México, ese mismo rango se situó entre el 9,5 % y el 10 %, un dato similar al de la India, con un rango de entre el 9 % y el 10,5 %. El costo de capital en Brasil y México era entre dos y tres veces mayor que en China, Europa y Estados Unidos.

En ALC, los costos de financiación son altos en todos los sectores de la economía. El costo del capital depende, en gran medida, de una evaluación de dos conjuntos de riesgos: los asociados al país y los asociados al sector o tipo de proyecto. Estos se reflejan en una tasa base del país, a la que se añade una prima del sector o proyecto. Los rendimientos de los bonos del Estado a largo plazo son un indicador de referencia que se utiliza para estimar la tasa base de un país. En general, los rendimientos de los bonos del Estado a diez años de los países de ALC son altos. Por ejemplo, los rendimientos de los bonos brasileños en reales superaron el 12 % en 2023 en el caso de los bonos soberanos y denominados en moneda local y casi el 9 % en México (Figura 1.10). Estos rendimientos son similares a los de Sudáfrica (más del 10 % en 2023) y superiores a los de Indonesia y la India en el caso de los bonos soberanos en monedas nacionales (entre el 6,5 % y el 7,5 % en 2023). Además, son el doble o más que los de Estados Unidos o los países europeos.

Las altas tasas de interés, derivadas en gran medida de la inflación elevada, tienden a su vez a elevar el listón de la inversión, lo que dificulta la obtención de financiación mediante deuda (préstamos o bonos) y el cumplimiento de las tasas mínimas de rentabilidad de los inversores

(proveedores de capital). Esta es una preocupación clave en la región, ya que la transición energética requiere una gran inversión en activos como la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, que dependen en gran medida de la deuda, lo que refleja el elemento fijo en las estructuras de costos e ingresos (IEA, 2021). Por ejemplo, los costos de financiación representaron casi el 60 % de los costos totales nivelados de una planta solar fotovoltaica que alcanzó la decisión final de inversión (FID) en Brasil en 2021, en comparación con el 30 % en China y el 25 % en Europa.

**Figura 1.10** ▶ Rendimientos de los bonos del Estado a largo plazo y composición del costo nivelado de una planta solar fotovoltaica a gran escala con FID en 2021



IEA. CC BY 4.0.

*Los altos costos de los préstamos en ALC significa que todos los proyectos deben alcanzar estándares altos para su aprobación, un obstáculo para la inversión en activos de energía limpia, como la energía solar FV, que dependen en gran medida de la deuda*

Nota: FID = decisión final de inversión; LCOE = costo nivelado de la electricidad.

Fuente: Análisis de la Agencia Internacional de la Energía basado en Refinitiv (2023).

La capacidad de obtener capital interno a bajo costo depende enormemente del nivel subyacente de desarrollo del sistema financiero, medido por ejemplo por la capacidad de endeudamiento, la capacidad de obtener capital de instituciones privadas, la liquidez y profundidad de los mercados nacionales de capitales y la posibilidad de acceder a diversas fuentes de financiación. La proporción del crédito bancario privado con respecto al PIB y la proporción de la capitalización bursátil con respecto al PIB (dos indicadores clave del desarrollo del sector financiero) son bajos en ALC (véase el capítulo 3). Una nueva fuente de capital que podría resultar útil son las finanzas sostenibles (Recuadro 1.4). Se trata de una clase relativamente nueva de financiación, principalmente en forma de deuda, que está potencialmente disponible para proyectos que incorporan indicadores de desempeño ambiental, social y de gobernanza. Los bonos verdes se utilizan para financiar proyectos verdes; los bonos de sostenibilidad son similares y se utilizan para financiar proyectos sostenibles.

## Recuadro 1.4 ► Deuda verde, social, sostenible y vinculada a la sostenibilidad en ALC

Sin incluir a China, las economías emergentes y en desarrollo han contribuido solo con el 10 % de la deuda verde, social, de sostenibilidad y vinculada a la sostenibilidad que se ha emitido hasta ahora a nivel mundial. A septiembre de 2023, ALC representaba más del 3 % del total mundial, alrededor de US\$ 225 mil millones.

Casi el 45 % de todas las expediciones en ALC han sido en forma de bonos verdes. Los bonos y préstamos de sostenibilidad, así como la deuda vinculada a la sostenibilidad, donde las ganancias están vinculadas a los indicadores de resultados, han mostrado una tendencia creciente y cada uno representa una quinta parte de las expediciones. Las empresas privadas contribuyeron con la mitad de las expediciones, mientras que los bancos comerciales representaron alrededor del 15 % (en comparación con un promedio mundial de casi una cuarta parte). Por otro lado, la proporción de expediciones de los gobiernos de ALC es ligeramente superior al promedio mundial y ha ido aumentando en los últimos años. La mayor parte de la expedición soberana se ha realizado a través de deuda definida por el uso de los ingresos, especialmente los bonos sociales y de sostenibilidad, con Chile y México a la cabeza en términos del monto total emitido por los gobiernos. Chile, México y el gobierno de Uruguay fueron los primeros de la región en emitir bonos soberanos vinculados a la sostenibilidad.

Los bonos vinculados a la sostenibilidad emitidos por Uruguay son pioneros porque conllevan tanto recompensas como sanciones. Según sus términos, el gobierno tiene que pagar un nivel de interés más alto a los tenedores de bonos (un «incremento») si no cumple sus objetivos de sostenibilidad para 2025 y un nivel de interés más bajo (una «reducción») si los excede. Los objetivos de sostenibilidad en cuestión consisten en reducir la intensidad de los gases de efecto invernadero por unidad de PIB y mantener los bosques nativos. El bono se emitió en octubre de 2022 por un total de US\$ 1,5 mil millones y fue sobre-suscrito tres veces, lo que demuestra un fuerte interés del mercado. Los bonos vinculados a la sostenibilidad pueden resultar útiles en ALC como una fuente de financiación adicional para los gobiernos que tal vez no esté disponible a través de los bonos convencionales.

## 1.3 Tendencias energéticas y de emisiones

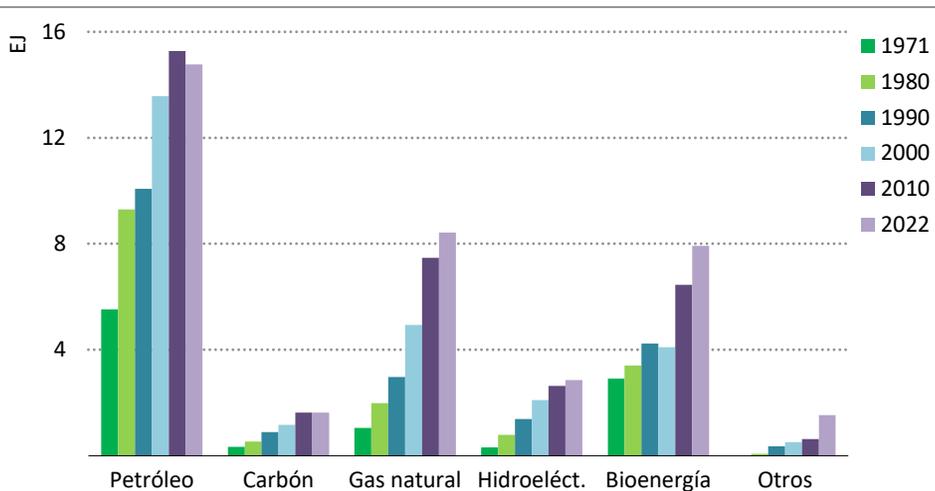
### 1.3.1 Demanda de energía

Incluso con abundantes recursos de energía renovable, como la solar, la eólica, la geotérmica, la hidroeléctrica y la bioenergía, hoy la mayoría de los países de ALC dependen en gran medida de los combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades energéticas. En promedio, el petróleo sigue siendo el principal combustible utilizado, dado que representa el 40 % del suministro total de energía (STE) en América Latina y el Caribe (Figura 1.11). La demanda de petróleo está impulsada por los sectores del transporte y la industria.

Si bien la demanda de petróleo parece estar estabilizándose de manera gradual, la de gas natural ha experimentado un aumento, especialmente en el sector eléctrico. La participación del gas natural en el STE ha aumentado del 19 % en 2000 al 23 % en 2022. La producción de carbón ha

estado estancada durante la última década: su uso es significativo en la industria y la generación de electricidad. Las energías renovables también desempeñan un papel muy importante en la generación de electricidad, en particular la energía hidroeléctrica, aunque la cuota de energías renovables del STE varía notablemente según el país. La participación de la bioenergía en el STE se ha mantenido relativamente constante en la región desde 2010, en torno al 20 %. Al igual que en el caso de las energías renovables, la calidad de los recursos bioenergéticos y los patrones de uso varían ampliamente entre países. Sin embargo, ALC en su conjunto es el segundo mayor productor de biocombustibles del mundo, gracias al tamaño de sus bosques y a la escala de su producción de maíz y caña de azúcar.

**Figura 1.11 ▶ Oferta total de energía por fuente en ALC, 1971-2022**



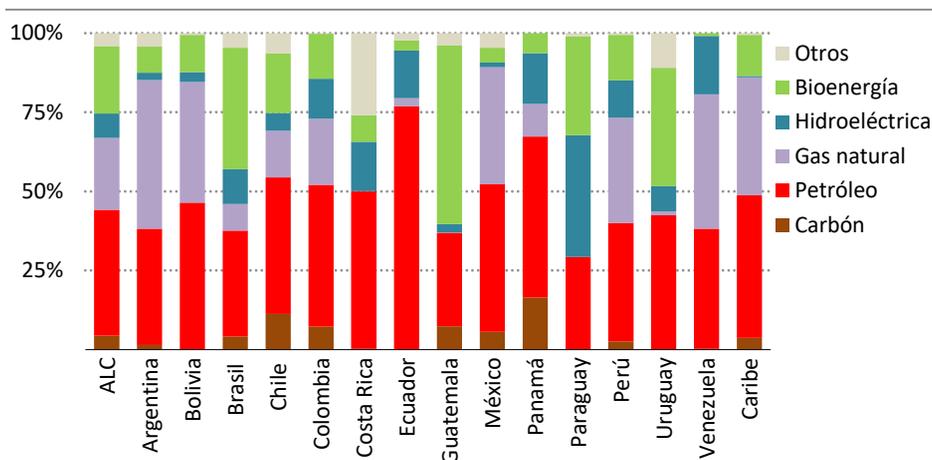
IEA. CC BY 4.0.

*El petróleo ha sido el principal combustible en la matriz energética de ALC durante más de cinco décadas, mientras que el gas natural ha sido el combustible de mayor crecimiento*

Nota: La categoría «Otros» incluye energías renovables, excluidas la hidroeléctrica y la bioenergía, la energía nuclear, los residuos no renovables y otras fuentes.

Si bien el petróleo es el combustible predominante en la región, existen grandes diferencias en su uso, que van desde solo el 7 % del STE en Trinidad y Tobago hasta el 95 % en Guyana. Este patrón se aplica a otros combustibles: el gas natural representa menos del 5 % del STE en países como Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Suriname y Uruguay, pero más del 30 % en otros como Argentina, Bolivia, México, Perú y Venezuela. Juntos, Brasil y México representan casi dos tercios del STE de la región. Si bien la proporción de energías renovables en el STE varía a lo largo de la región, predomina la energía hidroeléctrica (Figura 1.12). ALC es una de las regiones líderes a nivel mundial en capacidad hidroeléctrica, aunque su proporción en el STE ha tenido pocas variaciones desde el 2020. La energía solar fotovoltaica y la eólica son fuentes de generación de energía emergentes en ALC.

**Figura 1.12** ▶ Matriz de suministro total de energía en ALC y países seleccionados, 2022



IEA. CC BY 4.0.

*La participación promedio de los combustibles fósiles en la matriz energética fue de alrededor del 65 % en 2022, pero varió entre los países dependiendo de los recursos energéticos de cada uno*

Nota: La categoría «Otros» incluye energías renovables (excluidas la hidroeléctrica y la bioenergía), energía nuclear, residuos no renovables y otras fuentes.

**Recuadro 1.5** ▶ Desafíos y oportunidades en materia de energía específicos del Caribe

Los países del Caribe se enfrentan a desafíos energéticos únicos relacionados a su ubicación geográfica, como la falta de interconexiones energéticas, la escasa infraestructura y la vulnerabilidad al cambio climático. En comparación con América Latina, el Caribe tiene un mayor grado de dependencia de los combustibles fósiles importados para satisfacer todas las necesidades energéticas, incluida la generación de electricidad (Figura 1.14). Estos factores se suman a las preocupaciones con respecto a la seguridad del suministro de energía y la exposición a la volatilidad de los ciclos del mercado mundial. En el sector eléctrico, todos los servicios auxiliares deben implementarse a nivel local y las fluctuaciones relacionadas con las temporadas alta y baja del turismo requieren una gran capacidad de generación de energía de reserva. Estos factores conllevan a unas tarifas eléctricas relativamente altas que sobrepasan los US\$ 0,4 por kilovatio/hora en ciertos países del Caribe. Esto impide lograr el acceso universal a la energía moderna y obstaculiza la competitividad de los países del Caribe (Burunciuc, 2022).

Los sistemas energéticos de las islas suelen depender de una infraestructura de red limitada, lo que dificulta la integración de fuentes de energía renovables variables en la red (Flessa, 2023). Además, obtener financiación para proyectos resulta difícil, ya que la mayoría de los países del Caribe están clasificados como economías de rentas medias o medias-bajas, lo que

dificulta el acceso a financiación en condiciones favorables (Mohan, 2022). Sin embargo, los países del Caribe se han fijado objetivos ambiciosos en materia de energía limpia para superar el «dilema de la dependencia de los fósiles» (Kersey, Blechinger, & Shirley, 2021): En 2013, los miembros de la Comunidad del Caribe (CARICOM) acordaron una política energética regional que aspira a alcanzar los objetivos fijados de descarbonización y eficiencia energética, reforzando al mismo tiempo la seguridad energética. Los países del Caribe cuentan con excelentes recursos de energía renovable que incluso podrían permitir a la región convertirse en un exportador neto de energía.

El acceso a la energía sigue siendo un desafío en algunas partes del Caribe. En algunos países aún queda mucho por hacer, siendo Haití un caso extremo (Figura 1.22). En otros, como Jamaica, ya existe un acceso casi universal a la energía. En aquellos países donde solo quedan unos pocos pequeños focos de comunidades desconectadas, el creciente despliegue de la generación distribuida tiene el potencial de brindar acceso a la energía moderna para todos en el futuro cercano.

En los últimos años, los huracanes han dañado gravemente el suministro de electricidad y la actividad económica en varios países del Caribe. La inversión para mejorar la resiliencia de la generación (por ejemplo, colocando algunos elementos clave de la red bajo tierra, aumentando el uso de minirredes e impulsando la capacidad de almacenamiento) podría generar beneficios netos por valor de más de US\$ 4 mil millones (IDB, 2020).

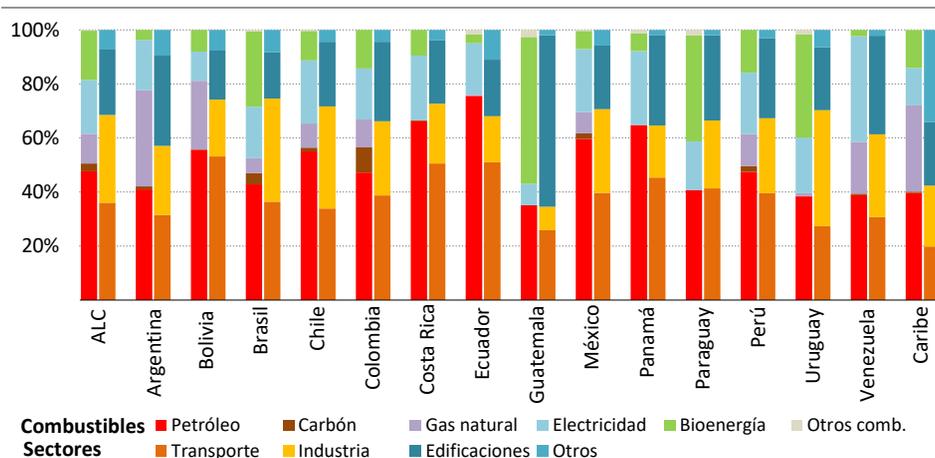
Los desafíos y las oportunidades en el Caribe son notablemente diferentes a el resto de ALC. Igualmente, las necesidades energéticas totales del Caribe son relativamente bajas (5% del total de ALC en 2022). Por lo tanto, este informe no aborda en el Caribe en gran detalle, aunque sí cita ejemplos suyos de especial relevancia.

### Sectores de uso final

**El transporte** es la mayor fuente de demanda de energía en América Latina y el Caribe, pues representa el 36 % del consumo total de energía de los sectores de uso final (Figura 1.13). El transporte por carretera representa el 94 % de la demanda total de energía para el transporte, principalmente en forma de gasolina (46 % del uso del transporte por carretera) y diésel (41 %). Desde el año 2000, el parque automovilístico en ALC se ha multiplicado por 2,5. En 2022, Brasil representaba casi la mitad del total del parque automovilístico y México, algo más de una quinta parte. Los crecientes ingresos y la clase media son los motores de la expansión del parque automovilístico, aunque la falta de un transporte público adecuado también estimula su crecimiento.

La bioenergía representa el 10 % del consumo energético en el transporte. Su cuota varía según la región. Es particularmente notable en Brasil, donde alrededor del 80 % de la flota de automóviles se compone de vehículos de combustible flexible que pueden funcionar con altos niveles de mezcla de etanol. El ferrocarril está o bien relativamente menos desarrollado en ALC o bien se utiliza menos que en el pasado en países donde alguna vez fue prominente, especialmente en Argentina. La participación del ferrocarril en la demanda total de energía para el transporte en la región es aproximadamente la mitad del promedio mundial.

**Figura 1.13** ▽ Consumo final total por combustible y sector de uso final en ALC y determinados países, 2022



IEA. CC BY 4.0.

*En la mayoría de los países, el petróleo es el combustible predominante en los sectores de uso final, principalmente en el transporte y, en segundo lugar, para la industria*

Nota: La categoría «Otros combustibles» incluye la energía solar térmica y geotérmica utilizada directamente en sectores de uso final. La categoría «Otros» incluye la agricultura y otros usos no energéticos.

**La industria** es el segundo sector en demanda de energía de uso final y representa el 33 % del total. El sector industrial es responsable del 31 % del PIB de ALC, casi US\$ 2 billones de producción cada año (World Bank, 2022). La industria química tiene la mayor demanda energética del sector. Sin embargo, su proporción en la demanda total de energía en el sector industrial se redujo del 21 % en 2000 al 17 % en 2022, ya que la demanda global de energía del sector reflejó la pérdida de la competitividad de las industrias de alto consumo energético, en particular la siderúrgica y la química. Está aumentando la demanda de energía en las actividades de producción de alimentos y minería, cuya proporción conjunta en la demanda energética total de la industria aumentó del 15 % en 2000 al 21 % en 2022, muy por encima del promedio mundial del 7 %. Hoy en día, casi la mitad de la demanda de energía en la industria de la región proviene de industrias ligeras, frente al 30 % a nivel mundial. Esto se traduce a una baja intensidad energética en el sector industrial en comparación con otras regiones o países.

La electricidad y la bioenergía han sustituido al petróleo como combustibles predominantes en la industria durante las últimas dos décadas: la demanda de petróleo disminuyó en más de 0,2 millones de barriles por día (mb/d) desde el año 2000. El aumento de la producción de gas natural en la región y el descubrimiento de nuevos yacimientos, por ejemplo, en Brasil, Colombia y Argentina, han provocado un incremento promedio del 58 % en el uso de gas natural en la industria de estos países. Este aumento se da sobre todo en las industrias ligeras, donde el gas natural puede sustituir fácilmente a otros combustibles como el petróleo. La demanda de gas natural casi se ha duplicado en las industrias ligeras, aunque su uso ha tenido menos avances en

la minería, donde el petróleo cubre el 43 % de la demanda de energía mientras que el gas natural representa el 9 %.

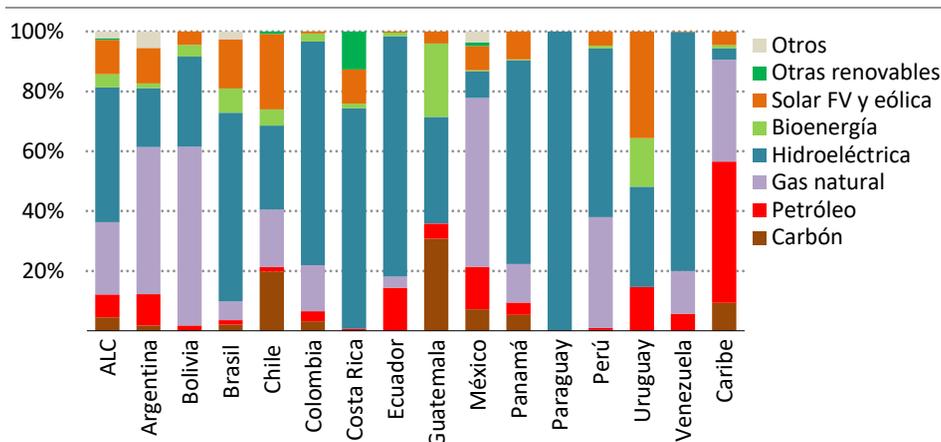
El sector **edificaciones** ha registrado una mayor demanda de energía a medida que han aumentado las viviendas, la infraestructura, los electrodomésticos y las comodidades. Por ejemplo, la propiedad de electrodomésticos y aparatos de aire acondicionado aumentó un 20 % en el período 2010-2022, lo que refleja un aumento de los ingresos y una mejora del nivel de vida. La demanda de energía para calefacción de espacios es baja en comparación con las regiones de clima más frío y representa menos del 10 % del consumo de energía del sector edificaciones, frente al 50 % aproximadamente de América del Norte y Europa. Sin embargo, la demanda de energía para calefacción de espacios es significativa en algunos países durante los períodos fríos. En Chile, actualmente existen políticas para utilizar madera seca a fin de reducir la contaminación del aire interior, mientras que, en Argentina, el gas natural es el combustible principal para la calefacción de espacios. En general, la demanda de energía en el sector edificaciones se cubre principalmente con electricidad (43 %).

### 1.3.2 Generación de electricidad

En general, ALC posee uno de los sistemas eléctricos con menores emisiones del mundo y las energías renovables representaron alrededor del 61 % de la generación de electricidad en 2022 (Figura 1.14). La energía hidroeléctrica representó el 45 % de la generación total; la eólica, el 8 %; la solar fotovoltaica, el 4 %; y la bioenergía, el 4 %. La energía nuclear representó el 2 %. Los combustibles fósiles representaron el 36 % de la generación de electricidad en 2022, de la cual el 24 % procedió del gas natural; el 8 %, del petróleo; y casi el 4 %, del carbón. La intensidad de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la generación de electricidad en la región fue de 215 gramos de CO<sub>2</sub> por kilovatio/hora (g CO<sub>2</sub> /kWh) en 2022. Se trata de uno de los niveles más bajos del mundo y es menos de la mitad del promedio mundial.

Cada país de América Latina y el Caribe tiene una matriz de generación eléctrica única. Muchos pueden aprovechar extensos recursos de energía renovable. Algunos países dependen, en gran medida, de la energía hidroeléctrica. Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Paraguay y Venezuela producen, cada uno, al menos el 60 % de su electricidad a partir de energía hidroeléctrica. La energía eólica y la solar fotovoltaica generalmente representan una parte menor de la matriz de generación eléctrica de ALC, aunque representan entre el 25 % y el 35 % de la generación eléctrica en Chile y Uruguay. Solo Argentina, Brasil y México tienen reactores nucleares, que proporcionan respectivamente el 6 %, 2 % y 3 % de la energía generada. Otros países dependen más de los combustibles fósiles, que representaron más del 35 % de la generación de electricidad en veintidós países de ALC, incluidos casi todos los países del Caribe. El gas natural es el combustible predominante para la generación de electricidad en Argentina, Bolivia, Jamaica, México, la República Dominicana y Trinidad y Tobago, mientras que el carbón también juega un papel importante en Chile, Guatemala y la República Dominicana. El petróleo se utiliza para la generación de electricidad en muchos países de la región, aunque en la mayoría de los países continentales de ALC su cuota en la generación es inferior al 20 %.

**Figura 1.14** ▸ Generación de electricidad por fuente en ALC y determinados países, 2022



IEA. CC BY 4.0.

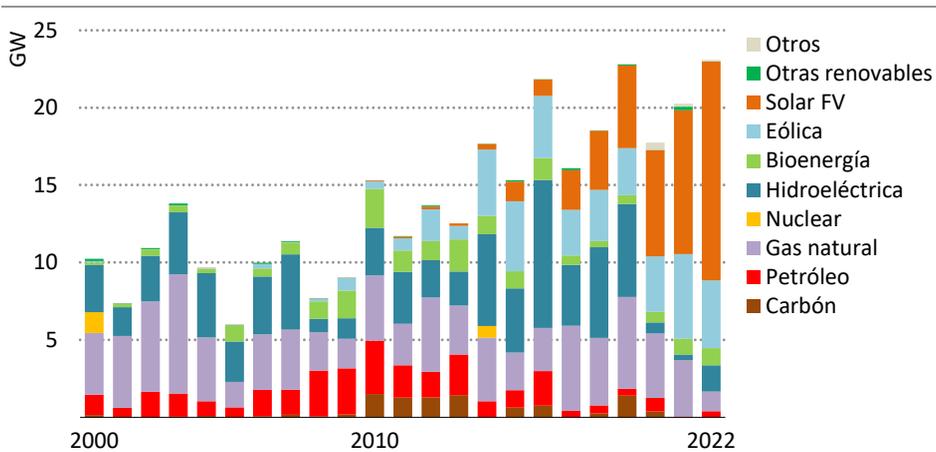
*La proporción de más de un 60 % de energías renovables, principalmente hidroeléctrica, dan la generación de electricidad en ALC, uno de los perfiles de emisiones más bajos del mundo*

Nota: La categoría «Otras energías renovables» incluye la geotérmica, la energía solar de concentración y la energía marina. La categoría «Otros» incluye residuos nucleares, no renovables y otras fuentes.

La energía hidroeléctrica representa alrededor del 45 % de la electricidad total generada en ALC, cifra superior a la de más de 110 países del mundo. Países como Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Paraguay y Venezuela tienen porcentajes de energía hidroeléctrica especialmente altos, superiores al 60 %, y solo unos pocos países como Noruega, Canadá, Suiza e Islandia presentan un nivel similar. Si bien la energía hidroeléctrica ha aportado enormes beneficios a la región, incluido el almacenamiento de una gran cantidad de energía, los países deben considerar cuidadosamente las implicaciones de los efectos del cambio climático sobre las precipitaciones y la temperatura en sus proyectos hidroeléctricos existentes y planificados (véase el capítulo 2).

La energía hidroeléctrica mantiene su proporción predominante en la generación de electricidad a partir de energías renovables en ALC, aunque las incorporaciones de capacidad eólica y solar fotovoltaica se han acelerado notablemente en los últimos años, lo que puede marcar un punto de inflexión en el conjunto de fuentes de electricidad (Figura 1.15). En las dos décadas anteriores a 2019, la energía hidroeléctrica, el gas natural y el petróleo representaron, en conjunto, más de la mitad de las incorporaciones totales de capacidad cada año. En los últimos tres años, la energía eólica y la solar fotovoltaica han sido responsables de más de la mitad de las incorporaciones anuales de capacidad. La proporción de los combustibles fósiles en las incorporaciones totales de capacidad ha ido disminuyendo, con construcción casi nula de centrales eléctricas alimentadas con carbón o petróleo y menos plantas nuevas alimentadas con gas natural, especialmente en los últimos años.

**Figura 1.15** ▶ Incorporaciones anuales de capacidad eléctrica por fuente en ALC, 2000-2022



IEA. CC BY 4.0.

*Durante décadas, ALC recurrió a la energía hidroeléctrica, el gas natural y el petróleo para satisfacer el crecimiento de la demanda de electricidad, pero en los últimos años se ha volcado drásticamente hacia la energía eólica y solar fotovoltaica.*

Nota: GW = gigavatios. La categoría «Otras energías renovables» incluye la geotérmica, la energía solar de concentración y la energía marina. La categoría «Otros» incluye residuos no renovables y otras fuentes.

### 1.3.3 Recursos y oferta

La región de ALC es rica en recursos energéticos, desde minerales críticos hasta gas no convencional, energía hidroeléctrica, bioenergía y otras energías renovables. Las áreas potenciales de crecimiento incluyen la energía solar y eólica, el etanol avanzado, el hidrógeno de bajas emisiones y el queroseno para biorreactores. Los recursos y las perspectivas de desarrollo varían notablemente según el país. Chile, Brasil y Perú producen volúmenes sustanciales de minerales críticos como cobre, litio y grafito, mientras que Bolivia y Argentina buscan explorar más a fondo sus grandes recursos de litio. Brasil, México y Argentina destacan por su tamaño entre los productores de petróleo y gas. Algunos están disminuyendo su producción, en particular Venezuela, mientras que otros, como Guyana, tienen margen para proporcionar nueva oferta. Colombia es el principal proveedor de carbón de la región, aunque recientemente ha comunicado que se está alejando del carbón, al igual que lo están haciendo sus principales mercados de exportación.

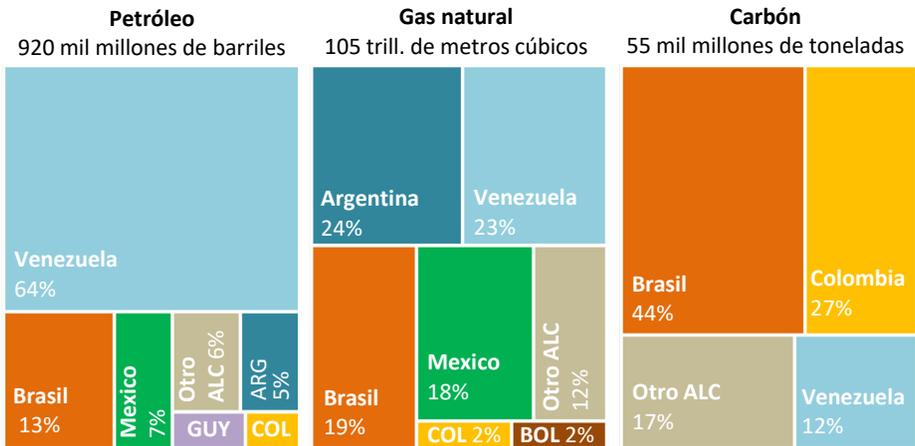
Gracias a su ubicación geográfica, su riqueza en recursos naturales y sólidas relaciones comerciales, ALC desempeña un papel importante en el comercio internacional, tanto de energía como de productos de otra índole. Los acuerdos comerciales como MERCOSUR, la Alianza del Pacífico, el Tratado entre Estados Unidos, México y Canadá, y los acuerdos bilaterales facilitan los flujos comerciales entre ALC y Estados Unidos, Canadá, Europa, Asia y África. La región es un importante proveedor de materias primas, incluidos el petróleo y el gas, así como minerales

críticos, y está bien posicionada para contribuir a la nueva economía energética mundial que está emergiendo.

*Combustibles fósiles*

América Latina y el Caribe dispone de importantes recursos de petróleo y gas. Estos recursos están repartidos de manera desigual entre los países y es difícil acceder a muchos de ellos y desarrollarlos a un precio económico. También cuenta con algunos recursos de carbón, principalmente en Brasil y Colombia (Figura 1.16). Los combustibles fósiles proporcionan actualmente dos tercios del suministro total de energía en ALC: el petróleo (40 %), el gas natural (23 %) y el carbón (4 %).

**Figura 1.16 ▶ Recursos de combustibles fósiles en ALC, 2022**



IEA. CC BY 4.0.

*ALC posee casi el 15 % de los recursos mundiales de petróleo y gas, y menos del 1 % de los recursos mundiales de carbón*

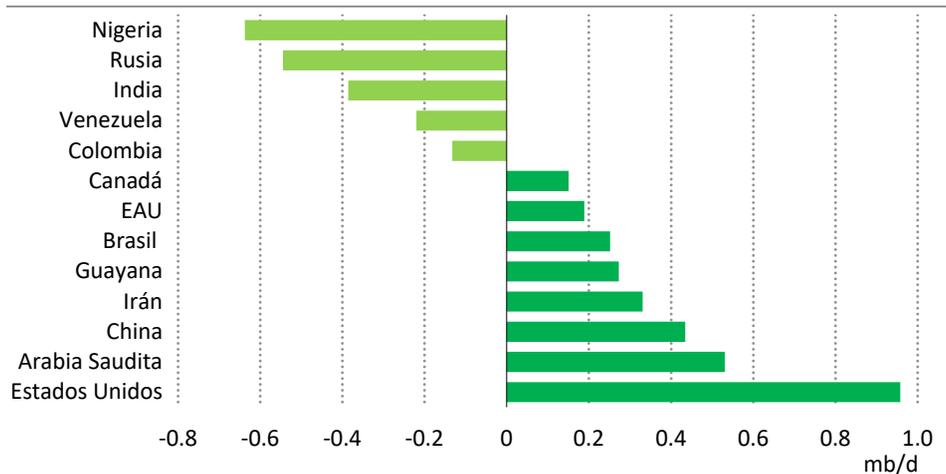
Notas: GUY = Guyana; BOL = Bolivia; COL = Colombia. Los recursos corresponden al volumen de hidrocarburos restantes que aún podrían producirse. Esto incluye volúmenes ya identificados como reservas y volúmenes cuya recuperación no es financieramente viable por diversas razones, por ejemplo, el precio, la falta de tecnología disponible o los recursos que se basan en investigaciones geológicas, pero que aún no se han descubierto.

Fuentes: BGR (2021); BP (2022); CEDIGAZ (2022); OGI (2022); US DOE/EIA (2015); US DOE/EIA (2013); USGS (2012a); USGS (2012b); bases de datos y análisis de la Agencia Internacional de la Energía.

Guyana y Brasil han aumentado su producción de petróleo y gas natural en los últimos años y juntos fueron responsables de alrededor del 15 % del aumento de la oferta mundial de petróleo entre 2019 y 2022 (Figura 1.17). La producción de petróleo y gas en ALC aumentó considerablemente en 2022, alrededor de un 5 %. Este incremento se produjo en paralelo a un alza en los precios de los combustibles fósiles, impulsada por la creciente demanda en la postpandemia y la crisis energética desencadenada por la invasión de Rusia a Ucrania. Se espera un mayor crecimiento en 2023 en vista de la tensión del mercado, los recortes de la OPEP+ y los nuevos proyectos que estarán disponibles. Los principales proyectos actuales incluyen trabajos

para desarrollar producción no convencional en Argentina, así como nuevos campos marinos en Brasil y Guyana.

**Figura 1.17** ▶ Cambios en el suministro de petróleo de determinados países, 2019-2022



IEA. CC BY 4.0.

**El aumento de la producción en ALC representó casi el 20 % del crecimiento mundial del suministro de petróleo**

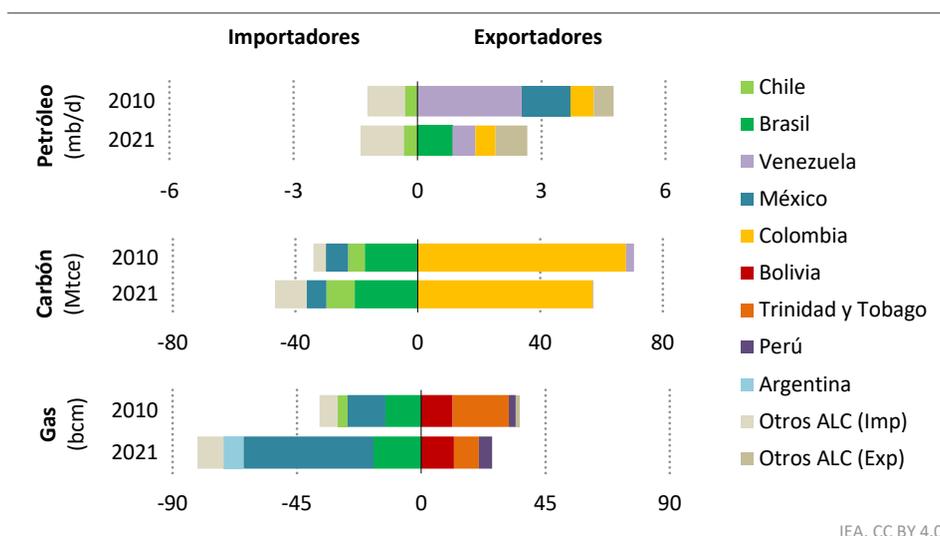
Nota: mb/d = millones de barriles por día; EAU = Emiratos Árabes Unidos.

Las posibles fuentes del nuevo suministro de hidrocarburos han desatado la preocupación con respecto al medio ambiente en la región. El desarrollo de recursos no convencionales mediante *fracking* ha sido prohibido en regiones de Brasil y Uruguay, y se está debatiendo una moratoria en Colombia. Argentina es actualmente el único país de ALC que ha desarrollado grandes cantidades de petróleo de formaciones compactas y gas de lutita. Estas preocupaciones en lo que respecta al medio ambiente no se limitan a la producción de hidrocarburos no convencionales. Tras los importantes descubrimientos de ExxonMobil en Guyana, la justicia exigió a la empresa que proporcionara garantías financieras ilimitadas para hacer frente a posibles derrames de petróleo durante sus actividades de exploración, aunque, desde entonces, se ha establecido un tope de US\$ 2 mil millones. En una zona costera cercana bajo jurisdicción de Brasil, recientemente se denegó un permiso para perforar y la agencia ambiental citó la falta de estructuras adecuadas para hacer frente a los posibles impactos de los derrames de petróleo como uno de los principales motivos.

La producción de carbón se realiza a una escala relativamente pequeña, excepto en Colombia, que representa alrededor del 90 % de la oferta en ALC. Colombia exportó cerca de 60 millones de toneladas de carbón equivalente (Mtce) en 2022; la mayor parte era carbón térmico que se exportó a Europa para el sector eléctrico. La producción cayó de alrededor de 80 Mtce a 50 Mtce en 2020, cuando la pandemia de la COVID-19 provocó una caída en la demanda de energía y, desde entonces, se ha mantenido por debajo de 60 Mtce.

ALC es un exportador neto de petróleo crudo y carbón, y un importador neto de gas natural (Figura 1.18). Brasil, Colombia y Venezuela son los principales exportadores netos de petróleo crudo, siendo China y Estados Unidos sus principales clientes. México es, con diferencia, el mayor importador de gas natural, la mayor parte del cual proviene de Estados Unidos. Se espera que Argentina pase de importador neto de gas natural a exportador cuando desarrolle sus recursos de gas no convencional. Colombia es el único exportador importante de carbón. El comercio regional juega un papel importante en ALC: por ejemplo, el carbón pasa de Colombia a Brasil y Chile; Brasil suministra petróleo a Chile y otros países vecinos; y Bolivia entrega gas natural a través de gasoductos a Brasil y Argentina. Algunos países, como Panamá y Cuba, dependen en gran medida de las importaciones y son muy vulnerables a los ciclos de precios.

**Figura 1.18** ▶ Importaciones y exportaciones netas de combustibles fósiles en ALC, 2010 y 2021



IEA. CC BY 4.0.

*Brasil, Colombia y Venezuela juntos representan alrededor del 70 % de las exportaciones netas de combustibles fósiles en la región*

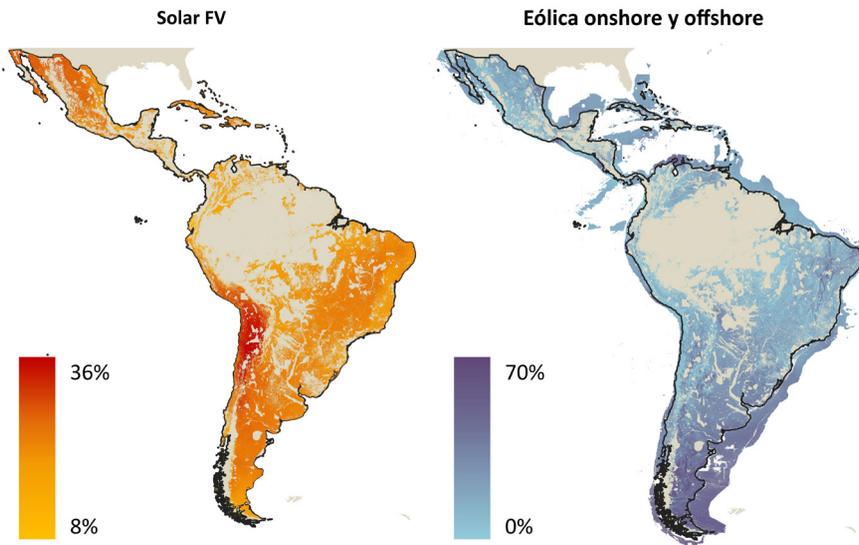
Notas: mb/d = millones de barriles por día; Mtceq = millones de toneladas de carbón equivalente; bcm = mil millones de metros cúbicos. El GNL está incluido en el gas.

Si bien la región es un exportador neto de petróleo crudo, es un importador neto de productos derivados del petróleo, principalmente de Estados Unidos. Los países con recursos petroleros internos limitados, como Chile y Uruguay, dependen en gran medida de las importaciones de petróleo crudo y productos refinados del petróleo para satisfacer sus necesidades. Varios de los principales productores tienen una capacidad sustancial de refinación, incluidos Brasil, México, Venezuela y Argentina, pero también importan algunos productos petroleros para satisfacer la demanda de productos de determinado grado o calidad, o para cubrir desajustes temporales entre la oferta y la demanda nacionales. Venezuela ha visto disminuir su capacidad de refinación debido al mal mantenimiento y la falta de inversión, lo que ha provocado déficits en el suministro interno de gasolina y diésel.

## Renovables

La energía renovable ofrece una gran oportunidad para ALC. La energía hidroeléctrica ha sido una fuente importante de generación de electricidad en muchos países, pero gran parte del potencial hidroeléctrico restante se concentra en la cuenca del Amazonas, que ya sufre de la deforestación, el cambio climático y la minería ilegal. Los biocombustibles también desempeñan un papel importante, ya que suministran el 10 % de la energía utilizada para la generación de electricidad y el transporte (frente a menos del 5 % a nivel mundial). Con el tiempo, existe la posibilidad de que los biocombustibles aumenten la productividad, aprovechen materias primas avanzadas, ayuden a descarbonizar sectores cuyas emisiones son difíciles de reducir y permitan un suministro neto de energía negativo.

**Figura 1.19** ▶ Promedio simulado de los factores de capacidad solar fotovoltaica y eólica en ALC



IEA. CC BY 4.0.

**El norte de Chile, Perú y México poseen las mejores condiciones solares fotovoltaicas de la región, mientras que el mayor potencial eólico reside en la Patagonia, en la región colombiana de La Guajira y en el noreste y sur de Brasil.**

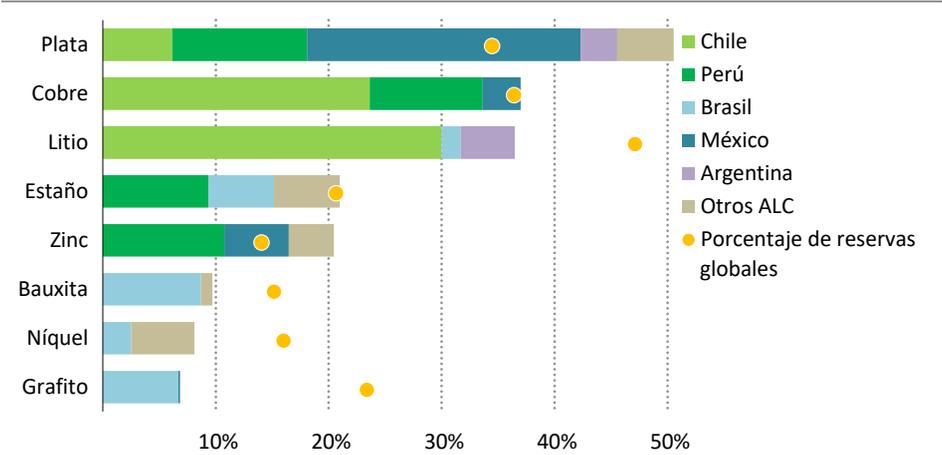
Notas: los factores de capacidad de la energía solar FV se calculan tomando como referencia las solares FV con módulos de silicio policristalino (la mejor tecnología disponible [BAT] en 2030), seguimiento de un solo eje y ángulo de inclinación adaptado al sitio. Los factores de capacidad de la energía eólica terrestre se calculan tomando como referencia una turbina eólica con diámetro del rotor de 160 metros (m), con una altura de buje de entre 80 y 150 m y una capacidad de entre 3 y 6 megavatios (MW), ambas adaptados al sitio (BAT en 2030). Los factores de capacidad de la energía eólica marina se calculan tomando como referencia una turbina eólica con diámetro del rotor de 220 m, con una altura de buje de entre 100 y 170 m y una capacidad de entre 10 y 17 MW, ambas adaptadas al sitio (BAT en 2030). Los factores de capacidad solar FV y eólica se calculan en función de los datos meteorológicos entre 2000-2019

El ámbito de desarrollo de la energía solar fotovoltaica y de los recursos eólicos terrestres y marinos brinda otra gran oportunidad (Figura 1.19). Brasil, México, Colombia, Chile y Perú están impulsando una ola de nuevas incorporaciones de capacidad solar fotovoltaica y recientemente han añadido más capacidad que África, Oriente Medio y Eurasia juntos. En el caso de la energía eólica, Brasil, Chile, Colombia, México y Argentina están a la vanguardia del desarrollo de esta nueva capacidad. Más a largo plazo, el aprovechamiento del potencial de los recursos eólicos podría permitir que los países de ALC se convirtiesen en productores competitivos de hidrógeno de bajas emisiones.

**Minerales**

Muchos países de ALC son importantes productores de minerales críticos (Figura 1.20). Chile es el mayor productor de cobre del mundo y hoy representa alrededor del 30 % del suministro mundial de litio. Brasil es un importante exportador de bauxita y grafito. Perú y otros países de la región desempeñan un papel clave en el suministro de otros minerales críticos como el níquel y el zinc. La región también dispone de importantes reservas poco exploradas; por ejemplo, Bolivia cuenta con litio y Brasil, con tierras raras. Una sólida base de recursos ofrece la oportunidad de avanzar más a lo largo de la cadena de suministro hacia la refinación y el procesamiento de minerales, capturando más valor, creando empleos y ayudando a diversificar el suministro mundial de minerales refinados.

**Figura 1.20** ▶ Participación de los países de ALC en la producción y las reservas mundiales de determinados minerales, 2022



IEA. CC BY 4.0.

*La región de ALC es muy importante para la producción de litio y otros minerales críticos necesarios para la transición hacia una energía limpia.*

Para aprovechar estas oportunidades, las actividades mineras deben cumplir con altos estándares ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) y beneficiar a las comunidades locales. Muchos de

los recursos minerales se encuentran en ecosistemas sensibles que ya sufren otras tensiones. Algunas de las minas de cobre más grandes se encuentran en el norte de Chile, donde la escasez de agua constituye un problema crítico. Esta también es una zona en la que se explota el litio y se corre el riesgo de que el agua necesaria para producir este mineral agrave el problema de la escasez de agua. Varios de los depósitos que posee Brasil de bauxita y tierras raras se encuentran en la cuenca del Amazonas. Unos buenos resultados en materia de ASG es esencial para salvaguardar la biodiversidad, las comunidades locales y los pueblos indígenas de la región (véase el capítulo 3). Ya existen algunos casos fructíferos en los que basarse. Por ejemplo, la mina de cobre Los Bronces mejoró su sistema de transporte de agua e implementó un circuito automatizado de recirculación para reciclar más del 78 % del agua que utiliza (Copper Alliance, 2023). Se necesitan más ejemplos de esta clase para mostrar el camino que hay que seguir.

### 1.3.4 Medio ambiente

Los países de ALC son algunos de los más biodiversos del mundo y albergan ecosistemas sensibles que se enfrentan a diversos retos. La limitada capacidad de aplicación de la ley y las presiones económicas crean un camino delicado para las transiciones justas. La colaboración internacional puede aportar importantes beneficios a todos los implicados, ayudar a abordar la pobreza energética, reducir las emisiones y acelerar el progreso hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

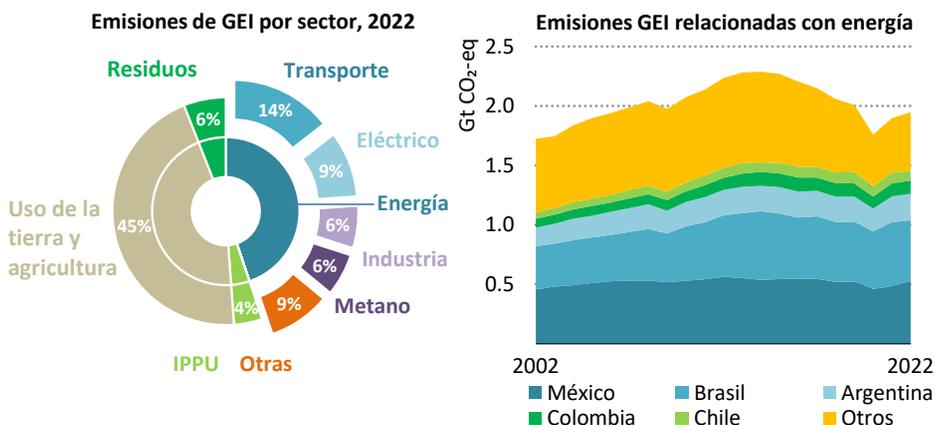
#### Emisiones

ALC fue responsable de alrededor del 5 % del total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con la energía entre 1970 y 2022. En 2019, representó alrededor del 8 % de las emisiones totales de GEI de toda la economía. A nivel mundial, se estima que el sector energético es responsable de más de las tres cuartas partes de las emisiones de GEI. La región de ALC representa menos de la mitad de estas emisiones (Figura 1.21). Esto subraya la importancia de uso del suelo y la agricultura en la región, los cuales fueron responsables de alrededor del 45 % del total de emisiones de GEI en 2022.

Las fuentes de energía de bajas emisiones han ayudado a limitar la contribución histórica de la región al cambio climático, pero una transición hacia una energía limpia implicará abordar las emisiones en el transporte y la industria, así como lograr mayores avances en el sector eléctrico. El transporte por carretera fue la principal fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en 2022 (alrededor de 550 millones de toneladas [Mt] de CO<sub>2</sub>, en alrededor del 33 % del total), seguido de la generación de electricidad (380 Mt CO<sub>2</sub>, 23 %) y la industria (370 Mt CO<sub>2</sub>, 22%).

La reducción de las emisiones de metano procedentes de la producción de petróleo y gas ofrece una oportunidad temprana e importante para limitar el calentamiento global a corto plazo. Las operaciones de petróleo y gas en ALC emitieron casi 8 Mt de metano en 2022, equivalente a más de 230 Mt CO<sub>2</sub>. Estimamos que alrededor del 80 % de estas emisiones podrían reducirse con las tecnologías existentes y el 40 % podría evitarse sin costo neto ya que los desembolsos para las medidas de reducción son inferiores al valor de mercado del gas adicional que se captura (véase el capítulo 3).

**Figura 1.21** ▶ Emisiones de GEI por sector en ALC, 2022, y emisiones de GEI relacionadas con la energía por país, 2002-2022



IEA. CC BY 4.0.

*México y Brasil representan más de la mitad de las emisiones de GEI relacionadas con la energía; las emisiones en la región cayeron desde 2015, pero esta tendencia se revirtió a partir de 2020*

Notas: IPPU = procesos industriales y uso de productos; Gt CO<sub>2</sub> eq = gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente. Se considera que, según el potencial de calentamiento mundial de 100 años, una tonelada de metano equivale a 30 toneladas de CO<sub>2</sub> y una tonelada de óxido nitroso, a 273 toneladas de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2021). Las emisiones relacionadas con la combustión de energía se incluyen en el sector de energía. IPPU se refiere a las emisiones de procesos, al uso de gases de efecto invernadero en productos y a los usos no energéticos del carbono de combustibles fósiles. El metano solo incluye las emisiones de metano de las operaciones de petróleo, gas y carbón. Las emisiones de metano de los equipos de uso final se incluyen en los sectores consumidores. La categoría «Otras energías» hace referencia al uso de energía por parte de las industrias de transformación y las pérdidas de energía al convertir la energía primaria para que pueda usarse en los sectores de uso final.

Fuentes: Las emisiones del sector energético provienen de las bases de datos de la Agencia Internacional de la Energía. Las emisiones del uso del suelo y la agricultura se basan en modelos del Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). Las estimaciones de emisiones de otros sectores provienen de Climate Watch (2023).

### Cambio de uso del suelo

El cambio de uso del suelo es una fuente importante de emisiones de GEI y de pérdida de biodiversidad en ALC. Lo peor podría estar por venir: los hábitats naturales se enfrentan a la tala ilegal y a la presión de la agricultura, la minería y la expansión urbana (Recuadro 1.6). Brasil, Colombia, Ecuador y muchos otros países de la región se han comprometido a detener la deforestación para 2030, pero el camino hacia este objetivo está resultando lento (UNFCCC, 2021). Por otro lado, Uruguay, Chile y Costa Rica han logrado revertir la deforestación desde el año 2000 con medidas como incentivos para la reforestación, la promoción de áreas protegidas y el compromiso con las comunidades locales. Se pueden obtener beneficios tanto económicos como relacionados con el cambio climático. La restauración de tierras degradadas y el aumento

de la productividad podrían permitir una nueva expansión de la producción de bioenergía sin afectar a las áreas boscosas, especialmente si la región avanza en el uso de desechos y materias primas avanzadas. El cambio de uso del suelo podría pasar de ser fuentes de emisiones a sumideros.

### **Recuadro 1.6 ▶ ¿Qué le depara el futuro al Amazonas?**

La selva amazónica es la pluviselva más grande del mundo y una zona crítica desde el punto de vista ecológico. También alberga alrededor de 400 grupos étnicos indígenas, muchos de los cuales no tienen contacto con la sociedad moderna, así como cientos de comunidades locales con escaso acceso a la energía y la infraestructura (World Bank, 2019). Se extiende por nueve países y cubre un área de aproximadamente 7 millones de kilómetros cuadrados, casi el tamaño de Australia. Desempeña un papel importante en el mantenimiento de los patrones climáticos globales, sirviendo como sumidero de carbono y regulando los ciclos del agua regionales y mundiales. Hay vastas zonas rurales, varios centros urbanos como São Paulo y centrales hidroeléctricas que dependen del agua procedente de la evapotranspiración del bosque que las corrientes de viento transportan hacia el sur.

La cuenca del Amazonas también alberga importantes recursos energéticos que van desde yacimientos de petróleo y gas hasta depósitos de minerales críticos y un importante potencial hidroeléctrico sin explotar. Desarrollar y utilizar estos recursos sin causar daño no ha resultado sencillo. Ecuador y Colombia han desarrollado recursos de hidrocarburos dentro de la región amazónica y han sido testigos de los impactos de los derrames de petróleo en sus ríos, bosques y habitantes. Brasil ha llevado a cabo operaciones mineras a gran escala para la extracción de bauxita y minería de estaño a pequeña escala en la Amazonia, lo que ha sido motivo de preocupación por la deforestación y la alteración del hábitat. El desarrollo, por parte de Brasil, del proyecto hidroeléctrico Belo Monte, una planta de 11,2 GW en el río Xingu, fue controversial por sus posibles impactos a las comunidades indígenas y a los flujos ecológicos del agua.

Se ha perdido entre el 15 % y el 20 % de la selva amazónica original. La mayor parte de la deforestación tuvo lugar en sus fronteras, a menudo tras el desarrollo de carreteras y otras infraestructuras. En vista de las múltiples tensiones (desde la deforestación hasta sequías e inundaciones extremas causadas por el calentamiento del clima), las pruebas sugieren que la selva amazónica podría estar acercándose a un punto de inflexión (Boulton, Lenton, & Boers, 2022). En consecuencia, existe el riesgo de que las presiones a las que se enfrenta la selva amazónica puedan llevar a que grandes partes de ella pierdan la capacidad de recuperarse de la sequía o de la deforestación y, como resultado, se conviertan en una sabana. Esto causaría grandes perturbaciones en el clima regional y global y provocaría una pérdida irremediable de diversidad biológica.

Se está prestando mucha atención a los esfuerzos para encontrar sinergias entre el desarrollo económico y la conservación ambiental y para garantizar la salud a largo plazo de la selva tropical y el bienestar de sus habitantes. En 2023, Brasil celebró una Cumbre del Amazonas,

donde los ministros de las naciones de la región acordaron un conjunto de políticas y medidas ambientales para reforzar la cooperación regional y evitar que la selva tropical llegue a «un punto sin retorno». Una serie de iniciativas tienen como objetivo fomentar prácticas de gestión forestal sostenible, planes agroforestales, pagos por servicios ecosistémicos e iniciativas lideradas por indígenas y comunidades que exploran la producción sostenible de productos forestales.

La colaboración internacional desempeña un papel importante en el apoyo a este tipo de iniciativas. Por ejemplo, el Fondo Amazonia, creado por Brasil y Noruega, permite a países de todo el mundo contribuir a financiar proyectos que reduzcan la deforestación, fortalezcan las áreas protegidas, promuevan unos medios de vida sostenibles para las comunidades locales o mejoren la investigación científica y los esfuerzos de supervisión.

### *La contaminación del aire*

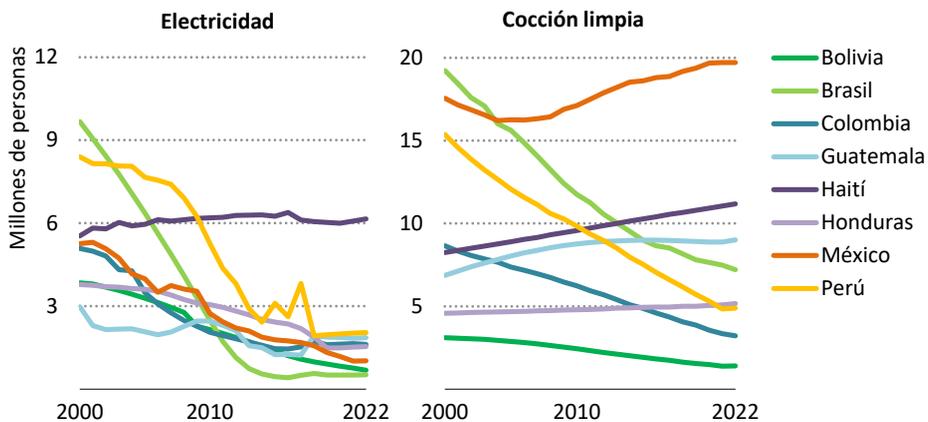
La reducción de las emisiones de GEI también aporta importantes beneficios a la calidad del aire. Más de 85 000 muertes prematuras cada año en ALC pueden atribuirse a la contaminación del aire ambiente (exterior). Las principales fuentes de contaminación del aire incluyen la industria, la generación eléctrica y el transporte por carretera. El transporte es una fuente importante de contaminación del aire en las zonas urbanas. Un cambio de los automóviles con motor de combustión interna a los vehículos eléctricos y más opciones de transporte público contribuirían mucho a mejorar la calidad del aire en las ciudades y, al mismo tiempo, se reducirían las emisiones. Las infraestructuras de apoyo al cambio de modelo hacia el ferrocarril y las vías navegables para el transporte de mercancías, cuando sea factible, reducirían la contaminación atmosférica, así como el consumo de energía y las emisiones de GEI. Las mejoras en los niveles de contaminación del aire en los hogares dependen de los esfuerzos dedicados a ampliar el acceso a cocinas y calefacción limpia, incluso para comunidades aisladas que todavía dependen de la recolección de biomasa para cocinar o calentarse (véase el capítulo 3).

## **1.4 Pobreza energética y asequibilidad**

### **1.4.1 Acceso a la energía moderna**

Garantizar el acceso a energía fiable y asequible para todos sigue siendo un desafío crucial para los países de ALC, particularmente en áreas rurales y remotas. Se han hecho avances para lograr el acceso universal a la electricidad a través de políticas gubernamentales como el programa brasileño Luz para Todos, que, en los últimos 20 años, ha contribuido a reducir en un 95 % el número de personas sin acceso a la electricidad en Brasil (Figura 1.22). La creciente disponibilidad y uso de tecnologías fuera de la red ha sido útil. Sin embargo, alrededor del 3 % de la población de ALC (17 millones de personas) sigue sin tener acceso a servicios básicos de electricidad y esta situación lleva alrededor de una década sin mejorar. Además, la calidad y fiabilidad del servicio sigue constituyendo una preocupación, incluso para quienes tienen acceso.

**Figura 1.22** ▶ Población sin acceso a electricidad y soluciones no contaminantes para cocinar en ALC, 2000- 2022



IEA. CC BY 4.0.

*Si bien ha habido avances considerables en la mejora del acceso a la electricidad, casi una de cada ocho personas todavía carecía de acceso a una cocina no contaminante en 2022.*

Fuente: Análisis de la Agencia Internacional de la Energía basado en IEA (2023e); OLADE (2022); WHO (2022).

La crisis energética mundial, que provocó un aumento de los precios del gas natural, ha obstaculizado gravemente el progreso de la región en relación con el acceso a soluciones de cocina limpia. Alrededor del 11 % de la población de ALC carece de acceso a soluciones de cocina de este tipo. De hecho, el número de personas que carecen de acceso a cocinas no contaminantes ha ido aumentando en México, Haití, Honduras y Guatemala. La falta de acceso a combustibles limpios para cocinar afecta de manera desproporcionada a los sectores más vulnerables de la población, como las mujeres y los niños, y deteriora significativamente la calidad del aire en el interior de los hogares.

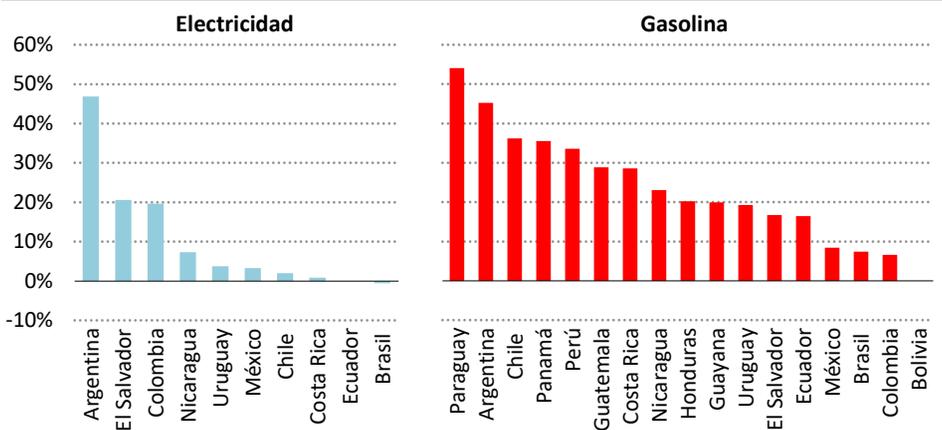
## 1.4.2 Asequibilidad y desigualdad

### Asequibilidad

Antes de la crisis energética, los precios altos o volátiles de los combustibles fósiles ya eran motivo de preocupación y afectaban desproporcionadamente a los consumidores más pobres y vulnerables, que gastan una mayor proporción de sus ingresos en energía (IEA, 2022). La crisis energética producto de la invasión de Rusia a Ucrania dio lugar a unos precios mucho más altos y una volatilidad considerable. El precio del gas natural aumentó más del 40 % en Argentina, Brasil y Uruguay en 2022, mientras que los precios del gas licuado de petróleo (GLP) aumentaron entre un 10 % y un 20 % en la mayoría de los países. Los precios de la electricidad en general se vieron menos afectados gracias a los altos niveles de generación de energía hidroeléctrica en muchos países, y los embalses reabastecidos incluso hicieron bajar los precios de la electricidad en Brasil

(Figura 1.23). Una serie de países respondieron introduciendo bonos, subsidios y otras medidas junto con los planes de apoyo existentes para proteger a los consumidores del aumento de las facturas de energía de los hogares (IEA, 2023f).

**Figura 1.23 ▶ Aumentos de los precios de la energía para los hogares en determinados países de ALC en 2022 en relación con 2021**



IEA. CC BY 4.0.

*A pesar de las medidas destinadas a frenar el aumento del precio de la gasolina, estos aumentaron de una manera más drástica que los precios de la electricidad en 2022*

Notas: Las variaciones de precios se muestran a tipo nominal. Los precios de la electricidad en Ecuador y los precios de la gasolina en Bolivia se mantuvieron estables. Los aumentos de los precios al consumidor en Argentina también fueron excepcionalmente altos en el caso de otros bienes (recuadro 1.2).

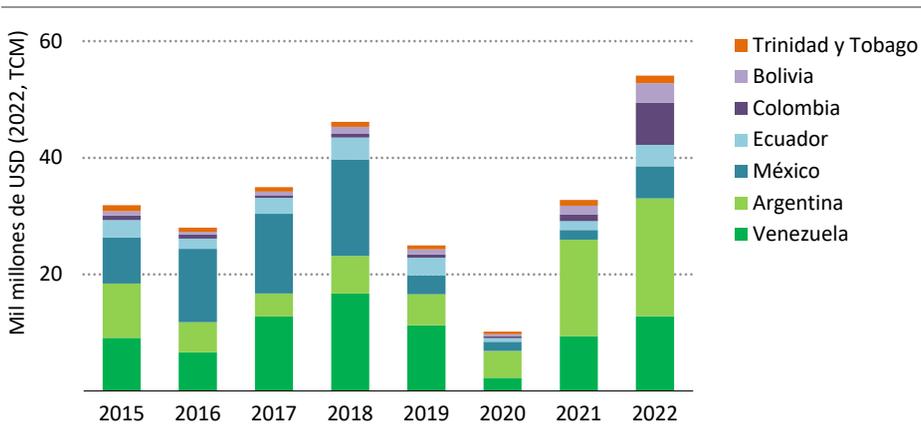
Fuentes: Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2023g), estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía y precios mundiales del petróleo (Global Petrol Prices, 2023).

El fuerte aumento de los costos del combustible para el transporte ejerció una presión adicional sobre los hogares. Algunos países brindaron protección a través de las medidas existentes: por ejemplo, los precios de los combustibles llevan años congelados en Bolivia. Otros países controlaron los precios recortando temporalmente los impuestos al combustible para el transporte o compensando a los productores e importadores de combustible por mantener los precios bajos. La mayoría de los hogares de bajos ingresos en ALC carecen de los medios económicos necesarios para poseer un automóvil, aunque muchos de esos hogares se vieron afectados por el costo del combustible para los vehículos de dos ruedas o por el aumento de las tarifas de autobús, ya que dos tercios de todos los viajes en la región se realizan en transporte público (SLOCAT, 2022).

En general, la pandemia de la COVID-19 hizo que se triplicaran los subsidios de combustible fósiles en 2021 en comparación con 2020, y aumentaron mucho más en 2022 (Figura 1.24). Si bien pueden haber brindado un valioso apoyo frente a los fuertes aumentos de los precios de la energía, los subsidios generales a los combustibles fósiles no constituyen una buena solución a

largo plazo, pues benefician desproporcionadamente a las personas de mayores ingresos y sus costos imponen una carga adicional a los gobiernos que ya están afrontando importantes problemas de endeudamiento. Esto apunta a la necesidad de encontrar formas de dirigir los subsidios a quienes más los necesitan. A pesar de la creciente inflación y las turbulencias mundiales en los mercados energéticos, los subsidios permitieron que el porcentaje de los ingresos mensuales que los hogares promedio gastan en energía se haya mantenido, en gran medida, estable entre el 3 % y el 8 %, aunque los gastos en combustible para el transporte aumentaron drásticamente.

**Figura 1.24** ▶ Subsidios al consumo de combustibles fósiles y electricidad en determinados países de ALC, 2015-2022



IEA. CC BY 4.0.

*Los subsidios al consumo de combustibles fósiles aumentaron de manera pronunciada en 2021 y 2022 en respuesta al aumento de los costos energéticos*

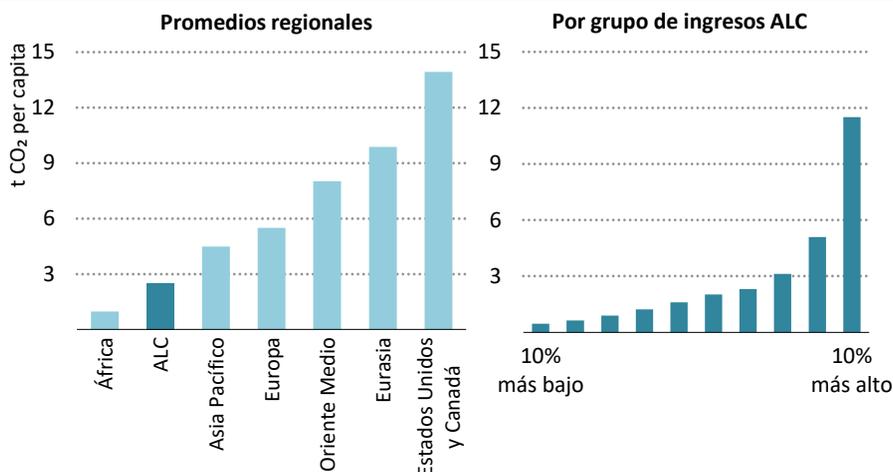
Notas: TCM = tipo de cambio de mercado. Los subsidios al consumo de electricidad que se muestran en este gráfico son solo aquellos vinculados a la energía generada a partir de combustibles fósiles.

Fuente: Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2023h).

### Desigualdad

Existen desigualdades entre las regiones de todo el mundo en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>. América Latina y el Caribe tiene una huella de carbono per cápita comparativamente baja, con un promedio de 2,5 toneladas de CO<sub>2</sub> (t CO<sub>2</sub>) en 2022, aproximadamente la mitad del promedio mundial de 4,6 t CO<sub>2</sub> per cápita. África es la única región con menos emisiones per cápita. También existen desigualdades dentro de ALC entre los grupos de ingresos. El 10 % más rico (aquellos que tienen un ingreso anual promedio de US\$ 35 500) emite cerca de 12 t CO<sub>2</sub> per cápita por año y representa el 40 % de toda la huella de carbono de la región. En otras palabras, el 10 % más rico emite cinco veces más en comparación con la mediana de ALC. Por el contrario, se estima que el 10 % más pobre emite apenas 0,5 t CO<sub>2</sub> per cápita al año (Figura 1.25).

**Figura 1.25** ▽ Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita relacionadas con la energía por región y grupo de ingresos en ALC, 2022



IEA. CC BY 4.0.

*Las emisiones promedio per cápita en ALC son más bajas que en cualquier otra región excepto África, pero el 10 % de mayores ingresos es responsable del 40 % de las emisiones regionales*

Estas desigualdades regionales no difieren de las que se observan a nivel global, donde el decil con mayores emisiones es responsable de casi la mitad de las emisiones mundiales (IEA, 2023i). Las mayores desigualdades están asociadas con el transporte personal, en particular la aviación y el transporte por carretera, que son los usos de la energía más elásticos en función de la renta. Por el contrario, el uso de energía residencial es generalmente más equitativo entre los diferentes grupos de ingresos, aunque el uso del aire acondicionado es significativamente mayor en los hogares más ricos (EPE, 2023).

Los hogares de bajos ingresos son los que menos contribuyen a las emisiones relacionadas con la energía, pero gastan la mayor parte de sus ingresos en facturas de energía y son los que tienen más probabilidades de carecer de acceso a la energía moderna. Para lograr transiciones centradas en las personas, los gobiernos deben adoptar políticas climáticas que también reduzcan la desigualdad, como incentivos sujetos a una verificación de los recursos para la compra de tecnologías de energía limpia (IEA, 2023j). Para hacer esto correctamente, se necesita una buena comprensión de las implicaciones de las transiciones para el empleo y la igualdad; además, es necesario que varios organismos de todo el gobierno se coordinen de manera efectiva. Un ejemplo es el de Panamá, donde se ha creado un Consejo de Transición Energética para brindar rendición de cuentas y asesoramiento estratégico sobre objetivos como el acceso a la energía (República de Panamá Consejo de Gabinete, 2020).

## 1.5 Políticas energéticas, compromisos climáticos y contribuciones determinadas a nivel nacional

Los compromisos climáticos de mediano y largo plazo han evolucionado en América Latina y el Caribe desde el Acuerdo de París de 2015. Un total de 16 de sus 33 países se han comprometido a cumplir objetivos de cero emisiones netas para mediados de siglo o antes. Juntos representan alrededor del 65 % del PIB de la región y alrededor del 60 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía (Tabla 1.2). Algunos de estos objetivos de cero emisiones netas están condicionados por el apoyo internacional, incluida una mayor financiación climática utilizando mecanismos de crédito de carbono como el Artículo 6 y programas sectoriales como REDD+.<sup>4</sup>

En el contexto del Acuerdo de París, las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) están diseñadas para permitir que los países establezcan sus ambiciones, marcos de políticas, planes y objetivos de mitigación y adaptación a mediano plazo. Todos los países de ALC han presentado su primera NDC. Posteriormente, 29 países actualizaron las suyas para perseguir objetivos de mitigación más ambiciosos o mejorar la transparencia proporcionando más detalles sobre sus políticas. La gran mayoría del conjunto actual de NDC de la región incluye un objetivo cuantificable de reducción de emisiones. Un tercio menciona explícitamente un objetivo absoluto o relativo, y el resto se basa en un escenario *business-as-usual* en el que todo sigue igual para especificar sus posibles reducciones de emisiones. El objetivo debería ser que más países adopten objetivos absolutos de reducción de emisiones para la próxima ronda de NDC en el período previo a la COP 30 en 2025, incluidos objetivos para 2035.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la combustión de hidrocarburos en América Latina y el Caribe fueron de aproximadamente 1,5 gigatoneladas (Gt) de CO<sub>2</sub> en 2022. Si todas las NDC se implementan plenamente, incluido su componente condicional vinculado al apoyo internacional, la Agencia Internacional de la Energía estima que las emisiones aumentarían a 1,7 Gt CO<sub>2</sub> para 2030. Si solo se alcanzaran los objetivos de mitigación incondicionales de las CDN, las emisiones aumentarían a 1,8 Gt CO<sub>2</sub>, lo que equivale a un aumento del 18 % en comparación con 2022. Esto indica la necesidad de una mayor ambición y de que se redoblen los esfuerzos en los países con objetivos de cero emisiones netas en el largo plazo para encaminarlos hacia su consecución. Sería de gran ayuda contar con medidas detalladas integradas en un marco político bien definido que incluya las necesidades de financiación para mejorar la transparencia y generar confianza de cara al futuro. Se deberían considerar los siguientes pasos esenciales para la próxima ronda de NDC.

<sup>4</sup> Los países establecieron el marco REDD+ para proteger los bosques como parte del Acuerdo de París. REDD se refiere a la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo. El + se refiere a las actividades adicionales relacionadas con los bosques que protegen el clima, a saber, la gestión sostenible de los bosques y la conservación y mejora de las reservas de carbono forestal.

**Tabla 1.2 ▶ Compromisos de emisiones a mediano y largo plazo en ALC**

País	Emisiones en toda la economía			Emisiones procedentes de la quema de combustible	
	Proporción de emisiones GEI por sector en 2019	Objetivo de emisiones de GEI en 2030	Año objetivo de cero emisiones netas	2021 (Mt CO <sub>2</sub> )	Meta de CDN para 2030 (Mt CO <sub>2</sub> )
<b>Objetivo absoluto (niveles máx.)</b>					
Argentina		349 Mt CO <sub>2</sub> eq	2050	166	168
Chile		95 Mt CO <sub>2</sub> eq*	2050	85	65
Colombia		169,4 Mt CO <sub>2</sub> eq	2050	77	112
Costa Rica		9,11 Mt CO <sub>2</sub> eq	2050	7,5	7,1
Perú		179 Mt CO <sub>2</sub> eq	2050	46	44
Uruguay		0,96 Mt CO <sub>2</sub> eq	2050	7,5	1,3
<b>Objetivo relativo</b>					
Brasil		-50 % respecto a 2005	2050	439	435
Dominica		-45 % respecto a 2014	2030	0,17	0,10
Granada		-40 % respecto a 2010	2050	0,31	0,19
Panamá		-11,5 %* respecto a 2017	2050	11	11
San Cristóbal y Nieves		-61 %* respecto 2010	-	0,24	0,09
Santa Lucía		-7,2 %* respecto a 2010	-	0,51	0,45
<b>Objetivo basado en escenario de referencia con una evolución sin cambios</b>					
Bahamas		-30 % respecto al valor de referencia	-	2,4	1,4
Barbados		-70 % respecto al valor de referencia	2030	1,3	0,45
República Dominicana		-27 % respecto al valor de referencia	2050	27	32
Ecuador		-11,9 % respecto al valor de referencia (en 2025)	-	34	34 (en 2025)
El Salvador		-6 % respecto al valor de referencia	-	6,9	8,1
<b>Sectores:</b> ● Energía ● UTCUTS ● Agricultura ● Otros				<i>Continúa en la siguiente página...</i>	

País	Emisiones en toda la economía			Emisiones procedentes de la quema de combustible	
	Proporción de emisiones GEI por sector en 2019	Objetivo de emisiones de GEI en 2030	Año objetivo de cero emisiones netas	2021 (Mt CO <sub>2</sub> )	Meta de CDN para 2030 (Mt CO <sub>2</sub> )
Guatemala		-22,6 % respecto al valor de referencia	-	18	17
Haití		-25,5 % respecto al valor de referencia	-	3,1	2,3
Honduras		-16 % respecto al valor de referencia	-	9,2	12
Jamaica		-28,5 %* respecto al valor de referencia	2050	6,0	5,0
México		-40 % respecto al valor de referencia	-	375	474
Nicaragua		-10 % respecto al valor de referencia	-	4,8	12
Paraguay		-20 % respecto al valor de referencia	-	8,3	6,2
San Vicente y las Granadinas		-22 % respecto al valor de referencia (en 2025)	-	0,27	0,25 (en 2025)
Trinidad y Tobago		-45 %* respecto al valor de referencia	-	13	22
Venezuela		-20 % respecto al valor de referencia	-	45	177
<b>Sin objetivo cuantificable</b>					
Antigua y Barbuda		n. a.	2040	0,64	n. a.
Belice		n. a.	-	0,67	n. a.
Bolivia		n. a.	-	20	n. a.
Cuba		n. a.	-	21	n. a.
Guyana		n. a.	Ya cero neto	2,8	n. a.
Suriname		n. a.	Ya cero neto	2,6	n. a.
<b>Sectores:</b> ● Energía ● UTCUTS ● Agricultura ● Otros					

\*No cubre UTCUTS en el objetivo de la NDC.

Notas: UTCUTS = uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura. Los objetivos reflejan los esfuerzos no condicionados y condicionados que se mencionan en la NDC. Las emisiones de UTCUTS no se muestran cuando son positivas. Los objetivos de emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía para 2030 son estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía, ajustando los objetivos de energía de la NDC o de toda la economía a los datos históricos de la AIE.

Fuentes: Análisis basado en datos de estimaciones de la AIE; Climate Watch (2023); Ritchie, Roser and Rosada (2020).



## Prospectivas de la energía y las emisiones

¿De punto fuerte a punto fuerte?

### R E S U M E N

- Estas prospectivas estudian tres escenarios para América Latina y el Caribe (ALC), con un enfoque centrado en el Escenario de Políticas Declaradas (STEPS), que refleja las políticas y medidas actuales, y el Escenario de Compromisos Anunciados (APS), que logra en su totalidad y a tiempo todas las ambiciones y promesas de los países y las industrias, en particular en lo que respecta a sus contribuciones determinadas a nivel nacional y sus objetivos de emisiones netas cero. Cuando corresponde, el progreso se compara con el Escenario de Cero Emisiones Netas para 2050 (NZE).
- La población y el crecimiento económico son factores fundamentales que influyen en el consumo de energía. Se espera que la población de ALC aumente de los 658 millones actuales a casi 700 millones para 2030 y 750 millones para 2050, lo que se sumaría a una continua urbanización. Al salir de un período de crecimiento lento, el crecimiento del PIB de la región se acelera debido, en parte, al crecimiento de los servicios y la reindustrialización.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> en ALC aumentan ligeramente de 1 660 millones de toneladas (Mt) en 2022 a poco más de 1 690 Mt en 2030 en el STEPS, pero son 200 Mt más bajas en el camino hacia el cumplimiento de los compromisos y las metas a más largo plazo anunciados en el APS. La aceleración del despliegue de las energías renovables puede subsanar casi el 40 % de la brecha, complementada con la electrificación, la demanda evitada y la eficiencia energética. Hasta 2050, la brecha de emisiones de CO<sub>2</sub> se ampliará aún más, de modo que alcanzará los 1 850 Mt en el STEPS, pero caerá a 800 Mt en 2050 en el APS. La contaminación del aire ambiente empeora en el STEPS, pero mejora en cierta medida en el APS; la contaminación del aire en el hogar mejora en ambos escenarios a medida que se avanza en la esfera de las cocinas limpias.
- Si bien la demanda total de energía aumenta en cada escenario, su composición varía enormemente. En el STEPS, el consumo de combustibles fósiles aumenta lentamente, pero siguen satisfaciendo la mayor parte de la demanda de energía, aunque el porcentaje de los combustibles fósiles en la matriz energética cae del 67 % en 2022 al 63 % en 2030. En el APS, el consumo de todos los combustibles fósiles alcanza su punto máximo a mediados de la década de 2020 y su porcentaje en la matriz energética disminuye al 57 % en 2030. Las energías renovables satisfacen el 80 % del crecimiento de la demanda hasta 2030 en el STEPS, de modo que su participación en la matriz energética aumenta del 28 % en 2022 al 33 % en 2030, mientras que el fuerte crecimiento en el APS sitúa a las energías renovables en vías de superar a los combustibles fósiles en ALC antes de 2040. En el escenario NZE, una adopción más rápida de las energías renovables y unas mayores ganancias en eficiencia energética reducen la participación de combustibles fósiles al 50 % para 2030.
- El consumo de energía final en ALC aumenta un 1,5 % anual hasta 2030 en el STEPS. La tasa de aumento anual es del 0,8 % en el APS, lo que refleja una mejora de la eficiencia en el uso de la energía y los materiales. Ambos escenarios contemplan una disminución de la

participación del petróleo en la demanda de energía, que cae del 48 % actual al 41 % en el STEPS y al 23 % en el APS en 2050, en gran parte debido a la adopción de los vehículos eléctricos y el uso de biocombustibles. El porcentaje del carbón en el consumo de energía final sigue siendo bajo en la región en todos los escenarios y se utiliza fundamentalmente en la industria. Los países ponen en práctica diversas estrategias de descarbonización. Brasil encabeza la expansión del uso de biocombustibles, por ejemplo, mientras que Chile y México promueven los vehículos eléctricos y Argentina aumenta el número de vehículos a gas natural comprimido.

- Se espera que el crecimiento de la demanda de electricidad aumente su participación en la demanda total de energía del 20 % actual al 21 % para 2030 en el STEPS y al 23 % en el APS. Los sectores de las edificaciones y la industria registran un crecimiento más rápido de la demanda a medida que aumenta la propiedad de sistemas de aire acondicionado en un 40 % para 2030 y la industria se electrifica de manera progresiva. Los estándares mínimos de rendimiento energético y los códigos de construcción relacionados con la energía ayudan a compensar de forma parcial el crecimiento de la demanda, especialmente en el APS. Para 2050, la demanda de electricidad en ALC aumenta casi un 90 % en el STEPS y un 180 % en el APS. La demanda máxima de electricidad crece aún más rápido.
- Está previsto que la expansión de las fuentes renovables de electricidad supere el crecimiento de la demanda de electricidad en la región y aumente su porcentaje en el conjunto de fuentes de energía de poco más del 60 % actual a más de dos tercios en 2030 en el STEPS y más del 70 % en el APS. La participación de las energías renovables seguirá aumentando hasta 2050. Hoy en día, la energía hidroeléctrica es la mayor fuente de electricidad, pero las instalaciones de energía solar fotovoltaica y eólica satisfacen la mayor parte de la demanda nueva. La energía nuclear representa una pequeña parte de la generación en algunos países, en particular en Brasil, Argentina y México. El gas natural sigue proporcionando alrededor de una cuarta parte del suministro de electricidad en ALC hasta 2030, mientras que la generación a partir de carbón y petróleo disminuye rápidamente, lo que reduce todavía más la huella de emisiones del que ya es uno de los sectores eléctricos con menor intensidad de emisiones del mundo. La inversión en el sector eléctrico se centra en las energías renovables, la expansión y modernización de las redes, y las nuevas fuentes de flexibilidad de los sistemas, como las baterías y la gestión de la respuesta a la demanda.
- El panorama de la producción de energía en la región experimentará grandes cambios. En el STEPS, la producción de petróleo aumenta hasta 2050, con saltos notables en la producción en Guyana y Brasil, y la producción de gas natural se incrementa con contundencia a partir de 2030, a medida que Argentina explota sus reservas no convencionales. En el APS, la producción de petróleo en la región disminuye después de 2030 ante la menor demanda global. La producción de gas natural en la región cae más de un 10 % para 2030 y otro 20 % para 2050 en el APS, pese a un notable crecimiento en Argentina. En ambos escenarios, la producción de carbón disminuye con rapidez y la bioenergía representa una parte sustancial del suministro de energía, con un fuerte crecimiento de los biocombustibles líquidos y los biogases. El crecimiento de la producción de hidrógeno de bajas emisiones se dispara después de 2030 en ambos escenarios, pero, para 2050, aumenta diez veces más en el APS que en el STEPS.

## 2.1 Introducción

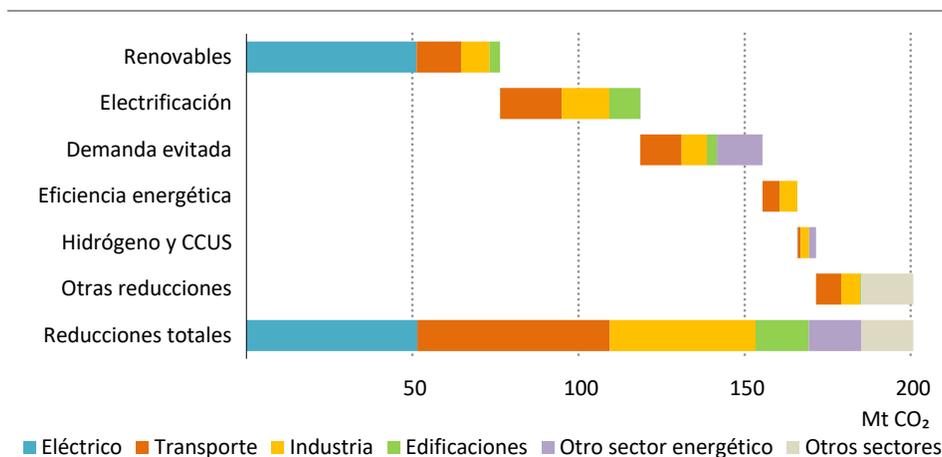
El presente documento, *Latin America Energy Outlook* (Prospectivas Energéticas de América Latina), se basa en la publicación *World Energy Outlook-2023* (Prospectivas de la energía en el mundo 2023). Incluye tres escenarios que estudian diferentes trayectorias del sector energético hasta 2050. Estos escenarios incluyen los datos más recientes sobre los costos y mercados energéticos, y se basan en las últimas proyecciones de las tendencias económicas, poblacionales y demográficas. Tienen en cuenta las políticas y estrategias industriales relacionadas con la energía y el clima, y exploran las repercusiones de los planes nacionales, las metas y las contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN, por sus siglas en inglés) en América Latina y el Caribe (ALC) y en el mundo. Las variaciones entre los distintos escenarios reflejan en gran medida las diferentes decisiones que toman los gobiernos en materia de políticas. Los tres escenarios son los siguientes:

- El **Escenario de Políticas Declaradas** (STEPS) está diseñado para proporcionar una idea de la dirección predominante de la progresión del sistema energético, sobre la base de una revisión pormenorizada del panorama político actual. Los resultados del STEPS reflejan una revisión detallada, sector por sector, de las políticas y medidas que están realmente en vigor o que se han anunciado; no se asume automáticamente el cumplimiento de las metas a las que se aspira en la esfera de la energía y el clima. El STEPS se asocia en estos momentos a un aumento de la temperatura de 2,4 °C en 2100 (con una probabilidad del 50 %).
- El **Escenario de Compromisos Anunciados** (APS) supone que los gobiernos cumplirán, en su totalidad y a tiempo, todos los compromisos relacionados con el clima que han anunciado, incluidas las metas de cero emisiones netas a más largo plazo y las promesas de las CDN, así como los compromisos en áreas relacionadas como el acceso a la energía. También se tienen en cuenta las promesas formuladas por las empresas y otras partes interesadas cuando contribuyen a las ambiciones establecidas por los gobiernos. Mientras que el STEPS analiza en detalle lo que los gobiernos están haciendo realmente para alcanzar sus metas y objetivos en toda la economía energética, el APS refleja lo que los gobiernos afirman que lograrán. Dado que la mayoría de los gobiernos todavía están muy lejos de haber anunciado o implementado políticas para cumplir plenamente sus compromisos y promesas, se podría considerar que este escenario les otorga el beneficio de la duda, y se tendrían que realizar avances extremadamente significativos para lograrlo. Se supone que los países sin compromisos ambiciosos a largo plazo se benefician en este escenario de las reducciones aceleradas de costos que produce para una serie de tecnologías de energía limpia. El APS está asociado con un aumento de la temperatura de 1,7 °C en 2100 (con una probabilidad del 50 %).
- El **Escenario de Cero Emisiones Netas en 2050** (NZE) es un escenario normativo donde se describe una trayectoria del sector energético que ayuda a limitar el aumento de la temperatura mundial a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales en 2100 (con una probabilidad del 50 % como mínimo) con un rebasamiento limitado. El escenario NZE se ha actualizado completamente y es el centro de atención del documento *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach* (IEA, 2023a), publicado recientemente. En el escenario NZE, también se cumplen los principales Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

de las Naciones Unidas relacionados con la energía: de aquí a 2030, se garantiza el acceso universal a servicios energéticos fiables y modernos, y se logran importantes mejoras en la calidad del aire. Cada año que pasa con unas altas emisiones y un progreso limitado hacia los ODS hace que resulte más difícil lograr los objetivos del escenario NZE, pero, según nuestro análisis, la reciente aceleración de las transiciones a energías limpias significa que todavía hay una trayectoria abierta para lograr sus objetivos.

Ninguno de los escenarios se debe considerar un pronóstico. Más bien, están diseñados para estudiar los diversos cursos de acción y sus repercusiones para la seguridad energética, el desarrollo y el medio ambiente.<sup>1</sup> Al hacerlo, pretenden proporcionar a los responsables de la formulación de políticas en ALC y en otros lugares conocimientos sobre los efectos de las decisiones en materia de políticas y una comprensión más profunda de los mecanismos que podrían producir diferentes resultados.

**Figura 2.1 ▶ Brecha de implementación de las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> por medida de mitigación y sector, el escenario STEPS frente al escenario APS, 2030**



IEA. CC BY 4.0.

*El incremento del uso de las energías renovables mediante un despliegue más rápido de la energía solar fotovoltaica, la energía eólica y los biocombustibles subsanan casi el 40 % de la brecha de implementación*

Notas: Mt CO<sub>2</sub> = millones de toneladas de dióxido de carbono; CCUS = captura, utilización y almacenamiento de carbono. Los otros sectores energéticos incluyen la transformación de energía en otra forma o la producción de combustibles. Las otras reducciones incluyen otras sustituciones de combustibles, emisiones de procesos y emisiones fugitivas. El sector edificaciones incluye agricultura.

Según nuestro análisis, las políticas actuales conducirían a un pequeño aumento en las emisiones totales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) relacionadas con la energía en la región entre 2022 y 2030,

<sup>1</sup> La información sobre el enfoque de modelado, el diseño de escenarios y los parámetros de entrada está disponible en: IEA (2023b): [iea.li/model](https://www.iea.org/en/model).

pero existirían oportunidades de reducir las emisiones a fin de cumplir los compromisos anunciados. Subsanan esta brecha de implementación (la brecha entre los escenarios STEPS y APS) podría suponer un ahorro de alrededor de 200 millones de toneladas de dióxido de carbono (Mt CO<sub>2</sub>) para 2030 (Figura 2.1).

Las principales medidas necesarias para subsanar la brecha de implementación en América Latina y el Caribe para 2030 son:

- La medida de mitigación más importante es aumentar el uso de las energías renovables, que representan casi el 40 % de la brecha. En el APS, la energía solar fotovoltaica y la eólica crecen un 35 % más que en el STEPS, de modo que alcanzan los 280 gigavatios (GW) de capacidad instalada y generan casi el 30 % de la electricidad. En los sectores del transporte y la industria, aumentar el uso de la bioenergía también contribuye a una mayor participación de energías renovables.
- La electrificación directa de los usos finales subsana otro 20 % de la brecha de implementación. Esto implica aumentar la representación de los automóviles y autobuses eléctricos en las ventas totales al 20 % para 2030 e incrementar el uso de la electricidad en los procesos térmicos de temperatura baja y media, subiendo así la participación de la electricidad en las industrias no intensivas en energía a partir de hoy tres puntos porcentuales hasta el 40 %. La ampliación de la electrificación se vuelve cada vez más eficaz como una forma de reducir las emisiones a medida que aumenta la participación de las energías renovables en la generación de electricidad.
- Las medidas que reducen la demanda de energía, es decir, la demanda evitada, cubren aproximadamente el 20 % de la brecha. Incluyen un mayor uso del transporte público, estrategias de eficiencia de los materiales en la industria y un mejor acceso a cocinas limpias y eficientes.
- El aumento de la eficiencia energética subsana aproximadamente el 5 % de la brecha. Estos ahorros son el resultado de una mejora del ahorro de combustible en los vehículos, sobre todo en los camiones, y una mayor eficiencia energética en los procesos industriales: se pueden mejorar los procesos aumentando el rigor y la cobertura de los estándares mínimos de rendimiento energético (MEPS) para motores, y ayudando a las empresas a realizar auditorías de eficiencia energética y desarrollar planes de implementación.
- La brecha restante se subsana con diversas medidas, como la reducción de las emisiones fugitivas (10 Mt CO<sub>2</sub>) y de las emisiones de los procesos industriales mediante el uso de nuevos métodos de producción. La captura, la utilización y el almacenamiento de carbono (CCUS) y el hidrógeno desempeñan una función menor (menos del 5 %) durante el resto de la década, pero adquieren una relevancia cada vez mayor después de 2030.

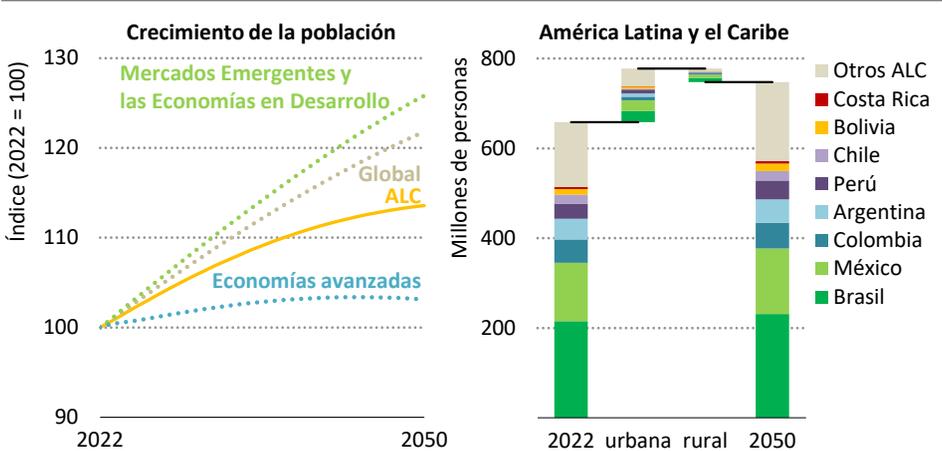
Para cerrar la brecha de implementación, los países deben adoptar políticas que impulsen la reducción de las emisiones en estas áreas y respaldarlas con medidas paralelas encaminadas a fortalecer los sistemas energéticos, por ejemplo, añadir nuevas líneas de transmisión a la red y garantizar una flexibilidad adecuada de los sistemas eléctricos a medida que aumenta el uso de la generación a partir de fuentes renovables, de carácter variable.

Este capítulo presenta las perspectivas y análisis pormenorizados de Brasil, México, Argentina, Chile, Colombia y Costa Rica. Los cinco primeros países son las economías más grandes de la región: en conjunto representan alrededor del 80 % del producto interno bruto (PIB) de ALC, del suministro total de energía y de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía. Costa Rica es un país de rápido crecimiento que ya cuenta con un sector eléctrico totalmente descarbonizado. En este capítulo, los demás países de América Latina y el Caribe se denominan en conjunto *otros países de ALC*.

### 2.1.1 Población y crecimiento económico

La población de ALC es de 658 millones de personas actualmente. En la próxima década, se prevé que la población aumentará alrededor de un 0,7 % anual, hasta alcanzar prácticamente los 700 millones en 2030. A partir de entonces, el crecimiento continuará a un ritmo más lento, y la población casi alcanzará los 750 millones en 2050. La tasa de crecimiento demográfico es mayor que en las economías avanzadas, pero menor que en otras economías de mercados emergentes y en desarrollo, especialmente las de África (Figura 2.2). Entre los países de ALC, Guatemala, Honduras y Bolivia presentan las tasas de crecimiento demográfico más altas, y Argentina posee la tasa más elevada de los países en los que se centra el presente capítulo. Las tasas de crecimiento demográfico en Jamaica y Cuba son las más bajas de la región, mientras que Chile registra el crecimiento más reducido de los países a los que se presta atención en este capítulo.

**Figura 2.2** ▶ Crecimiento demográfico por grupo económico y en ALC, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

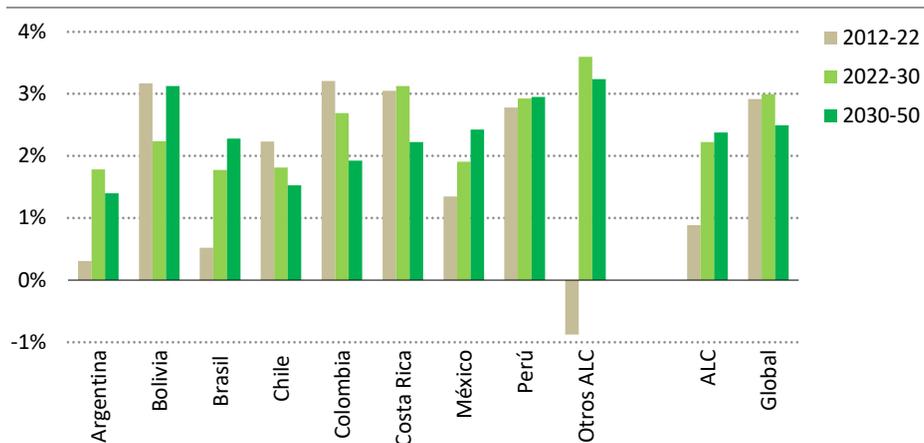
*La tasa de crecimiento demográfico en ALC se sitúa entre el promedio de las economías avanzadas y de las economías de mercados emergentes y en desarrollo, y todo el crecimiento se produce en las zonas urbanas*

Fuentes: DAES (UN DESA, 2018, 2022); Banco Mundial (World Bank, 2023); bases de datos y análisis de la AIE.

Las ciudades continúan siendo predominantes en los asentamientos de ALC. La población rural se reduce con el tiempo, en continuación de una tendencia que impera desde 1993, mientras que la población urbana aumenta de manera constante. El porcentaje de la población que vive en zonas urbanas aumentará del 82 % actual al 83 % en 2030 y al 88 % en 2050, momento en el que 120 millones de personas más vivirán en ciudades. Entre los países de mayor tamaño, el cambio hacia las ciudades es particularmente pronunciado en Guatemala, Bolivia, México y Perú, que actualmente presentan unas tasas de urbanización inferiores al promedio regional.

Después de una década de crecimiento económico relativamente bajo, las economías de ALC están preparadas para superar las dificultades causadas por la actual crisis energética y la alta inflación, y para recuperar impulso. El crecimiento promedio del PIB se duplica con creces en todos los escenarios, desde menos del 1 % en la última década al 2,2 % en el período comprendido hasta 2030, impulsado por un fuerte crecimiento de la demanda en los sectores de los servicios y la industria. Luego, el crecimiento del PIB aumenta hasta un promedio anual del 2,4 % entre 2030 y 2050. Este crecimiento constante significa que el PIB de la región aumenta hasta duplicar los niveles actuales para 2050. ALC sigue siendo una región de ingreso medio, con un nivel de PIB per cápita superior al de la mayoría de las economías de mercados emergentes y en desarrollo, pero inferior al de las economías avanzadas.

**Figura 2.3** ▶ Crecimiento promedio anual del PIB en ALC y en determinados países, 2012-2050



IEA. CC BY 4.0.

*Después de una década de crecimiento lento, la tasa de crecimiento anual del PIB crece más del doble en la próxima década, con un fuerte desarrollo en Brasil, Costa Rica y Perú*

Nota: Calculado sobre la base del PIB expresado en dólares estadounidenses del año 2022 en términos de paridad de poder adquisitivo.

Fuentes: Análisis de la AIE basado en Oxford Economics (Oxford Economics, 2023) y FMI (IMF, 2023).

La tasa de crecimiento del PIB varía entre los diferentes países de ALC dependiendo en gran medida de sus niveles de ingreso actuales y su estructura económica. Las dos economías más grandes, Brasil y México, representan en conjunto más de la mitad del PIB de ALC. Su tasa de crecimiento anual del PIB aumenta al 1,8 % en el período comprendido hasta 2030 y luego se acelera en torno al 2,3 % anual hasta 2050 (Figura 2.3). Chile, Colombia y Costa Rica tienen hoy en día un PIB per cápita relativamente alto, por encima de los US\$ 8 000 (2022, paridad de poder adquisitivo [PPA]) per cápita) y su PIB crece entre un 1,8 % y un 3,1 % anual durante la próxima década, impulsado por la expansión del sector servicios; después desciende a entre un 1,5 % y un 2,2 % aproximadamente al año hasta 2050, en línea con otras economías avanzadas. Los países con menor ingreso per cápita en la actualidad, incluidos Bolivia y Perú, mantienen unas tasas de crecimiento del PIB de alrededor del 3 % anual hasta 2050.

## 2.2 Suministro total de energía

Impulsado por el crecimiento demográfico y económico, el suministro total de energía (STE) en ALC en el STEPS es un 10 % mayor en 2030 de lo que es hoy en día, y un 35 % mayor en 2050. El crecimiento en el sector de los servicios con un consumo de energía menor y los usos finales más eficientes conducen a una disminución de la intensidad energética del 7 % en el período comprendido hasta 2030 y de casi el 30 % para 2050: sin esta disminución, el crecimiento de la demanda de energía sería mayor. Si bien la demanda absoluta de combustibles fósiles aumenta, su participación en la matriz energética disminuye del 67 % actual al 63 % en 2030 como resultado de las políticas vigentes y la caída de los costos de las fuentes de energía renovables.

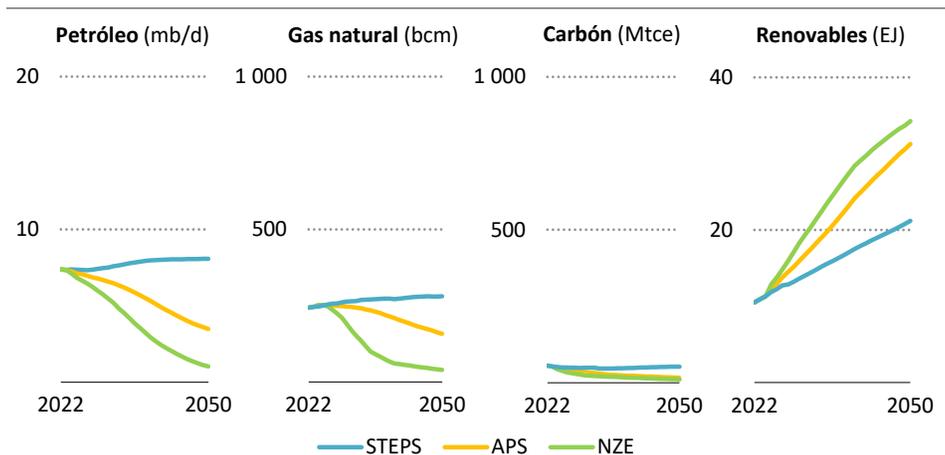
Existe una brecha significativa entre el suministro total de energía en el STEPS y el APS. Como reflejo de una mayor ambición climática en los compromisos de emisiones netas cero y las CDN, el suministro total de energía aumenta solo un 9 % en 2030 y un 14 % para 2050 en el APS. La intensidad energética en el APS es un 2 % menor para 2030 y un 9 % menor para 2050 que en el STEPS. En el APS, la participación de los combustibles fósiles en la matriz energética cae por debajo del 60 % en 2030 y hasta solo una cuarta parte aproximadamente en 2050, de la cual el 13 % se utiliza como materia prima y el 3 % se captura mediante CCUS.

En el escenario NZE, las ganancias adicionales en eficiencia en todo el sistema energético limitan el crecimiento del suministro total de energía desde los niveles actuales a solo el 2 % para 2030 y el 6 % para 2050. Las mejoras en la intensidad energética se triplican para 2030 en comparación con el período comprendido entre 2010 y 2022, y la intensidad energética se reduce casi a la mitad para 2050. El suministro de combustibles fósiles disminuye al 50 % del suministro total de energía en 2030 y a menos del 10 % en 2050, del cual casi el 40 % se utiliza para fines no energéticos y el 20 % se captura mediante CCUS. Con las mejoras significativas en la intensidad energética que reducen la demanda general, el suministro de energías renovables es solo un 10 % mayor que en el APS en 2050.

Los combustibles fósiles siguen diversas trayectorias a lo largo del tiempo. El petróleo continúa siendo la principal fuente de energía en el STEPS y, hasta 2040, en el APS, y se emplea principalmente para el transporte. El gas natural aumenta ligeramente más rápido que el petróleo

en el STEPS, pero disminuye en el APS a medida que el sector eléctrico se aleja con mayor rapidez del gas hacia fuentes de bajas emisiones (Figura 2.4). La demanda de carbón se mantiene prácticamente constante en el STEPS, con un mayor uso en el sector industrial que aproximadamente compensa la disminución del uso en el sector eléctrico, mientras que en el APS disminuye en todos los sectores. Sin embargo, el carbón continúa siendo el combustible fósil menos utilizado en la región y sigue representando menos del 5 % del suministro total de energía.

**Figura 2.4 ▶ Suministro total de energía por combustible y escenario en ALC, 2022-2050**



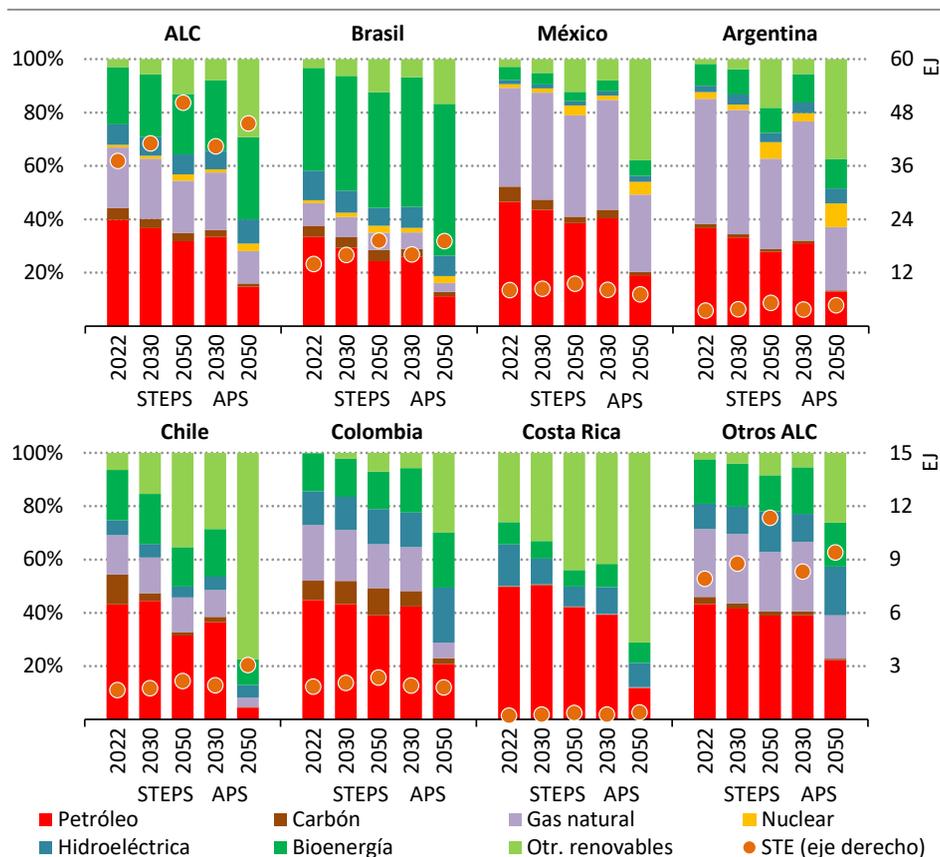
IEA. CC BY 4.0.

**La demanda de combustibles fósiles aumenta en el STEPS, mientras que los compromisos de emisiones netas cero y las CDN en el APS conducen a una disminución a partir de esta década; las energías renovables crecen con fuerza**

Notas: mb/d = millones de barriles por día; bcm = miles de millones de metros cúbicos; Mtce = millones de toneladas de carbón equivalente; EJ = exajulio; STEPS = Escenario de Políticas Declaradas; APS = Escenario de Compromisos Anunciados; NZE = Escenario Cero Emisiones Netas en 2050. La escala de los ejes Y está ajustada a los valores energéticos equivalentes.

Las energías renovables, en particular la hidroeléctrica y la bioenergía, ya desempeñan una función importante en el suministro de energía en ALC, pero su contribución en el futuro es mayor, principalmente debido a la rápida expansión de la energía eólica y solar fotovoltaica y al aumento del uso de la bioenergía. Las políticas actuales conducen a una duplicación del suministro de energía renovable para 2050 en el STEPS, con un crecimiento aún más rápido en el APS, sobre todo después de 2030. En el escenario NZE, el uso de energías renovables casi se duplica para 2030. Las energías renovables también se utilizan cada vez más para producir hidrógeno y combustibles basados en este. Si bien la creación de demanda interna constituye una prioridad, varios países de la región exportan productos basados en el hidrógeno al mercado mundial tanto en el escenario APS como en el NZE. La función de la energía nuclear sigue siendo escasa en todos los escenarios, y su participación aumenta ligeramente hasta alrededor del 3 % del suministro total de energía para 2050.

**Figura 2.5** ▽ Suministro total de energía por combustible y escenario en ALC y en determinados países, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

*Las energías renovables desplazan a los combustibles fósiles en todos los países, en especial después de 2030; el gas natural presenta tendencias particularmente divergentes dependiendo de las políticas nacionales*

Nota: STE = suministro total de energía; Otr. Renovables = otras energías renovables.

Los cambios en la matriz de combustibles difieren entre los diferentes países de ALC según la disponibilidad de recursos, el uso actual de la energía y las políticas gubernamentales (Figura 2.5). En el STEPS, Argentina y México aumentan la producción de gas natural para satisfacer la creciente demanda interna, y la participación de los combustibles fósiles en el suministro total de energía en estos países disminuye solo entre 2 y 4 puntos porcentuales para 2030. La bioenergía ayuda a sustituir los combustibles fósiles en algunos países y realiza una contribución particularmente significativa a la transición energética de Brasil. El progreso en Chile hacia metas como la eliminación gradual de la generación de electricidad a partir de carbón disminuye la participación de los combustibles fósiles en su suministro total de energía del 69 % actual al 61 % en 2030. En el APS, el papel de los combustibles fósiles en la matriz de fuentes de energía de Chile incluso cae

por debajo del 50 % para 2030. En Brasil y Costa Rica, cae desde alrededor del 50 % actual a menos del 40 % en 2030, frente a un nivel de entre un 40 % y un 50 % en el STEPS. México, sin un compromiso de cero emisiones netas y con una CDN menos ambiciosa, es el país que presenta el menor cambio en su matriz de fuentes de energía para 2030.

## DESTACADO

### Resiliencia climática de la infraestructura energética

La infraestructura energética en América Latina y el Caribe ya está expuesta a los efectos del cambio climático. La región ha tenido que hacer frente a cambios en las precipitaciones y las temperaturas medias, así como a fenómenos meteorológicos cada vez más extremos, como inundaciones, sequías, olas de calor y huracanes. Estos plantean desafíos para el suministro y la demanda de energía, así como para la seguridad de la infraestructura energética. En medio de las olas de calor que tuvieron lugar en junio de 2023, el consumo de electricidad en México aumentó un 9 % por encima de la demanda máxima registrada el año anterior, y el margen de reserva operativa del sistema eléctrico cayó por debajo del 6 % (Government of Mexico, 2023). Durante una sequía que tuvo lugar en 2021, la peor en 91 años, la generación de energía hidroeléctrica de Brasil disminuyó de un modo significativo y las represas registraron unos niveles de capacidad de los embalses de solo el 24 %, lo que causó un aumento de los precios de la energía y un aumento del consumo de combustibles fósiles (The Wall Street Journal, 2021).

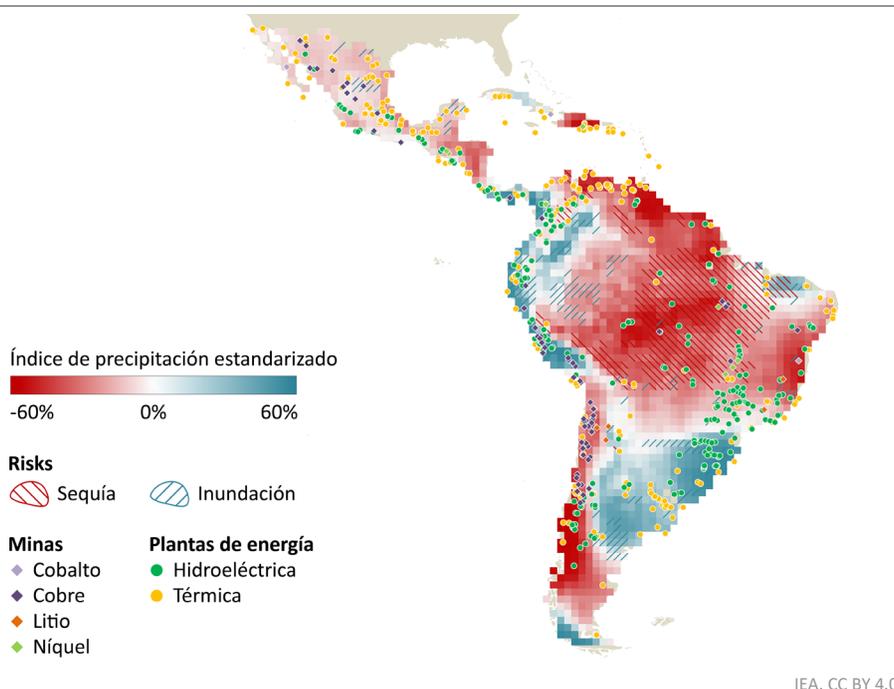
La creciente variabilidad en los patrones de precipitación constituye un importante motivo de preocupación, ya que hace que algunos lugares sean más húmedos y otros, más secos (Figura 2.6). Se espera que más del 70 % de la capacidad hidroeléctrica instalada experimente un clima más seco a mediados de siglo en comparación con los años preindustriales y que la generación de las centrales existentes en la región sea en promedio un 8 % menor en el período comprendido entre 2020 y 2060 que de 1970 a 2000, con una reducción de las precipitaciones en muchas partes de la región compensada solo en parte por aumentos en el área andina y algunas otras zonas (IEA, 2021).

También se prevé que más del 65 % de la capacidad instalada de electricidad basada en combustibles fósiles se enfrentará a un clima más seco a mediados de siglo, lo que hará más difícil asegurar el agua de refrigeración necesaria para el funcionamiento de las centrales. De manera similar, más del 70 % de las minas de litio y cobre podrían encontrar un clima más seco a mediados de siglo, lo que plantea riesgos para las operaciones de extracción y procesamiento de minerales críticos que requieren una gran cantidad de agua (véase el capítulo 3, sección 3.3). La disponibilidad de bioenergía podría verse igualmente afectada por las sequías que amenazan la estabilidad y la abundancia de las cosechas, reducen la fotosíntesis y modifican la composición química de los cultivos.

El aumento de las temperaturas también es motivo de preocupación en la mayor parte de ALC, sobre todo en Brasil, el norte de Chile y el sur de Perú. El aumento previsto en la frecuencia de los días calurosos podría disminuir la eficiencia de las centrales de energía solar fotovoltaica, eólica y térmica, a menos que se adopten de manera oportuna medidas de

resiliencia adicionales, como sistemas de refrigeración reforzados para las centrales eléctricas térmicas y mejoras del diseño de los paneles solares y las turbinas eólicas (IEA, 2022). También es probable que la subida de las temperaturas aumente el consumo de electricidad para el enfriamiento de espacios. En ALC, se espera que los grados-día de refrigeración (un índice que indica el exceso de temperatura por encima de un umbral donde se requiere refrigeración) aumenten entre un 29 % y un 43 % entre 2041 y 2060 en comparación con el período comprendido entre los años 1990 y 2000. La creciente necesidad de enfriamiento aumentará la demanda impuesta a las redes eléctricas en un momento en el que es probable que la temperatura ambiente más alta reduzca la capacidad de las redes de transmisión y distribución.

**Figura 2.6 ▶ Cambios en las precipitaciones en ALC en el escenario SSP2-4.5, 2040-2060**



**Más del 70 % de las centrales hidroeléctricas existentes, las minas de litio y cobre y el 65 % de las centrales eléctricas de combustibles fósiles se deben preparar para hacer frente a climas más secos para mediados de siglo**

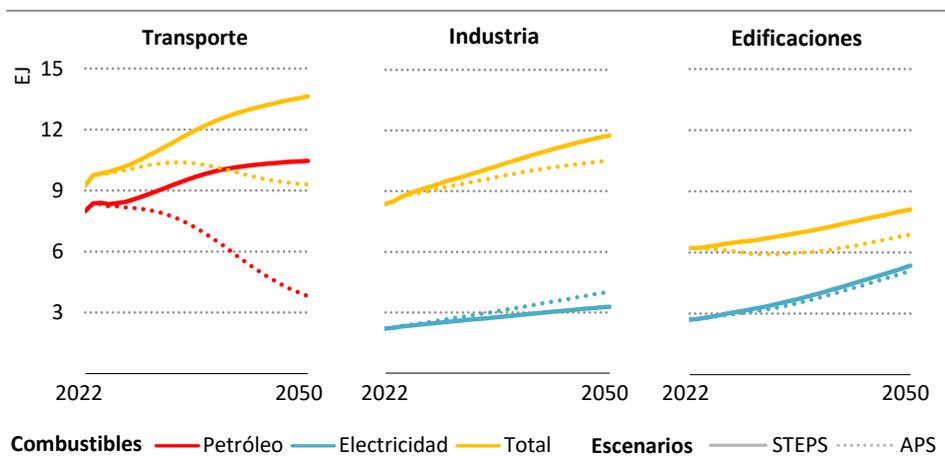
Notas: El SSP2-4.5 es un escenario de emisiones del Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). De los escenarios del IPCC, es el que más se ajusta al STEPS. El índice normalizado de precipitación compara la precipitación acumulada durante un tiempo fijo con la distribución pluvial a largo plazo en el mismo momento y lugar a fin de describir las sequías meteorológicas. Solo se muestran las centrales eléctricas con una capacidad instalada superior a 100 megavatios. Sequía: aumento de 10 días o más en los días secos consecutivos. Inundación: aumento de más del 10 % en la precipitación máxima de un día.

## 2.3 Consumo de energía final

El consumo de energía final en América Latina y el Caribe está dominado por el petróleo, que hoy en día representa casi la mitad del consumo final total. La otra mitad se divide principalmente entre electricidad (20 %), bioenergía (18 %) y gas natural (11 %). El carbón representa solo el 3 %. El transporte representa el 36 %; la industria, el 33 %; y las edificaciones, el 24 % del consumo energético final. En el transporte predomina el petróleo.

El consumo de energía final aumenta un promedio anual del 1,5 % hasta 2030 en el STEPS, y los sectores de la industria y el transporte experimentan un crecimiento más rápido que el sector de las edificaciones (Figura 2.7). Después de 2030, el crecimiento del consumo de energía final se ralentiza al 1,1 % anual a medida que el crecimiento demográfico se desacelera y la eficiencia energética mejora todavía más rápido. A pesar de los continuos aumentos en el consumo de energía del transporte, las políticas actuales en el STEPS conducen a un cambio gradual del petróleo a la electricidad y la bioenergía. La participación del petróleo en el consumo final total se reduce del 48 % actual al 46 % en 2030 y al 41 % en 2050.

**Figura 2.7** ▶ Consumo final total por combustible principal, sector y escenario en ALC, 2022-2050



*La electrificación y el mayor uso de los biocombustibles dan lugar a un máximo en el consumo de petróleo para el transporte en el APS; la electrificación aumenta de forma constante en los sectores de la industria y las edificaciones*

En el APS, cumplir las aspiraciones establecidas en las CDN reduce el crecimiento del consumo final total al 0,8 % anual hasta 2030. El crecimiento está impulsado por el transporte y la industria, mientras que la mejora de la eficiencia energética y el acceso a cocinas limpias hacen que el consumo de energía de las edificaciones se estabilice para 2030. El aumento del uso de la bioenergía y la electricidad reduce el porcentaje de los combustibles fósiles en el consumo final total a menos del 60 % para 2030 y al 35 % en 2050, y la participación del petróleo en 2050 cae a una cuarta parte.

El consumo de petróleo disminuye de manera pronunciada en ALC en el APS, con altas tasas de caída incluso en algunas economías productoras. Esto ayuda a los gobiernos a cumplir sus compromisos relacionados con el clima y, en el caso de los importadores de petróleo, a impulsar la seguridad energética. Al mismo tiempo, el gas natural desempeña una función importante como combustible de transición, en particular en las economías productoras. El gas se utiliza principalmente para procesos industriales, pero, en algunos países, también proporciona energía para cocina, calefacción y transporte. El consumo de electricidad aumenta en ambos escenarios y en todos los sectores y países, impulsado por una mayor propiedad de electrodomésticos y sistemas de aire acondicionado, y por la electrificación de la industria. Además, en el APS, el despliegue acelerado de los vehículos eléctricos hace que el consumo de electricidad para el transporte sea más del doble en comparación con el STEPS en 2030.

El efecto de estos cambios en el consumo final de energía per cápita varía según el país. A medida que aumentan los ingresos promedio y los hogares compran más electrodomésticos, sistemas de aire acondicionado y vehículos, el consumo de energía per cápita aumenta relativamente rápido con el tiempo en todos los países. En algunos, como Chile, Brasil, México y Argentina, donde la producción industrial desempeña un papel más destacado, su consumo de energía per cápita en la actualidad tiende a ser mayor que en muchos otros países de ALC, pero, con el tiempo, no aumenta tan rápido, ya que las ganancias en eficiencia energética moderan la demanda de energía en la industria.

### 2.3.1 *Transporte*

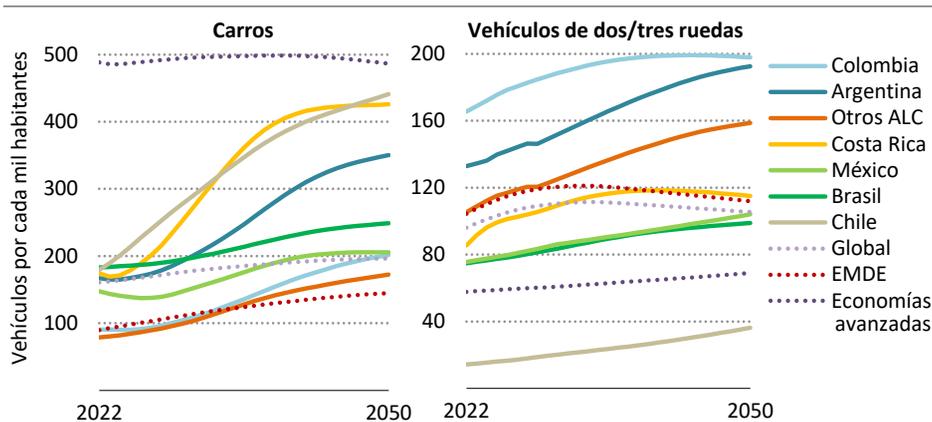
El transporte por carretera representa el 95 % del consumo de energía del sector del transporte en ALC. En el transporte por carretera, los automóviles y vehículos comerciales ligeros representan más del 55 % de la demanda energética, y el resto corresponde a camiones pesados (más del 30 %), autobuses (casi el 10 %) y vehículos de dos o tres ruedas (menos del 5 %). En promedio, el 86 % del transporte en los países de ALC depende del petróleo, cifra inferior al promedio mundial, del 91 %. El 14 % restante de la demanda de transporte se cubre con biocombustibles (el 10 % de la demanda de transporte), gas natural (el 3,5 %) y electricidad (menos del 0,5 %). Brasil presenta la mayor participación de biocombustibles en el transporte en el plano mundial. Argentina y Colombia también disponen de porcentajes relativamente altos de uso de biocombustibles y gas natural (principalmente Argentina) en el transporte. La pequeña contribución de la electricidad en ALC refleja tanto la baja adopción de vehículos eléctricos hasta el momento como el extremadamente limitado papel del ferrocarril.

#### *Actividad*

Los ingresos más altos, las altas tasas de urbanización y las opciones de transporte público relativamente limitadas en muchos países dan lugar a un aumento en los niveles de automóviles y vehículos de dos o tres ruedas. En toda la región, la propiedad de automóviles aumenta de alrededor de 140 automóviles por cada mil personas en la actualidad a 230 en 2050 en el STEPS, y la de vehículos de dos o tres ruedas aumenta de casi 95 por cada mil personas actualmente a más de 130 en 2050. Las tasas de propiedad de automóviles varían según el país: Chile y Costa Rica presentan un rápido crecimiento en la región y tienen un número comparativamente alto de

automóviles per cápita en 2050. Los vehículos de dos o tres ruedas también varían, con altas tasas de propiedad en Colombia y Argentina, y bajas en Chile, aunque dichas tasas allí todavía aumentan 2,5 veces entre 2022 y 2050 (Figura 2.8).

**Figura 2.8** ▶ Propiedad de automóviles y vehículos de dos o tres ruedas en determinados países o regiones en el escenario de políticas declaradas, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

*La propiedad de automóviles y vehículos de dos o tres ruedas crece con una mayor rapidez en ALC con respecto al promedio mundial; Chile y Costa Rica presentan altas tasas de crecimiento en el caso de los automóviles*

Nota: EMDE = economías de mercados emergentes y en desarrollo.

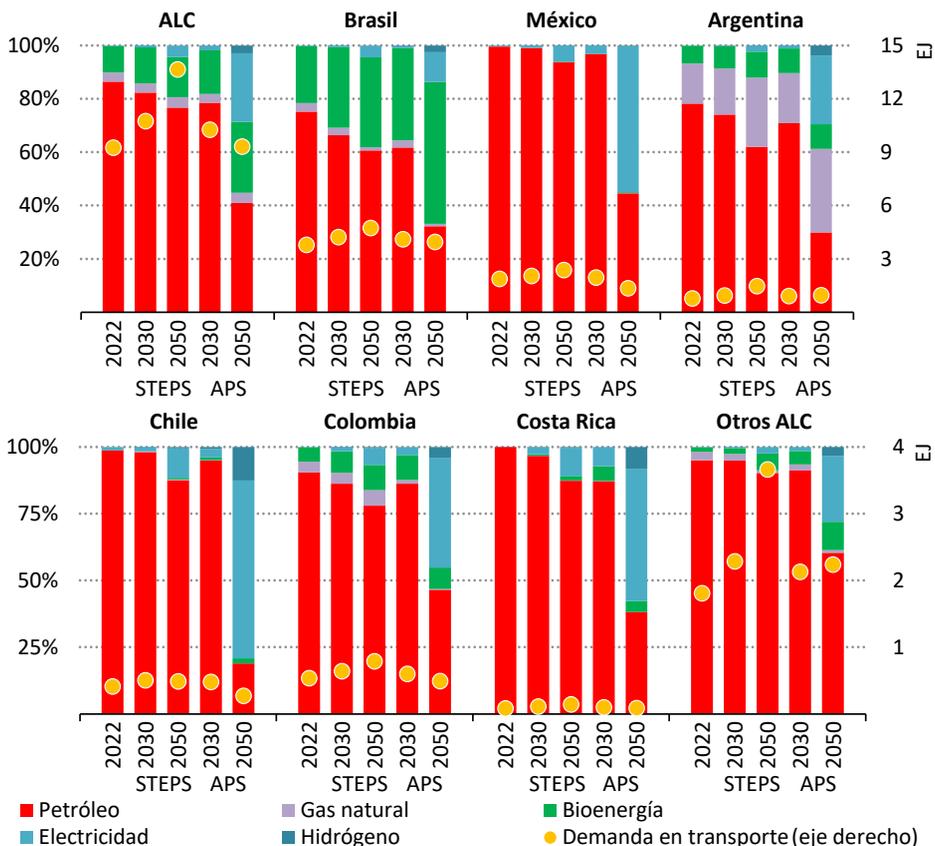
Entre los diferentes medios de transporte, la aviación presenta el crecimiento más rápido, seguida del ferrocarril, el transporte privado de pasajeros y los autobuses. En cuanto a las mercancías, el transporte por carretera aumenta más rápido que el transporte ferroviario, y la actividad total del transporte de mercancías se duplicará con creces de aquí a 2050.

### Prospectivas

Las políticas actuales no conducen a cambios fundamentales en la demanda de energía en el transporte. En el STEPS, el consumo de energía aumenta un 1,9 % anual hasta 2030, impulsado por una mayor propiedad de vehículos y un aumento del transporte de mercancías. El petróleo continúa siendo el combustible predominante, incluso cuando los países implementan diversas políticas para reemplazar su consumo (Figura 2.9). El porcentaje del petróleo en el consumo del transporte por carretera disminuye del 86 % actual al 82 % en 2030, principalmente como resultado del mayor uso de los biocombustibles en Brasil y de cierta electrificación. Los mandatos relativos a las mezclas hacen que la participación de biocombustibles aumente en otros países, en particular en Argentina y Colombia, aunque en menor medida que en Brasil. La electricidad avanza poco: para 2030, solo 1 de cada 20 automóviles y aproximadamente 1 de cada 4 vehículos de dos o tres ruedas vendidos son eléctricos, y la electricidad representa únicamente en torno al 1 % del

consumo de energía del transporte. El uso de gas natural en el transporte en el STEPS se mantiene prácticamente sin cambios, y el apoyo de las políticas argentinas a los vehículos a gas natural comprimido compensa el estancamiento de la demanda en otros países.

**Figura 2.9** ▶ Consumo de energía en el transporte por combustible y escenario en ALC y en determinados países, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

*El consumo de petróleo para el transporte disminuye, dado que Colombia, México, Chile y Costa Rica aumentan el despliegue de vehículos eléctricos, y que Brasil incrementa su consumo de biocombustibles*

En el APS, la aplicación de medidas más ambiciosas para alcanzar las metas de las CDN conlleva a resultados diferentes. La electrificación y unos estándares más estrictos en materia de ahorro de combustible reducen el crecimiento de la demanda de energía en el transporte al 1,3 % anual hasta 2030. El consumo de petróleo alcanza su punto máximo a mediados de la década de 2020 y su participación en la demanda del sector del transporte cae por debajo del 80 % para 2030, en gran parte debido al despliegue acelerado de los vehículos eléctricos y el uso de biocombustibles

en los principales países consumidores de petróleo, como Brasil, México, Argentina y Colombia. Los vehículos de dos o tres ruedas son los primeros en electrificarse, seguidos de los autobuses y los automóviles: para 2030, casi 1 de cada 2 vehículos de dos o tres ruedas y 1 de cada 5 automóviles y autobuses vendidos son eléctricos, aunque solo el 3 % de las ventas de camiones medianos y pesados son eléctricos. El aumento del número de autobuses eléctricos ayuda a reducir la contaminación atmosférica en las zonas urbanas.

La diferencia entre el STEPS y el APS se amplía después de 2030. En el STEPS, el crecimiento del consumo de energía en el transporte se reduce al 1,2 % anual gracias a las ganancias en el ahorro de combustible y al mayor despliegue de los vehículos eléctricos. La participación del petróleo en la demanda cae ligeramente por debajo del 80 % para 2050, mientras que el porcentaje de la electricidad aumenta al 4 %. En el APS, las ventas de vehículos eléctricos y el despliegue de los biocombustibles se aceleran, por lo que la demanda de energía para el transporte llega a su nivel máximo para 2035 y la participación del petróleo en el consumo de energía para el transporte se reduce casi a la mitad, hasta el 40 %, para 2050. Alrededor del 60 % de todos los automóviles y autobuses son eléctricos para 2050, aunque se han logrado menos avances en la reducción del consumo de petróleo y las emisiones de los camiones de transporte medianos y pesados, y especialmente en la aviación, dado que requieren un apoyo político específico para la descarbonización. En 2050, el hidrógeno producido en la región representa alrededor del 10 % del consumo de energía en el transporte por carretera en Chile y Costa Rica.

### *Políticas y estrategias de descarbonización*

Los países siguen varias estrategias para reducir su dependencia de los productos petroleros y emplean una combinación de incentivos, metas e impuestos al carbono, pero todas las estrategias tienen alguna combinación de medidas relacionadas con lo siguiente:

- **Ahorro de combustible:** Los estándares estrictos de ahorro de combustible ayudan a reducir el consumo de petróleo en el transporte por carretera. Si bien el consumo promedio actual de combustible en ALC es solo ligeramente superior al promedio mundial, apenas cinco países cuentan con estándares de eficiencia de combustible para vehículos ligeros, y únicamente Argentina, Colombia y México, también para camiones pesados (Tabla 2.1). Los estándares más estrictos de ahorro de combustible para los camiones de transporte medianos y pesados, en particular, tienen una repercusión en el APS, lo que conduce a una mejora del 11 % en el consumo promedio de combustible de las ventas para 2030 en comparación con el STEPS.
- **Electrificación:** México, Costa Rica y Chile cuentan con los compromisos más ambiciosos en lo que a los vehículos eléctricos se refiere. En el APS, la cuota de mercado de los automóviles eléctricos aumenta en cada uno de ellos al 30 % o más para 2030, muy por encima del promedio de ALC, del 20 %. Sin embargo, los vehículos eléctricos no representan la mitad del parque de vehículos de la región hasta finales de la década de 2040 en el APS, lo que subraya la necesidad de avanzar lo antes posible y facilitar la adopción de esos vehículos a través de políticas encaminadas a construir la infraestructura de carga necesaria y mejorar las redes eléctricas.

- **Biocombustibles:** Brasil continúa estando muy por encima del promedio mundial en el uso de biocombustibles. Hoy en día, más del 80 % de los automóviles nuevos pueden funcionar con gasolina mezclada con altas proporciones de etanol, incluso por encima del mandato actual de entre el 20 % y el 27 % (Bloomberg, 2023). Así, se saca provecho de la capacidad de Brasil para producir etanol a gran escala. Argentina, Colombia, Perú y Uruguay son algunos de los otros países que cuentan con metas relativas a las mezclas de biocombustibles y, en consecuencia, aumentan la participación de estos en ambos escenarios.
- **Combustible de aviación sostenible (SAF):** La aviación es el medio de transporte de más rápido crecimiento en ALC. Es un sector donde resulta difícil reducir las emisiones debido a su gran dependencia del petróleo. En el APS, la demanda de energía para la aviación, que incluye el combustible del transporte aéreo y marítimo a nivel internacional, se duplica para 2050, y el petróleo cubre casi el 80 % de esa demanda. El bioqueroseno de aviación representa otro 18 %, pero su potencial es limitado debido a la cantidad de materia prima que se puede obtener de manera sostenible (véase el capítulo 3, recuadro 3.3). El queroseno sintético producido a partir de hidrógeno y CO<sub>2</sub> biogénico o atmosférico representa solo el 2 % de la demanda en 2050: su producción es costosa y solo Brasil cuenta con medidas para apoyar su adopción a través de su política de biocombustibles RenovaBio y un mandato en materia de SAF previsto para 2027. Colombia apenas está iniciando las consultas relativas a una hoja de ruta del SAF vinculada a su Ley de Acción Climática.

**Tabla 2.1** ▶ Principales políticas de transporte en determinados países

	Estándares de ahorro de combustible para vehículos ligeros	Políticas y metas sobre vehículos eléctricos	Mandatos de biocombustibles	Apoyo a los combustibles de aviación de bajas emisiones
Brasil	●	●	●	●
Argentina, Colombia, México	●	●	●	○
Bolivia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Paraguay, Uruguay	○	●	●	○
Chile	●	●	○	○
Cuba, El Salvador, Nicaragua, República Dominicana, Trinidad y Tobago	○	●	○	○
Honduras, Perú	○	○	●	○

Política aplicada: ○ No ● Sí

En Argentina, el gas natural también contribuye a la reducción de la dependencia del petróleo y el aumento del uso de los recursos energéticos internos. En dicho país, más del 10 % de los camiones funcionan con gas natural en 2050 en el APS. Sin embargo, apostar por el gas natural requiere una planificación cuidadosa para evitar que las emisiones se congelen, por ejemplo, mediante el diseño de motores que estén listos para funcionar con altas proporciones de combustibles gaseosos de bajas emisiones de carbono.

También existen oportunidades de que los cambios modales hacia el transporte público reduzcan el número de automóviles y, por lo tanto, impulsen la reducción de las emisiones:

- Los sistemas de autobuses de transporte rápido electrificados pueden satisfacer las necesidades de movilidad urbana de forma sostenible. Más de 45 ciudades de la región ya han invertido en ellos. Bogotá es la ciudad con la flota de autobuses eléctricos más grande del mundo fuera de China (véase el capítulo 3, sección 3.1).
- Ampliar la red ferroviaria es otra opción para reducir las emisiones del sector del transporte, aunque requiere inversiones intensivas en capital y una planificación cuidadosa, dados los desafíos que presenta la geografía de la región. La red ferroviaria actual suma alrededor de 95 000 kilómetros (km), menos del 7 % de la red ferroviaria mundial. En el pasado, algunas zonas de ALC contaban con importantes redes ferroviarias, por lo que existe la posibilidad de reabrir vías históricas. Para reducir la complejidad y los costos, podrían adaptarse al tren ligero, en lugar de al tren pesado estándar. Junto con los sistemas de autobuses de transporte rápido, la expansión del ferrocarril urbano podría ayudar a reducir los problemas de congestión y contaminación atmosférica, mientras que la introducción del ferrocarril de alta velocidad en la región puede cambiar la demanda de la aviación, aunque este potencial se ve limitado por las restricciones geográficas de algunos países. Acercar la proporción actual de pasajeros-kilómetros recorridos por ferrocarril en ALC, del 2 %, al promedio mundial, del 7 %, puede reducir la dependencia de los productos petroleros, ya que los ferrocarriles de la región consumen cinco veces menos petróleo por pasajero-kilómetro que el transporte por carretera.

### 2.3.2 Industria

Las economías de ALC, con el tiempo, se han vuelto menos complejas (véase el capítulo 1, sección 1.1.1), y uno de los resultados es que el consumo de energía en el sector industrial de la región es inferior al promedio mundial. Las industrias sin un alto consumo de energía (o industria ligera) representan casi la mitad del consumo de energía en el sector industrial, muy por encima del promedio mundial del 30 %. Las industrias alimentaria y minera son las más importantes y representan dos tercios (alimentos) y una cuarta parte (minería) del consumo de energía en el sector de la industria ligera. Los productos químicos y el hierro y el acero son los mayores consumidores de energía entre las industrias con un alto consumo de energía. Más de la mitad de la producción de acero de ALC tiene lugar en Brasil, seguido de México (30 %) y Argentina (8 %). Brasil también ocupa el primer lugar en la fabricación de productos químicos de alto valor<sup>2</sup> (70 %), mientras que la mayor parte de la producción de amoníaco y metanol tiene lugar en Trinidad y Tobago (más del 70 %).

La prevalencia de las industrias sin un alto consumo de energía indica que el sector industrial de ALC puede satisfacer principalmente la demanda de energía con calor de baja y media temperatura, que no necesariamente requiere combustibles fósiles. Hoy en día, una cuarta parte del consumo de energía en la industria es electricidad, y otra cuarta parte, bioenergía. Los combustibles fósiles, principalmente para procesos de alta temperatura, representan alrededor

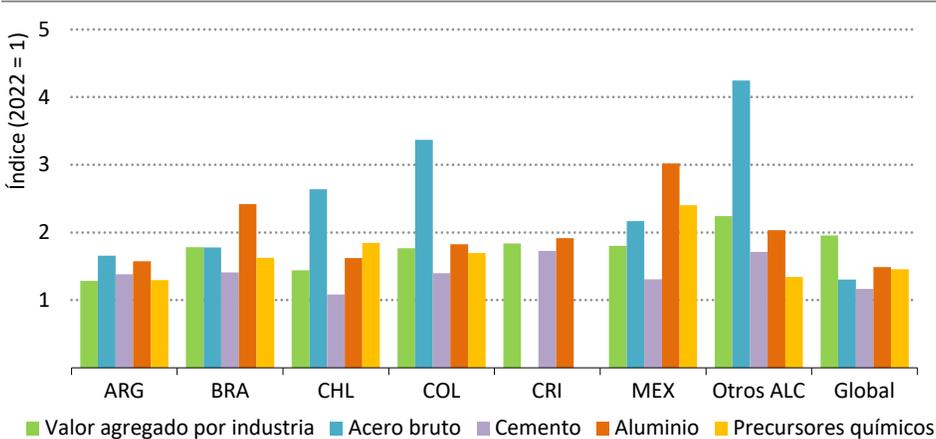
<sup>2</sup> Químicos de alto valor incluyen el etileno, el propileno y los compuestos aromáticos.

del 50 % del consumo de energía en la industria de ALC, muy por debajo del promedio mundial del 65 %; el petróleo y el gas natural representan cada uno alrededor del 20 %, y el carbón, el 10 %.

**Actividad**

El resurgimiento de las manufacturas es uno de los motores de la recuperación económica de ALC, después de 20 años de disparidad entre la demanda de bienes manufacturados y la capacidad de la industria para satisfacerla. En cada uno de nuestros escenarios, el valor agregado industrial aumenta más del 2 % anual hasta 2050, casi el doble de la tasa registrada desde el año 2000, pero todavía ligeramente por debajo del promedio mundial. La producción de bienes comercializados a nivel mundial, como el acero, el aluminio y los productos químicos primarios, aumenta particularmente rápido, lo que permite a la región reducir las importaciones (Figura 2.10). La producción de acero se duplicará para 2050 en el STEPS, con aumentos notables en Colombia, Chile y Perú, donde, en algunos casos, la producción disminuyó en los últimos años, pero se puede aprovechar la capacidad existente para incrementarla. La producción de aluminio experimenta un crecimiento particularmente rápido en México y Brasil, lo que se ve facilitado por la disponibilidad de chatarra, que permite utilizar procesos de producción de menor intensidad energética. La producción de productos químicos primarios en ALC se amplía en línea con el promedio mundial. La producción de cemento aumenta con mayor lentitud, subiendo a una tasa promedio anual del 1,3 % hasta 2050; se incrementa de manera más rápida en Costa Rica y otros países de ALC donde la demanda per cápita en estos momentos es baja.

**Figura 2.10** ► **Fabricación o producción industrial por material seleccionado y país en el escenario de políticas declaradas, 2022-2050**



IEA. CC BY 4.0.

*La producción de aluminio y acero aumenta de manera significativa, lo que reduce las necesidades de importación de la región; el crecimiento del valor agregado industrial se mantiene ligeramente por debajo del promedio mundial*

Notas: ARG = Argentina; BRA = Brasil; CHL = Chile; COL = Colombia; CRI = Costa Rica; MEX = México. Los precursores químicos incluyen amoníaco, metanol, etileno, propileno y compuestos aromáticos.

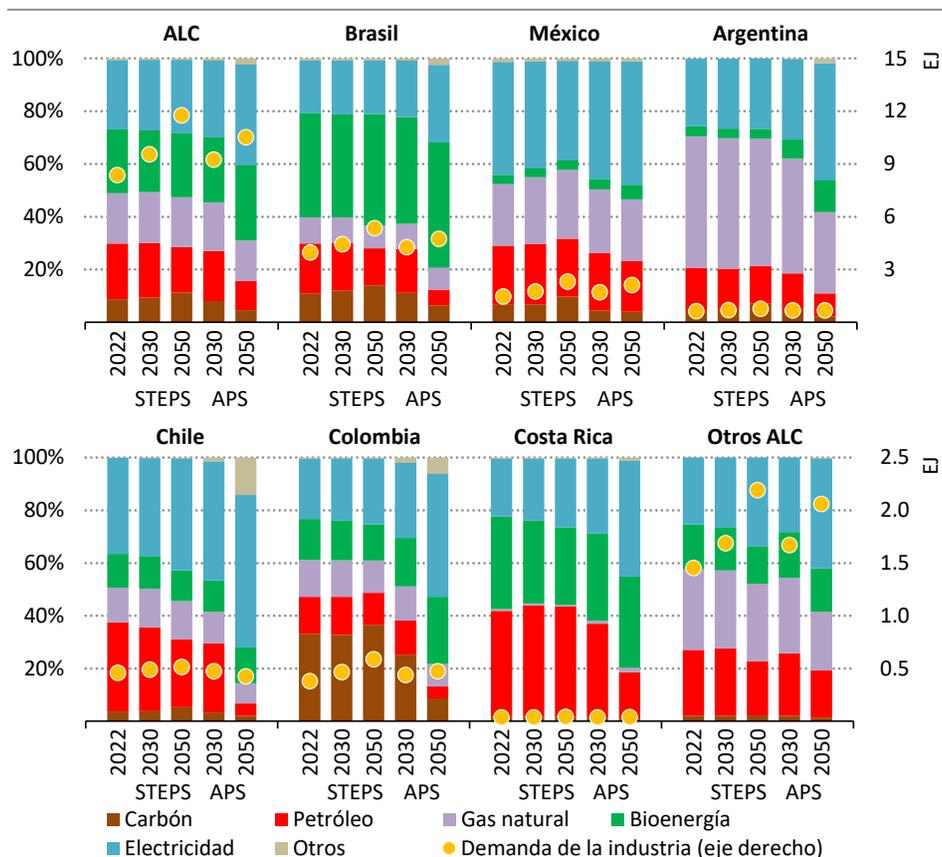
## Prospectivas

En el STEPS, la producción industrial se amplía en todos los subsectores, y el consumo de energía aumenta en promedio un 1,7 % anual hasta 2030. La matriz de combustibles sigue siendo, en términos generales, constante. México y Colombia presentan aumentos particularmente rápidos en la demanda de energía en la industria, impulsados por un fuerte crecimiento en la producción de aluminio, productos químicos y acero. En 2030, Brasil todavía es responsable de casi la mitad del consumo de energía en el sector industrial.

En el APS, los compromisos anunciados dan lugar a nuevas medidas para moderar el crecimiento de la demanda en el sector industrial y cambiar la matriz de combustibles. Las medidas de eficiencia energética y de los materiales reducen el crecimiento del consumo de energía en la industria al 1,3 % anual hasta 2030, 0,4 puntos porcentuales menos que en el STEPS. Una electrificación adicional conduce a una reducción en la participación del uso de los combustibles fósiles, sobre todo en las industrias sin un alto consumo energético. Chile electrifica su industria más rápido que otros países de ALC, gracias a su meta de lograr una reducción del 70 % de las emisiones para 2050 en relación con los niveles de 2018, y la participación de la electricidad en la demanda de energía industrial aumenta del 36 % actual al 45 % para 2030. En Costa Rica y Colombia, también se observan grandes aumentos en la electrificación de la demanda de energía industrial, que sube en ambos países desde el nivel actual de más del 20 % a casi el 30 % en 2030. El uso de la bioenergía aumenta en más de dos puntos porcentuales en Argentina y Colombia.

A partir de 2030, las trayectorias de los escenarios STEPS y APS se diferencian cada vez más. En ambos escenarios, se contempla un mayor crecimiento de las industrias con un alto consumo de energía, lo que reduce la participación de las industrias sin un alto consumo de energía a alrededor del 40 % del total del sector industrial. Sin embargo, la mayor eficiencia energética y de los materiales reduce el consumo de energía en un 10 % en el APS en comparación con el STEPS para 2050 (Figura 2.11). Además, el mayor despliegue de fuentes basadas en energías renovables, como la bioenergía o la energía solar térmica, y la calefacción eléctrica, como el uso de bombas de calor, en las industrias ligeras y el cambio de las rutas de producción basadas en combustibles fósiles a rutas de producción innovadoras, por ejemplo, la producción de amoníaco y hierro basada en hidrógeno 100 % electrolítico (hierro de reducción directa basado en H<sub>2</sub>), disminuye la participación de los combustibles fósiles en la demanda de energía del sector industrial del 45 % en el STEPS a solo el 30 % en el APS.

**Figura 2.11** ▶ Consumo de energía en la industria por combustible y escenario en ALC y determinados países, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

*Se necesita una combinación de electrificación, bioenergía y reducción de la demanda para cumplir los compromisos anunciados; algunos países pretenden utilizar el gas natural como combustible de transición para las industrias pesadas*

Nota: La categoría de otros combustibles incluye la energía solar térmica, la geotérmica, el hidrógeno y los combustibles basados en el hidrógeno.

### Políticas y estrategias de descarbonización

Los países de ALC utilizan diversas estrategias para impulsar el desarrollo industrial y, al mismo tiempo, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la aplicación de incentivos, mandatos y, en algunos casos, impuestos al carbono.

- **Incentivos financieros:** Reducir el uso de los combustibles fósiles en la producción industrial requiere una inversión sustancial. Varios países cuentan con medidas para estimular la inversión: algunos ejemplos son la exención de los derechos de importación en el caso de los

equipos de energías renovables en Costa Rica; el uso de créditos de descarbonización en el programa RenovaBio en Brasil; y el apoyo específico a la descarbonización en la industria petroquímica y otras industrias estratégicas en Bolivia. En el APS, otras medidas de este tipo hacen que las inversiones acumuladas sean un 10 % más altas que en el STEPS para 2030.

- **Eficiencia:** El aumento de la eficiencia energética y la eficiencia de los materiales reducen el consumo de energía industrial en el APS a un 10 % por debajo del nivel del STEPS para 2050. Una medida importante para mejorar la eficiencia energética en las industrias ligeras es la aplicación de MEPS más estrictos para los motores eléctricos, los sistemas de gestión de la energía y las auditorías. Menos de un tercio de los países cuentan en estos momentos con MEPS (Tabla 2.2). La colaboración y el intercambio de conocimientos podrían ayudar a ampliar la cobertura de los MEPS (véase el capítulo 3, sección 3.2). Los enfoques de eficiencia de los materiales, como la prolongación de la vida útil de las construcciones o la minimización de las pérdidas de fabricación, reducen la producción de materiales distintos del aluminio entre un 6 % y un 9 % en el APS y, por tanto, también disminuyen el consumo de energía. Chile constituye un buen ejemplo de ello: ha implantado auditorías energéticas obligatorias y la adopción e implementación de sistemas de gestión de la energía para algunos productores industriales, con el fin de lograr una reducción de la intensidad energética del 4 % con respecto a los niveles de 2019 para 2026.
- **Minería de minerales críticos:** La minería, especialmente la de minerales críticos, es un subsector industrial importante en ALC. En el APS, las emisiones de CO<sub>2</sub> de la minería en 2030 se reducen casi un 10 % en comparación con el STEPS debido sobre todo a una mayor electrificación. Muchos países productores, como Bolivia y Chile, ya han puesto en práctica normativas destinadas a garantizar que el aumento previsto en la producción de minerales críticos en ALC para satisfacer la demanda mundial se logre de manera sostenible (véase el capítulo 3, sección 3.3).
- **Estrategia relativa al hidrógeno:** El hidrógeno de bajas emisiones<sup>3</sup> permite la descarbonización del sector industrial, sobre todo para las aplicaciones que no se pueden electrificar con facilidad. Ocho países de ALC cuentan con hojas de ruta o estrategias para producir y utilizar hidrógeno, aunque no se espera una implementación generalizada hasta después de 2030 en el APS. Con el tiempo, el hidrógeno de bajas emisiones desplaza al hidrógeno basado en el gas natural en la industria química para la producción de amoníaco y metanol (véase el capítulo 3, sección 3.4) y también se utiliza en nuevas aplicaciones, como el hierro de reducción directa basado en H<sub>2</sub> en la fabricación de acero y la maquinaria pesada en la minería. Además, la producción de materiales basada en hidrógeno de bajas emisiones brinda una oportunidad regional para exportar bienes de alto valor y superar el desafío del transporte y el almacenamiento del hidrógeno puro (véase el capítulo 4, sección 4.2.2). Para 2050, el hidrógeno electrolítico impulsa un tercio de la producción de amoníaco en ALC y alrededor del 15 % de su producción de hierro en el APS, gracias, en parte, a una mayor financiación para avanzar en los proyectos con tecnologías que actualmente se encuentran en fase de prototipo o demostración (Recuadro 2.1).

<sup>3</sup> El hidrógeno de bajas emisiones se define en el capítulo 3, sección 3.4, y en las definiciones del anexo A.

**Tabla 2.2 ▶ Políticas industriales clave en determinados países**

	Incentivos financieros para la descarbonización	MEPS para motores	Normativas para la minería de minerales críticos	Mandatos de eficiencia para toda la industria	Estrategia de hidrógeno
Chile, Costa Rica	●	●	●	●	●
Brasil	●	●	●	○	●
Colombia	○	●	●	●	●
México	○	●	●	●	○
Bolivia	●	○	●	●	○
Ecuador	○	●	●	○	●
Panamá	○	●	○	○	●
Perú	○	●	●	○	○
Argentina	○	○	●	○	●
Uruguay	○	○	○	○	●

**Política aplicada:** ○ No ● Sí

Nota: MEPS = estándares mínimos de rendimiento energético.

La electrificación de los procesos industriales es otro elemento esencial para alcanzar las aspiraciones del APS. En el APS, se prevé que todos los países de ALC con compromisos de emisiones netas cero aumentarán la participación de la electricidad en la matriz energética al menos diez puntos porcentuales para 2050. Si bien el gas natural servirá como combustible de transición en algunos países, es importante limitar su uso en el sector industrial durante las transiciones energéticas a las industrias con un alto consumo de energía que requieren calor a altas temperaturas para seguir ajustándose a los compromisos climáticos anunciados. Los procesos a temperaturas más bajas en las industrias ligeras ofrecen un alcance más inmediato para las fuentes de combustibles no fósiles como las bombas de calor y la bioenergía. En el APS, el consumo de gas natural en las industrias sin un alto consumo de energía en ALC disminuye un 40 % para 2050, pero aumenta un 17 % en las industrias con un alto consumo de energía, debido a las ramas del acero y el cemento.

La tecnología de CCUS, una tecnología importante para la descarbonización de las industrias con un alto consumo de energía, es otro elemento de la transición. Se utiliza principalmente en ALC para reducir las emisiones de la combustión y los procesos de la producción de cemento.

**Recuadro 2.1 ▶ Desbloqueo de financiación para una descarbonización innovadora en la industria**

En América Latina y el Caribe, las emisiones de las industrias pesadas (acero, cemento y productos químicos) disminuyen alrededor de una cuarta parte para 2050 en el APS, en comparación con la reducción de las emisiones totales del sistema energético del 50 % durante el mismo período. Las industrias pesadas son la fuente de algunas de las emisiones

más persistentes de la región, debido en gran parte al hecho de que las tecnologías necesarias para abordarlas se encuentran en etapas tempranas de desarrollo, con un nivel de madurez de la tecnología (TRL) más bajo que en otros sectores como la generación de electricidad y el transporte de pasajeros. Para la industria pesada, estas incluyen tecnologías en fase de prototipo y demostración, como la producción electrolítica de hierro de reducción directa (DRI) basada en hidrógeno, los hornos de craqueo de vapor eléctrico y los hornos de cemento equipados con tecnologías de CCUS. La financiación gubernamental para I+D+D, la provisión de la infraestructura propicia, las políticas para crear mercados diferenciados, las adquisiciones públicas verdes y las medidas de carácter amplio como el precio del carbono ayudarán a que estas tecnologías den sus frutos. Estas medidas deben ir acompañadas de una financiación sin riesgos para movilizar la enorme inversión de capital que se necesita en las primeras etapas del despliegue.

La financiación gubernamental no reembolsable puede ajustarse perfectamente a determinados casos, pero la escala de la financiación necesaria (miles de millones de dólares para una sola central a escala comercial en muchas ocasiones) apunta hacia una función importante del sector privado, sobre todo teniendo en cuenta la escasez de liquidez en los balances de muchos países de ALC en la actualidad. Los gobiernos todavía tienen un papel fundamental a la hora de movilizar capital del sector privado para la inversión requerida, tanto mediante la provisión de mecanismos financieros reembolsables como mediante alianzas público-privadas que asuman parte del riesgo financiero de los proyectos iniciales. Dichos mecanismos podrían incluir préstamos en condiciones favorables y subordinados, seguros, garantías de deuda, incentivos fiscales y de mercado basados en el desempeño e inversiones de capital en las primeras etapas.

La financiación internacional tiene una importante función que desempeñar para complementar las medidas tomadas por los distintos gobiernos y facilitar así las transiciones hacia la energía limpia en las economías de mercados emergentes y en desarrollo, donde resulta particularmente difícil acceder a financiación asequible de los sectores público o privado en la escala que se necesita. La financiación internacional en apoyo de la descarbonización industrial puede adoptar diversas formas, por ejemplo, contribuciones a fondos administrados por instituciones multilaterales y bancos de desarrollo, financiación combinada, acuerdos bilaterales y ayuda oficial para el desarrollo. Ya existen fondos de esta clase: en 2021, se anunció el Programa de Descarbonización Industrial de los Fondos de Inversión en el Clima, por ejemplo, que actualmente cubre más de 100 proyectos en ALC. Sin embargo, para que la transición global a una energía limpia se complete correctamente, las economías avanzadas deben aumentar sustancialmente el apoyo de los donantes a fin de lograr un efecto significativo en las transiciones de las economías emergentes (Climate Investment Funds, 2023).

Este recuadro se preparó en colaboración con V. Radaelli, N. Pufal, S. López, G. Cárdenas, P. Henríquez y A. Cathles, del Grupo del Banco Interamericano de Desarrollo. Las opiniones expresadas en este trabajo son las de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, su directorio ejecutivo ni los países que representan.

### 2.3.3 Edificaciones

Actualmente, los hogares representan las tres cuartas partes del consumo de energía en el sector de las edificaciones, y la cuarta parte restante corresponde a edificaciones no residenciales. En las edificaciones residenciales, la cocina y los electrodomésticos representan cada uno casi una quinta parte del consumo de energía, mientras que el calentamiento del agua consume alrededor del 15 %. La calefacción y el enfriamiento de espacios representan cada una entre el 6 % y el 7 %, aunque existe una variación significativa entre los distintos países. En Argentina y Chile, países con una de las mayores demandas de calefacción per cápita de la región, la calefacción de espacios representa más del 20 % (Chile) y hasta el 35 % (Argentina) del consumo de energía en el sector de las edificaciones.

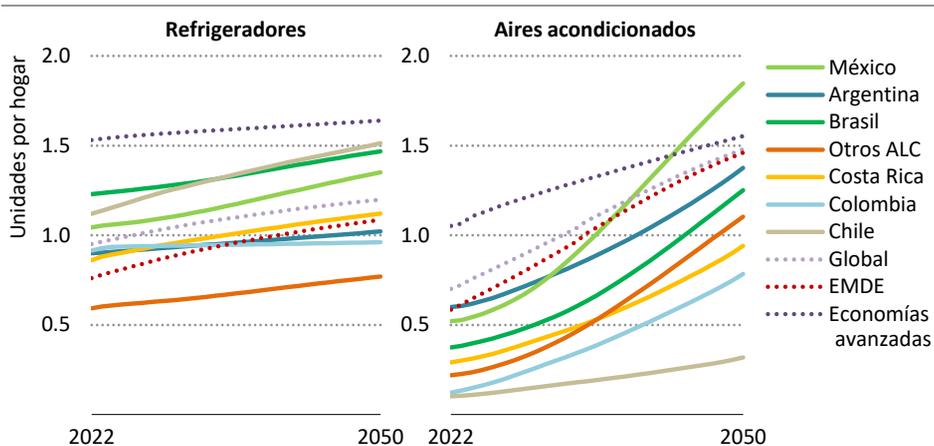
La electricidad es la fuente de energía más importante y representa casi el 45 % del consumo total en este sector. Costa Rica tiene una proporción especialmente alta de electricidad en el consumo de energía en las edificaciones, del 77 %. El uso tradicional de la biomasa y el petróleo representan cada uno alrededor de una quinta parte del consumo de energía en el sector de las edificaciones; el gas natural, el 10 %; y las energías renovables, el 5 % restante. El petróleo, principalmente en forma de gas licuado del petróleo, se utiliza sobre todo para cocinar y, en menor medida, para calentar agua. Alrededor de 74 millones de personas en ALC, algo más del 10 % de la población, todavía carecen de acceso a soluciones de cocción limpia, y la mayoría de ellas depende del uso tradicional de la biomasa.

#### Actividad

Debido al progreso económico y al aumento de las temperaturas, el aire acondicionado cobra una mayor importancia en la demanda de energía. Hoy en día, la propiedad de aparatos de aire acondicionado por hogar en la región es alrededor de la mitad del promedio mundial, pero se cuadruplica para 2050 en el STEPS hasta el promedio mundial aproximadamente, que a su vez aumenta durante el período (Figura 2.12). Además, se prevé que el número de grados-días de refrigeración aumentará en las próximas décadas, lo que implica que cada unidad de aire acondicionado se utilizará con mayor frecuencia, dependiendo también de los avances en la mitigación del clima. La propiedad de aires acondicionados por hogar se duplica incluso en Argentina, que actualmente presenta un nivel de propiedad relativamente alto y un menor crecimiento de los sistemas propios de aire acondicionado que casi cualquier otro país de ALC. La propiedad de otros electrodomésticos, como lavavajillas y refrigeradores, aumenta de un modo más moderado en toda la región, en su mayor parte en consonancia con las tendencias mundiales.

El sector de los servicios crece una media anual del 2,4 % hasta 2050, de modo que contribuye con contundencia al crecimiento del PIB. Las tasas de crecimiento del PIB se encuentran entre las más altas en países como México, donde las estructuras económicas se están desplazando hacia actividades más orientadas a los servicios, y Costa Rica, donde los sectores de servicios bien establecidos se están expandiendo con rapidez.

**Figura 2.12** ▶ Propiedad de equipos de refrigeración y aire acondicionado en determinados países o regiones en el Escenario de Políticas Declaradas, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

*La propiedad de refrigeradores aumenta de manera moderada, mientras que se dispara la propiedad de sistemas de aire acondicionado, con el registro de las mayores tasas de crecimiento en Colombia y México*

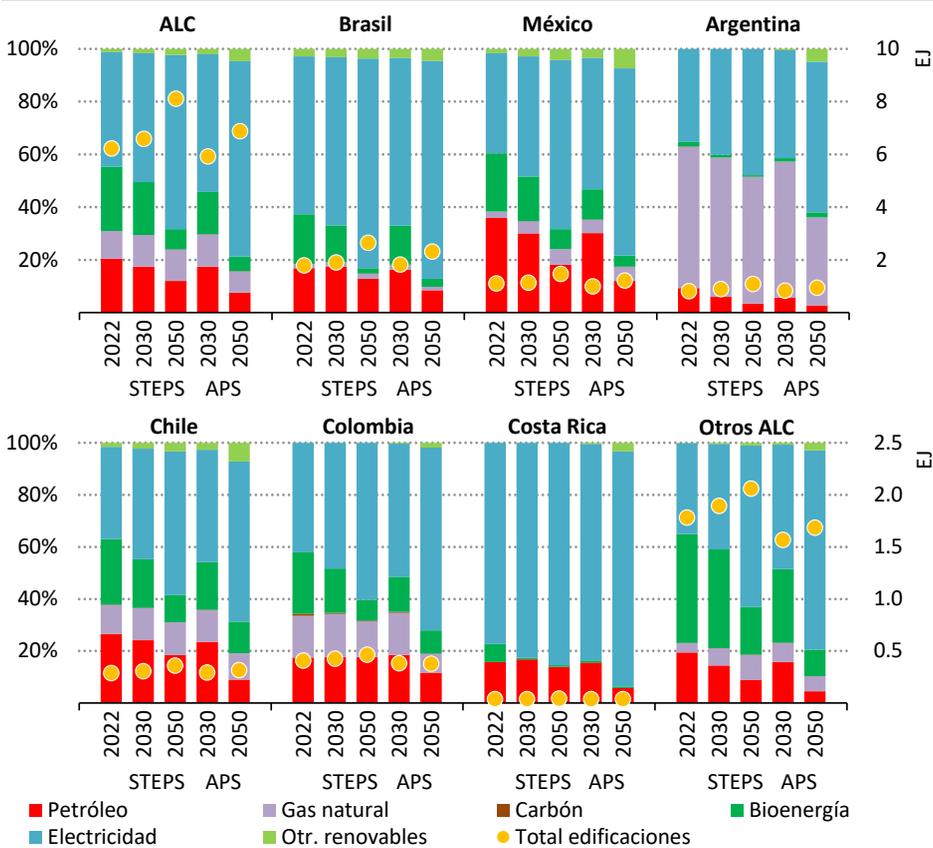
### Prospectivas

En el STEPS, el consumo de energía en el sector de las edificaciones aumenta alrededor de un 0,7 % anual hasta 2030. En los edificios residenciales, los avances en materia de soluciones de cocción limpia implican pasar del uso tradicional de biomasa a alternativas más eficientes, lo que reduce el crecimiento general de la demanda. No obstante, alrededor de 61 millones de personas continúan sin acceso a soluciones de cocción limpia en 2030, lo que supone el incumplimiento de la meta 7.1 de los ODS, consistente en lograr el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos (véase el capítulo 3, sección 3.5). La demanda de electricidad residencial aumenta para satisfacer la creciente demanda de sistemas de aire acondicionado y electrodomésticos. La electricidad alcanza una participación de casi el 50 % del consumo de energía en las edificaciones en 2030, ya que también desplaza el uso tradicional de la biomasa y el petróleo para cocinar y calentar agua. El uso del gas natural también desplaza el uso del petróleo. México y Chile registran las mayores subidas en la electrificación: su porcentaje de electricidad en el consumo total de energía en las edificaciones aumenta del 38 % y el 36 % actuales, respectivamente, al 46 % y el 42 % en 2030.

En el APS, el acceso a opciones de cocción limpia se acelera, lo que disminuye el consumo de energía en el sector de las edificaciones en un 5 % para 2030 en comparación con la actualidad. La electrificación también se acelera con respecto al STEPS y supera el 50 % en 2030. Argentina y Chile, países con una demanda de energía per cápita en el sector de las edificaciones

relativamente elevada en la actualidad, limitan el crecimiento del consumo de energía de dicho sector en este período a solo entre un 0,2 % y un 0,3 % al año en el APS, fundamentalmente como resultado del uso de calderas más eficientes para la calefacción de espacios y la mejora del aislamiento.

**Figura 2.13** ▶ Consumo de energía en las edificaciones por combustible y escenario en ALC y en determinados países, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

*El aumento del consumo de electricidad desplaza el consumo del petróleo y la biomasa tradicional en las edificaciones, y las ganancias en eficiencia reducen el consumo de energía en el APS*

Las mejoras en cocción limpia y eficiencia energética reducen el crecimiento anual del consumo de energía al 0,4 % anual hasta 2050 en el APS, frente al 1 % del STEPS. El consumo de electricidad aumenta de manera significativa en ambos escenarios, ya que es responsable de dos tercios de toda la energía utilizada en la construcción en el STEPS y de tres cuartas partes en el APS. En ambos escenarios, debido a la rápida expansión de la propiedad de aires acondicionados, el enfriamiento

de espacios duplica con creces su consumo de energía en 2050 en comparación con los niveles actuales y se convierte en el segundo uso final más importante después de los electrodomésticos. En conjunto, el enfriamiento y los electrodomésticos representan más de la mitad del consumo total de energía en las edificaciones en 2050. La mayor electrificación en el APS reduce la participación del petróleo y el gas a alrededor del 15 % en comparación con la cuarta parte imperante en el STEPS (Figura 2.13). En ambos escenarios, para 2050, los combustibles fósiles restantes se utilizan principalmente para el calentamiento de agua y la calefacción de espacios, en especial en Argentina, Chile y México, y para cocinar. La participación de energías renovables en el calentamiento de agua y la calefacción de espacios aumenta en el APS del 11 % actual a más de una cuarta parte en 2050.

### *Políticas y estrategias de descarbonización*

La matriz energética en el sector de las edificaciones varía entre los distintos países de ALC, al igual que las políticas encaminadas a moderar el crecimiento de la demanda y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, la eficiencia energética desempeña una función esencial en todas las estrategias nacionales para contrarrestar la presión al alza sobre la demanda y subsanar la brecha de implementación entre los escenarios STEPS y APS (véase el capítulo 3, sección 3.2). Dado el alto nivel de urbanización, las directrices normativas para las ciudades pueden desempeñar un papel clave en las transiciones a energías limpias, además de las políticas, las medidas y los programas a nivel nacional. Un buen ejemplo de ello son las metas relativas a las edificaciones con cero emisiones netas firmada por la Ciudad de México como parte de la Iniciativa de Ciudades C40 (C40 Cities, 2021).

Destacan en particular dos estrategias de eficiencia energética:

- **Estándares mínimos de rendimiento energético:** Muchos países ya cuentan con MEPS o etiquetas para electrodomésticos que ofrecen ganancias en eficiencia en el STEPS (Tabla 2.3). La labor adicional en materia de eficiencia en el APS reduce el consumo de electricidad en usos finales como los electrodomésticos, el enfriamiento de espacios y la iluminación alrededor de 50 teravatios por hora (TWh) para 2030 y 170 TWh para 2050 con respecto a los niveles del STEPS. Esto reduce la demanda máxima de electricidad en un 5 % en 2050.
- **Códigos de construcción relativos a la energía:** Los códigos de construcción pueden incentivar las mejoras en el cerramiento y el aislamiento de las edificaciones, lo que a su vez puede aumentar la resiliencia ante eventos catastróficos. Actualmente, solo unos pocos países de ALC poseen códigos obligatorios de energía en la construcción, una cifra mucho menor que en la mayoría de las demás regiones. Algunos países como Brasil y Argentina han establecido estándares voluntarios de rendimiento, pero la experiencia en otros lugares sugiere que el progreso depende de la aplicación efectiva de códigos de carácter obligatorio. Se están desarrollando o mejorando códigos de construcción en varios países: Perú actualizó recientemente su código, al tiempo que la República Dominicana, Guyana y Trinidad y Tobago actualmente se encuentran en proceso de elaborar nuevos códigos.

**Tabla 2.3 ▶ Políticas clave del sector de las edificaciones en determinados países**

País	Códigos de construcción		Electrodomésticos		Refrigeración	
	Obligatorios	Voluntarios	MEPS	Etiquetas	MEPS	Etiquetas
Argentina, Chile, Cuba, Ecuador, Panamá, Perú	●	●	●	●	●	●
Brasil, Costa Rica, México	○	●	●	●	●	●
Colombia	○	●	●	●	○	●
Uruguay	○	○	○	●	●	●
Bolivia	○	○	●	●	○	●
Venezuela	○	○	●	●	●	●
Paraguay	●	●	○	○	○	○
Nicaragua	○	○	●	○	●	○
Honduras	○	○	○	○	●	●

Política aplicada: ○ No ● Sí

Nota: MEPS = estándares mínimos de rendimiento energético.

La electricidad y las fuentes renovables ayudan a sustituir el uso de los combustibles fósiles para la calefacción de espacios y el calentamiento de agua en el sector de las edificaciones. En el APS, en 2050 la electricidad proporciona el 31 % de la calefacción de espacios y el 38 % del calentamiento de agua, y va acompañada de un aumento de las ventas de bombas de calor y otros equipos de calefacción eléctrica. Las ventas de bombas de calor se disparan en México, Brasil y Chile. Los dispositivos solares térmicos se expanden hasta proporcionar casi una cuarta parte de la energía necesaria para calentar agua en 2050 en el APS, frente al 7 % actual.

El gas natural sigue utilizándose especialmente para la calefacción, pero su función disminuye con el tiempo. En Argentina, la participación del gas natural en la calefacción de espacios disminuye en el APS del 88 % actual al 73 % en 2050. Por el contrario, en Chile, que también consume una cantidad significativa de energía para calefacción de espacios, la participación del gas natural aumenta en el APS del 5 % actual al 15 % en 2050, a medida que reduce la dependencia de la leña para calefacción. Esta sustitución requiere apoyo político, ya que el cambio de la leña gratuita al gas natural aumenta el costo para los hogares.

Hoy en día, los sistemas de calefacción urbana (*district heating*) no desempeñan ningún papel en ALC. La región tiene unas necesidades de calefacción relativamente bajas y los sistemas urbanos requieren una inversión significativa. Aun así, los altos niveles de urbanización y las crecientes necesidades de enfriamiento apuntan hacia posibles sistemas de enfriamiento urbano. Recientemente, varios países han iniciado estudios de viabilidad para evaluar las oportunidades. Colombia cuenta actualmente con algunos proyectos piloto: en ellos figura el proyecto *La Alpujarra*, que proporciona enfriamiento a varios edificios públicos con el objetivo de promover la eficiencia energética y reemplazar los sistemas de aire acondicionado que funcionan con

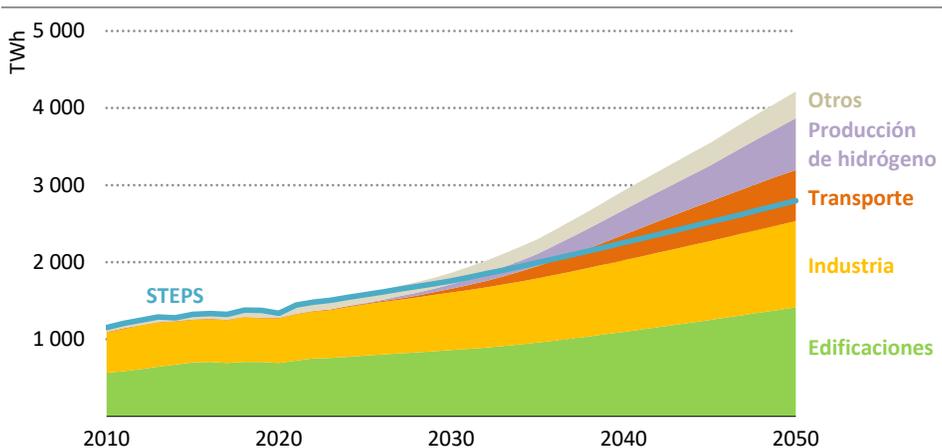
refrigerantes que agotan la capa de ozono (EPM, 2022). En Trinidad y Tobago, a finales de 2022, se presentaron dos proyectos piloto de enfriamiento urbano con el apoyo de una subvención del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Ministry of Planning and Development Trinidad and Tobago, 2022).

## 2.4 Sector eléctrico

### 2.4.1 Demanda de electricidad

Se espera que la demanda de electricidad en América Latina y el Caribe aumente en promedio anual de 2,3 % entre 2022 y 2050 en el STEPS, en comparación con la cifra registrada en la última década, de solo 1,8 %. En los últimos diez años, la demanda de electricidad creció 235 TWh. En el STEPS, aumenta en la próxima década más de 360 TWh y, durante las próximas tres décadas, a más de 1 300 TWh, lo que equivale a 2,3 veces la demanda total de electricidad de Brasil en 2022. Por consiguiente, la participación de electricidad en el consumo final total en el STEPS aumenta del 20 % en 2022 a más del 25 % en 2050. En el APS, la demanda de electricidad aumenta más del doble en términos absolutos hasta 2050 (Figura 2.14), con una electrificación más rápida del transporte y otros usos finales junto con la producción de hidrógeno, lo que eleva la participación de electricidad en el consumo final total al 40 % en 2050.

**Figura 2.14** ▶ Demanda de electricidad por sector en ALC en los escenarios de compromisos anunciados y de políticas declaradas, 2022-2050



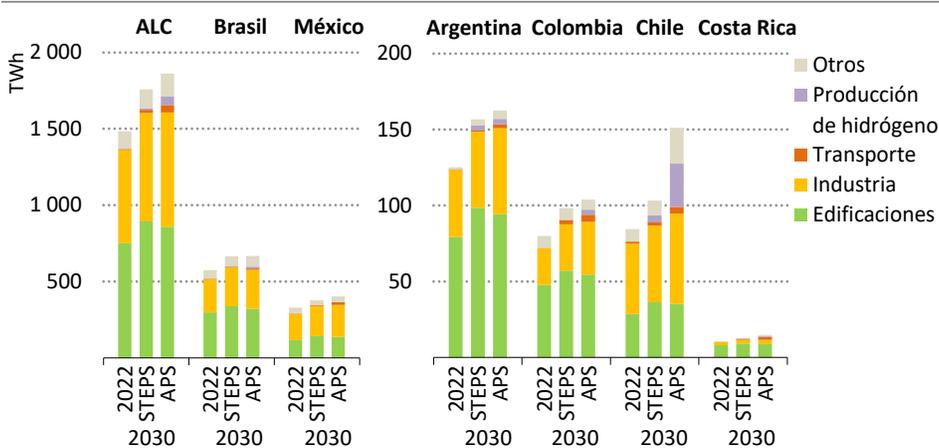
IEA. CC BY 4.0.

*La demanda de electricidad aumenta rápidamente en los sectores de la industria y la construcción y, a partir de la década de 2030, también en el transporte y la producción de hidrógeno*

Nota: TWh = teravatios por hora.

En términos sectoriales, el crecimiento de la demanda total de electricidad en el STEPS está impulsado principalmente por los sectores de la construcción y la industria. Representan más del 90 % del crecimiento en 2030 y continúan representando la mayor parte del crecimiento hasta 2050. La construcción por sí sola representa la mitad del crecimiento total de la demanda de electricidad hasta 2030, debido, en gran parte, al aumento de la demanda de refrigeración y electrodomésticos. La electrificación del transporte y el uso de la electricidad para la producción de hidrógeno son menos significativos: a pesar de un rápido crecimiento, representan en conjunto 10 % del crecimiento total de la demanda de electricidad hasta 2030 y 20 % hasta 2050. En el APS, sin embargo, el crecimiento de la demanda está impulsado principalmente por el transporte y la producción de hidrógeno, que aumentan considerablemente más rápido que en el STEPS: son responsables del 40 % del crecimiento general de la demanda hasta 2030 y del 80 % hasta 2050. El aumento de la demanda en la construcción, aunque moderado por las mejoras en la eficiencia energética, aumenta casi tanto como en el STEPS.

**Figura 2.15** ▶ Demanda de electricidad por sector y escenario en ALC y en determinados países, 2022 y 2030



IEA. CC BY 4.0.

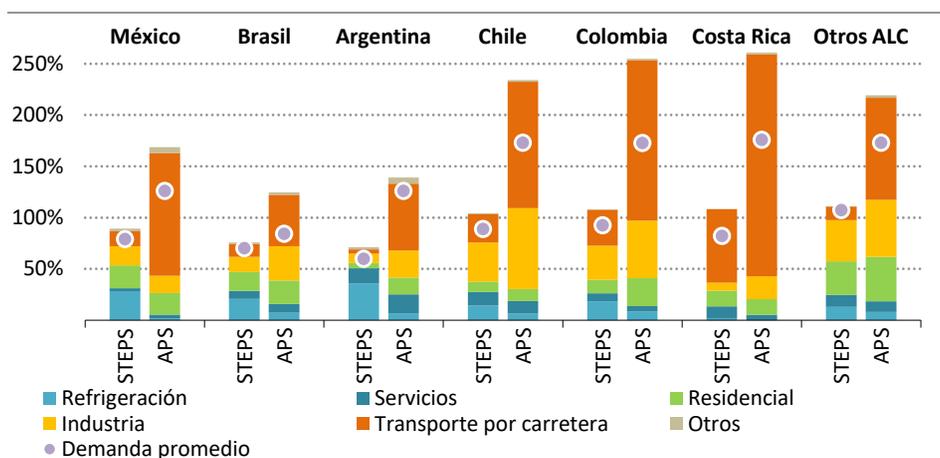
*Se espera que la demanda de electricidad experimente un crecimiento sólido en ambos escenarios, en parte debido al aumento de la adquisición de sistemas de aire acondicionado: un factor clave en las edificaciones*

En la región, la demanda total de electricidad en el STEPS crece más rápido en Chile, donde aumenta más de 20 % para 2030 y se duplica para 2050. Este incremento se debe en gran medida a la producción de hidrógeno; que se dispara desde un nivel próximo a cero en 2022 hasta representar más de un tercio del crecimiento de la demanda de electricidad de Chile en 2030, aumentando hasta representar 50 % en 2050 (Figura 2.15). Sin embargo, este aumento en la demanda de electricidad en Chile representa menos de una décima parte del crecimiento general de la demanda de electricidad en ALC hasta 2030. Brasil es responsable de un tercio del

crecimiento total de la demanda en ALC hasta 2050, y la mayor parte de la demanda proviene de sus sectores de la construcción y la industria. La demanda de electricidad también aumenta con fuerza en otros países, incluidos Costa Rica, Argentina y Colombia, donde cada uno de ellos presenta un promedio de crecimiento de alrededor de 2,2 % anual entre 2022 y 2050. En el APS, la demanda crece más rápido en Chile que en cualquier otro lugar y, para 2050, multiplica por 6,5 veces los niveles de 2022; una brecha cada vez mayor en comparación con el STEPS, lo que refleja un aumento más rápido de la producción de hidrógeno en el APS.

El aumento del consumo de electricidad tiene un efecto significativo en la demanda máxima anual de electricidad en ambos escenarios. Los niveles más altos de adquisición de sistemas de aire acondicionado hacen que la demanda sea más sensible a la temperatura, y el incremento de las ventas de vehículos eléctricos aumenta el riesgo de variaciones rápidas en la demanda causadas por la carga descontrolada. Por consiguiente, la demanda máxima se duplica en Chile, Colombia y Costa Rica en el STEPS y se triplica en el APS (Figura 2.16). La demanda máxima aumenta más rápido que la demanda promedio en todos los países en el STEPS, y más aún en el APS, donde la electrificación avanza con una rapidez considerablemente mayor.

**Figura 2.16** ▶ Incremento de la demanda máxima de electricidad por sector y escenario en determinados países en 2050 con relación a 2022



IEA. CC BY 4.0.

*La demanda máxima aumenta más rápido que la demanda promedio en cada escenario, debido a niveles más elevados de propiedad de sistemas de aire acondicionado y a una mayor movilidad eléctrica*

Nota: La demanda máxima se define como las 500 horas de carga más alta del año.

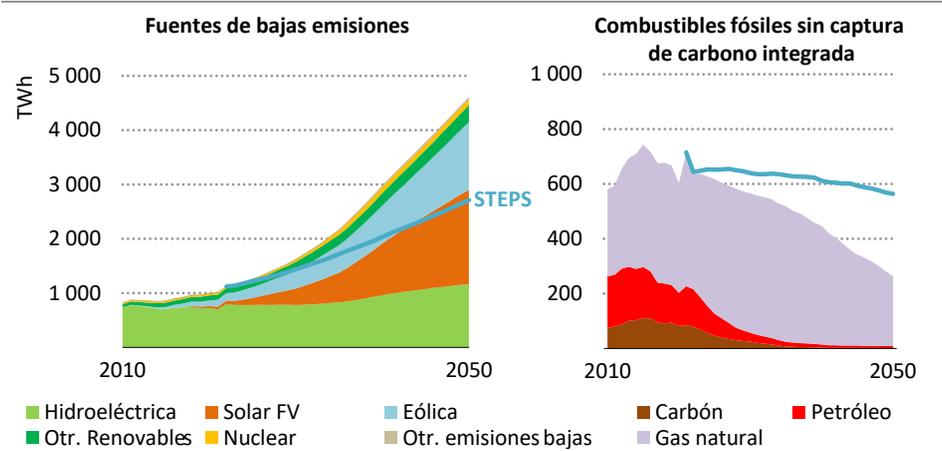
Satisfacer la demanda máxima es una prueba crítica de la fiabilidad del sistema eléctrico, y la eficiencia energética juega un papel esencial al respecto. En el APS, por ejemplo, la contribución del aire acondicionado al aumento de la demanda máxima se reduce a la mitad en comparación con el STEPS como resultado de los MEPS más estrictos. El aumento de la demanda máxima

también puede mitigarse mediante la gestión de la respuesta a la demanda, dado que una gran parte del aumento está impulsado por usos finales con un importante potencial de flexibilidad, como los vehículos eléctricos y los sistemas de aire acondicionado. Por ejemplo, encontrar formas de cambiar la carga de los vehículos eléctricos de las horas con mayores necesidades de refrigeración durante el día a la noche contribuye de manera significativa a limitar el pico diario. En varios países de la región, se están poniendo en práctica medidas de respuesta a la demanda habilitadas por herramientas como el uso de medidores inteligentes en las redes de distribución.

### 2.4.2 Generación de electricidad

El conjunto de fuentes de electricidad en América Latina y el Caribe se remodela en los próximos 30 años tanto en el STEPS como en el APS. La mayor parte del crecimiento de la demanda se satisface mediante el rápido despliegue de energía eólica y solar fotovoltaica.

**Figura 2.17** ▶ **Generación de electricidad a partir de fuentes de bajas emisiones y combustibles fósiles sin captura de carbono integrada en ALC en los escenarios de Compromisos Anunciados y Políticas Declaradas, 2010-2050**



IEA. CC BY 4.0.

*Las energías renovables, encabezadas por la energía solar fotovoltaica y la eólica, se expanden rápidamente para satisfacer toda la demanda nueva y desplazar al carbón y al petróleo en el APS, mientras que la generación de gas natural continúa disminuyendo*

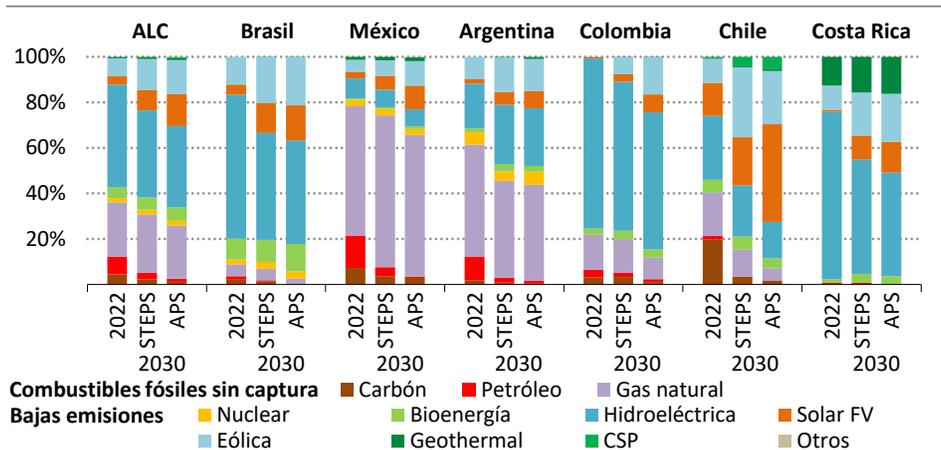
Notas: Otr. = otras. La energía solar fotovoltaica incluye proyectos distribuidos y a escala comercial.

En el STEPS, la participación de fuentes de bajas emisiones en la generación total aumenta del 63 % en 2022 a más del 80 % en 2050, y más de dos tercios del incremento provienen de la energía solar fotovoltaica y la eólica. La producción hidroeléctrica aumenta 260 TWh hasta 2050, pero crece más lentamente que la demanda. La participación de la energía hidroeléctrica en la generación total cae del 45 % actual a menos del 35 % en 2050 (Figura 2.17). El uso de

combustibles fósiles sin medidas de mitigación disminuye de manera significativa: fueron responsables del 36 % de la generación en 2022, pero se reducen a la mitad de ese porcentaje para 2050. El uso del petróleo y el carbón cae de forma pronunciada, mientras que la demanda de gas natural, que ya es el combustible fósil con el mayor porcentaje en la generación, aumenta de una cuarta parte hasta 2030, alcanza su punto máximo alrededor de 2040 y vuelve a caer aproximadamente al nivel de 2030 en 2050. La intensidad media de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la generación de electricidad se reduce en dos tercios, desde 216 gramos de dióxido de carbono por kilovatio-hora (g CO<sub>2</sub>/kWh) en 2022 a aproximadamente 70 g CO<sub>2</sub>/kWh en 2050.

En el APS, el despliegue de la energía solar fotovoltaica y eólica se acelera, y su proporción en la generación total aumenta al 30 % en 2030 y alcanza el 60 % en 2050. La energía hidroeléctrica sigue siendo la base del suministro de electricidad en ALC y, en 2050, proporciona una cuarta parte de la electricidad. En conjunto, las fuentes de bajas emisiones representan el 95 % de la generación total de electricidad para 2050, y la participación de combustibles fósiles sin medidas de mitigación cae al 5 %. Si bien el gas natural continúa siendo una importante fuente de generación gestionable, para 2040 el carbón y el petróleo han prácticamente sido eliminados de manera progresiva. La participación de los combustibles fósiles en la generación de electricidad cae en la mayoría de los países de la región: en México, Argentina y algunos otros cae un 50 % con respecto al nivel de 2022. El resultado neto de los cambios es que, para 2050, la intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la generación de electricidad cae a una décima parte de los niveles de 2022.

**Figura 2.18** ▶ La matriz de fuentes de generación de electricidad por fuente y escenario en ALC y en determinados países, 2022 y 2030



IEA. CC BY 4.0.

*La energía hidroeléctrica continúa siendo la mayor fuente de generación, pero la ampliación del conjunto de energías renovables da lugar a mayores proporciones de generación de electricidad de bajas emisiones*

Todos los países de América Latina y el Caribe tratan de descarbonizar la generación aprovechando los recursos naturales y las infraestructuras existentes de la manera que mejor se adapte a sus necesidades en materia de electricidad. Para varios países, entre ellos Brasil, Colombia, Costa Rica y Paraguay, esto significa que la energía hidroeléctrica continúa siendo la principal fuente de electricidad. Esta última proporciona más del 40 % de la generación total de electricidad en ALC en 2030 en ambos escenarios (Figura 2.18). En Costa Rica, la energía geotérmica mantiene un porcentaje de 15 % de la generación total hasta 2050 en el APS. En México y Argentina, el gas natural continúa presentando una generación considerablemente mayor que cualquier otra fuente hasta 2030. La velocidad del cambio varía entre los países de la región y algunos se reorientan más rápidamente que otros hacia las fuentes de electricidad bajas en emisiones. El cambio se produce particularmente rápido en Chile, donde el carbón constituyó el 20 % de la generación en 2022, pero se elimina casi por completo para 2030. En el STEPS, para 2030, el 85 % de las necesidades de generación de Chile se cubren con fuentes bajas en emisiones. A más largo plazo, la energía solar de concentración proporciona una flexibilidad adicional al sistema. En el APS, la generación solar fotovoltaica en Chile aumenta para 2030 hasta triplicar el nivel del STEPS para satisfacer la creciente demanda de energía ligada a la producción de hidrógeno.

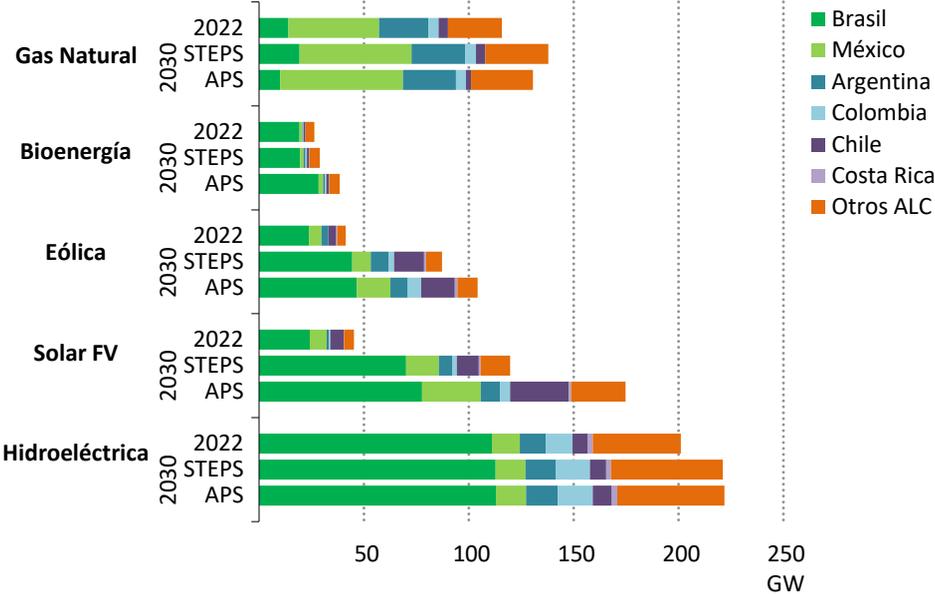
### 2.4.3 Capacidad de potencia instalada

En ambos escenarios, la capacidad de las energías renovables representa el 80 % de las nuevas ampliaciones en el período comprendido hasta 2030. La energía solar fotovoltaica y la eólica son responsables de más del 60 % de todas las ampliaciones de capacidad hasta 2030 en el STEPS y casi del 70 % en el APS, pero también aumentan otras energías renovables, como la hidroeléctrica, la bioenergía y la geotérmica. El gas natural es la única fuente de combustibles fósiles que experimenta un aumento significativo en su capacidad hasta 2030, aunque representa solo el 15 % de las nuevas ampliaciones de capacidad en el STEPS y más del 10 % en el APS. Las ampliaciones de capacidad del carbón y el petróleo son inferiores al 1 % en ambos escenarios. Las ampliaciones de capacidad de la energía nuclear se concentraron en Brasil, México y Argentina, quienes disponen de programas de energía nuclear actualmente, con adiciones hasta 2050 inferiores al 2 % del total de ampliaciones en ambos escenarios. En el APS, la capacidad instalada de energías renovables en toda la región es mayor y hay menos ampliaciones adicionales de la capacidad de gas natural que en el STEPS.

En el STEPS, la energía hidroeléctrica continúa siendo la base de la capacidad eléctrica instalada, aunque la capacidad de energía solar fotovoltaica se expande rápidamente. Para 2030, la energía hidroeléctrica y la energía solar fotovoltaica representan en conjunto el 50 % de la capacidad instalada (Figura 2.19), donde el gas natural y la energía eólica representan el 20 % y el 13 % de la capacidad total, respectivamente. En el APS, para 2050, el conjunto de fuentes de electricidad se remodela por completo, y la energía solar fotovoltaica por sí sola representa más del 40 % de toda la capacidad instalada en la región. La energía eólica también se expande, y juntas, la energía solar fotovoltaica y la eólica representan el 60 % de la capacidad instalada total en 2050, casi cuatro veces más que la energía hidroeléctrica. La capacidad alimentada con gas natural se mantiene

prácticamente estable hasta 2050. La capacidad de carbón cae un 90 % y la de petróleo, dos tercios: la disminución general de los combustibles fósiles sin medidas de mitigación es de alrededor del 25 %.

**Figura 2.19** ▸ Capacidad instalada por fuentes y países en los escenarios de Políticas Declaradas y Compromisos Anunciados, 2022 y 2030



IEA. CC BY 4.0.

*La base de la energía hidroeléctrica se ve reforzada por un fuerte crecimiento de la energía solar FV y eólica, complementado por la bioenergía, mientras que la despachabilidad del gas natural desempeña una función constante*

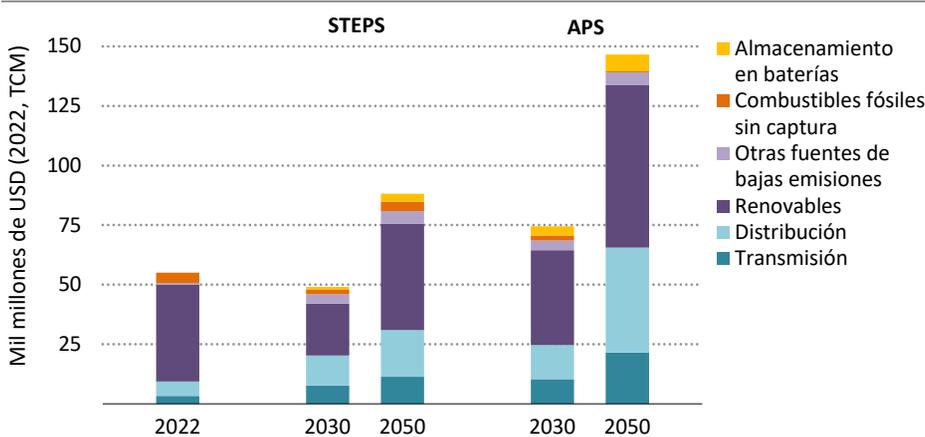
Nota: GW = gigavatio.

**2.4.4 Inversión en el sector eléctrico**

La inversión en el sector eléctrico aumenta en todos los escenarios para satisfacer la creciente demanda de electricidad y modernizar y ampliar la infraestructura de la red. En el STEPS, después de permanecer prácticamente estable hasta 2030 y beneficiarse de la disminución de los costos de la energía solar fotovoltaica y la eólica, la inversión en el sector eléctrico aumenta un 60 % por encima del nivel de 2022 (Figura 2.20). La inversión en energías renovables y redes representa la mayor parte, complementada con cantidades más pequeñas de otras fuentes de bajas emisiones y combustibles fósiles sin medidas de mitigación. En el APS, la inversión en el sector eléctrico aumenta y se acelera para lograr más rápidamente transiciones hacia energías limpias y satisfacer el aumento de la demanda. Para 2050, aumenta hasta duplicar por más de 2,5 el nivel de 2022,

con un incremento de 70 % en la inversión en energías renovables, y es dos tercios más elevada que en el STEPS. Aumentar la inversión en ambos escenarios significa movilizar más capital privado y desarrollar modelos de negocios innovadores (véase el capítulo 3, sección 3.9).

**Figura 2.20** ▶ Inversión en el sector eléctrico por categoría y escenario en ALC, 2022, 2030 y 2050



IEA. CC BY 4.0.

*La inversión en el sector eléctrico continúa aumentando en ambos escenarios, impulsada por las ampliaciones de capacidad de las energías renovables y la expansión de la red*

Nota: TCM = tipo de cambio de mercado.

La inversión en redes aumenta en el STEPS de 17 % de la inversión total del sector eléctrico en 2022 a alrededor de 35 % en 2050, y el gasto se triplica con creces desde los niveles de 2022 a alrededor de US\$3 000 millones para 2050. En el APS, la inversión en redes aumenta de un modo todavía más pronunciado para 2050. La inversión en redes de transmisión aumenta casi 6,5 veces desde los niveles de 2022 hasta alcanzar más de US\$ 20 000 millones, mientras que la inversión en redes de distribución aumenta más de 7 veces hasta alcanzar los US\$ 45 000 millones. Las inversiones están impulsadas por la necesidad de satisfacer la demanda creciente, integrar las ampliaciones de capacidad de las energías renovables y modernizar la infraestructura de la red existente, también mediante la digitalización.

El rápido aumento de la demanda de electricidad y las ampliaciones de la capacidad de las energías renovables refuerzan la necesidad de una expansión significativa de las redes que la sustentan. En el STEPS, la red eléctrica en ALC se expande de aproximadamente 9 millones de kilómetros de líneas y cables en 2022 a 10 millones de kilómetros en 2030 y 13,6 millones de kilómetros en 2050. En el APS, la red eléctrica de ALC alcanza los 17 millones de kilómetros de líneas y cables para 2050. La red ampliada ayuda a fortalecer las redes y mejorar la integración regional, al mientras que permite que las redes respalden las transiciones energéticas en toda América Latina y el Caribe.

### 2.4.5 Flexibilidad del sistema eléctrico

Se espera que las necesidades en flexibilidad del sistema eléctrico<sup>4</sup> en América Latina y el Caribe aumenten considerablemente durante el período de las prospectivas. Estas necesidades se satisfacen mediante una matriz de energía hidroeléctrica, centrales térmicas, baterías y respuesta a la demanda.

Las crecientes proporciones de generación de electricidad eólica y solar fotovoltaica, de carácter variable, y los cambios en los perfiles de demanda de electricidad son los principales impulsores de las necesidades ligadas a la flexibilidad del sistema eléctrico. El aumento de la participación de la generación a partir de energía eólica y solar fotovoltaica no gestionable incrementa la variabilidad de la carga residual (la carga que queda después de eliminar la producción eólica y solar de la demanda de electricidad). Por el lado de la oferta, la energía hidroeléctrica constituye una fuente importante de flexibilidad del sistema eléctrico, pero está sujeta a variaciones en las precipitaciones en función de la estación y el año. Por el lado de la demanda, la creciente adopción de sistemas de aire acondicionado en muchos países de ALC, el mayor uso en la industria y la electrificación del transporte, en conjunto, generan picos más altos en la demanda de electricidad y aumentan la variabilidad horaria, diaria y estacional del consumo de electricidad. Sin embargo, también brindan oportunidades adicionales para la respuesta a la demanda.

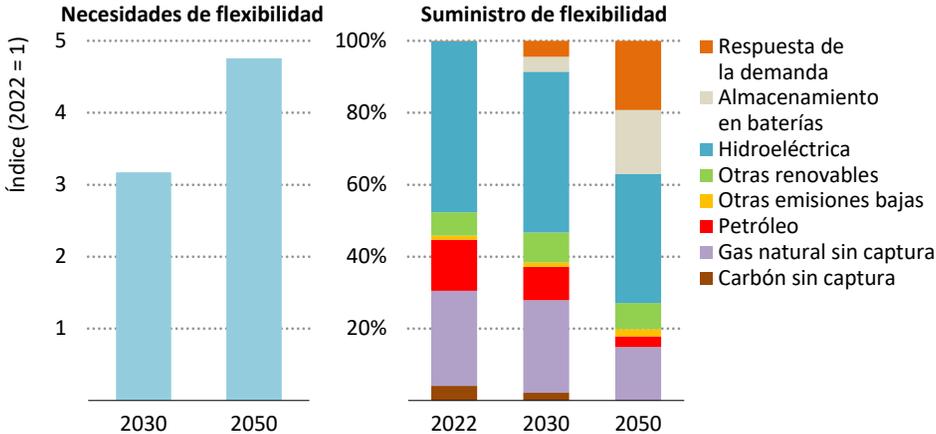
Asimismo, las redes desempeñan una función vital a la hora de mejorar la flexibilidad del sistema en todas las escalas de tiempo. Al conectar diferentes fuentes de energía eléctrica en grandes áreas a nivel nacional y transnacional, las redes y las interconexiones ayudan a equilibrar las variaciones en la demanda y la oferta de energías renovables variables que dependen del clima. Esto reduce la necesidad de flexibilidad de otras fuentes y, al mismo tiempo, aumenta la eficiencia y reduce los costos. Aunque las variaciones estacionales e interanuales desempeñan un papel cada vez más importante en los sistemas caracterizados por altas proporciones de energía renovable e hidroeléctrica, de carácter variable, el cambio en la carga residual de una hora a la siguiente continúa siendo un indicador útil de las necesidades relativas a la flexibilidad y se utiliza en este análisis. El efecto de la variabilidad estacional e interanual, al igual que la posible función de las redes y la integración regional para superar estos y otros desafíos de flexibilidad se analizan en mayor profundidad en el capítulo 3 (véase la sección 3.6).

El APS prevé un aumento en la participación de las energías renovables, de carácter variable, en los sistemas eléctricos de toda la región más significativo que en el STEPS. En el APS, la proporción combinada de la energía eólica y la solar fotovoltaica en el conjunto de fuentes de electricidad aumenta del 11 % actual a casi 30 % en 2030 y supera el 60 % en 2050. La demanda de electricidad para el enfriamiento de espacios se duplica con creces durante el período de las prospectivas, lo que aumenta la variabilidad al incrementar la sensibilidad a la temperatura de la demanda total de electricidad. Esto, a su vez, aumenta la flexibilidad que debe tener el sistema para equilibrar continuamente la oferta y la demanda y mantener la estabilidad de la red. En el APS, las

<sup>4</sup> La flexibilidad se define como la capacidad de un sistema eléctrico para gestionar de manera fiable y rentable la variabilidad de la demanda y la oferta. Abarca desde garantizar la estabilidad instantánea del sistema eléctrico hasta respaldar la seguridad del suministro a largo plazo.

necesidades de flexibilidad en toda la región se triplican para 2030 y casi se quintuplican para 2050 (Figura 2.21).

**Figura 2.21** ▶ Necesidades de flexibilidad y oferta de flexibilidad en ALC en el escenario de compromisos anunciados, 2022, 2030 y 2050



IEA. CC BY 4.0.

*La energía hidroeléctrica continúa siendo una fuente clave de flexibilidad del sistema eléctrico, complementada cada vez en mayor medida con baterías y medidas de respuesta a la demanda*

La energía hidroeléctrica representa un proveedor esencial para satisfacer las necesidades de flexibilidad horaria en muchos países de ALC, en particular en Brasil, Colombia y Argentina. En 2022, representó la mitad del suministro de flexibilidad, y el resto provino mayoritariamente de centrales térmicas que queman gas natural y combustibles líquidos (*fuel oil*). Si bien se prevé que la contribución de la energía hidroeléctrica a la hora de satisfacer las necesidades de flexibilidad aumente en términos absolutos en el APS a medida que se incremente su capacidad, su participación en la matriz de suministro de flexibilidad cae a un tercio aproximadamente para 2050, ya que la demanda de electricidad aumenta más rápido que la capacidad hidroeléctrica.

A partir de 2030, la energía hidroeléctrica, como fuente de flexibilidad en los sistemas eléctricos, se complementa cada vez más con medidas de respuesta a la demanda y almacenamiento en baterías. Se prevé que estas fuentes emergentes de flexibilidad del sistema eléctrico contribuyan de manera significativa a la flexibilidad de dicho sistema y a la mejora de su seguridad para 2050. Las baterías son muy adecuadas para suavizar las variaciones diarias en el suministro de energía solar fotovoltaica, mientras que las tecnologías de respuesta a la demanda pueden separar la demanda del servicio energético del consumo de electricidad. Por ejemplo, pueden hacerlo programando la carga de los vehículos eléctricos mediante una carga inteligente o ajustando el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado o calentadores eléctricos en respuesta a las señales de la red a través de controles inteligentes. Además de las herramientas digitales, para

aprovechar al máximo el importante potencial de respuesta a la demanda que existe, se necesita un marco normativo eficaz y unas señales de precio adecuadas. Ya se están poniendo en práctica diversas medidas en varios países de la región, lo que proporciona una base sobre la cual trabajar.

Si bien la participación de la flexibilidad que aportan las centrales térmicas disminuye, continúan siendo una fuente importante de flexibilidad en escalas de tiempo más prolongadas en el APS. Siguen desempeñando un valioso papel en los países que se enfrentan a fluctuaciones estacionales en la demanda, por ejemplo. En términos absolutos, las centrales eléctricas alimentadas con gas natural en ALC brindan en 2050 tanta flexibilidad como en la actualidad. El carbón se ha eliminado casi por completo del conjunto de fuentes de electricidad de manera gradual. Las centrales térmicas de bajas emisiones, incluidas las de bioenergía y las nucleares, continúan constituyendo importantes fuentes de flexibilidad.

## 2.5 Producción de energía

### 2.5.1 Combustibles fósiles

Las perspectivas para el suministro de combustibles fósiles en América Latina y el Caribe varían significativamente según el combustible. La región es un exportador neto de petróleo crudo. Las exportaciones deberían aumentar junto con la producción en los próximos años, a medida que entren en funcionamiento nuevos proyectos marinos en Brasil y Guyana. Por otra parte, la región es un importador neto de gas natural, y muchos países buscan utilizar el gas como combustible de emisiones relativamente bajas. La producción de carbón desempeña una función menor en la región, y probablemente siga disminuyendo todavía más. Colombia es el principal productor de carbón, aunque la mayor parte de su producción se utiliza actualmente para generar electricidad en mercados donde las energías renovables son cada vez más la opción preferida para la nueva capacidad.

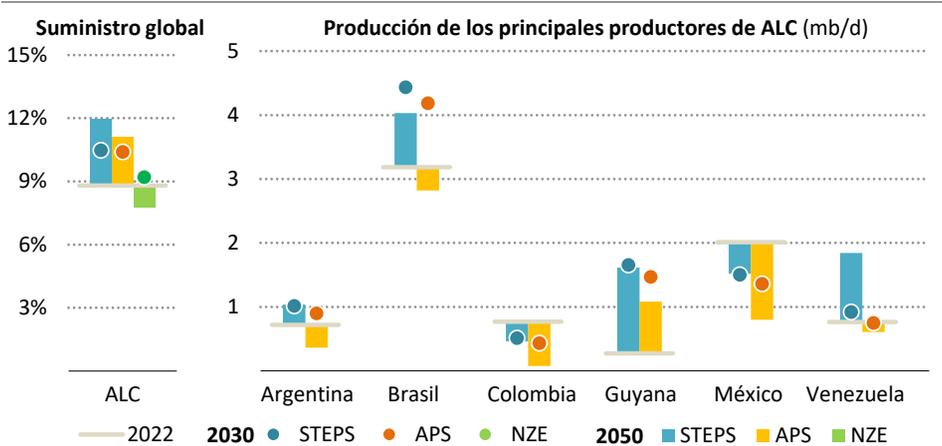
#### *Petróleo*

Los países de ALC produjeron más de 8 millones de barriles de petróleo al día (mb/d) en 2022, lo que representó poco menos del 10 % del suministro mundial de petróleo. La mayor parte se utilizó para satisfacer la demanda de la región. Si bien las perspectivas varían de un productor a otro, la producción total de petróleo en ALC aumenta en el STEPS hasta 2030 y luego se incrementa aún más hasta 2050. En el APS, disminuye a partir de 2030, a medida que la demanda interna y mundial de petróleo se contrae (Figura 2.22). En el escenario NZE, el suministro de petróleo comienza a disminuir antes de 2030 y la región mantiene, en gran parte, su participación en la producción mundial hasta 2050.

El valor de la producción de petróleo en ALC en 2022 ascendió a alrededor de US\$ 230 000 millones, lo que equivale aproximadamente al 2 % del PIB de la región. Brasil fue el principal productor, con una representación superior al 35 % de la oferta. México fue el segundo mayor productor, con casi el 25 %, seguido de Colombia, Venezuela y Argentina, cada uno responsable de algo menos del 10 %. Otros productores son Ecuador y Guyana. Los productores

de ALC se encuentran en diversas etapas de desarrollo de recursos. En Venezuela, la producción de petróleo cayó de alrededor de 3 mb/d en 2010 a menos de 1 mb/d en 2022, y se prevé que se mantendrá en torno a este nivel durante el resto de la década. En Brasil, la producción aumentó casi un 45 % entre 2010 y 2022. Guyana inició la producción de petróleo recientemente, con un aumento en los descubrimientos marinos (recuadro 2.2), y su producción de 2022 podría quintuplicarse para 2030. Los recursos petroleros convencionales de Argentina están mostrando signos de disminución, ya que, de 2010 a 2022, la producción cayó; no obstante, el desarrollo de recursos no convencionales podría proporcionar nuevas vías de crecimiento, y se están realizando inversiones para aumentar la capacidad exportadora en vista de este posible desarrollo.<sup>5</sup>

**Figura 2.22 ▶ Participación de ALC en la oferta mundial de petróleo y producción de petróleo de ALC por país y escenario en 2030 y 2050 con respecto a 2022**



IEA. CC BY 4.0.

*La mayoría de los principales productores de petróleo de ALC aumentan su producción hasta 2050 en el STEPS, mientras que la producción disminuye en el APS en todos los países, excepto Guyana*

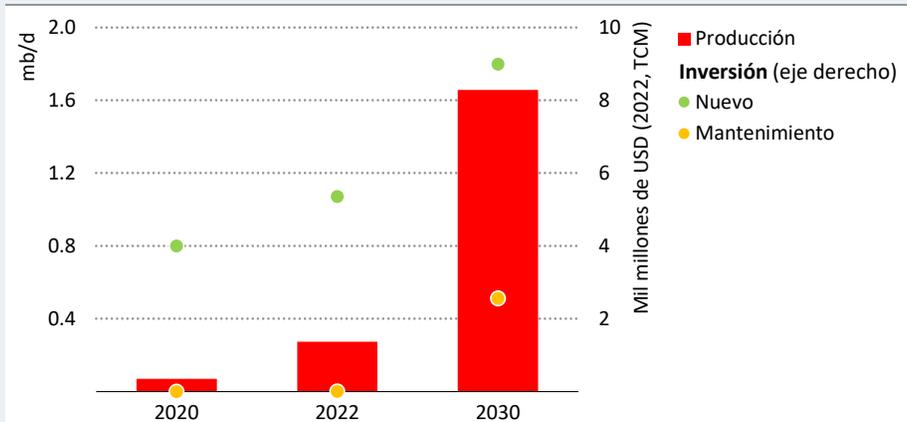
Las perspectivas del suministro de petróleo muestran un potencial de crecimiento en general, sobre todo a corto plazo, aunque esto no es válido para todos los productores. En el STEPS, la participación de ALC en el suministro mundial de petróleo aumenta de forma gradual hasta 2050. En el APS, la participación de la región en la oferta mundial de petróleo aumenta con mayor lentitud, manteniéndose en torno al 10 % durante todo el período de las prospectivas.

<sup>5</sup> Los recursos petroleros no convencionales generalmente incluyen: petróleo extrapesado y betún, querógeno y petróleo de formaciones compactas; los recursos de gas no convencionales suelen incluir: gas de lutita, gas de arenas compactas, metano en capas de carbón e hidratos de gas.

## Recuadro 2.2 ▶ Abundan los nuevos descubrimientos de petróleo en Guyana

Guyana se ha convertido en una de las principales fuentes de nuevo suministro mundial de petróleo debido a importantes instalaciones marinas. La actividad de exploración comenzó a acelerarse con el descubrimiento del yacimiento Liza en 2015, que se encuentra a unos 190 km de la costa. Desde entonces, se han producido varios descubrimientos en el bloque Stabroek, como los yacimientos Payara, Liza Deep, Snoek, Ranger, Longtail, Tilapia, Yellowtail, Redtail, Whiptail y Sailfin. Los descubrimientos de petróleo y gas han generado importantes inversiones y han transformado las perspectivas económicas de Guyana. La producción de la fase 1 del proyecto Liza comenzó en diciembre de 2019, seguida de su fase 2, en febrero de 2022 (Exxon, 2023). Juntas, aumentaron la producción de petróleo de Guyana a casi 0,3 mb/d en 2022. En el STEPS, la inversión para desarrollar el suministro de petróleo y gas aumenta a más de US\$ 10 000 millones para 2030 (Figura 2.23).

**Figura 2.23 ▶ Producción de petróleo y gasto en inversión en Guyana en el Escenario de Políticas Declaradas, 2020, 2022 y 2030**



IEA. CC BY 4.0.

*La producción de petróleo aumenta hasta superar los 1,6 mb/d para 2030, y la inversión anual en operaciones totalmente nuevas aumenta a poco menos de US\$ 10 000 millones*

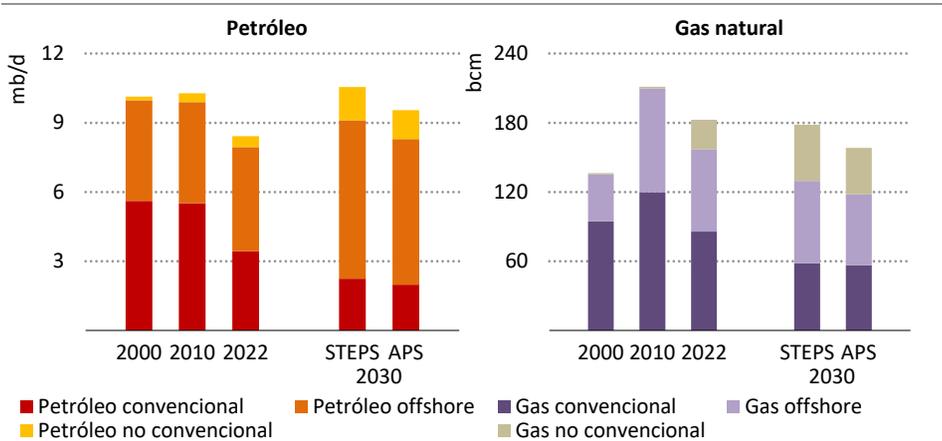
El aumento de la actividad en la esfera del petróleo y el gas conlleva desafíos, incluida la necesidad de garantizar unos altos estándares de transparencia y protección ambiental. También está la cuestión de cómo decide Guyana utilizar sus ingresos procedentes del petróleo y el gas. Esto podría desempeñar una función clave a la hora de determinar cómo se adapta el país a la transición energética mundial y el rumbo que fija para su desarrollo.

La oferta de petróleo en los países de ALC aumenta de 2022 a 2030 hasta alcanzar aproximadamente 11 mb/d en el STEPS y unos 10 mb/d en el APS, y las exportaciones netas

aumentan en casi 2 mb/d en ambos escenarios. Esto refleja aumentos de la producción de más de 1 mb/d hasta 2030 tanto en Brasil como en Guyana. Argentina añade menos de 0,5 mb/d a su producción, y el suministro de petróleo disminuye lentamente en México, Colombia y Ecuador.

Las tendencias de la oferta comienzan a divergir entre los escenarios STEPS y APS a partir de 2030. En el STEPS, la producción continúa aumentando y, en 2050, se acerca a los 12 mb/d. Venezuela duplica su producción petrolera de 2030 a 2050. En el APS, el suministro de petróleo disminuye más de un 35 % de 2030 a 2050. Todos los productores recortan la producción debido a la menor demanda de petróleo tanto a nivel nacional como internacional. De conformidad con su compromiso de cero emisiones netas, Brasil reduce su demanda de petróleo en más de un 45 % y su producción cae en casi 1,5 mb/d de 2030 a 2050.

**Figura 2.24 ▶ Producción de petróleo y gas natural por fuente y escenario en ALC, 2000-2030**



IEA. CC BY 4.0.

*Los yacimientos marinos son la principal fuente de suministro nuevo, pero los recursos no convencionales de petróleo y gas natural también aumentan su participación en la producción hasta 2030*

**Gas natural**

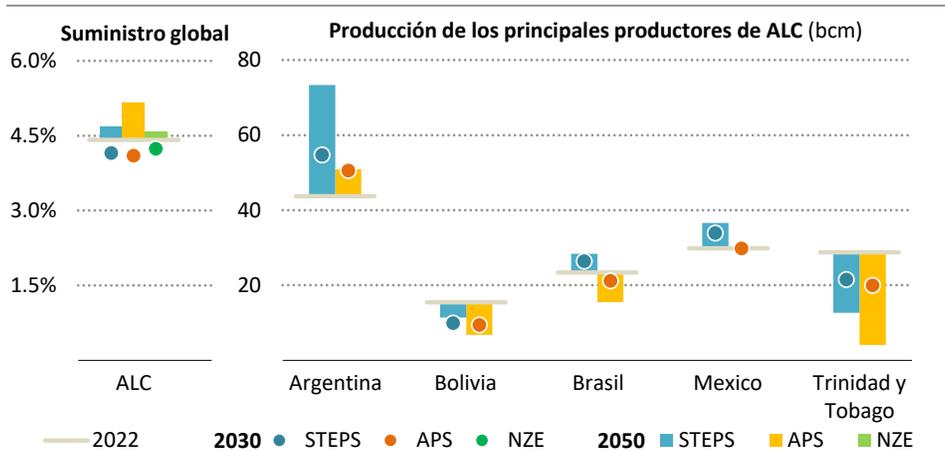
Los países de ALC produjeron casi 185 000 millones de metros cúbicos de gas natural en 2022, poco menos del 5 % del suministro mundial. En el STEPS, la producción disminuye ligeramente en la región hasta 2030. Posteriormente, el desarrollo de reservas no convencionales de gas en Argentina conduce a un repunte de la producción (Figura 2.24). En el APS, la demanda regional de gas natural cae de forma sustancial a largo plazo. Como resultado, se desarrollan menos yacimientos nuevos y la producción continúa cayendo durante el período de las prospectivas.

Argentina es el principal productor de gas natural de la región, representa casi el 25 % del suministro y cerca del 60 % de su producción proviene de recursos no convencionales (una subida con respecto al nivel inferior de 2 % que se registró en 2010). México es el segundo mayor

productor, con más del 15 %, seguido de cerca por Trinidad y Tobago, con una participación similar, y por Brasil, con poco menos del 15 %. Bolivia, Venezuela y Perú representan cada uno entre un 5 % y un 10 %. La oferta ha aumentado en la última década en algunos países, sobre todo en Brasil, Perú y Argentina, pero, en general, ha ido disminuyendo. La producción de gas natural de ALC en 2022 bajó más de un 15 % con respecto a 2010.

Más del 90 % del suministro de gas natural se consume en la región en los sectores de la electricidad, la industria, el transporte y las edificaciones. Trinidad y Tobago es el exportador principal de gas natural licuado (GNL): en 2022, envió alrededor de 12 000 millones de metros cúbicos a países importadores. La producción de gas natural constituye un importante motor de la economía de Trinidad y Tobago, y los precios extraordinarios elevaron el valor de sus exportaciones a aproximadamente 12 000 millones en 2022, de modo que los ingresos por exportaciones de gas equivalieron a casi el 40 % de su PIB. Bolivia es otro exportador clave de gas natural y envió alrededor de 11 000 millones de metros cúbicos por gasoducto a Brasil y Argentina en 2022. Muchos otros países de la región importan gas natural para satisfacer la demanda interna. México es el importador principal: en 2022, importó más de 45 000 millones de metros cúbicos de Estados Unidos a través de gasoductos.

**Figura 2.25** ▶ Participación de ALC en la oferta y producción mundial de gas natural por país y escenario en 2030 y 2050 con relación a 2022



IEA. CC BY 4.0.

**La producción de gas natural de ALC disminuye lentamente hasta 2030 en el STEPS y luego se recupera de manera considerable a medida que se desarrollan nuevos recursos no convencionales en Argentina**

El suministro de gas natural en la región alcanzó su punto máximo a mediados de la década de 2010 y hay pocas perspectivas de crecimiento en el período comprendido hasta 2030. La producción cae a menos de 180 000 millones de metros cúbicos para 2030 en el STEPS y a poco menos de 160 000 millones de metros cúbicos en el APS. Muchos de los principales productores se enfrentan a una disminución de sus reservas y su producción, entre ellos, Colombia, Bolivia,

Venezuela y Trinidad y Tobago, aunque las disminuciones en estos países se ven compensadas en cierta medida por una mayor producción en Argentina, México y Brasil (Figura 2.25). A partir de 2030, Argentina desarrolla importantes yacimientos no convencionales de gas natural. En el STEPS, aumenta su producción más de un tercio entre 2030 y 2050, por lo que la producción regional conjunta de gas natural se recupera y supera el nivel actual hasta alcanzar los 195 000 millones de metros cúbicos en 2050. En el APS, la producción de gas natural en ALC continúa disminuyendo después de 2030 y cae a los 125 000 millones de metros cúbicos en 2050. La producción se estabiliza en México y disminuye en todos los demás países, excepto en Argentina, donde la producción aumenta alrededor del 15 % hasta 2030 y luego permanece prácticamente estable hasta 2050. Este aumento de la producción permite a Argentina convertirse en un exportador neto de gas natural.

Algunos países de ALC ven el gas natural como un combustible de emisiones relativamente bajas que puede ayudar a satisfacer una mayor demanda y proporcionar importantes servicios energéticos, como la generación de electricidad durante los picos de demanda. Sin embargo, el aumento de la producción de gas natural conlleva el riesgo de que los activos queden en desuso, por ejemplo, gasoductos o instalaciones de GNL (véase el capítulo 3, sección 3.7).

### Carbón

La región produjo alrededor de 65 millones de toneladas de carbón equivalente (Mtce) en 2022, solo el 1 % del suministro mundial de carbón. Colombia es el productor predominante, representando alrededor del 90 % de la producción y sus exportaciones de carbón alcanzaron un valor de más de US\$ 20 000 millones en 2022. El segundo y tercer mayor productor de carbón, México y Brasil, produjeron algo más de 3 Mtce cada uno en 2022. A excepción de Colombia, la producción de carbón satisface principalmente la demanda interna. Más del 90 % del carbón producido en Colombia es carbón térmico que se utiliza principalmente para la generación de electricidad, de la cual se exporta más del 95 %. Hoy en día, Europa es el principal mercado para las exportaciones colombianas de carbón, pero cerca del 30 % se exporta a otros países de ALC.

La producción de carbón disminuye en todos los escenarios. La producción cae más del 45 % entre 2022 y 2030 en el STEPS, y casi el 60 % en el APS. De 2030 a 2050, la producción de carbón se estabiliza en el STEPS, mientras que en el APS se elimina casi por completo. La reducción de los mercados de exportación de carbón térmico es el principal impulsor de esta disminución. Muchos países se han comprometido a descarbonizar sus sectores eléctricos para lograr objetivos de cero emisiones netas. En Europa, el principal destino de los cargamentos de carbón colombiano, la mayoría de los países ya están tomando medidas para reemplazar las centrales eléctricas alimentadas con carbón por alternativas más limpias, como la energía eólica y la solar. La misma tendencia se aplica a otras economías avanzadas. El crecimiento del carbón también disminuye con el tiempo en muchos mercados emergentes y economías en desarrollo a medida que la generación de energías renovables se vuelve cada vez más competitiva en términos de costos, sobre todo en el APS. Los objetivos de las políticas climáticas y de recursos en el plano nacional también impulsan el abandono del carbón: Colombia anunció recientemente la suspensión de los nuevos permisos de exploración de carbón en apoyo de la nueva economía emergente de energías limpias.

## 2.5.2 Bioenergía e hidrógeno

La bioenergía y el hidrógeno de bajas emisiones, como posibles sustitutos de los combustibles fósiles en sectores de la economía donde son difíciles de reducir, constituyen elementos esenciales de un sistema energético de bajas emisiones.

### Bioenergía

La bioenergía proporcionó alrededor de una quinta parte de la energía utilizada en América Latina y el Caribe en 2022, y se prevé que continuará siendo un factor importante. Esto subraya la necesidad de contar con unos parámetros estrictos que definan lo que se considera bioenergía sostenible.

En 2022, alrededor de una sexta parte de la producción de bioenergía en ALC fue biomasa tradicional para uso en calefacción y cocinas domésticas, una cifra que se ha reducido casi a la mitad desde el año 2000. El uso tradicional de biomasa resulta ineficiente y causa una contaminación del aire en los hogares que se ha relacionado con más de 80 000 muertes prematuras en la región. Reemplazar el uso tradicional de biomasa con alternativas modernas de bioenergía sólida resulta más eficiente en términos energéticos y evita efectos negativos para la salud y el medio ambiente.

Más del 35 % de la demanda de bioenergía sólida moderna se destina a la manufacturación, principalmente en la industria ligera, como la producción de alimentos y tabaco. Sin embargo, algunos usos de la bioenergía en la manufacturación también pueden ser ineficiente y contaminante, como la fabricación de ladrillos. Alrededor de una sexta parte de la bioenergía sólida moderna de ALC se utiliza para generar electricidad y el resto, en los sectores de la agricultura y las edificaciones.

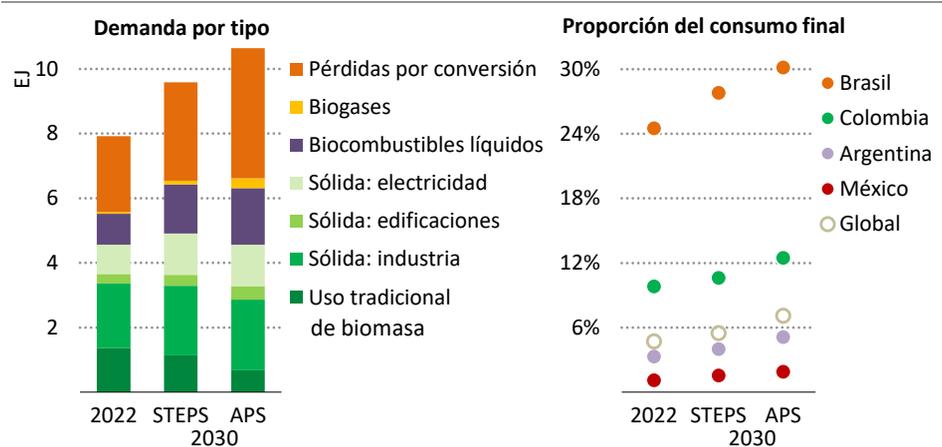
La demanda de biocombustibles líquidos fue de casi 1 000 petajulios (PJ) en 2022, aproximadamente tres veces el promedio mundial per cápita. Alrededor del 95 % se utiliza en el transporte por carretera. La mayor parte del resto se utiliza en materias primas para productos químicos o en la producción agrícola.

Tanto el STEPS como el APS prevén un crecimiento de la demanda de bioenergía moderna (alrededor del 20 % y el 35 %, respectivamente) para 2030 en comparación con 2022, pero esto oculta diferencias en la matriz subyacente de combustibles y usos (Figura 2.26). En el STEPS, el uso tradicional de la biomasa disminuye de manera moderada (alrededor del 15 %) para 2030, mientras que, en el APS, cae a la mitad. Por el contrario, el crecimiento de la demanda de biocombustibles líquidos es más fuerte en el APS que en el STEPS, debido sobre todo al transporte por carretera y, en parte, a los nuevos combustibles para uso en el transporte marítimo y al bioqueroseno de aviación.

La participación de la bioenergía moderna en la matriz energética aumenta solo ligeramente (3 %) en la región para 2030 en el STEPS, pero de una forma más significativa en el APS (7 %). Sin embargo, las tendencias difieren entre los distintos países. Brasil, que ya es líder mundial en el uso de la bioenergía moderna, continúa ampliando su uso para descarbonizar, particularmente el

sector del transporte. Los mandatos de biocombustibles en Argentina y Colombia aumentan la participación de la bioenergía moderna en sus combinaciones generales de suministro de energía: el uso de biocombustibles líquidos aumenta de forma significativa y, en menor medida, también el uso de biogases. La producción de bioenergía moderna aumenta en toda la región para satisfacer la demanda tanto interna como de exportación. La disponibilidad de recursos bioenergéticos dentro de la región, la competitividad de los biocombustibles líquidos y la posibilidad de mezclar biometano con gas natural contribuyen a estimular la demanda y sustituir los productos derivados del petróleo y el gas natural (véase el capítulo 3, sección 3.8).

**Figura 2.26** ▶ **Demanda de bioenergía por tipo y bioenergía moderna en el consumo final por escenario en determinados países de ALC, 2022 y 2030**



IEA. CC BY 4.0.

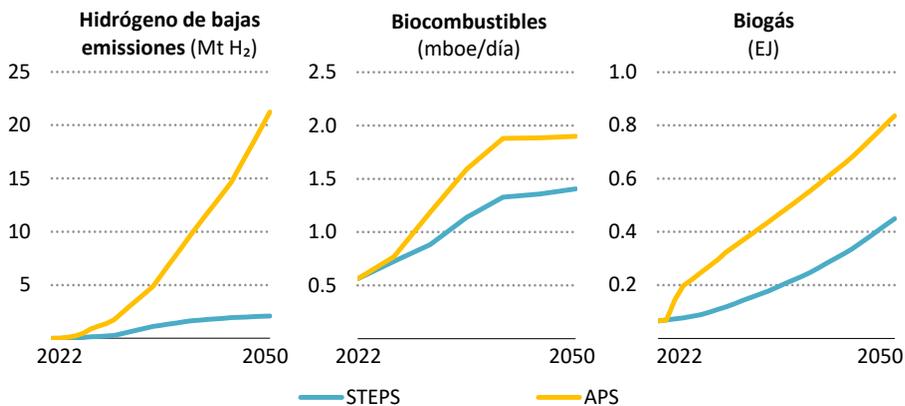
**Mayor crecimiento de la demanda de biocombustibles líquidos y biogases en el APS que en el STEPS, especialmente impulsado por la expansión de la posición de liderazgo de Brasil en los usos de la bioenergía**

Notas: Las edificaciones incluyen la agricultura. La demanda de bioenergía excluye los biocombustibles exportados, pero incluye las pérdidas de conversión asociadas con la producción de biocombustibles para la exportación.

**Hidrógeno**

Hoy en día, la producción de hidrógeno consume alrededor del 1,5 % del suministro energético total de la región. El hidrógeno se utiliza principalmente en el refinado y la fabricación de productos químicos como el amoníaco y el metanol. El reformado con vapor del gas natural sin CCUS alimenta alrededor del 80 % de la producción actual de hidrógeno. Existe la posibilidad de que el hidrógeno electrolítico se produzca de una forma más barata en la región que en la mayoría de las demás partes del mundo (véase el capítulo 3, sección 3.4).

**Figura 2.27** ▶ Producción de hidrógeno de bajas emisiones y bioenergía en ALC por escenario, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

*El uso de la bioenergía moderna aumenta de manera significativa en ambos escenarios; la producción de hidrógeno de bajas emisiones aumenta con fuerza en el APS*

Nota: Mt H<sub>2</sub> = millones de toneladas de hidrógeno; mboe/día = millones de barriles de petróleo equivalente por día.

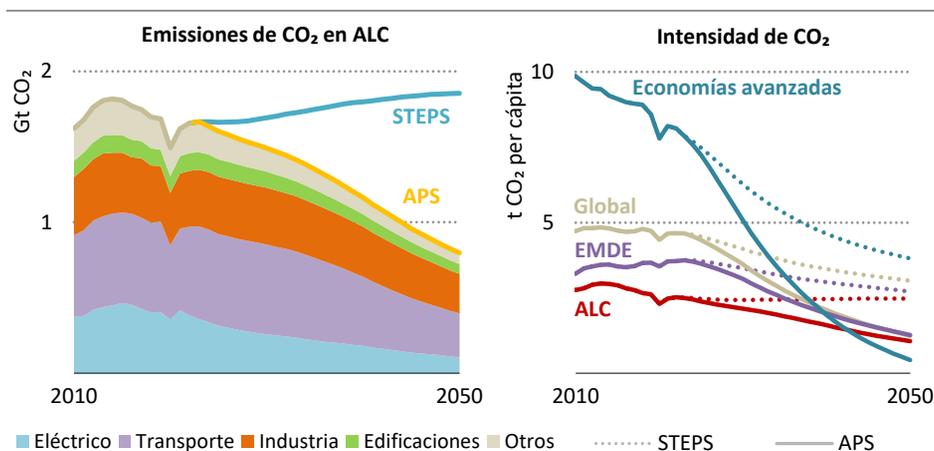
En el STEPS, la producción de hidrógeno en la región aumenta casi un 40 % desde su nivel de 2022 para 2030 y se duplica para 2050. En el APS, aumenta dos tercios para 2030 y seis veces para 2050. El hidrógeno de bajas emisiones aumenta en el STEPS prácticamente de un nivel de cero al 5 % de la producción total de hidrógeno en 2030 y al 25 % en 2050, pero la mayor parte continúa alimentándose de gas natural sin medidas de mitigación. Por el contrario, en el escenario APS, el fuerte aumento en la producción de hidrógeno se debe a un rápido incremento del hidrógeno de bajas emisiones, particularmente del hidrógeno electrolítico. El hidrógeno de bajas emisiones representa más del 25 % de la producción total en 2030 y más del 85 % en 2050 en el APS (Figura 2.27). Para 2050, la participación del suministro total de energía utilizada para la producción de hidrógeno en ALC aumenta del 1,5 % actual al 2,5 % en el STEPS y a más del 8,5 % en el APS. El impulso de la producción de hidrógeno de bajas emisiones refleja su función en la descarbonización de sectores difíciles de descarbonizar, como el hierro y el acero, el transporte pesado de mercancías, la aviación y el transporte marítimo, junto con su uso tradicional en el refinado de petróleo y la fabricación de productos químicos. También refleja el potencial de exportación del hidrógeno de bajas emisiones. En el APS, parte del hidrógeno de bajas emisiones desplaza al hidrógeno producido a partir de gas natural sin medidas de mitigación en la región, pero gran parte del aumento de la producción está impulsado por su potencial de exportación (véase el capítulo 4, sección 4.2.2).

## 2.6 Emisiones y contaminación del aire

### 2.6.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía

Las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en ALC ascendieron a 1 660 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (Mt CO<sub>2</sub>) en 2022. En el STEPS, aumentan un 2 % hasta 2030, impulsadas por el crecimiento económico previsto (Figura 2.28). En el sector eléctrico, que actualmente representa alrededor de una cuarta parte del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía, las emisiones continúan disminuyendo con el despliegue acelerado de las energías renovables. Por el contrario, el aumento de la actividad industrial y la movilidad dan lugar a mayores emisiones de los sectores de uso final, con aumentos de más del 10 % en el transporte y la industria. Las emisiones continúan aumentando después de 2030 en el STEPS, aunque se moderan por la creciente electrificación de los usos finales y por las ganancias en eficiencia energética. Las emisiones totales alcanzan las 1 850 Mt CO<sub>2</sub> en 2050, un nivel muy cercano al pico observado en 2014.

**Figura 2.28** ▶ Emisiones de CO<sub>2</sub> por sector y escenario en ALC, e intensidad de CO<sub>2</sub> por grupo económico y escenario, 2010-2050



IEA. CC BY 4.0.

**La implementación de los compromisos anunciados conduce a una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>; las emisiones per cápita en ALC se mantienen por debajo del promedio mundial en los escenarios STEPS y APS**

Nota: Gt CO<sub>2</sub> = gigatonelada de dióxido de carbono; t CO<sub>2</sub> = tonelada de dióxido de carbono.

Las medidas tomadas en relación con los compromisos anunciados de cero emisiones netas y las CDN ya están comenzando a desligar el crecimiento económico de ALC del aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> al acelerar la expansión de las energías renovables y la electrificación de los sectores de uso final. En el APS, las emisiones disminuyen casi un 10 % hasta las 1 490 Mt CO<sub>2</sub> en 2030, lo que supone un nivel de 200 Mt CO<sub>2</sub> menos que en el STEPS. El sector eléctrico, en el que

las emisiones disminuyen en un tercio, contribuye con tres cuartas partes de la reducción total de emisiones. Las emisiones del sector de las edificaciones disminuyen con los avances en la electrificación, mientras que las emisiones del transporte se mantienen cercanas a los niveles actuales, ya que el aumento de las ventas de vehículos eléctricos y el mayor uso de los biocombustibles prácticamente compensan el incremento de las emisiones derivadas de las ventas adicionales de vehículos con motor de combustión interna. Las emisiones aumentan un 2 % en el sector industrial a medida que se expande la producción con un alto consumo de energía.

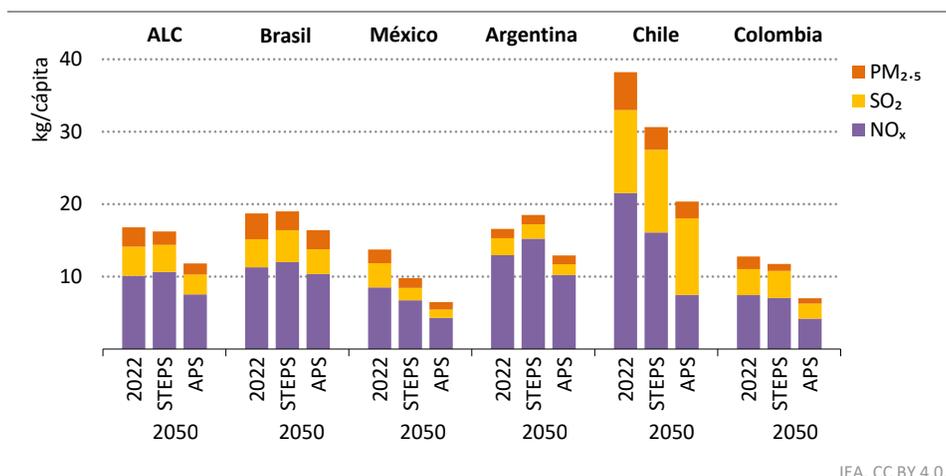
La brecha de implementación se amplía después de 2030 a medida que los países con compromisos alcanzan las cero emisiones netas. Posteriormente, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del sector energético en el APS se reducen casi a la mitad desde su nivel de 2030 a algo menos de 800 Mt CO<sub>2</sub> para 2050, lo que las sitúa aproximadamente 1 000 Mt CO<sub>2</sub> por debajo del nivel del STEPS. Este progreso está impulsado por la rápida descarbonización del sector eléctrico y la mayor electrificación de los usos finales. El mayor despliegue de vehículos eléctricos reduce las emisiones del transporte en un 50 %, al mismo tiempo que el aumento de la electrificación de las industrias ligeras disminuye las emisiones de la industria en un 30 %. Los sectores intensivos en emisiones, incluidas las industrias con un alto consumo de energía, los camiones pesados de carga, el transporte marítimo y la aviación, representan más de la mitad de las emisiones restantes en 2050. Muchos países se han comprometido a compensar las emisiones restantes fuera del sector energético. En el escenario NZE, las emisiones totales del sector energético en la región se acercan a cero para 2050, y las emisiones restantes en áreas difíciles de reducir se compensan mediante la captura de carbono en la producción de biocombustibles y, en menor medida, mediante la captura directa del aire.

La intensidad de CO<sub>2</sub> en ALC, actualmente la segunda más baja de las principales regiones del mundo con alrededor de la mitad del promedio global, permanece por debajo de este promedio en cada uno de los escenarios. En el STEPS, las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita se mantienen aproximadamente constantes hasta 2050 en alrededor de 2,5 toneladas de CO<sub>2</sub> (t CO<sub>2</sub>) per cápita, frente a un promedio mundial de 3,1 t CO<sub>2</sub> per cápita para 2050. El cumplimiento total de los compromisos anunciados y las CDN en el APS da lugar a un descenso de la intensidad de las emisiones en la región a 1,1 t CO<sub>2</sub> per cápita en 2050, aproximadamente 0,2 t CO<sub>2</sub> per cápita por debajo del promedio mundial en ese escenario. Todos los países de la región contribuyen a cerrar la brecha de implementación, y Costa Rica, Brasil, Colombia y Chile aceleran las reducciones de emisiones, como manifiesta sus ambiciosas CDN.

## 2.6.2 Contaminación del aire

La contaminación del aire continúa siendo un motivo de preocupación en América Latina y el Caribe, sobre todo en las grandes ciudades. Aunque las emisiones contaminantes per cápita varían de forma considerable según el país, el transporte por carretera, la fuente principal de emisiones de óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), es un denominador común. En algunos países, las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) (principalmente por el uso de carbón en la generación de electricidad y la industria) y las emisiones de material particulado fino conocidas como PM<sub>2.5</sub>, a menudo derivados del uso de biomasa en las edificaciones, también son importantes.

**Figura 2.29** ▶ Emisiones de contaminación del aire por contaminante en ALC y en determinados países en 2022 y por escenario en 2050



IEA. CC BY 4.0.

*La contaminación del aire no mejora de forma significativa en el STEPS hasta 2050, a pesar de los avances en algunos países; las reducciones en el APS se deben principalmente a menores emisiones de NO<sub>x</sub> que en el STEPS*

Notas: kg/cápita = kilogramos per cápita; NO<sub>x</sub> = óxidos de nitrógeno; PM<sub>2.5</sub> = material particulado fino; SO<sub>2</sub> = dióxido de azufre. Los datos de 2022 son estimados.

Fuente: Análisis de la AIE sobre la base en modelos del IIASA.

La exposición a la contaminación del aire ambiente causó alrededor de 85 000 muertes prematuras en los países de ALC en 2022, en gran parte como resultado de la emisión de contaminantes por parte de los sectores de las edificaciones, la industria y el transporte. Respirar aire interior contaminado también causó alrededor de 84 000 muertes prematuras, principalmente debido al uso tradicional de biomasa para cocinar y calentar los hogares. En el STEPS, debido al limitado nivel actual de reglamentaciones y la fuerte dependencia continua de los productos derivados del petróleo en el sector del transporte, no hay ninguna reducción significativa de las emisiones de contaminantes del aire ambiente para 2050 (Figura 2.29). El APS muestra un panorama mixto: En algunos países, un esfuerzo concertado destinado a acelerar la adopción de los vehículos eléctricos y exigir normas para los tubos de escape, sobre todo para los camiones, ayuda a lograr reducciones notables en las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM<sub>2.5</sub>. En vista de los escasos avances previstos y la población cada vez más urbana y envejecida, las muertes prematuras relacionadas con la contaminación del aire ambiente siguen aumentando hasta 2050 (véase el capítulo 3, sección 3.1.2). Por el contrario, la menor dependencia de la biomasa para calentar los hogares y los avances en materia de cocinas limpias reducen las muertes prematuras por exposición a la contaminación del aire en los hogares para 2050 en ambos escenarios (véase el capítulo 3, sección 3.5.1).

## Ámbitos clave para la adopción de políticas

### ¿Oportunidades y desafíos a partes iguales?

#### R E S U M E N

- En América Latina y el Caribe (ALC), cada país afronta desafíos específicos y tiene oportunidades particulares para desarrollar su sector energético. Sin embargo, existen algunas cuestiones energéticas que son importantes para muchos de los países de ALC, si no todos, y que son fundamentales para las perspectivas energéticas de la región y para las perspectivas de progreso socioeconómico. En este capítulo se examinan en detalle nueve temas transversales a este respecto.
- El transporte público y la infraestructura vial en ALC no han seguido el ritmo de la rápida urbanización, lo que ha resultado en un aumento de la congestión del tráfico, las emisiones de CO<sub>2</sub> y la contaminación atmosférica. La promoción de una movilidad urbana de bajas emisiones de carbono mediante la inversión en sistemas de transporte público, la electrificación de automóviles y autobuses y combustibles más limpios, como los biocombustibles, ofrecen margen para mejorar las perspectivas: En 2030, el promedio de emisiones específicas de CO<sub>2</sub> del transporte de pasajeros por carretera es un 17 % inferior a los niveles actuales en el Escenario de Políticas Declaradas (STEPS) y un 25 % inferior en el Escenario de Compromisos Anunciados (APS). El porcentaje de la población que respira aire limpio es mayor tanto en el APS como en el Escenario Cero Emisiones Netas en 2050 (NZE) que en el STEPS.
- Las medidas de eficiencia energética en los sectores de edificaciones, la industria y el transporte en el APS reducen el crecimiento del consumo energético en un 20 % en 2030 en comparación con el STEPS. En el sector del transporte, alcanzar los niveles de economía de combustible de la Unión Europea en todos los países de ALC ahorraría alrededor de 0,5 millones de barriles por día de demanda de petróleo en 2030. En el sector de edificaciones, los análisis muestran que los electrodomésticos y aires acondicionados más eficientes no son necesariamente los más caros.
- Su dotación de importantes recursos minerales críticos ofrece a los países de ALC la oportunidad de diversificarse y generar crecimiento económico al tiempo que apoyan a nivel global las transiciones hacia energías limpias. Los ingresos totales estimados en ALC rondaron los US\$ 100 000 millones en 2022 provenientes de la producción de minerales críticos. Los ingresos provenientes de minerales críticos superan los ingresos combinados de la producción de combustibles fósiles en los escenarios APS y NZE para 2050. El éxito depende de la adhesión a estrictos estándares ambientales, sociales y de gobernanza y de la generación de beneficios para las comunidades locales. Al ascender en la cadena de suministro para producir materiales refinados y procesados, la región puede impulsar su economía.
- Los abundantes recursos renovables en ALC ofrecen un excelente potencial para producir hidrógeno de bajas emisiones. Los proyectos de hidrógeno de bajas emisiones anunciados en la región podrían producir hasta 3,5 millones de toneladas de hidrógeno (Mt H<sub>2</sub>) en

2030, principalmente a partir de la electrólisis del agua, y hasta 6 Mt H<sub>2</sub> si se materializan los proyectos que actualmente se encuentran en una etapa conceptual. Esto representaría el 15 % de los proyectos anunciados en todo el mundo. En el APS, el uso de hidrógeno en ALC en 2030 se limita principalmente a aplicaciones tradicionales como los productos químicos y la refinación, pero se expande de forma significativa para 2050, y la mayor parte de la producción adicional se exporta en forma de combustibles basados en el hidrógeno.

- El éxito de la transición energética depende de la mejora de los resultados para las personas. En ALC, alrededor del 3 % de la población todavía carece de acceso a la electricidad y el 11 % carece de acceso a opciones limpias para cocinar. El costo de la inacción es enorme en términos de pobreza energética, salud y desarrollo. La energía asequible sigue siendo una preocupación clave: una transición más rápida a tecnologías de energía limpia reduce los costos de la energía para los hogares, lo que facilita poner fin a los subsidios a los combustibles fósiles, pero es probable que los grupos de más bajos ingresos necesiten apoyo con los costos iniciales más altos de algunas tecnologías limpias. La transición energética mundial también ofrece nuevas oportunidades de empleo. Los empleos en energía aumentan en 1 millón hasta 2030 en el APS, especialmente en el sector eléctrico y en la minería y el procesamiento de minerales críticos, así como en los sectores de petróleo y gas a medida que la región aumenta su producción.
- Los sistemas eléctricos en ALC se están moviendo hacia altas proporciones de energías renovables variables, lo que requiere una mayor flexibilidad del sistema. La integración eléctrica regional ofrece beneficios que incluyen una mayor seguridad del suministro y menores costos. Ha habido avances en las interconexiones bilaterales y en las centrales eléctricas de propiedad conjunta, pero el comercio transfronterizo de electricidad sigue siendo limitado. El aprovechamiento de las oportunidades que brinda una escala más amplia requiere una voluntad política sostenida, el desarrollo de infraestructura, la armonización de estándares técnicos, el diseño de mercado eficaz y la coordinación institucional.
- Algunos países de ALC albergan importantes productores de combustibles fósiles, particularmente de petróleo y gas natural, y existen muchas medidas que pueden tomar para apoyar la transición a la energía limpia. Pueden realizar una contribución importante a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la eliminación de la quema en antorcha y las emisiones de metano de sus operaciones. Además, existen oportunidades para que los productores de hidrocarburos se diversifiquen hacia tecnologías de bajas emisiones, como la energía eólica marina, la captura, la utilización y el almacenamiento de carbono (CCUS) y la energía geotérmica. Para ello, la colaboración entre los gobiernos y las empresas es crucial.
- La bioenergía, en particular los biocombustibles, puede ayudar a los países de ALC a cumplir objetivos tanto de seguridad energética como de emisiones. Brasil es un destacado productor y consumidor de biocombustibles, y el bioetanol alimenta una parte importante de la energía utilizada en el transporte por carretera. Los biocombustibles avanzados tienen un potencial considerable en ALC, que podría convertirse en un importante

exportador mundial de bioqueroseno para aviación, gracias al aprovechamiento de su capacidad de producción actual. El biogás y el biometano tienen un potencial sin explotar, pero se necesitan políticas de apoyo para estimular su despliegue en la generación de electricidad y el transporte.

- La inversión en energía en ALC como proporción del PIB fue del 2,5 % entre 2015 y 2022. En el escenario NZE, este porcentaje se eleva hasta el 4,1 % para 2030, con una reasignación masiva de capital hacia activos de energía limpia, especialmente en los sectores de electricidad y uso final. La participación del sector privado es esencial y se necesitan esfuerzos para atraer más capital privado. Los desafíos incluyen elevados costos de financiación, inestabilidad política y normativa y una capacidad crediticia interna limitada. Se necesitan mejores políticas para acelerar la inversión y adaptar las soluciones, como instrumentos de cobertura o financiación más concesional, especialmente para las tecnologías más nuevas y la eficiencia energética.

Cada país de América Latina y el Caribe (ALC) se enfrenta a desafíos específicos y tiene oportunidades particulares para desarrollar su sector energético. Sin embargo, existen algunas cuestiones energéticas que son importantes para muchos de los países de ALC, si no todos, y que son fundamentales para las perspectivas energéticas de la región y para las perspectivas de progreso socioeconómico. En este capítulo se profundiza en los nueve temas transversales:

- Transporte urbano sostenible y ciudades
- Aprovechamiento del potencial de la eficiencia energética
- Minerales críticos: un importante contribuyente a la seguridad mineral y al crecimiento económico a nivel mundial
- Hidrógeno: una nueva frontera energética
- Transiciones centradas en las personas
- Seguridad energética e integración eléctrica regional
- Transiciones en las economías productoras
- Bioenergía: una oportunidad sostenible
- Logro de cero emisiones netas: inversión y financiación

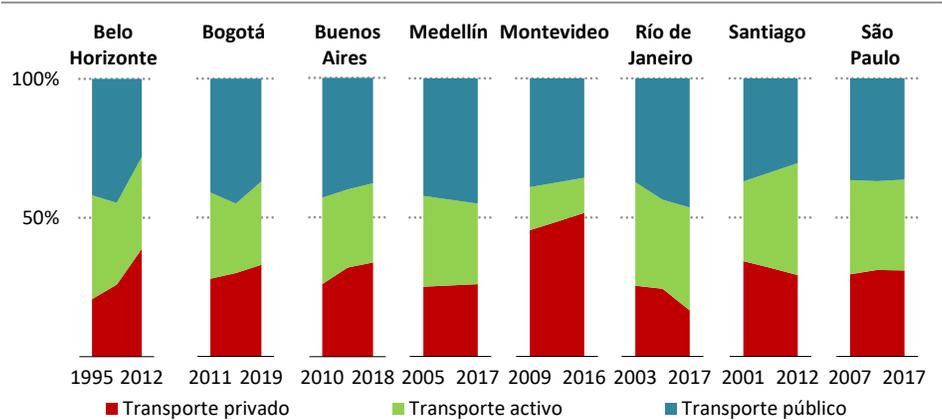
### 3.1 Transporte urbano sostenible y ciudades

América Latina y el Caribe alberga seis megaciudades, tres de las cuales tienen una población de más de 15 millones (São Paulo, Ciudad de México y Buenos Aires). La región está altamente urbanizada: el 82 % de su población vive en ciudades. ALC se enfrenta al difícil desafío de mejorar los sistemas de transporte urbano para que sean eficientes, seguros, accesibles y sostenibles para todos los habitantes de sus centros urbanos en expansión (IDB, 2022). El crecimiento rápido y a menudo no planificado de las ciudades de ALC, los recursos financieros limitados y la falta de planificación urbana estratégica han obstaculizado el desarrollo de los sistemas de transporte

público. Diez capitales de la región carecen de sistemas ferroviarios subterráneos. Por cada millón de habitantes, Europa tiene 35 kilómetros (km) de infraestructura de transporte masivo, mientras que ALC tiene solo 10 km (World Bank, 2021a), y ciudades como Bogotá y Monterrey se encuentran entre las más congestionadas del mundo (INRIX, 2022).

Entre 2000 y 2022, la flota de modos de transporte privados que se triplicó en ALC y la región experimentó una dependencia cada vez menor del transporte público (Figura 3.1). Hoy en día, la tasa de propiedad de automóviles en ALC es comparable con el promedio mundial, aunque 3,5 veces menor que el promedio de las economías avanzadas. A pesar del aumento de los modos de transporte privados, muchos hogares de ingreso bajo no tienen los medios económicos para poseer un automóvil. A nivel regional, más de un tercio de todos los desplazamientos se realizan en transporte público. Muchas ciudades de la región ofrecen transporte público accesible, pero el diseño de las rutas y la baja frecuencia y fiabilidad a menudo significan tiempos de desplazamiento más prolongados (IDB, 2021). La movilidad activa —principalmente caminar y andar en bicicleta— son otras opciones para desplazarse, y ciudades como Santiago, Río de Janeiro y Bogotá han experimentado aumentos en la movilidad activa. Santiago destaca por un aumento en la participación del transporte activo no motorizado de casi el 30 % en 2001 a alrededor del 40 % en 2012, un hecho que coincide con una importante inversión gubernamental en el desarrollo de bicarriles en la ciudad entre 2007 y 2010 (Metropolitan Regional Government of Santiago, 2010).

**Figura 3.1** ▶ **Modos de transporte en determinadas ciudades de ALC a lo largo del tiempo**



IEA. CC BY 4.0.

*La proporción del transporte público ha ido disminuyendo en seis de las ocho ciudades principales, a medida que el transporte privado ha ido aumentando*

Nota: El transporte activo incluye principalmente caminar y andar en bicicleta.

Fuentes: Análisis de la AIE basado en encuestas de movilidad para: *Belo Horizonte* (Belo Horizonte City Hall, 2022); *Bogotá* (Bogota City Hall, 2019); *Buenos Aires* (BA Data, 2018), (Gutierrez, 2020), (Anapolsky, 2020); *Medellín* (OPPCM, 2018), (Aburrá Valley Metropolitan Area, 2009); *Montevideo* (Ministry of Transportation and Public Works of Uruguay, 2017), (CAF, 2017); *Río de Janeiro* (Codatu, 2019), (Government of the State of Rio de Janeiro, 2017); *Santiago* (Ministry of Transport and Telecommunications of Chile, 2014) y (Government of Chile, 2001); *São Paulo* (São Paulo Metro, 2017), (São Paulo State Government, 2012).

### 3.1.1 Desarrollo de una movilidad urbana de bajas emisiones de carbono

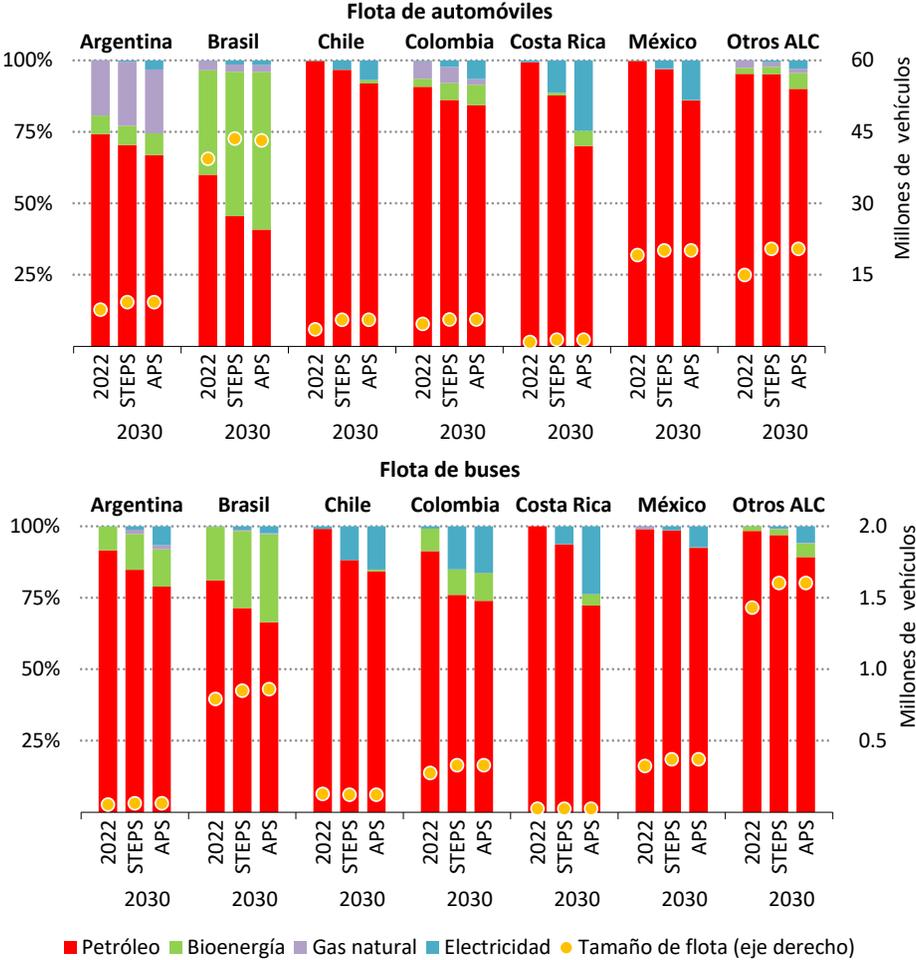
El sector del transporte es responsable de más del 35 % del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en ALC. Esto se compara con el promedio mundial, que es de poco más del 20 %, en el sector del transporte. Para finales de esta década, la población urbana en ALC aumentará casi un 10 %, en línea con la tendencia de crecimiento de la urbanización. En este contexto, hacer del desarrollo del transporte público una prioridad durante la planificación urbana no solo aliviaría de manera significativa la congestión y reduciría el tiempo de desplazamiento, sino que también reduciría el consumo energético y las emisiones por pasajero-kilómetro (pkm). En promedio, satisfacer un conjunto determinado de necesidades de movilidad en la región produce emisiones de automóviles de pasajeros aproximadamente tres veces mayores que las de los que utilizan autobuses y más de siete veces mayores que las de los trenes de pasajeros. Hoy en día, más de 45 ciudades de ALC han adoptado sistemas de tránsito rápido en autobús cuyos beneficios incluyen desplazamientos más rápidos, desplazamientos al lugar de trabajo energéticamente eficientes, reducción de la congestión del tráfico y menores emisiones: La ciudad de Curitiba en Brasil es ampliamente reconocida como pionera en autobuses de tránsito rápido. La adopción de autobuses de bajas emisiones que funcionan con electricidad o biocombustibles está ganando impulso en la región. Por ejemplo, ciudades como Bogotá y Santiago son líderes mundiales en autobuses eléctricos, mientras que Argentina y Brasil están aumentando el uso de gas natural comprimido (GNC) en el transporte urbano. Los sistemas de transporte rápido de autobuses y las flotas de autobuses electrificados pueden proporcionar, en conjunto, soluciones de transporte masivo sostenibles y asequibles que aborden las necesidades de movilidad y al mismo tiempo reduzcan la congestión y la contaminación atmosférica.

En los escenarios hasta 2030, los vehículos de dos o tres ruedas se expanden un 20 % como modo práctico de transporte urbano y las flotas de automóviles de pasajeros se expanden más de un 15 % a medida que más personas ingresan en la categoría de ingreso medio. La flota de autobuses se expandirá en más de un 30 %, mientras que la actividad de los sistemas de metro aumentará en un tercio hasta 2030.

En el STEPS, casi el 10 % de los autobuses nuevos y el 5 % de los automóviles nuevos de la región son eléctricos para 2030. La proporción de vehículos eléctricos varía según el país dependiendo de la tasa de electrificación actual y del apoyo en materia de políticas para su adopción (Figura 3.2). Colombia y Chile lideran el camino en términos de políticas y reglamentos para apoyar la electrificación de las flotas de autobuses: en 2022, más del 10 % de los autobuses nuevos en ambos países eran eléctricos, lo que los sitúa entre los diez primeros países del mundo con flotas de autobuses eléctricos. Los autobuses eléctricos de Bogotá representan ahora alrededor del 15 % de la flota total de autobuses de la ciudad y se están llevando a cabo proyectos de demostración para utilizar hidrógeno en los autobuses.

En el APS, en 2030, la flota de vehículos eléctricos de dos o tres ruedas es casi 100 veces mayor y la de coches eléctricos es más de 60 veces mayor que en 2022. La participación de mercado tanto de autobuses como de automóviles eléctricos en ALC alcanzará el 20 % para 2030 a medida que se intensifique el desarrollo de la infraestructura de carga. Brasil es líder mundial en mezcla de biocombustibles, pues combina la producción nacional de bioetanol con la flota más grande de vehículos de combustible flexible del mundo.

**Figura 3.2** ▸ Flotas de automóviles y autobuses por tipo de combustible y escenario en determinados países, 2022 y 2030



IEA. CC BY 4.0.

*Debido al crecimiento de las flotas de automóviles y autobuses, la adopción de vehículos eléctricos es esencial para limitar la contaminación atmosférica en los centros de las ciudades y reducir las emisiones del transporte por carretera*

Notas: STEPS = Escenario de Políticas Declaradas; APS = Escenario de Compromisos Anunciados. La electricidad representa tanto vehículos eléctricos como de pila de combustible de hidrógeno. La bioenergía representa vehículos con motor de combustión interna que funcionan con mezclas de biocombustibles.

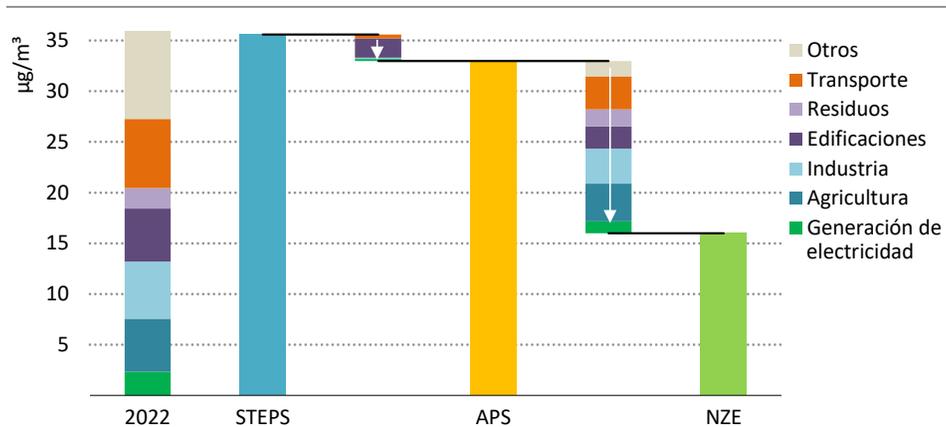
**3.1.2 Contaminación atmosférica urbana**

La mayoría de los habitantes de las ciudades de América Latina y el Caribe respiran aire contaminado a diario. Promedio anual de concentraciones de material particulado (PM<sub>2.5</sub>) en 2022 superó la directriz de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la calidad del aire de

5 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en más del 90 % de las ciudades de la región, con concentraciones superiores a  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en ciudades como Ciudad de México, Buenos Aires, Ciudad de Guatemala y Bogotá. En algunos casos, las concentraciones fueron de cinco a ocho veces superiores a las directrices de la OMS, con valores particularmente altos en Santiago y sus alrededores y en muchas zonas urbanas de Perú (WHO, 2021; IQAir, 2022).

El transporte por carretera es una de las principales causas de emisiones de  $\text{PM}_{2.5}$  en muchas grandes ciudades, junto con las emisiones de los sectores industrial y de la construcción (Figura 3.3). En algunas ciudades, las emisiones provenientes de actividades fuera de la ciudad tienen un efecto significativo en la calidad del aire dentro de la ciudad. Por ejemplo, los modelos realizados por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) indican que más de la mitad de las emisiones de  $\text{PM}_{2.5}$  en Santiago (Chile) provienen de fuera de la ciudad, principalmente de la ganadería, el uso de fertilizantes y la industria.

**Figura 3.3** ▶ Promedio de concentraciones de  $\text{PM}_{2.5}$  en las grandes ciudades de ALC en 2022, y reducciones por sector y escenario en 2030



IEA. CC BY 4.0.

*El transporte y las edificaciones son las principales causas de las concentraciones de  $\text{PM}_{2.5}$  en las grandes ciudades; en 2030, estas se reducirán a la mitad en el escenario NZE en comparación con el STEPS*

Notas:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  = microgramos por metro cúbico. NZE = Escenario de Cero Emisiones Netas en 2050. Las grandes ciudades incluidas tienen una población de más de 5 millones. Otras incluyen fuentes antropogénicas como el uso de disolventes o el humo del tabaco y fuentes naturales como el polvo del suelo y los incendios forestales.

Fuente: Análisis de la AIE basado en modelos del IIASA.

La imposición de estándares más estrictos sobre las emisiones de vehículos ha traído algunas mejoras recientes en la calidad del aire de las ciudades, aunque la adopción y el rigor de los estándares varían entre los países de ALC. De 33 países, solo 9 tienen estándares de emisiones tanto para automóviles como para camiones (véase la sección 3.2.1). El uso cada vez mayor de biocombustibles para el transporte por carretera también puede haber contribuido a un aire más limpio: los estudios indican una caída del 10 % al 47 % en las emisiones de partículas de los vehículos más antiguos y contaminantes, aunque gran parte depende de la proporción de la

mezcla (EEA, 2019).<sup>1</sup> Sin embargo, es probable que los biocombustibles tengan un impacto mucho menor en la reducción de la contaminación causada por vehículos que cumplen con altos estándares de emisiones.

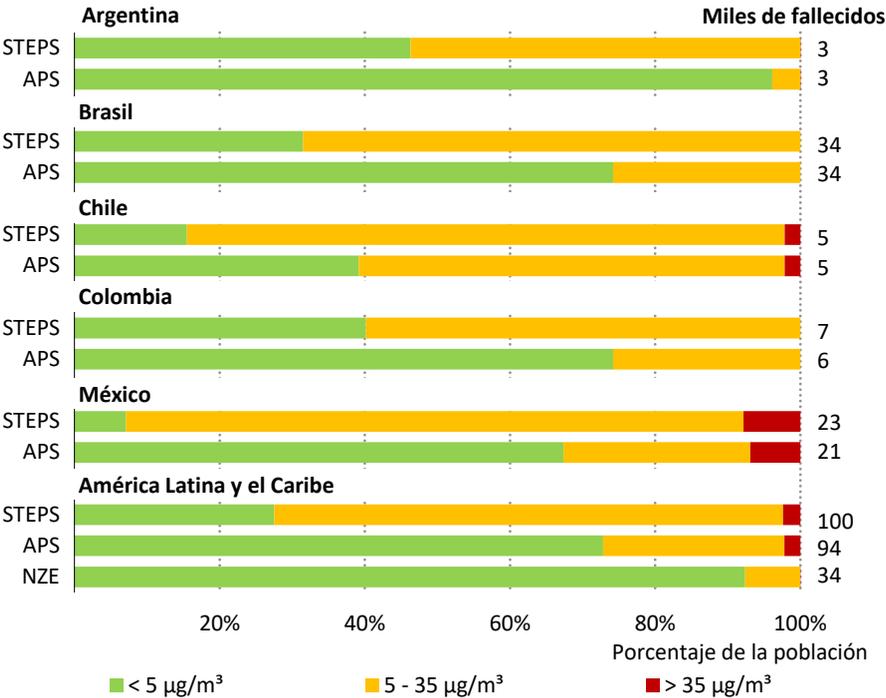
En el STEPS, las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> asociadas a la contaminación proveniente del transporte en ciudades de más de 5 millones de habitantes aumentan solo un 3 % en 2030 en relación con 2022, y este moderado crecimiento está compensado por creces por la reducción de las emisiones provenientes de la generación de electricidad y edificaciones. Estas concentraciones siguen siendo obstinadamente elevadas debido a factores que incluyen el lento progreso en la adopción o la mejora de los estándares de emisiones, la lenta adopción de vehículos eléctricos (que se utilizan solo en alrededor del 3 % de los viajes en los países de ALC en 2030) y las emisiones persistentes de los camiones (tanto de gases de escape como de fuentes que no son de combustión, como el desgaste de los frenos). En el APS, la calidad del aire de las ciudades mejora de forma moderada para 2030 en relación con el STEPS, siendo el sector de edificaciones responsable de tres cuartas partes de esta mejora, el transporte otro 15 % y la generación de electricidad y la industria el resto. Sin embargo, las reducciones más significativas se prevén en el escenario NZE, con un promedio de concentraciones anuales de PM<sub>2.5</sub> en 2030 en las grandes ciudades que se reducen a más de la mitad en comparación con el STEPS. La mayor parte de las mejoras en comparación con el APS provienen de la reducción de emisiones de los sectores del transporte, la industria y la agricultura. La drástica caída de la contaminación relacionada con el transporte en el escenario NZE se debe a factores que incluyen un cambio progresivo hacia los vehículos eléctricos (cuyo uso en 2030 aumenta más de cuatro veces en comparación con el STEPS), una reducción del 10 % en las emisiones de los camiones, en gran parte debido a mejores estándares de emisiones y a un mayor uso de autobuses y trenes urbanos electrificados que reducen el uso de automóviles privados.

Como ALC está muy urbanizada, muchas personas respiran el aire altamente contaminado que se respira en las ciudades, lo que tiene graves consecuencias para la salud pública. Alrededor de las tres cuartas partes de las personas que vivían en ALC en 2022 estuvieron expuestas a concentraciones ambientales de PM<sub>2.5</sub> superiores a 5 µg/m<sup>3</sup>, lo que provocó alrededor de 85 000 muertes prematuras, principalmente en Brasil y México.

En el STEPS, el porcentaje de personas expuestas al aire contaminado en 2030 apenas cambia con respecto a los niveles de 2022, pero el crecimiento demográfico, la urbanización y la cifra relativamente mayor de personas mayores y más vulnerables implican que las muertes prematuras aumentan en casi una quinta parte hasta poco menos de 100 000. En el APS, a pesar de que el porcentaje de personas expuestas a altas concentraciones de PM<sub>2.5</sub> es reducido, particularmente en México y Colombia, el número de muertes prematuras por contaminación del aire ambiente continúa aumentando hasta 2030, aunque menos que en el STEPS (Figura 3.4). En el escenario NZE, las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> disminuyen drásticamente con respecto a los niveles actuales, lo que reduce el número de muertes prematuras por contaminación del aire ambiente en 2030 en aproximadamente dos tercios en comparación con el escenario STEPS.

<sup>1</sup> La mezcla de biocombustibles puede reducir las emisiones de partículas entre un 10 % (para una proporción de mezcla B10) y un 47 % (para una proporción de mezcla B100) de vehículos con estándares de emisiones menos estrictas que Euro-IV.

**Figura 3.4** ▶ Población expuesta a diversas concentraciones de PM<sub>2.5</sub> y muertes prematuras por contaminación del aire ambiente en ALC y determinados países por escenario, 2030



IEA. CC BY 4.0.

*En los escenarios APS y NZE, hay un mayor número de personas que respiran aire más limpio que en STEPS, pero solo en el escenario NZE esto se traduce en un descenso significativo de las muertes prematuras*

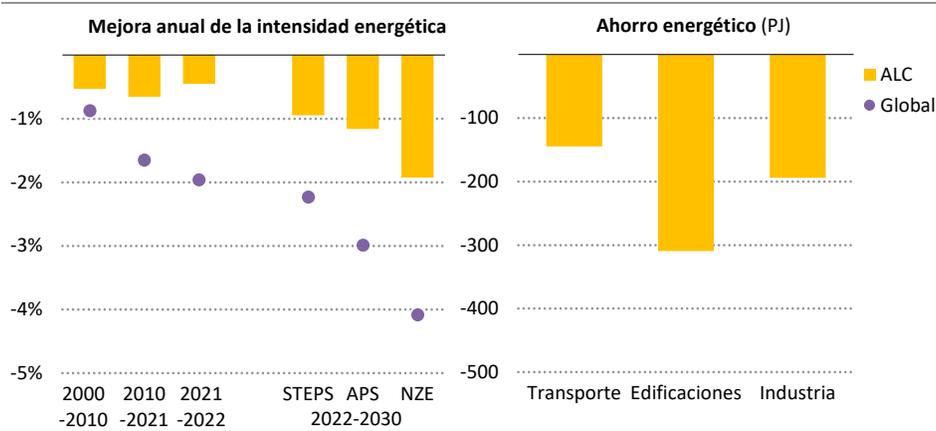
Nota: µg/m<sup>3</sup> = microgramos por metro cúbico.  
 Fuente: Análisis de la AIE basado en modelos del IIASA.

### 3.2 Aprovechamiento del potencial de la eficiencia energética

Los esfuerzos concertados para impulsar la eficiencia energética en América Latina y el Caribe ofrecen múltiples beneficios. Las mejoras en la eficiencia energética conducen a reducciones en el consumo energético y las emisiones relacionadas, mejoran la seguridad energética y crean oportunidades de empleo (IEA, 2023a). La digitalización puede realizar una contribución significativa para mejorar la eficiencia energética en la región. Las soluciones digitales pueden mejorar la competitividad, reducir los costos operacionales y acelerar la transición a la energía limpia.

El escenario NZE exige duplicar la tasa anual de mejora de la intensidad energética para 2030 (IEA, 2023b). Durante las últimas dos décadas, las mejoras anuales en la intensidad en los países de ALC han rondado el 0,6 %. Esto está por debajo del promedio mundial, que casi se duplicó entre la primera y la segunda década de los 2000, pues pasó del 0,9 % al 1,7 %. En el STEPS, la tasa en ALC sube a un promedio de 0,9 % en esta década hasta 2030 (comparado con el 2,2 % a nivel mundial). En el APS, la tasa de mejora de la intensidad energética aumenta al 1,2 % para el mismo período, pero permanece muy por debajo del promedio mundial del 3 % en este escenario. La tasa aumenta en el APS como resultado de la adopción de medidas adicionales de eficiencia energética en los tres sectores de uso final, es decir, las edificaciones, la industria y el transporte. Estos reducen el aumento de la demanda energética derivado del crecimiento económico y poblacional y evitan 650 petajulios (PJ) adicionales de consumo energético para 2030, lo que representa casi el 20 % del crecimiento del consumo energético hasta 2030 en el STEPS (Figura 3.5).

**Figura 3.5 ▶ Mejora de la intensidad energética por escenario en ALC y ahorro energético por sector en el APS en relación con el STEPS en 2030**



IEA. CC BY 4.0.

**Las mejoras en la eficiencia energética deben aumentar en esta década: las medidas en los sectores de uso final reducen la demanda energética en el APS en un 20 % en relación con el STEPS en 2030**

Nota: PJ = petajulios.

Las mejoras en la eficiencia energética no tienen por qué generar costos adicionales significativos. Las medidas de eficiencia energética pueden reducir las facturas de energía y, a menudo, son más rentables que aumentar el suministro de energía para satisfacer una mayor demanda. La agrupación de proyectos para lograr un mayor alcance es una forma de garantizar la inversión, aunque también es importante mejorar los códigos y las certificaciones de construcción para reducir los riesgos percibidos que a veces se asocian a la inversión en eficiencia energética (véase la sección 3.9). Además, resulta esencial llevar a cabo análisis exhaustivos de la relación costo-beneficio de los nuevos programas para garantizar que las inversiones cumplan sus objetivos. Los programas de eficiencia energética también deben diseñarse teniendo en cuenta los programas

de subsidios: si bien las subvenciones para los hogares de ingreso bajo son importantes para reducir la proporción de ingresos destinados a la energía (véase la sección 3.5.2), muchos de estos programas socavan los incentivos para la eficiencia energética.

Existen ejemplos claros de programas con resultados satisfactorios. En México, por ejemplo, un programa de reemplazo de la iluminación tuvo un período de recuperación de cuatro años (Government of Mexico, 2022). En Brasil, el Programa de Eficiencia Energética (PEE) operado por la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) ha permitido ahorrar 9 teravatios-hora (TWh) al año y reducir la demanda máxima en 2,8 gigavatios (GW): se prevé una reducción de la demanda de hasta 32 TWh para 2031 (Ministry of Mines and Energy of Brazil, 2023). En Uruguay, el programa de Certificados de Eficiencia Energética (CEE) brinda apoyo a los proyectos de eficiencia con mayor potencial de ahorro: generó un ahorro energético de 160 terajulios por año (TJ/año) en 2022, lo que equivale al consumo medio anual de electricidad de 17 000 hogares. Argentina acaba de lanzar el programa Iluminar, en el que se planea distribuir lámparas de bajo consumo energético de forma gratuita a los hogares de ingreso bajo para reducir las facturas de energía y, al mismo tiempo, la actual carga de subsidios a la electricidad (Government of Argentina, 2023).

En términos de seguridad energética, el fortalecimiento de la eficiencia energética reduce el nivel de dependencia de los productos petrolíferos importados, la mayoría de los cuales se utilizan en el transporte y la industria. Esto es importante para varios países productores, así como para los importadores, dada la ausencia de refinerías en la región (véase la sección 3.7).

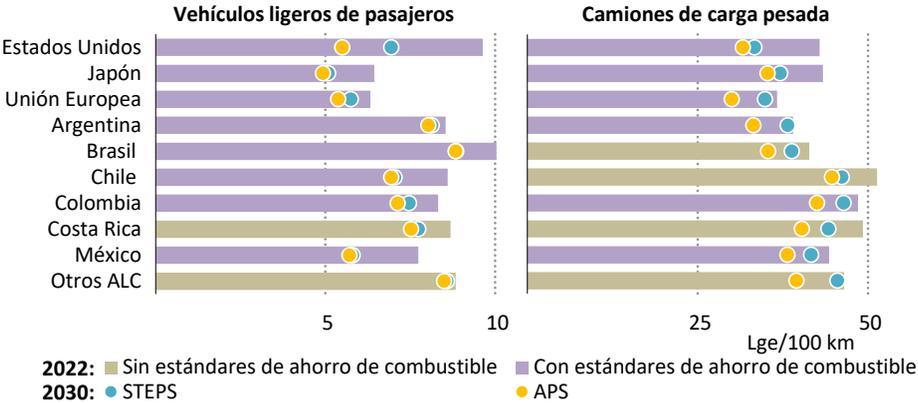
### **3.2.1 Potencial de la economía de combustible para reducir la demanda de petróleo para el transporte**

Muchos países de ALC, incluidos los productores de petróleo, pretenden reducir sus importaciones de petróleo y productos derivados. Para conseguir este objetivo, se necesitan un conjunto de medidas que incluyen la imposición de estándares más estrictos de eficiencia de combustible, particularmente para los camiones, la adopción de combustibles alternativos y vehículos eléctricos, y medidas para desalentar las importaciones de automóviles de segunda mano más antiguos y menos eficientes (Figura 3.6). Si todos los países de ALC alcanzaran los niveles de economía de combustible que se aplican actualmente a los vehículos ligeros y pesados en la Unión Europea, se ahorrarían alrededor de 0,5 millones de barriles por día (mb/d) de demanda de petróleo en 2030 (6 % de la demanda total de petróleo en la región en el STEPS).

La dependencia de los automóviles de segunda mano contribuye a reducir el consumo medio de combustible en la región, porque son menos eficientes. Entre 2015 y 2020, se exportaron aproximadamente 2 millones de vehículos ligeros usados a países de ALC, lo que representa casi el 10 % de la flota mundial de exportaciones de vehículos usados (UNEP, 2021). En 2020, la región importó alrededor de 300 000 vehículos ligeros de segunda mano, lo que representó alrededor del 5 % de todas las nuevas matriculaciones en los países de ALC, aunque esta proporción varía mucho según el país. Algunos países de la región han tomado medidas para abordar el problema. Por ejemplo, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Uruguay y Venezuela han impuesto prohibiciones de importación de vehículos usados, 11 países han adoptado estándares de

emisiones Euro-4 para vehículos ligeros con respecto a los automóviles usados o han impuesto un límite de antigüedad de cuatro o cinco años, y cuatro países han adoptado estándares de emisiones Euro-3 para vehículos ligeros o han impuesto un límite de antigüedad de seis a ocho años. Algunos países han ido más allá: Chile y Colombia han adoptado los estándares de emisiones Euro-6 (el actual estándar de contaminantes de la UE) y Perú hará lo mismo a partir del 1 de enero de 2024; Argentina y Brasil (PROCONVE L-7) han optado por estándares similares a Euro-6.

**Figura 3.6 ▶ Consumo medio de combustible de los vehículos nuevos con motor de combustión interna (ICE) en 2022 en determinados países y por escenario en 2030**



IEA. CC BY 4.0.

*Los estándares más estrictos de economía de combustible, en particular para los camiones, ofrecen una gran oportunidad para mejorar la eficiencia energética en el transporte por carretera*

Nota: Lge/100 km = litros de gasolina equivalente por cada 100 kilómetros; ICE = motor de combustión interna.

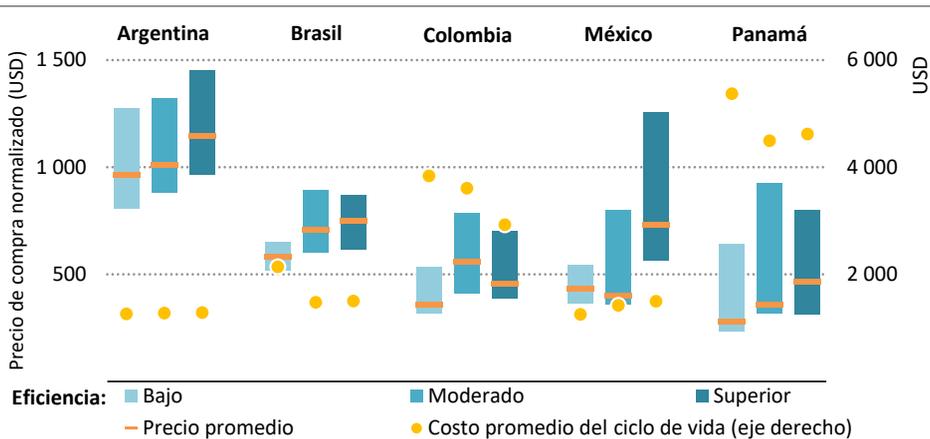
### 3.2.2 Códigos energéticos en edificaciones y estándares mínimos de rendimiento energético para electrodomésticos

La mejora de la eficiencia de los electrodomésticos y los sistemas de refrigeración es clave para mejorar la eficiencia en el sector de las edificaciones. En el APS, los estándares mínimos de rendimiento energético (MEPS) y las etiquetas energéticas más estrictos ayudan a evitar casi 40 TWh de consumo de electricidad proveniente de los electrodomésticos y aires acondicionados para 2030 en comparación con el STEPS (5 % del consumo de electricidad de los edificios en el STEPS). La eficiencia de los electrodomésticos y aires acondicionados utilizados en los hogares para 2030 es, en promedio, alrededor de un 10 % mayor en el APS que en el STEPS. Las mejoras en la eficiencia energética también pueden reducir tanto la demanda energética general como la demanda máxima (véase el capítulo 2).

Un número creciente de países (23 de 33) han reconocido el gran potencial de ahorro de energía rentable y otros beneficios que ofrecen los MEPS y las etiquetas energéticas para los

electrodomésticos y ya cuentan con políticas en vigor. Varios países han tomado medidas importantes para adoptar o fortalecer los MEPS y garantizar que se apliquen adecuadamente. Por ejemplo, Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México eliminaron con éxito las lámparas incandescentes entre 2010 y 2016, lo que demuestra su compromiso con la eficiencia energética. Cada uno de estos países ha establecido su propio MEPS para luces de servicio general (GLS), aunque ninguno ha alcanzado todavía el estándar de 90 lúmenes/vatio observado en países como Sudáfrica o India.

**Figura 3.7** ▶ Precio de compra y costo del ciclo de vida frente a eficiencia de los aires acondicionados en determinados países, 2023



IEA. CC BY 4.0.

**Los aires acondicionados más eficientes no implican necesariamente mayores costos iniciales ni mayores costos del ciclo de vida**

Notas: Argentina: la eficiencia más baja, moderada y más alta corresponde a las calificaciones A/B, A+ y A++/A+++; Brasil: eficiencias inferiores a 5 W/W, entre 5 y 6 W/W y superiores a 6 W/W; Colombia: calificaciones D/E, C y B/A; México: eficiencias inferiores a 3,5 W/W, entre 3,5 y 4 W/W y superiores a 4 W/W; Panamá: eficiencias inferiores a 4 W/W, entre 4 y 5 W/W y superiores a 5 W/W. El precio de compra normalizado representa el precio del aire acondicionado normalizado con una capacidad de refrigeración de 12 000 unidades térmicas británicas por hora. El análisis supone una vida útil de diez años para los aires acondicionados y utiliza tarifas de electricidad residencial a partir de septiembre de 2022.

La refrigeración es un ámbito de vital importancia para los MEPS. A pesar de la disponibilidad de aires acondicionados energéticamente eficientes en el mercado, los MEPS de la región siguen estando por debajo de los de otros mercados importantes. En el caso de los refrigeradores, cada país de ALC sigue un estándar de desempeño diferente para los distintos modelos de refrigeradores, por ejemplo, el *EcoDesign UE (EcoDesign)* o los *Energy Conservation Standards* de EE. UU. La armonización de las políticas de eficiencia energética de los electrodomésticos en los países de ALC podría propiciar el ahorro de energía y el crecimiento sostenible en toda la región (Recuadro 3.1). El análisis de los países muestra que optar por un modelo más eficiente no siempre conlleva un precio significativamente más alto, especialmente en Argentina, Brasil y Colombia (Figura 3.7). Cuando se analiza la vida útil del equipo, los equipos más eficientes suelen

ser más rentables que las alternativas menos eficientes como resultado de los menores costos operacionales diarios. Al formular políticas para mejorar la eficiencia de los aires acondicionados y los refrigeradores, los gobiernos también deberían incorporar directrices para la instalación, el reciclaje y la eliminación final adecuados de los refrigerantes para minimizar las emisiones de GEI y garantizar la sostenibilidad ambiental.

### **Recuadro 3.1 ▶ La colaboración y el apoyo institucionales pueden acelerar las mejoras en la eficiencia energética**

La colaboración institucional desempeña un papel crucial para mejorar la eficiencia energética. Un buen ejemplo a nivel mundial es la iniciativa *Super-efficient Equipment and Appliance Deployment* (SEAD)<sup>2</sup>. La iniciativa SEAD es una colaboración voluntaria entre gobiernos que trabajan para promover la fabricación, la compra y el uso de electrodomésticos, iluminación y equipos energéticamente eficientes en todo el mundo. El llamamiento a la acción de la iniciativa SEAD insta a los gobiernos a comprometerse con medidas rápidas y ambiciosas en materia de eficiencia energética de electrodomésticos y equipos (CLASP, 2021). Su objetivo es duplicar la tasa de mejora de la eficiencia en cuatro ámbitos clave para 2030: iluminación, aire acondicionado, refrigeración y motores eléctricos. En 2021, 14 países firmaron el llamamiento a la acción en la Conferencia de las Partes (COP) 26, incluidos tres países de ALC: Brasil, Chile y Colombia.

Los países de ALC pueden colaborar para establecer estándares mínimos de rendimiento energético que se apliquen en toda la región y pueden generar beneficios al crear un ámbito de mercado más grande. Por ejemplo, el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) estableció estándares unificados para los aires acondicionados. Este tipo de acción no requiere necesariamente que el gobierno nacional sea el único actor: pueden apoyar iniciativas de gobiernos regionales y municipios locales para promover la colaboración en mejores prácticas entre programas regionales. Las asociaciones industriales pueden ser socios clave para promover la eficiencia energética en la industria.

Más de la mitad de la superficie de los edificios que estarán en uso en 2050 aún no se ha construido. Esto hace que la nueva construcción sea una prioridad clave, que se centrará en el establecimiento de códigos y estándares energéticos de construcción eficaces. La aplicación de códigos y estándares eficaces también se aplica a la renovación y la remodelación de edificios existentes. Hoy en día, solo 14 de 33 países de la región cuentan con códigos de construcción obligatorios o voluntarios. Es fundamental mejorar los códigos existentes y ampliar el rango de cobertura a más países de ALC para moderar la creciente demanda de enfriamiento de espacios y mejorar la resiliencia a los efectos del cambio climático. Es probable que un progreso significativo requiera un cambio de códigos de edificaciones de voluntarios a obligatorios, la adopción de medidas para garantizar la supervisión y la aplicación de los reglamentos, y un impulso para adoptar estrategias de diseño de construcciones pasivas y asequibles para reducir la dependencia de los sistemas activos de refrigeración y calefacción.

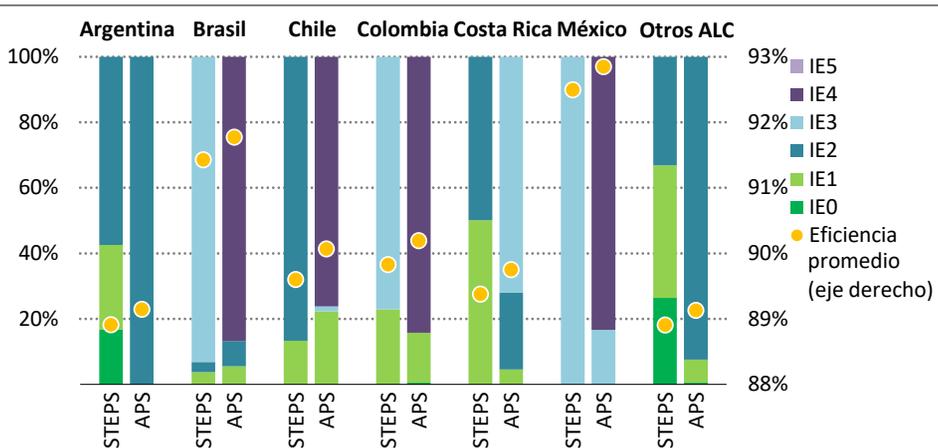
<sup>2</sup> Encuentre más información sobre la iniciativa SEAD en: [https://www.cleanenergyministerial.org/initiatives-campaigns/super-efficient-equipment-and-deployment-sead-initiative/?\\_years=2021](https://www.cleanenergyministerial.org/initiatives-campaigns/super-efficient-equipment-and-deployment-sead-initiative/?_years=2021).

### 3.2.3 Aumentar la eficiencia en industrias que no tienen un alto consumo de energía

Las industrias que no tienen un alto consumo de energía (otras industrias), cuyas necesidades energéticas se caracterizan por calor de baja y media temperatura para procesamiento y motores, representan casi la mitad de la demanda energética en el sector industrial de los países de ALC. El fortalecimiento de los MEPS para motores, la implementación de sistemas de gestión de energía y el cambio a combustibles sostenibles o bombas de calor eléctricas son recursos importantes para la descarbonización en estas industrias. Solo nueve países de ALC cuentan actualmente con MEPS para motores industriales, y solo cinco tienen mandatos en materia de eficiencia para toda la industria (véase el capítulo 2, tabla 2.2).

Una medida clave para mejorar la eficiencia de los motores industriales es implementar los MEPS o, cuando existan, mejorar su solidez. En el APS, las medidas de eficiencia energética aplicadas, incluida la electrificación, ahorran más de 60 petajulios (PJ) en otras industrias, y los motores representan una gran parte. El llamamiento a la acción de la iniciativa SEAD para acelerar los estándares de motores cuenta con el apoyo de Brasil, Chile y Colombia y conduce a un ahorro de electricidad previsto de 1,9 TWh para 2030 en el APS. En Chile, elevar el estándar de motores MEP de clase de eficiencia energética internacional (IE)2 a IE4 supone un ahorro de casi 1 teravatio-hora en 2030 en el APS (Figura 3.8). En el APS, el 80 % de los motores nuevos vendidos en la región para 2030 cumplen con el estándar IE3 o superior.

**Figura 3.8** ▶ Ventas de motores industriales por clase de eficiencia internacional y eficiencia promedio en determinados países por escenario, 2030



IEA. CC BY 4.0.

**Una mayor eficiencia en los motores industriales podría impulsar la eficiencia general y suponer un ahorro de 1,9 TWh en industrias que no tienen un alto consumo de energía en los países de ALC que participan en el llamamiento a la acción de SEAD**

Nota: Basado en los estándares de eficiencia internacional (IE) de la Comisión Electrotécnica Internacional para motores eléctricos que van desde bajo (IE0) hasta ultrapremium (IE5).

Los programas que brindan información y apoyo para la realización de auditorías y la ejecución de proyectos pueden desempeñar un papel importante a la hora de ayudar a adoptar medidas de eficiencia energética, especialmente para las pequeñas y medianas empresas (pymes) que predominan en las industrias ligeras. La iniciativa «Inversión Transformadora para la Eficiencia Energética en la Industria (PotencializEE)» de Brasil es un buen ejemplo: respalda la certificación de auditores energéticos, financia auditorías y ayuda a las pymes a conseguir financiación para la aplicación de medidas de eficiencia energética.

### 3.3 Minerales críticos: un importante factor que contribuye a la seguridad mineral mundial y al crecimiento económico regional

Los países de América Latina y el Caribe tienen un sector minero bien establecido desde el cual pueden desarrollar aún más sus importantes reservas minerales y ampliar su perfil de producción minera. Hacerlo impulsará sus economías y también ayudará a la economía mundial a evitar cuellos de botella en el suministro que podrían amenazar las transiciones a energías limpias. Existen tres oportunidades clave: aumentar la producción de recursos existentes y hasta ahora no explotados; mejorar las prácticas para un suministro responsable y sostenible; y pasar de la producción de minerales a productos procesados.

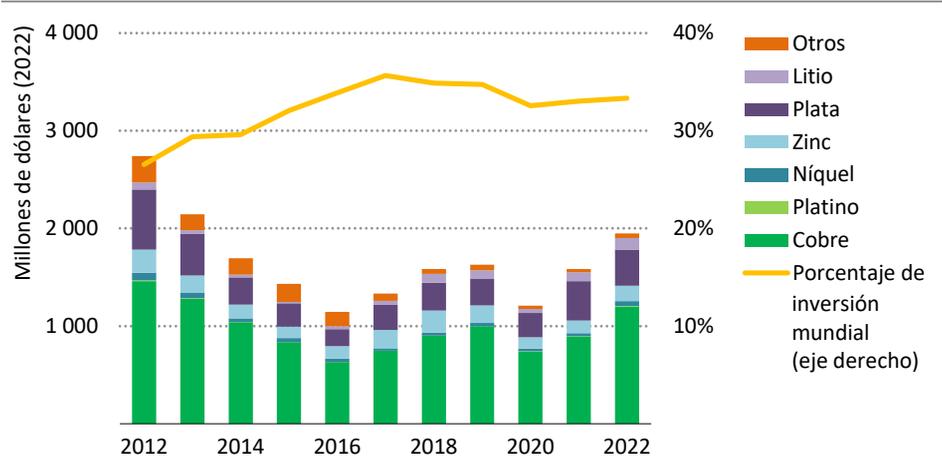
La región ya produce grandes cantidades de litio, necesario para las baterías, y cobre, que sustenta la expansión de las energías renovables y las redes eléctricas. No obstante, los países de ALC podrían expandirse hacia una variedad de otros minerales, incluidos elementos de tierras raras que se requieren para motores de vehículos eléctricos y turbinas eólicas, y níquel, un componente clave en baterías y electrolizadores utilizados para producir hidrógeno. Para aprovechar este potencial, las actividades mineras deben cumplir con altos estándares ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) y beneficiar a las comunidades locales. Los países pueden maximizar los beneficios para sus economías mediante la integración del procesamiento de minerales en las cadenas de suministro locales.

#### 3.3.1 Perspectivas de suministro

Los países de ALC representan casi el 40 % de la producción mundial de cobre, encabezados por Chile (24 %) y Perú (10 %). La producción de cobre comenzó a recuperarse en 2022 después de varios años de crecimiento plano. La mina Quellaveco, en Perú, y la mina Quebrada Blanca, en Chile, han contribuido al reciente crecimiento de la producción y se están poniendo en marcha otros proyectos de expansión. En Perú se está construyendo un megapuerto (Terminal Portuario de Chancay) para facilitar las exportaciones. El plan minero nacional de Chile incluye un objetivo de producción de cobre de 7 millones de toneladas (Mt) para 2030, frente a los 5,7 Mt actuales, y 9 Mt para 2050, junto con una duplicación de la inversión anual en exploración de nuevas instalaciones. La participación de la región en el gasto mundial en exploración de cobre ha aumentado de alrededor del 30 % en 2012 a casi el 45 % en 2022, lo que indica el potencial de nuevos aumentos de producción. Sin embargo, las operaciones existentes se enfrentan a desafíos:

la disminución de la ley del mineral, la escasez de agua y las protestas de las comunidades locales podrían interrumpir el suministro.

**Figura 3.9** ▶ Inversión en la exploración de determinados minerales en ALC, 2012-2022



IEA. CC BY 4.0.

*ALC tiene una participación cada vez mayor del gasto mundial en exploración de minerales críticos, la mayoría de los cuales están relacionados con el cobre*

Nota: Se excluye el oro y los diamantes.

Fuente: Análisis de la AIE basado en datos de S&P Global (2023a).

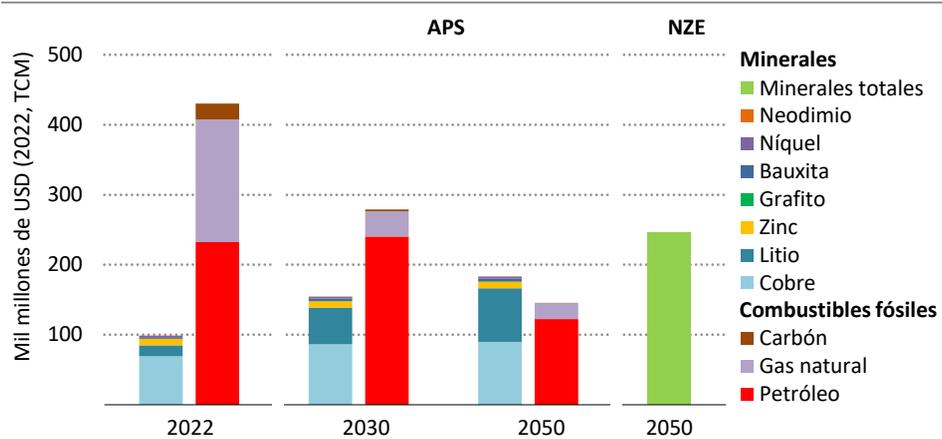
Además, la región suministra poco más del 35 % del litio del mundo y posee alrededor de la mitad de las reservas mundiales de litio. Alberga el llamado triángulo del litio, una región rica en litio que se extiende por Argentina, Bolivia y Chile. Chile y Argentina son, respectivamente, el segundo (30 %) y el cuarto (5 %) productores mundiales más importantes. Bolivia también tiene recursos importantes, pero la falta de infraestructura hasta ahora les ha impedido resultar económicamente atractivos. Los países de ALC producen predominantemente carbonato de litio a partir de salmuera, lo que genera menos emisiones que la minería de roca dura. El gasto en exploración de litio en ALC prácticamente se duplicó durante la última década hasta alcanzar casi US\$ 120 millones en 2022, y hay margen para seguir ampliando las actividades (Figura 3.9). Hasta ahora, la extracción de litio se ha concentrado en los salares de Chile, pero se han conseguido avances notables en Argentina, donde se espera que el proyecto Kachi comience en 2027, y Brasil, donde la mina Grota do Cirilo acaba de comenzar a producir. En Bolivia, la firma china CATL planea invertir más de US\$ 1 000 millones en dos plantas de litio que extraerán minerales de los salares de Uyuni y Coipasa del país.

Además de cobre y litio, ALC tiene un importante potencial para suministrar grafito, níquel, manganeso y tierras raras. Brasil, por sí solo, posee alrededor de una quinta parte de las reservas mundiales de cada uno de estos recursos, pero actualmente produce solo cantidades pequeñas a

moderadas de ellos: la producción oscila entre menos del 1 % de la producción mundial de elementos de tierras raras y el 7 % de grafito. Brasil también tiene importantes reservas de bauxita (utilizada para la producción de aluminio) y es un importante productor y reciclador de aluminio, material que se utiliza cada vez más en las redes eléctricas. Sin embargo, los países de ALC aún no han atraído inversiones acordes a su potencial: por ejemplo, menos del 10 % del presupuesto mundial de exploración de níquel se asigna a la región (S&P Global, 2023a).

Los gobiernos pueden ayudar mediante el establecimiento de marcos a largo plazo para atraer inversiones en actividades de minería y procesamiento, el desarrollo de reglamentos e incentivos claros y la garantía del cumplimiento de las normas ESG. Asimismo, es necesario el diálogo con las partes interesadas, los inversores y las comunidades, así como una mayor cooperación internacional. Las campañas de exploración podrían beneficiarse de estudios geológicos nacionales actualizados, ya que la información geológica actual no siempre engloba los minerales críticos relacionados con la energía. Algunos países están tomando medidas en esta dirección. El servicio geológico de Chile proporciona datos geológicos detallados de código abierto con puntos focales regionales y minerales, Brasil ha establecido una división de minerales críticos dependiente de su departamento de geología (DIPEME) para facilitar el acceso a datos geológicos relacionados, y Colombia ha presentado una hoja de ruta estratégica, llamada Ronda de Cobre & Fosfatos, para expandir esta industria.

**Figura 3.10** ▶ Ingresos por producción de determinados minerales críticos y combustibles fósiles en ALC en 2022 y por escenario, 2030 y 2050



IEA. CC BY 4.0.

**Los ingresos por la producción de minerales críticos aumentan más de 1,5 veces para 2030 en el APS, y superan los ingresos combinados de los combustibles fósiles para 2050 en ambos escenarios**

Notas: Los ingresos hacen referencia al producto total de las ventas internas y las exportaciones. Adopta los precios promedio de 2022 para los minerales en 2030 y 2050, y presupone que la región mantiene su participación de mercado actual en la producción mundial de minerales.

Fuentes: Análisis de la AIE basado en los datos sobre los precios de S&P Global (2023b); Wood Mackenzie (2023); BMO Capital Markets (2023); KOMIS (2022).

Se estima que los ingresos procedentes de la producción de minerales críticos que se encuentran en la región (grafito, bauxita, níquel, zinc, litio, cobre y neodimio) ascendieron a alrededor de US\$ 100 000 millones en 2022, cerca del 30 % del mercado mundial. Con la creciente demanda de estos minerales, los ingresos de ALC por sus ventas aumentan más de 1,5 veces para 2030 en el APS. Para 2050, los ingresos por la producción de minerales críticos casi se duplican en comparación con 2022 y superan los ingresos combinados de la producción de combustibles fósiles en la región, que caen a menos de US\$ 145 000 millones a medida que los países de todo el mundo cumplen con los compromisos anunciados para limitar los efectos del cambio climático. En el escenario NZE, los ingresos procedentes de la producción de minerales críticos aumentan aún más hasta superar los US\$ 245 000 millones en 2050 (Figura 3.10).

### 3.3.2 Minería responsable y sostenible

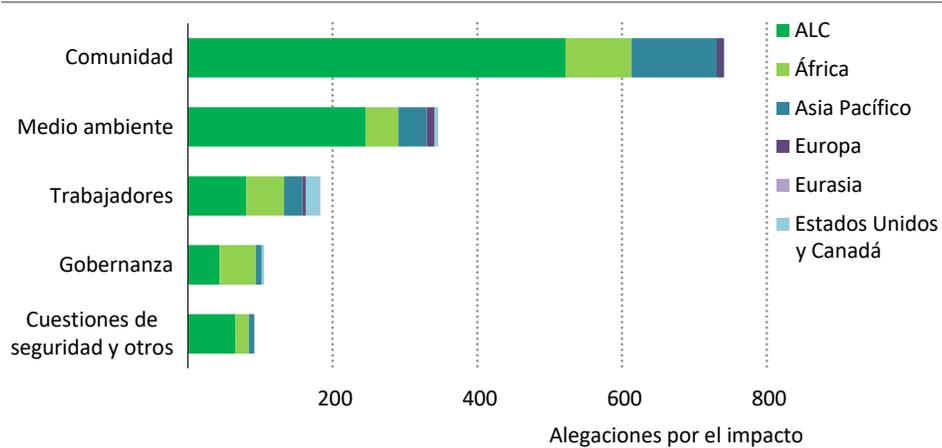
La minería conlleva un riesgo de degradación ambiental y efectos adversos en las comunidades locales. Se ha asociado a una serie de efectos ESG negativos, entre los que se incluyen violaciones de derechos humanos, contaminación ambiental, deforestación y otros daños (Figura 3.11). Históricamente, la minería también ha representado entre el 10 % y el 20 % de la inversión extranjera directa en ALC y ha proporcionado algunos buenos ejemplos de gestión ambiental. En 2021, por ejemplo, las minas de cobre Escondida y Spence pasaron a contratos de compra de energía eléctrica exclusivamente renovable después de la rescisión anticipada de un contrato de energía eléctrica a base de carbón (BHP, 2021). En julio de 2023, Brasil exportó a China el primer cargamento de «litio verde» del mundo, producido en su valle de Jequitinhonha de acuerdo con el estándar llamado «triple cero»: sin carbono, relaves ni productos químicos nocivos.

El desarrollo y la aplicación de estándares ESG es crucial para proteger tanto el medio ambiente como las comunidades locales. Las cuestiones ESG son una preocupación creciente para las empresas mineras, los clientes, los inversores y otras partes interesadas. Los grandes desastres ambientales ocurridos durante la última década han alimentado el sentimiento antiminerero entre las comunidades locales. Algunos ejemplos destacados son el derrame de 40 000 metros cúbicos de sulfato de cobre en 2014 en el río Sonora en México, que afectó al suministro de agua de más de 24 000 personas, y el desastre de la presa de relaves de Brumadinho (Brasil) en 2019, en el que murieron 270 personas. Las actividades mineras suelen estar ubicadas cerca de ecosistemas sensibles y biodiversos, muchos de los cuales albergan comunidades vulnerables o indígenas, y con frecuencia implican un uso intensivo de la tierra y los recursos hídricos y el despliegue de maquinaria pesada. Todo esto aumenta la probabilidad de conflictos y dificulta que las empresas obtengan una «licencia social para operar».

Varios países de la región han implementado marcos y reglamentaciones de licencias ambientales para mejorar los estándares ESG. En 2023, Brasil lideró un equipo de tareas para desalojar la minería ilegal de las tierras indígenas en el Amazonas, un proceso por el que se expulsó a miles de mineros ilegales de la zona. La estrategia minera nacional de Chile incluye metas para reducir el uso de agua en la industria minera, lograr la neutralidad en carbono en el sector para 2040 y detener el vertido de relaves para 2050. Sin embargo, todavía hay margen para mejorar los estándares de aplicación y cumplimiento (IDB, 2020). Una gestión y una supervisión exhaustivas de los riesgos y los relaves pueden prevenir accidentes y contaminación, y una mejora de la

eficiencia y el reciclaje puede reducir los residuos y aumentar el suministro. Existen tecnologías para reducir el uso de agua, mejorar la calidad de los efluentes y reducir las emisiones. Muchas empresas también aspiran a mejorar la igualdad de género en las operaciones mineras, apoyar el desarrollo local y aumentar la transparencia en todas sus actividades. Se necesitan regímenes normativos sólidos con suficiente personal en materia de permisos y cumplimiento, así como información pública fiable y accesible. Los estándares ESG también pueden garantizar que las operaciones mineras estén preparadas para el clima cambiante y contribuir a la resiliencia climática regional general.

**Figura 3.11** ▶ Denuncias de efectos ESG vinculados a minerales críticos por región, 2010-2022



IEA. CC BY 4.0.

**ALC tiene el mayor número de denuncias rastreadas de efectos ESG asociados a la producción de minerales críticos**

Notas: Las denuncias se refieren a abusos de los derechos ambientales y humanos denunciados públicamente en sitios mineros por parte de grandes empresas que extraen cobalto, cobre, litio, manganeso, níquel y zinc. ESG = ambiental, social y de gobernanza. Otras incluyen cuestiones de seguridad, como los abusos por parte de la seguridad privada, y efectos relacionados con la pandemia de COVID-19, como el incumplimiento de las medidas de contención.

Fuente: Análisis de la AIE basado en el Transition Minerals Tracker, Centro de Información sobre Empresas y Derechos Humanos (Business & Human Rights Resource Centre, 2023).

En las últimas dos décadas, muchos gobiernos de ALC han reconfigurado los modelos de redistribución de regalías con el objetivo de ofrecer mayores beneficios a las zonas afectadas por las actividades mineras. Este objetivo fue una parte fundamental de la reforma en materia de regalías en Colombia en 2020 y orientó la creación de una contribución especial para el desarrollo regional en Chile en el mismo año. En 2023, Chile también promulgó la Ley de Regalías Mineras para apoyar el desarrollo económico regional. Se necesitarán medidas más amplias para garantizar que la minería aporte beneficios tangibles a las comunidades locales, por ejemplo, mediante la promoción de actividades de mayor valor agregado, como el procesamiento o la mejora de la infraestructura local. Se deben diseñar medidas para aprovechar al máximo las

sinergias cuando existan, por ejemplo, mediante el reprocesamiento de los relaves o el uso de aguas residuales de plantas geotérmicas para la producción de litio.

### 3.3.3 Avances en la cadena de suministro

ALC puede ayudar a garantizar un suministro fiable de los minerales críticos necesarios para las transiciones energéticas a nivel mundial mediante los avances en la cadena de suministro más allá de la minería. La industria del refinado tiene plazos de entrega relativamente más cortos y genera más empleo y valor agregado que el sector extractivo. Una inversión adicional en este sector podría abrir vías para el crecimiento económico y la diversificación, como el desarrollo del procesamiento local y la producción de componentes de tecnología de energía limpia. Algunos países de ALC están tomando medidas en esta dirección, por ejemplo, mediante la proporción de financiación pública para la investigación y el desarrollo relacionados con la industrialización del litio (ECLAC, 2023). Las posibles vías de crecimiento incluyen la preparación de materiales activos catódicos para baterías, la conversión de litio en su forma de hidróxido o el tratamiento y la separación de minerales de tierras raras en óxidos. Sin embargo, existen desafíos a la hora de desarrollar el refinado y la transformación de minerales críticos, como el acceso limitado a la tecnología y las habilidades, la falta de competitividad de costos y las barreras de mercado para nuevos participantes.

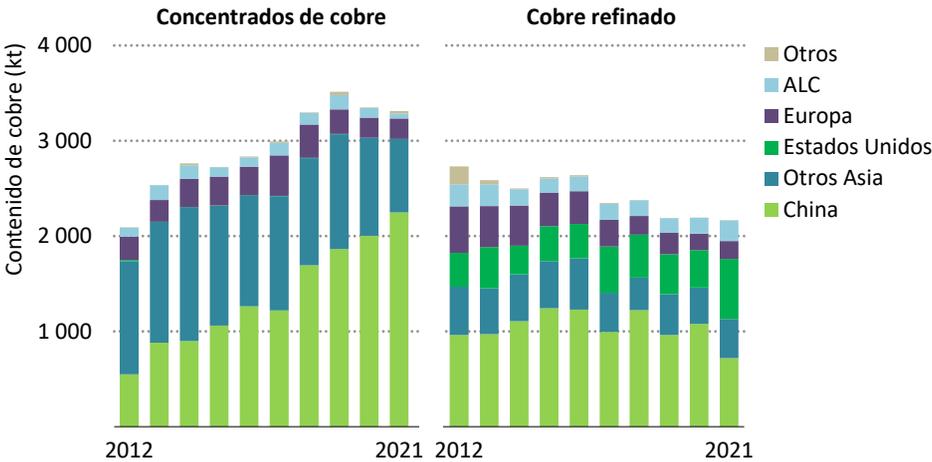
La matriz de electricidad limpia existente en la región brinda a los países de ALC una ventaja competitiva en la construcción de un sector de procesamiento de bajas emisiones de carbono. Países como Chile y Brasil ya cuentan con fundiciones y exportan óxidos y aleaciones refinadas. Sin embargo, las tendencias de los últimos años no son alentadoras. De 2012 a 2021, las exportaciones de cobre refinado y aleaciones de cobre de Chile cayeron alrededor de un 20 %, mientras que las exportaciones de mineral de cobre y concentrados aumentaron casi un 60 % (Figura 3.12). En 2023, la empresa minera nacional de Chile, Codelco, cerró la fundidora Ventanas, que se había asociado con la contaminación ambiental que afectaba a las comunidades costeras cercanas. Ese mismo año, Chile lanzó una Estrategia Nacional de Fundiciones y Refinerías con recomendaciones para fortalecer el sector y mejorar sus prácticas ESG.

Hay razones para pensar que las tendencias de los últimos años podrían cambiar. En 2023, Chile también anunció una Estrategia Nacional del Litio para aumentar la riqueza interna y apoyar una economía verde mundial. En ella se describe una visión de largo plazo que se extiende desde la exploración hasta la expansión de la cadena de valor y se mencionan reglamentaciones para garantizar la sostenibilidad y la reinversión en el desarrollo del país. La estrategia prevé la participación de diversas partes interesadas, como las empresas privadas, y propone la creación de una Empresa Nacional del Litio y de un Instituto Tecnológico y de Investigación Público de Litio y Salares.

Argentina, Brasil y Chile tienen muchos de los elementos necesarios para el desarrollo en la etapa intermedia y la etapa final, incluidos recursos de minerales como el litio, el níquel, el cobalto, el manganeso y la roca fosfórica. Además, tienen experiencia en minería, potencial renovable (pues a menudo se encuentran cerca de depósitos de minerales) e infraestructura clave. Estos factores

podrían facilitar las operaciones en la etapa intermedia, por ejemplo, las refinерías de hidróxido de litio y un segmento en la etapa final para componentes de baterías. El gigante automovilístico chino BYD invertirá más de US\$ 620 millones para convertir a Brasil en su primer centro de fabricación de baterías para vehículos eléctricos y de fosfato de hierro y litio (LFP) fuera de Asia, e invertirá 290 millones de dólares para instalar una planta de cátodos de litio en la región de Antofagasta de Chile, con una capacidad de producción de 50 000 toneladas de cátodos de LFP.

**Figura 3.12** ▶ Exportaciones de cobre de Chile por tipo y destino, 2012-2021



IEA. CC BY 4.0.

*Las exportaciones de cobre han crecido, pero las exportaciones de productos refinados han caído más de un 20 %; China ha aumentado su cuota de mercado de alrededor del 30 % a casi el 55 %*

Notas: kt = miles de toneladas. Otros incluyen Australia, Canadá, Namibia, Sudáfrica y otros pequeños importadores, según informó la Comisión Chilena del Cobre.

Fuente: Análisis de la AIE basado en datos comunicados por el Ministerio de Minería de Chile, COCHILCO (2023).

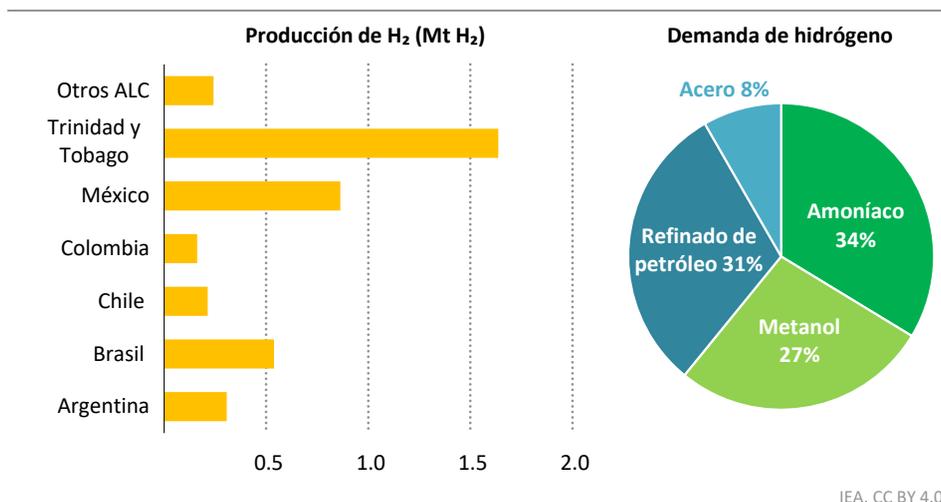
La creación de alianzas estratégicas con los consumidores podría aportar enormes beneficios. El apoyo en forma de acuerdos de compra a largo plazo, subvenciones o préstamos preferenciales podría ir acompañado de estándares de desempeño. Actualmente, muchos importadores también están buscando cómo construir alianzas para mejorar la diversidad del suministro en respuesta a las preocupaciones sobre el alto nivel actual de concentración geográfica en el refinado de minerales críticos. Los acuerdos de compra con importadores podrían ayudar a estimular el desarrollo de cadenas de suministro locales y promover una mayor resiliencia de la industria minera y de procesamiento mundial. Un marco normativo propicio con reglas estables facilitaría la inversión a largo plazo y podría crear sinergias entre la producción y el procesamiento de los minerales. Asimismo, podría implicar políticas industriales adaptadas y cooperación regional para fomentar nuevas operaciones y facilitar la consolidación de grupos industriales.

### 3.4 Hidrógeno: una nueva frontera energética

El consumo de hidrógeno en América Latina y el Caribe se concentra actualmente en las cinco economías más grandes (Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México) y en Venezuela y Trinidad y Tobago (Figura 3.13). En 2022, el consumo total de hidrógeno en la región ascendió a 4 millones de toneladas de hidrógeno (Mt H<sub>2</sub>), alrededor del 4 % del total mundial, que es 95 Mt H<sub>2</sub>. Casi el 90 % de este hidrógeno se produjo a partir del reformado con vapor de gas natural, lo que generó emisiones anuales<sup>3</sup> de más de 35 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO<sub>2</sub>eq), comparable a aproximadamente la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> de Chile provenientes de la quema de combustibles fósiles. Trinidad y Tobago es el mayor consumidor de hidrógeno de la región: su industria química utiliza hidrógeno para producir grandes volúmenes de amoníaco y metanol para la exportación. En otros países de ALC, las refinerías de petróleo son los mayores consumidores. Una disminución en el refinado de petróleo durante la última década, al igual que las dificultades en los últimos años para conseguir gas natural a precios competitivos para la producción de amoníaco en algunos países ha reducido el consumo total de hidrógeno: esto llevó al cierre completo de la producción de amoníaco en México y a que solo una planta operara en Brasil en 2019 (IEA, 2021a).

3

**Figura 3.13** ▶ Producción de hidrógeno por país y consumo por sector industrial en ALC, 2022



IEA. CC BY 4.0.

*El consumo de hidrógeno fue de 4 Mt en ALC, alrededor del 4 % de la demanda mundial, y la mayor parte se utilizó en el refinado de petróleo y la fabricación de productos químicos, particularmente en Trinidad y Tobago*

<sup>3</sup> Esto incluye las emisiones directas del proceso de reformado de metano con vapor, así como las emisiones promedio anteriores e intermedias provenientes de la producción, el procesamiento y el transporte de gas natural. Esto también incluye el CO<sub>2</sub> capturado que se utiliza en la síntesis de urea y metanol, la mayor parte del cual se emite posteriormente.

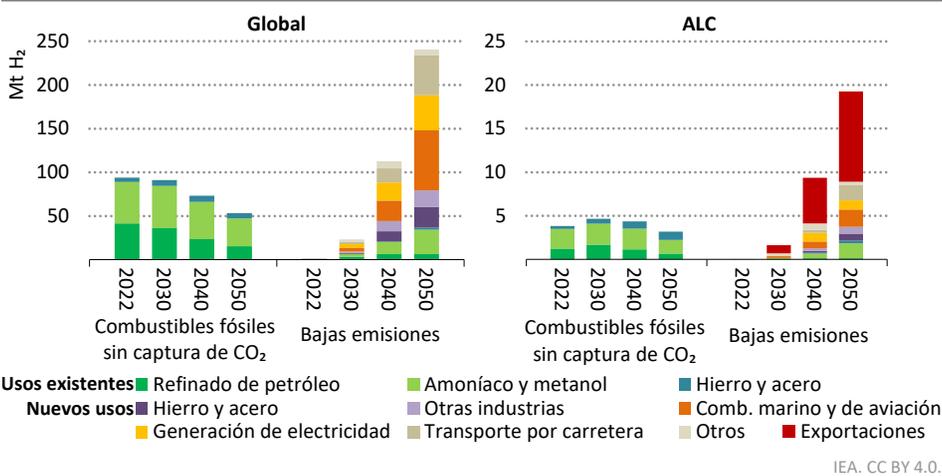
Con sus abundantes recursos renovables, la región tiene el potencial de producir hidrógeno de bajas emisiones a un costo menor que en la mayoría de las otras partes del mundo<sup>4</sup>. Este hidrógeno podría utilizarse tanto en el país como en el extranjero para ayudar a descarbonizar sectores donde la reducción de las emisiones sea difícil y donde existen pocas tecnologías alternativas. Al aprovechar esta oportunidad se respaldarían los esfuerzos nacionales de descarbonización, mejoraría la competitividad industrial y se crearían nuevos empleos. Además, se impulsaría la seguridad energética y alimentaria, dado que la mayoría de los países de ALC actualmente dependen en gran medida de las importaciones de amoníaco y urea. Los países de ALC están comenzando a lograr avances en este ámbito. Chile se convirtió en el primer país de la región en publicar una estrategia nacional de hidrógeno en 2020, seguido de Colombia en 2021, Uruguay en 2022 y Argentina, Brasil, Costa Rica, Ecuador y Panamá en 2023. Otros países están trabajando actualmente en estrategias nacionales de hidrógeno y se espera que las publiquen pronto.

### **3.4.1 Perspectivas de la demanda de hidrógeno de bajas emisiones y combustibles basados en el hidrógeno**

En el STEPS, la demanda mundial de hidrógeno aumenta aproximadamente un 15 % para 2030 y un 45 % para 2050 en comparación con 2022, pero este crecimiento está impulsado por una mayor demanda de hidrógeno en aplicaciones tradicionales. En los países de ALC, la demanda aumenta más rápidamente que el promedio mundial, pero sigue concentrada en las aplicaciones tradicionales, como ocurre en otros lugares. En el APS, la demanda mundial de hidrógeno aumenta más rápido que en el STEPS, pues experimenta un aumento de más del 20 % para 2030 y se triplica para 2050 en comparación con 2022. El hidrógeno de bajas emisiones desplaza al hidrógeno procedente de combustibles fósiles sin medidas de mitigación en aplicaciones existentes y encuentra nuevos usos en sectores en los que la reducción de emisiones es difícil, como el transporte por carretera de larga distancia, la aviación, el transporte marítimo y la industria pesada, así como en el sector eléctrico: estos nuevos usos representarán el 70 % de la demanda mundial de hidrógeno para 2050 (Figura 3.14). En ALC, el consumo interno de hidrógeno aumentará alrededor de un 35 % para 2030 y se triplicará con creces para 2050. La proporción del consumo correspondiente a nuevas aplicaciones es del 10 % en 2030 y del 55 % en 2050, cifra inferior al promedio mundial. La demanda de hidrógeno en ALC está impulsada no solo por el aumento del consumo interno, sino también por el aumento de las exportaciones, principalmente en forma de combustibles basados en el hidrógeno: alrededor del 15 % de la producción de hidrógeno de bajas emisiones en el APS en 2030 y alrededor del 45 % en 2050 se destina a la producción de combustibles basados en el hidrógeno para la exportación.

<sup>4</sup> En este informe, el hidrógeno de bajas emisiones incluye el hidrógeno producido a partir de la electrólisis del agua, proceso en el que la electricidad se genera a partir de una fuente de bajas emisiones, como la solar, la eólica o la nuclear. El hidrógeno producido a partir de biomasa o de combustibles fósiles con tecnología CCUS también se considera hidrógeno de bajas emisiones. Sin embargo, la producción a partir de combustibles fósiles con CCUS debería tener bajas emisiones iniciales, altas tasas de captura en todos los flujos de CO<sub>2</sub> y almacenamiento permanente de CO<sub>2</sub> para considerarse hidrógeno de bajas emisiones. El mismo principio se aplica a las materias primas de bajas emisiones y a los combustibles basados en el hidrógeno elaborados con hidrógeno de bajas emisiones y una fuente de carbono sostenible (de origen biogénico o capturado directamente de la atmósfera). (IEA, 2023c).

**Figura 3.14** ▸ **Demanda y exportaciones de hidrógeno y combustibles basados en el hidrógeno por sector en todo el mundo y en ALC en el Escenario de Compromisos Anunciados, 2022-2050**



*En ALC, la demanda de hidrógeno de bajas emisiones aumenta en usos nuevos y existentes, pero el gran impulsor del crecimiento son los combustibles basados en el hidrógeno para la exportación*

Notas: El abastecimiento de combustible internacional está incluido en el combustible de aviación y marítimo. Las exportaciones y la demanda de transporte por carretera, combustible para aviación y marino, y la generación de electricidad incluyen el hidrógeno que se convierte en combustibles basados en el hidrógeno. Para los combustibles basados en el hidrógeno, la cantidad equivalente de hidrógeno (Mt H<sub>2</sub>-eq) corresponde a los aportes estequiométricos de hidrógeno necesarios para producir estos combustibles.

*Aprovechamiento de las oportunidades a corto plazo: catalizar la demanda interna*

Si bien unos pocos países de ALC son exportadores netos de amoníaco y fertilizantes nitrogenados, muchos países dedican millones de dólares cada año a la importación de grandes cantidades de ellos, principalmente de Rusia, China, Catar y Omán, así como de otros países de la región de ALC, particularmente de Trinidad y Tobago. La producción de amoníaco mediante el uso de hidrógeno de bajas emisiones brinda la oportunidad de reducir la dependencia de las importaciones y los riesgos de volatilidad del mercado, así como de minimizar el uso de gas natural en las plantas de amoníaco existentes (véase el capítulo 1, recuadro 1.1). En Brasil, Unigel está construyendo el proyecto de hidrógeno de bajas emisiones más grande de la región. Podrá producir 10 000 toneladas de hidrógeno por año, equivalente a alrededor de 60 000 toneladas de amoníaco por año, con potencial de expandirse mediante la generación de energía renovable nueva específica. El objetivo es suministrar hidrógeno electrolítico a partir de electricidad conectada a la red para su uso en una planta de amoníaco existente para desplazar el consumo actual de gas natural. En Chile, el proyecto HyEx pretende utilizar hidrógeno electrolítico en la primera planta de amoníaco del país (26 MW, equivalente a una capacidad de 5 kt H<sub>2</sub> anualmente) para 2025, con el objetivo de reducir las importaciones de amoníaco y la huella de carbono de los explosivos utilizados en la minería.

El amoníaco obtenido del hidrógeno de bajas emisiones podría mejorar la seguridad alimentaria y la resiliencia del sector agrícola en la región. Sin embargo, las consideraciones de costos son fundamentales, ya que la mayoría de los agricultores no podrán permitirse un sobreprecio (si los hubiese) a menos que cuenten con el apoyo de clientes como las grandes agroindustrias con objetivos ESG. El sector agrícola de ALC es heterogéneo: la mitad de la producción regional proviene de pequeños agricultores (J.P.Morgan, 2022), aunque en países como Argentina, Brasil y Uruguay predominan los grandes agricultores orientados a la exportación (OECD and FAO, 2019). Las políticas deben diferenciarse, y se debe dar prioridad a las medidas que protejan a los pequeños agricultores y al mismo tiempo promuevan la seguridad alimentaria y la sostenibilidad regional. Se podrían establecer metas más ambiciosas para las grandes granjas, que también deberán tener en cuenta las metas en sus mercados de exportación.

El combustible diésel utilizado por la maquinaria del sector minero representa una parte importante del consumo de energía en la minería. Varios proyectos en Chile, como Kura H<sub>2</sub> y AndesH<sub>2</sub>, prevén el uso de camiones alimentados por hidrógeno en lugar de camiones diésel. Chile y Perú también están considerando el uso de maquinaria alimentada por hidrógeno. El compromiso del sector minero de cumplir las metas ESG y minimizar las emisiones podría generar una demanda inicial de hidrógeno de bajas emisiones en la región, mientras que otros motores de la demanda aumentarían con el tiempo. Por ejemplo, a medida que los gobiernos otorgan concesiones mineras, es probable que incorporen criterios de sostenibilidad cada vez más ambiciosos que busquen minimizar todas las posibles emisiones de GEI de las operaciones mineras.

Actualmente, el refinado de petróleo domina el consumo de hidrógeno en los países de ALC, excepto en Trinidad y Tobago, donde la producción de amoníaco y metanol son los mayores consumidores. El refinado de petróleo representa alrededor de 1,2 Mt H<sub>2</sub> en la actualidad, y se prevé que esta cifra aumente a 1,7 Mt a finales de esta década en el APS como resultado de una mayor demanda de refinado y requisitos más estrictos en materia de contenido de azufre para los productos petrolíferos. Algunas empresas petroleras nacionales de ALC están aplicando estrategias de reducción de emisiones que consideran el hidrógeno de bajas emisiones (S&P Global, 2022). Por ejemplo, Ecopetrol, en Colombia, lanzó un proyecto piloto de hidrógeno electrolítico en su refinería de Cartagena en 2022, en donde inició estudios de viabilidad para escalar la producción de hidrógeno electrolítico allí y en la refinería de Barrancabermeja para 2026, y ha establecido metas ambiciosas para la reducción de emisiones, incluida la neutralidad en carbono para 2050. La empresa también planea ampliar el uso del hidrógeno para otras aplicaciones y exportaciones (Ecopetrol, 2022). En Argentina, la petrolera nacional YPF lidera el consorcio H2ar, un grupo de trabajo colaborativo de empresas que buscan innovar y promover el desarrollo de cadenas de suministro de hidrógeno (CONICET, 2020). La participación de las empresas petroleras nacionales desempeña un papel clave a la hora de impulsar la demanda de hidrógeno de bajas emisiones en el corto plazo, con lo que se reducen las emisiones posteriores y se acumula una experiencia valiosa que podría ayudarlas a diversificarse en el futuro.

## *Nuevos usos del hidrógeno de bajas emisiones y de los combustibles basados en el hidrógeno*

En el sector del transporte por carretera, el hidrógeno de bajas emisiones y los combustibles basados en el hidrógeno podrían favorecer la descarbonización de segmentos que son difíciles de electrificar, como los camiones pesados y los autobuses de larga distancia. Los biocombustibles y la electrificación descarbonizan la mayoría de los camiones y autobuses en ALC, pero el hidrógeno también desempeña un papel importante en el APS, pues representa el 6 % del consumo de energía de los autobuses en ALC para 2050 y más del 3 % del de los camiones. Las ambiciosas metas de descarbonización en Chile y Costa Rica significan que es probable que el hidrógeno alimente una mayor proporción de camiones de carga en estos países que en otros de la región. Ya existen algunos proyectos en la región relacionados con autobuses de hidrógeno. Costa Rica cuenta con un autobús que funciona con hidrógeno electrolítico desde 2017 (Portal Movilidad, 2021) y el Transmilenio presentó en 2023 un autobús de transporte público que funciona con hidrógeno electrolítico en Bogotá. Transmilenio ya cuenta con una flota de más de 1 400 vehículos eléctricos y el proyecto piloto tiene como objetivo evaluar la viabilidad de utilizar hidrógeno en algunas rutas con mayor autonomía (Transmilenio, 2023). Uruguay anunció recientemente la financiación del proyecto H24U (Ministry of Industry, Energy and Mining of Uruguay, 2023), en el que 17 camiones de la industria forestal funcionarán con hidrógeno electrolítico con una autonomía prevista de entre 450 y 500 km.

El hidrógeno y los combustibles basados en el hidrógeno, como el amoníaco, el metanol o los combustibles sintéticos, también podrían desempeñar un papel clave en la descarbonización de los sectores marítimo y de la aviación. Panamá, uno de los puertos de abastecimiento de combustible más grandes del mundo, adoptó una estrategia de hidrógeno en julio de 2023 que establece ambiciosas metas de consumo para su sector marítimo. Quiere que el 5 % de su abastecimiento de combustible para el transporte consista en hidrógeno y combustibles basados en el hidrógeno para 2030, llegando al 30 % en 2040 y al 40 % en 2050. Además, Panamá y Uruguay son miembros de la iniciativa internacional Clean Energy Marine Hubs, que tiene como objetivo mitigar los riesgos asociados a la inversión en infraestructura para el transporte y el abastecimiento de hidrógeno y combustibles basados en el hidrógeno en los puertos. Esta infraestructura requiere mucho capital, tiene plazos de entrega prolongados y puede requerir el uso de tecnologías que aún se encuentran en una fase de demostración. Esta iniciativa subraya el valor de la cooperación internacional y las alianzas público-privadas para compartir riesgos, agregar demanda, crear corredores específicos y facilitar el intercambio de experiencias en el despliegue de nuevas tecnologías.

El hidrógeno también podría desempeñar un papel importante a la hora de descarbonizar la producción de hierro y acero. Esto podría comenzar con el uso de hidrógeno de bajas emisiones en instalaciones que ya utilizan hidrógeno y en lugar de gas natural en las instalaciones de hierro de reducción directa (HRD) a base de combustibles fósiles con hidrógeno mezclado. El único proyecto de la región que se está desarrollando actualmente es el H2V de CAP en Chile, donde una planta piloto prueba el uso de hidrógeno como sustituto parcial del carbón en sus altos hornos. Las políticas industriales deben encontrar formas de promover la producción de acero de

bajas emisiones e incentivar su uso, preservando al mismo tiempo la competitividad de los productores nacionales de acero en comparación con las posibles importaciones de acero extranjero y en los mercados internacionales. Con el tiempo, la producción de acero de bajas emisiones creará oportunidades de exportación si los países comienzan a demandar acero de bajas emisiones, independientemente de si implica una prima de costos (véase el capítulo 4).

En el APS, el uso de hidrógeno para la generación de electricidad es uno de los principales factores impulsores de la demanda de hidrógeno de bajas emisiones, aunque su participación en la matriz de generación eléctrica es inferior al 1 % en ALC para 2050, en gran parte debido a la fácil disponibilidad de recursos renovables en la región. El hidrógeno de bajas emisiones tiene un gran valor como combustible limpio, almacenable y flexible que puede ayudar a equilibrar las redes eléctricas. Una microrred en Cerro Pabellón, Chile, utiliza hidrógeno desde 2017 para suministrar electricidad limpia y continua, y se están evaluando otros proyectos de unos pocos megavatios en México y Barbados. Países como México también están considerando mezclar hidrógeno en sus turbinas de gas de ciclo combinado a partir de 2033.

### **3.4.2 Producción de hidrógeno de bajas emisiones**

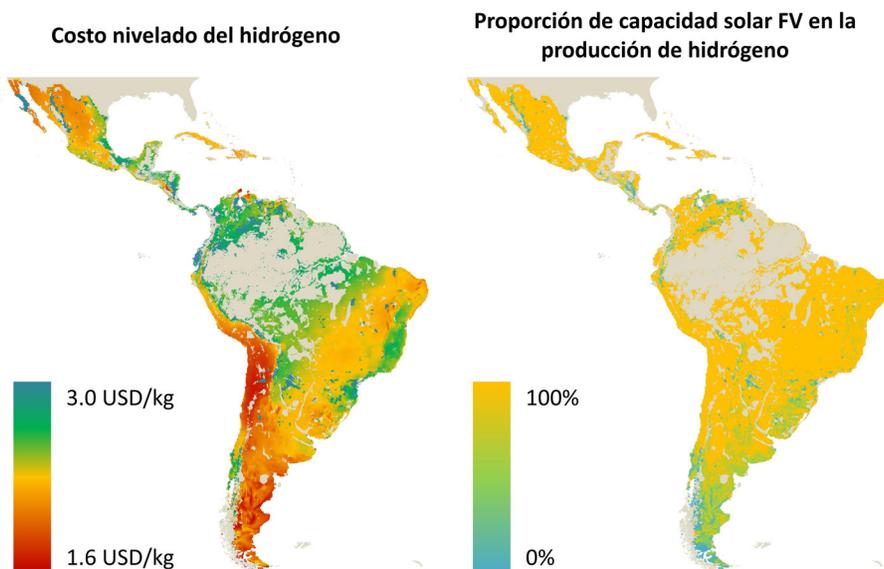
En el STEPS, la producción mundial de hidrógeno aumenta a 110 Mt en 2030 y a 140 Mt en 2050, y el hidrógeno de bajas emisiones representa solo el 6 % del total en 2030 y el 22 % en 2050. En el APS, la producción mundial de hidrógeno alcanza unos 120 Mt en 2030 y 300 Mt en 2050, y el hidrógeno de bajas emisiones representa el 21 % del total en 2030 y el 82 % en 2050. Ambos están muy por debajo de lo que se requiere en el escenario NZE, según el cual la producción mundial de hidrógeno aumenta a 150 Mt en 2030 y a 430 Mt en 2050, de los cuales el 46 % es hidrógeno de bajas emisiones en 2030 y el 97 % en 2050.

La región de ALC está bien posicionada para convertirse en líder en la producción de hidrógeno de bajas emisiones porque sus abundantes recursos de energía renovable significan que tiene el potencial de producir hidrógeno de bajas emisiones de manera más rentable que muchas otras regiones del mundo (Figura 3.15). En el APS, la producción de hidrógeno en los países de ALC será más de un 50 % mayor en 2030 que en 2022, y la proporción de hidrógeno de bajas emisiones es un 25 % mayor que el promedio mundial, lo que pone de relieve la posibilidad de un rápido crecimiento de la producción de hidrógeno de bajas emisiones en la región.

Según el seguimiento de proyectos de producción de hidrógeno de la AIE (IEA, 2023d), hasta ahora, los países de ALC han anunciado en su mayoría proyectos de hidrógeno de bajas emisiones basados en la electrólisis del agua, aunque se están considerando otras tecnologías, y Brasil, por ejemplo, explora la transformación del bioetanol a hidrógeno en un proyecto de demostración (Toyota, 2023). Si se llevan a cabo todos los proyectos anunciados, la producción anual de hidrógeno de bajas emisiones podría alcanzar alrededor de 6 Mt H<sub>2</sub> en 2030, lo que representa más del 15 % del total a nivel mundial (Figura 3.16). Sin embargo, el estado de estos proyectos varía, con solo el 0,1 % en funcionamiento, en construcción o con una decisión final de inversión, en comparación con más del 6 % a nivel mundial. La mayoría de los proyectos en funcionamiento o en construcción son relativamente pequeños (<1 kt H<sub>2</sub>/año), pero algunos países de ALC son

pioneros en algunos proyectos de mayor escala, uno de los cuales ha estado en funcionamiento durante casi seis décadas. Este proyecto, *Industrias Cachimayo* en Perú, utiliza electrolizadores alcalinos de 25 MW (equivalente a una capacidad de 4,2 kt H<sub>2</sub>/año) conectados a la red con el objetivo de producir hidrógeno para nitrato de amonio para los explosivos en sus operaciones mineras, y ha acordado con Engie proporcionar certificación de que solo se utilizarían fuentes de energía renovables para alimentar los electrolizadores (ENGIE, 2022).

**Figura 3.15** ▶ Costos nivelados de producción de hidrógeno y cuota de energía solar fotovoltaica procedente de sistemas híbridos solares fotovoltaicos y eólicos en ALC, 2030



IEA. CC BY 4.0.

**La región de ALC tiene algunos de los costos de producción de hidrógeno renovable más bajos del mundo**

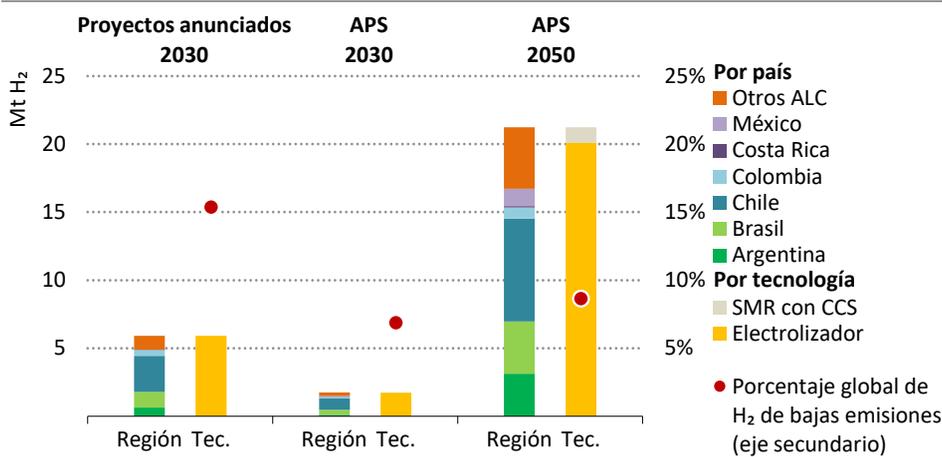
Notas: USD/kg = dólares estadounidenses por kilogramo de hidrógeno. Para cada ubicación, los costos de producción se determinan mediante la optimización de la combinación de energía solar fotovoltaica, energía eólica terrestre, electrolizador y batería, con lo que se consiguen los costos más bajos. Los costos tecnológicos reflejan los valores de 2030 en el Escenario Cero Emisiones Netas en 2050.

Fuente: Análisis de IEK-3, Centro de Investigación Jülich utilizando el conjunto de modelos ETHOS.

Como resultado de las incertidumbres sobre el despliegue real y la falta de políticas para incentivar la demanda de hidrógeno de bajas emisiones, la producción es de solo 0,3 Mt H<sub>2</sub> en 2030 y 2,1 Mt H<sub>2</sub> en 2050 en el STEPS, una cifra que aumenta en el caso del APS a 1,7 Mt H<sub>2</sub> en 2030, lo que representa alrededor del 40 % de la producción actual basada en combustibles fósiles, y a 21,2 Mt H<sub>2</sub> en 2050, que es cinco veces más (Figura 3.16). Esto da como resultado un desajuste entre los proyectos anunciados y los resultados de los escenarios, a menos que se resuelva. Para

acelerar la producción, los gobiernos deben abordar las incertidumbres normativas en los planos nacional e internacional, impulsar la demanda interna y tratar de desarrollar acuerdos de compra de exportaciones. Será especialmente importante asegurar la cooperación internacional en materia de certificación del hidrógeno para evitar la fragmentación del mercado y brindar certidumbre a los proyectos orientados a la exportación.

**Figura 3.16** ▶ Producción de hidrógeno de bajas emisiones a partir de proyectos anunciados en ALC y en el Escenario de Compromisos Anunciados, 2030-2050



IEA. CC BY 4.0.

*Si todos los proyectos anunciados de producción de hidrógeno de bajas emisiones en ALC continúan, la región representará el 15 % de la producción mundial anunciada para 2030*

Notas: Los proyectos anunciados son aquellos que planean la producción para 2030, incluidos aquellos que se encuentran en etapas iniciales de desarrollo (como aquellos en los que solo se ha anunciado un acuerdo de cooperación entre las partes interesadas). SMR con CCS = reformado de metano con vapor con captura y almacenamiento de carbono; Tec. = tipo de tecnología para producir hidrógeno de bajas emisiones.

Fuente: Base de datos de proyectos de hidrógeno, IEA (2023d).

*Impulso de la competitividad de ALC con la producción de hidrógeno de bajas emisiones*

El aumento de la producción de hidrógeno de bajas emisiones para convertir a la región en un proveedor principal requerirá inversión, apoyo nacional e internacional, políticas y reglamentaciones apropiadas, desarrollo del capital humano y un esfuerzo coordinado para impulsar la producción y la demanda de hidrógeno de forma simultánea. Además, requerirá el desarrollo de la infraestructura de transporte y almacenamiento necesaria para apoyar el comercio internacional.

Podrían surgir oportunidades comerciales gracias a la exportación de hidrógeno de bajas emisiones, pero también a la exportación de productos fabricados con hidrógeno de bajas emisiones. La exportación de productos de este tipo no requeriría el transporte y el

almacenamiento de hidrógeno, mientras que la exportación de hidrógeno puro requeriría tecnologías que aún se encuentran en fase de demostración (véase el capítulo 4). Si bien algunos países planean impulsar la producción de hidrógeno de bajas emisiones para satisfacer su propia demanda, otros pueden depender en gran medida de las exportaciones. La participación activa en el comercio mundial de hidrógeno tiene un inmenso potencial para los países de ALC, que podrían hacer uso de sus abundantes recursos de energía renovable para crear valor y garantizar fuentes adicionales de ingresos.

A pesar de que la región de ALC es un centro para proyectos de producción de hidrógeno de bajas emisiones, ha habido una notable falta de anuncios sobre plantas de fabricación de tecnologías relacionadas con el hidrógeno. Esto podría obstaculizar la industrialización y la creación de valor. En el primer semestre de 2023, la chilena CORFO intentó buscar empresas interesadas en proyectos de fabricación de electrolizadores en el país y recibió nueve respuestas, a las que prevé dar seguimiento con una convocatoria de propuestas (CORFO, 2023). El proyecto de Ley del Hidrógeno en Argentina (a partir de julio de 2023) incluye requisitos de contenido local, pero existen algunas dudas sobre las posibilidades de cumplirlos en el corto plazo. Al evaluar el potencial del hidrógeno en la región, los países deberían desarrollar conjuntamente una estrategia para crear un sector manufacturero sólido que maximice la innovación nacional y la creación de riqueza a lo largo de toda la cadena de valor.

### 3.5 Transiciones centradas en las personas

La transición energética mundial es, en última instancia, por y para las personas. Ya sea que respalde el aumento de los niveles de vida, la garantía de que la energía sea segura y asequible o la reducción de la contaminación atmosférica nociva y las emisiones de GEI, debería mejorar los resultados para la sociedad. La transición energética también depende de las personas, ya sean trabajadores calificados del sector energético que construyen la nueva economía energética, hogares que adoptan nuevas tecnologías y prácticas o el público en general que tiene voz y voto sobre cómo y con qué rapidez se producen estas transiciones. Por lo tanto, los gobiernos deben equilibrar la necesidad de la transición con consideraciones económicas y políticas, e involucrar a la sociedad civil en el proceso de definición del camino a seguir.

La Comisión Global sobre Transiciones de Energía Limpia Centradas en las Personas de la AIE ofrece recomendaciones para garantizar que la transición energética se dirija a las personas y se centre en ellas. Estas se organizan en torno a cuatro pilares rectores: empleos decentes y protección de las personas trabajadoras; desarrollo social y económico; equidad, inclusión social y justicia; y la intervención de las personas como participantes activos (IEA, 2021b). Muchos países de América Latina y el Caribe han puesto énfasis en vincular la agenda de sostenibilidad con la agenda social y están buscando formas de que el progreso de la energía limpia proporcione mejores resultados para la ciudadanía. Sus esfuerzos para lograrlo están tomando formas variadas en toda la región, pero los cuatro pilares son relevantes para muchas de sus políticas. La asequibilidad, particularmente, sigue siendo una preocupación a raíz de la crisis energética, especialmente para aquellas personas que siguen sin tener acceso a la electricidad y a cocción

limpia. La transición acelerada a la energía limpia también promete reducir el gasto de los consumidores en energía, mejorar la calidad del aire y crear nuevos empleos. Los gobiernos deben tener en cuenta a quienes pueden verse afectados negativamente, como los hogares de ingreso bajo, las comunidades indígenas y las personas que trabajan en los sectores de combustibles fósiles.

### 3.5.1 Acceso a la energía

#### *Electricidad*

Los avances de las últimas décadas significan que la mayoría de los países de ALC están cerca de lograr el acceso universal a la electricidad. Sin embargo, el 3 % de la población de ALC (alrededor de 17 millones de personas) no tiene acceso a la electricidad. Casi tres cuartas partes de ellos se concentran en zonas rurales y en países que han sido testigos de escasos avances en la última década, particularmente en Haití, donde más de un tercio de las personas vive sin acceso. Sin embargo, incluso países grandes como Brasil y México, los cuales tienen tasas de acceso superiores al 99 %, albergan a más de 1,5 millones de personas sin acceso. Las comunidades pobres siguen afectadas de manera desproporcionada no solo por la falta de acceso, sino también por conexiones poco fiables. Por ejemplo, más de una quinta parte de los residentes de las favelas de Brasil informan que sufren apagones al menos una vez al mes (CLASP, 2023). El acceso fiable y asequible a la electricidad sigue siendo clave para otras agendas sociales importantes, como mejor acceso al agua potable, a la educación y a los servicios de salud.

El acceso universal para 2030 está al alcance en la región, pero requiere mayores esfuerzos en los países en los que el progreso ha sido lento. En el STEPS, aproximadamente 1 millón de personas obtendrán acceso cada año desde ahora hasta 2030. Países como México, Brasil y Perú cuentan actualmente con políticas destinadas a brindar acceso universal, pero otros países solo están en camino de reducir ligeramente la cifra de personas sin acceso. Para alcanzar el acceso universal es necesario duplicar el ritmo de progreso observado en el STEPS, de modo que alrededor de 2 millones de personas obtengan acceso cada año. Bolivia, Ecuador, Guatemala, Honduras, Panamá y otros países que no alcanzarán el acceso universal en el STEPS tienen metas para subsanar las deficiencias hasta 2030, pero esas metas deben estar respaldadas por planes y políticas concretas.

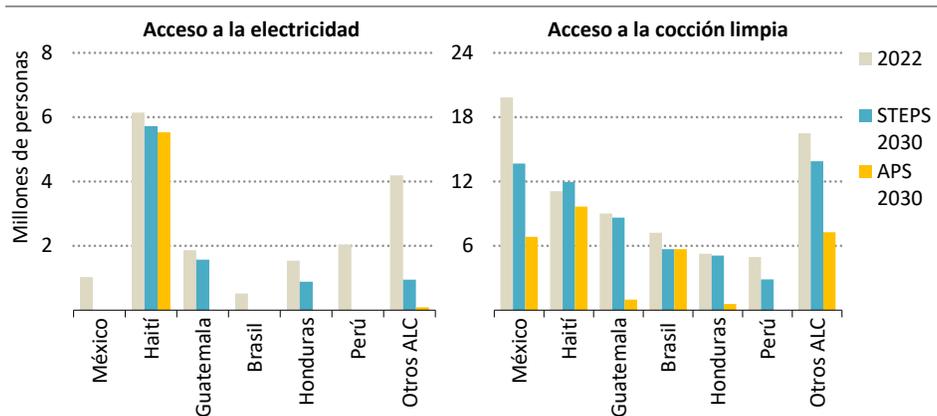
Si se quiere lograr el acceso universal para 2030, la inversión en el acceso a la electricidad debe alcanzar alrededor de US\$ 1 600 millones al año, lo que equivale a alrededor del 2 % de las inversiones actuales en energía limpia en la región. A diferencia de África, atraer la inversión necesaria es un problema menor que encontrar la mejor manera de proporcionar electricidad a comunidades remotas y asentamientos informales. Las minirredes y los sistemas aislados actualmente desempeñan un papel más importante a la hora de proporcionar acceso a comunidades remotas de todo el mundo, ayudados por continuas reducciones de costos y mejoras técnicas. En la región de ALC, una serie de proyectos notables de minirredes en el sector minero han fomentado una base de promotores locales que puede ampliarse. Las soluciones sin conexión a la red también pueden desempeñar un papel importante en regiones que se enfrentan a riesgos significativos de perturbación como consecuencia del cambio climático.

## Cocción limpia

Casi 75 millones de personas en ALC actualmente carecen de acceso a cocción limpia, lo que representa alrededor del 11 % de la población de la región<sup>5</sup>. Si bien algunos países se están acercando al acceso universal a cocción limpia, otros todavía tienen una gran parte de su población sin acceso, entre ellos Haití (95 %), Honduras (50 %), Guatemala (50 %), México (15 %), Perú (15 %) y Bolivia (12 %). Quienes no tienen acceso dependen principalmente de biomasa sólida como leña y carbón vegetal, pero algunos hogares todavía utilizan carbón y, en menor medida, queroseno (IEA, 2023e). El incremento de los precios de la energía y el aumento de la inflación se han sumado a las preocupaciones preexistentes sobre la asequibilidad y están dificultando el cambio a combustibles modernos para cocinar, al igual que una variedad de normas culturales y culinarias.

Si se quiere lograr el acceso universal a soluciones de cocción limpia de aquí a 2030, es necesario intensificar los esfuerzos actuales (Figura 3.17). Desde 2010, más de 20 millones de personas han obtenido acceso a soluciones de cocción limpia en la región. El progreso continuará a un ritmo similar en el STEPS, con medidas en Brasil, México, Nicaragua y Perú que compensan en cierta medida a los países que no cuentan con marcos de políticas sólidos. En el STEPS, todavía habrá alrededor de 60 millones de personas sin acceso a soluciones de cocción limpia en 2030. Sin embargo, si se cumplen todas las metas nacionales para una cocción limpia, esta cifra se reducirá a la mitad, hasta unos 30 millones.

**Figura 3.17** ▶ Población sin acceso a electricidad y a soluciones de cocción limpia por país en 2022 y por escenario en 2030



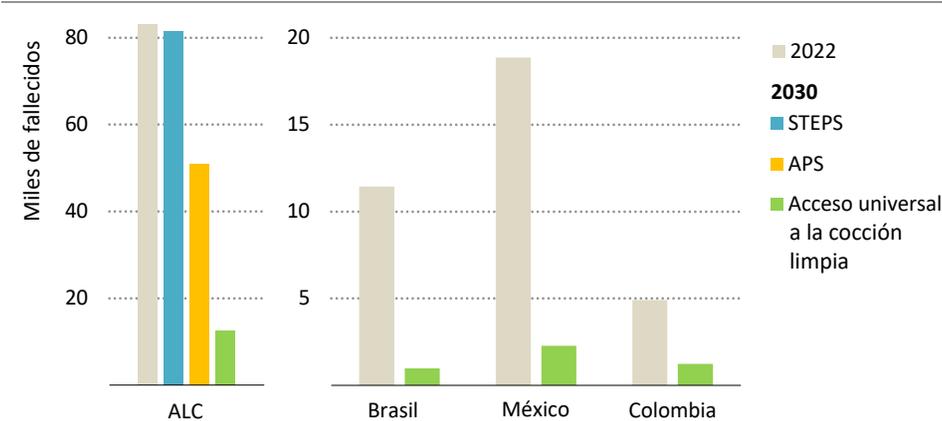
IEA. CC BY 4.0.

*Los países con marcos de políticas de acceso más sólidos continúan logrando buenos avances hacia el acceso universal a la electricidad para 2030, mientras que el acceso a soluciones de cocción limpia se retrasa*

<sup>5</sup> En algunas partes de ALC, especialmente en la región andina y los territorios del sur, la leña y otras formas de biomasa no sostenible se utilizan como fuente de calefacción además de para cocinar.

Como en la última década, el gas licuado de petróleo (GLP) representa el combustible preferido para ampliar el acceso a soluciones de cocción limpia, seguido de la electricidad y las cocinas de biomasa mejoradas. Alrededor de dos tercios de los hogares obtienen acceso a través del GLP o de la electricidad en el camino hacia el acceso universal para 2030. Estas mejoras, a su vez, generan mejoras notables para la salud al reducir la contaminación del aire en los hogares, ofrecen ahorros de tiempo significativos y reducen las emisiones de GEI (emisiones de metano liberadas como resultado de la combustión incompleta de fuentes de energía de biomasa y la deforestación relacionada).

**Figura 3.18** ▶ **Muertes prematuras por exposición a la contaminación del aire en los hogares en ALC y en determinados países en 2022 y por escenario en 2030**



IEA. CC BY 4.0.

**Las complicaciones derivadas de la contaminación del aire en los hogares provocaron más de 80 000 muertes prematuras en 2022; el logro del acceso universal para 2030 reduce las muertes prematuras en un 85 %**

Fuente: Análisis de la AIE basado en modelos del IIASA.

Las muertes prematuras por contaminación del aire en los hogares ascienden a más de 80 000 por año en la región, principalmente en zonas rurales (Figura 3.18). La falta de avances en el acceso a cocción limpias contribuye a mantener esta cifra prácticamente invariable hasta 2030 en el STEPS. El logro del acceso universal a soluciones de cocción limpia para 2030 reduce las muertes prematuras anuales relacionadas con la contaminación del aire en los hogares en un 85 %. Los hogares de las zonas urbanas se enfrentan a una mayor contaminación del aire ambiente, lo cual también tiene importantes efectos en la salud. El costo de los daños para la salud causados únicamente por el PM<sub>2.5</sub> en 2019 fue de alrededor de US\$ 40 000 millones, lo que equivale al 0,8 % del PIB de la región en 2019 (World Bank, 2022). Las mujeres y los niños son los más afectados por el efecto de la contaminación del aire en los hogares, ya que normalmente pasan más tiempo expuestos al humo nocivo y a estufas contaminantes (IEA, 2023e).

### 3.5.2 Asequibilidad de la energía

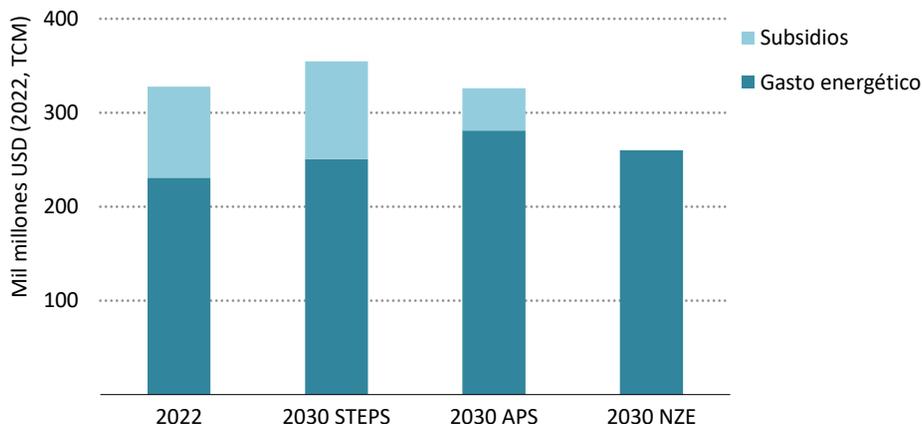
El mantenimiento de una energía asequible sigue siendo una prioridad clave para los gobiernos de la región, pero los costos que se incurren para alcanzar este objetivo están aumentando. Durante la crisis energética, los gobiernos implementaron medidas adicionales de apoyo a los precios además de los subsidios que ya estaban vigentes. Esto ayudó a mantener la proporción del ingreso mensual que el hogar promedio de ALC gasta en uso de energía en el hogar entre el 3 % y el 10 %, a pesar de la creciente inflación y la turbulencia mundial en los mercados energéticos. Además, provocaron que los subsidios a los combustibles fósiles para el consumo de energía de los consumidores en la región aumentaran del 1,3 % del PIB en 2021 al 1,7 % del PIB en 2022: este porcentaje del PIB es un 50 % más alto que el promedio mundial.

En el pasado se han explorado varias ideas para la reforma de los subsidios, pero sigue siendo difícil equilibrar la reforma con los efectos sobre los consumidores a corto plazo, particularmente aquellos con bajos ingresos. Los hogares de bajos ingresos gastan una proporción significativamente mayor de sus ingresos en energía que los grupos de ingresos más alto y son particularmente vulnerables a las crisis de precios (IEA, 2023a). Estos desafíos suelen concentrarse en zonas remotas o en asentamientos informales donde vive aproximadamente una de cada cinco personas en la región (ECLAC, 2021). Sin embargo, los segmentos más ricos de la población suelen consumir más energía y se benefician de forma desproporcionada de los planes actuales de subsidios. Las reformas a los subsidios aliviarían las cargas fiscales y corregirían las señales de precios, al mismo tiempo que permitirían a los gobiernos introducir medidas de apoyo más específicas para los hogares de bajos ingresos.

Un punto importante en este contexto es que una transición más rápida hacia la energía limpia ayuda a reducir los desafíos que plantea la eliminación de los subsidios a los combustibles fósiles. En el STEPS, donde se eliminan las medidas de asequibilidad de emergencia, pero las reformas más amplias de los subsidios para los combustibles fósiles se mantienen limitados para 2030, el costo total de suministro de energía aumenta con respecto a los niveles actuales (Figura 3.19). En los escenarios APS y NZE, el aumento de los niveles de eficiencia y la reducción del gasto en combustibles ayudan a frenar el incremento de los costos del suministro de energía. En el escenario NZE, estas reducciones son lo suficientemente grandes como para mantener el gasto de los consumidores en energía aproximadamente igual al del STEPS en 2030, incluso después de la eliminación de todos los subsidios a los combustibles fósiles.

El escenario NZE también depende en que los hogares pasen a emplear tecnologías de energía limpia. Estas a menudo implican costos iniciales más altos que las alternativas menos eficientes, pero que se ven más que compensados con el tiempo por costos operacionales más bajos. A muchos consumidores de ingreso bajo les resulta difícil afrontar esta prima de costos inicial, a pesar de que el tamaño de la prima sigue disminuyendo a 2030. Se podrían implementar incentivos o estructuras financieras novedosas para ayudar a los consumidores sensibles a los precios a adoptar estas tecnologías limpias (véase la sección 3.2).

**Figura 3.19** ▶ Costo de la energía doméstica en toda la economía en ALC en 2022 y por escenario en 2030



IEA. CC BY 4.0.

*La eliminación gradual de los subsidios a los combustibles fósiles reduce el costo de la energía doméstica en toda la economía y abre paso a un apoyo gubernamental más específico*

Notas: TCM= tipo de cambio de mercado; NZE = Escenario Cero Emisiones Netas en 2050. Los subsidios son subsidios al consumo de combustibles fósiles basados en el enfoque de diferencia de precios de la AIE. El gasto en energía incluye el gasto en energía para el transporte, así como impuestos y gravámenes, como la fijación del precio del carbono.

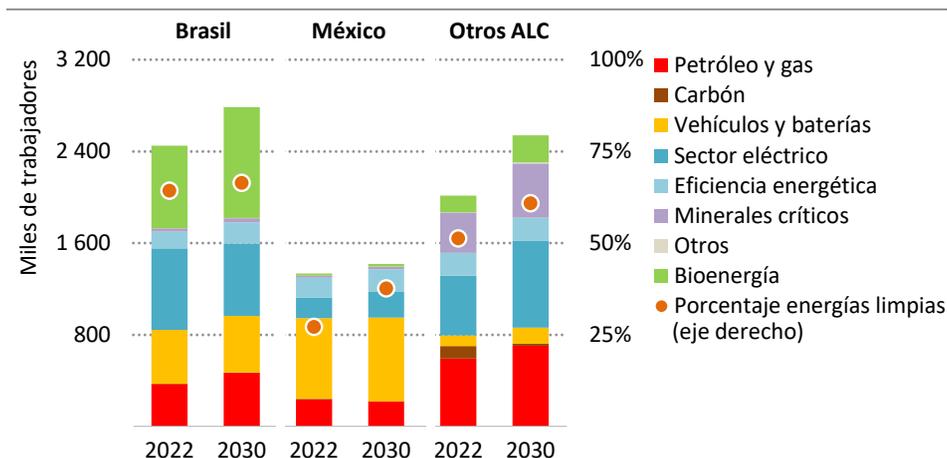
### 3.5.3 Empleo en el sector energético

Hoy en día, el sector energético desempeña un papel importante en las economías de varios países de ALC. El empleo en el sector energético representa alrededor del 2 % de la fuerza laboral de ALC, incluyendo alrededor de 6 millones de empleos en el suministro de energía, el sector eléctrico, la eficiencia energética y los vehículos (Figura 3.20). Estos empleos se dividen de manera equitativa entre las industrias de combustibles fósiles y las energías limpias, y su composición varía mucho en la región. Existe una serie de economías productoras con una gran fuerza laboral en el suministro de petróleo y gas. Brasil, hogar de la mayor industria de biocombustibles, también tiene la mayor cantidad de empleos en el sector eléctrico, el cual da empleo a alrededor de 700 000 personas, en su mayoría relacionados con energías renovables y redes; México tiene una sólida industria de fabricación de vehículos que se centra en gran medida en las exportaciones a Estados Unidos y Canadá. El sector de los minerales críticos es una fuente importante y creciente de empleo en toda la región.

En el APS, los empleos en el sector energético aumentan un 15 % en 2030. La mayor parte de este aumento se concentra en la energía limpia, donde el número de puestos de trabajo alcanza los 4 millones, frente a los 3 millones actuales. Con la excepción de México, en donde las cifras de fuerza laboral se mantienen en general niveladas, el sector eléctrico es el mayor factor impulsor del aumento del empleo. La fuerza laboral de fabricación de vehículos en México también crece

para 2030, pero las reglamentaciones en Estados Unidos y los objetivos establecidos por los propios fabricantes de vehículos hacen que las líneas de producción se desplazan cada vez más hacia la fabricación de vehículos eléctricos.

**Figura 3.20 ▶ Empleo en el sector energético en ALC en 2022 y en el APS en 2030**



IEA. CC BY 4.0.

*Los empleos en energías limpias podrían aumentar de manera significativa si la gran base de fabricación de vehículos experimenta una transición hacia los vehículos eléctricos*

Notas: La categoría «Otros» incluye el suministro nuclear y de hidrógeno. Los vehículos se refieren a todos los vehículos de carretera. Los minerales críticos incluyen actividades tanto de extracción como de procesamiento. El sector eléctrico incluye las redes.

El sector de los minerales críticos también es una fuente importante de empleos en la región y actualmente da empleo a cerca de 400 000 personas en ALC. Chile tiene más empleos en minerales críticos que cualquier otro país de la región: su extracción y procesamiento de cobre por sí solo representa casi la mitad de todos los empleos en minerales críticos en la región. En el APS, la región mantiene su participación actual en la producción mundial, y la creciente demanda mundial de minerales críticos implica que el número de empleos aumentará en un tercio para 2030. Hoy en día, la región exporta la mayoría de los minerales críticos que extrae, pero los países han anunciado ambiciones de utilizar los minerales autóctonos para fabricar bienes de valor agregado, en particular baterías de iones de litio, lo que podría contribuir al aumento del empleo energético (Government of Argentina, 2021a).

Los empleos en el suministro de combustibles fósiles también aumentarán para 2030 en el APS a medida que la región absorba parte de la demanda de petróleo y gas que antes se satisfacía con las importaciones de Rusia. Los nuevos proyectos de petróleo y gas crean empleos adicionales, pues se incrementan los puestos de trabajo en el suministro de combustibles fósiles en alrededor de 100 000, frente a los poco más de 1,3 millones actuales. Más de 100 000 de esos 1,3 millones de empleos se encuentran en la industria del carbón, principalmente en Colombia, con algunos de estos empleos trasladándose a otros sectores para 2030. Sin embargo, pueden surgir nuevas

oportunidades que requieran habilidades perfeccionadas en la producción de carbón, como el uso de maquinaria pesada y experiencia en protocolos de seguridad pertinentes en la extracción y el procesamiento de minerales críticos.

Los cambios en el empleo presentan oportunidades para formalizar y diversificar la fuerza laboral actual y reforzar objetivos en materia de políticas más amplios en la región. Si bien el empleo informal en el sector energético es relativamente limitado en la región, representa en promedio alrededor del 50 % del empleo en la economía en general de la región (ECLAC and ILO, 2023). El crecimiento del empleo en ámbitos como la bioenergía, la minería y la eficiencia energética, que dependen de sectores informales o interactúan con ellos, podría contribuir a incorporar a los trabajadores a la economía formal, por ejemplo, mediante requisitos de capacitación y certificación, convirtiéndose así en un catalizador para garantizar el acceso a sistemas de protección social, como la atención sanitaria, los planes de pensiones y las prestaciones por desempleo.

Hoy en día, las mujeres representan alrededor de una cuarta parte de la fuerza laboral energética en la región (IDB, 2023). En el sector energético, el porcentaje de mujeres en puestos de liderazgo ronda el 15 % en la actualidad, cifra superior a la de la economía en general. Existen varios programas en ALC que apuntan a abordar los desequilibrios de género en el sector, y algunos países de la región están implementando iniciativas lideradas por el gobierno para reducir la brecha de participación por género. Por ejemplo, Argentina ha creado la *Comisión Tripartita para la Igualdad de Oportunidades-Género* con el objetivo de promover la igualdad de género mediante la incorporación de las cuestiones de género en las políticas del sector laboral, mientras que Chile ha implementado el programa *Energía + Mujer* para promover la inclusión de grupos históricamente infrarrepresentados en el sector energético y proporcionar capacitación profesional a las mujeres.

### **Recuadro 3.2 ▶ Participación comunitaria**

La participación pública y comunitaria son vitales para garantizar transiciones energéticas exitosas centradas en las personas tanto en América Latina y el Caribe como en el resto del mundo. Esta participación genera apoyo público, incorpora perspectivas locales, estimula ideas innovadoras de una variedad de partes interesadas y ayuda a crear planes de transición energética que sean sostenibles, localmente apropiados y factibles. Varios países de ALC, como Chile y Colombia, han elaborado extensos procesos de consulta pública para desarrollar sus estrategias nacionales de transición energética. Su elemento central es la selección aleatoria de grupos representativos de ciudadanos para aprender, deliberar y formular recomendaciones sobre cómo responder al cambio climático.

Los procesos de consulta y participación ciudadana también representan una oportunidad para desarrollar planes inclusivos con aportaciones de base de mujeres, jóvenes, comunidades indígenas y grupos vulnerables que, históricamente, pueden haber tenido menos probabilidades de estar representados en los procesos de formulación de políticas. La inclusión y la participación activa de estas comunidades no es solo una cuestión de garantizar su apoyo: también crea oportunidades para aprovechar su comprensión de los ecosistemas

locales al considerar la adaptación al cambio climático y la mitigación de este. En Perú, el proceso de consulta previa con las comunidades indígenas sobre la Ley Marco sobre Cambio Climático ha llevado a la creación de la Plataforma de los Pueblos indígenas para enfrentar el Cambio Climático, que se utiliza para gestionar, desarrollar y supervisar las propuestas para la mitigación del cambio climático y la adaptación a este presentadas por grupos indígenas.

Asimismo, es esencial involucrar a las generaciones más jóvenes que tendrán que vivir con los resultados a largo plazo de las decisiones políticas que se tomen hoy. Un ejemplo es la Academia ODS 7 de Panamá para jóvenes en energía, cuyo objetivo es desarrollar habilidades y aumentar la creación de capacidades mientras se desarrolla una red activa de líderes jóvenes para respaldar la implementación de su agenda de transición energética.

La ciudadanía también desempeña papeles importantes en la transición hacia la energía limpia. Países como México y Chile han desarrollado campañas de concienciación para reducir el uso de energía, y en toda la región se están implementando cada vez más proyectos energéticos comunitarios. Estos han demostrado claros beneficios al impulsar el despliegue eficaz de energías renovables y aumentar la eficiencia, mientras reducen las facturas, respaldan el acceso, ayudan a garantizar un suministro de electricidad fiable y crean empleos locales. Por ejemplo, el programa RevoluSolar en Brasil ha implementado de forma satisfactoria tecnologías de energía solar en algunas de las favelas a través de modelos cooperativos que implican capacitar a los residentes de las favelas en la instalación y el mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos y, hasta ahora, el 80 % de las personas capacitadas son mujeres.

### 3.6 Seguridad eléctrica e integración eléctrica regional

Los sistemas eléctricos de América Latina y el Caribe están destinados a un cambio importante, desde una base de centrales hidroeléctricas y térmicas hacia una cada vez más dependiente de la energía eólica y solar fotovoltaica. Esto requerirá nuevas fuentes de flexibilidad y cambios en el funcionamiento del sistema para mantener la seguridad eléctrica. En este contexto es importante conseguir una integración eléctrica regional más profunda en ALC: podría mejorar la fiabilidad del sistema, reducir los costos de electricidad y fomentar la expansión de las fuentes de energías renovables. En esta sección se analizan las razones por las que los países de ALC deberían buscar una mayor integración eléctrica regional, y los beneficios y desafíos que esto podría traer.

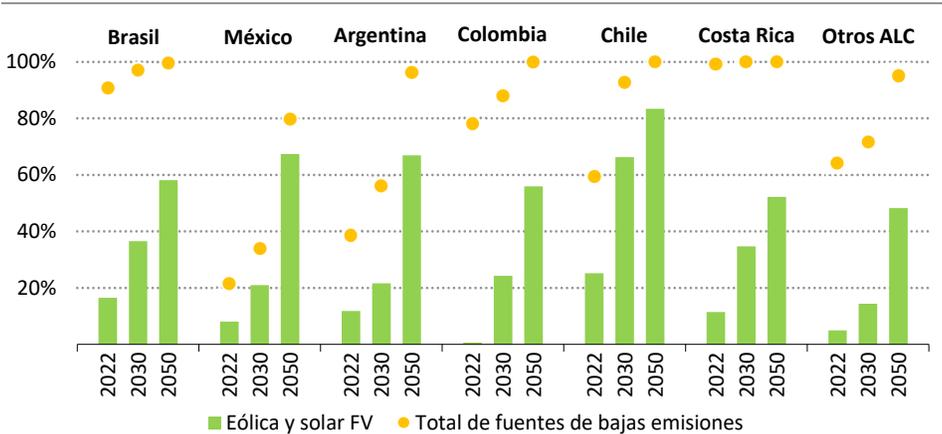
En la Cumbre de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC) celebrada en Buenos Aires en enero de 2023, los presidentes de los países de ALC subrayaron la importancia de las interconexiones eléctricas regionales y pidieron medidas para aprovechar las complementariedades entre los países (CELAC, 2023). Los países de ALC han logrado diversos grados de progreso hacia la integración eléctrica regional a través de acuerdos comerciales multilaterales, acuerdos comerciales bilaterales de interconexión eléctrica y centrales eléctricas en régimen de copropiedad. Por ejemplo, los países centroamericanos han tenido un mercado secundario integrado —para el comercio de déficits y excesos de electricidad— desde que se completó el interconector SIEPAC en 2013 (IEA, 2019a). En América del Sur, en las últimas décadas

se establecieron varias interconexiones, por ejemplo, entre Brasil y Argentina, Colombia y Ecuador, Argentina y Uruguay, y Chile y Argentina, y se están estudiando varios proyectos nuevos (CIER, 2022). En la región hay tres centrales hidroeléctricas en régimen de copropiedad. El ejemplo más notable es la central de Itaipú, de 14 GW, la tercera central hidroeléctrica más grande del mundo, propiedad de Brasil y Paraguay. No obstante, el comercio transfronterizo de electricidad sigue siendo limitado en comparación con otras regiones del mundo.

### 3.6.1 Razones para una mayor integración eléctrica regional

Los sistemas eléctricos en ALC experimentarán grandes aumentos en las necesidades de flexibilidad hasta 2050 en el APS a medida que la energía eólica y solar fotovoltaica aumenten su participación en la generación de electricidad a más del 60 % en algunos países (Figura 3.21). Las necesidades de flexibilidad de ALC en 2050 alcanzarán casi cinco veces el nivel de 2021 en el APS. Los diferentes niveles de energías renovables en la matriz de fuentes de generación y las diferentes dotaciones de recursos brindan oportunidades para un mayor comercio multilateral, con los países que tienen un exceso de energías renovables pudiendo brindar flexibilidad a aquellos que la necesitan. En la mayoría de los casos, las necesidades de flexibilidad podrían satisfacerse, desde el punto de vista técnico, sin recurrir al comercio transfronterizo ni a la integración eléctrica regional, mediante el uso de unidades despachables, la expansión de la transmisión nacional, el nuevo almacenamiento de energía y medidas de respuesta a la demanda, pero mayores niveles de comercio transfronterizo tienen el potencial de satisfacer estas necesidades a costos más bajos.

**Figura 3.21** ▶ **Electricidad baja en emisiones en la matriz de generación conectada a la red en determinados países de ALC en el APS, 2022-2050**

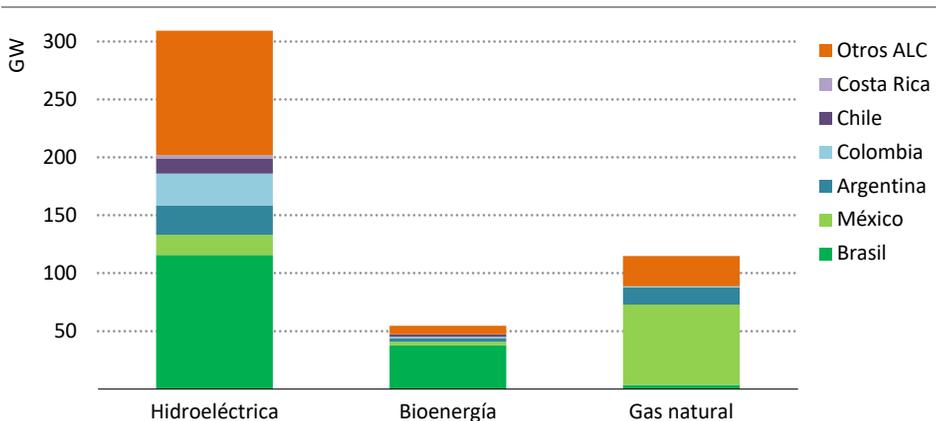


IEA. CC BY 4.0.

*La energía solar fotovoltaica y la eólica desempeñarán papeles cada vez más importantes en la matriz de generación eléctrica de ALC*

La capacidad de generación despachable que está distribuida entre los países de la región también brinda oportunidades para un mayor comercio transfronterizo. Si la flexibilidad doméstica no está disponible o es demasiado costosa, la integración regional ofrece a los países la posibilidad de aprovechar la capacidad despachable de otros sistemas. En el APS, más de 300 GW de capacidad hidroeléctrica están operativos en varios países para 2050, lo que creará importantes oportunidades para el comercio (Figura 3.22). Otras fuentes clave de generación flexible, como la bioenergía y las plantas alimentadas con gas natural, también podrían proporcionar un suministro transfronterizo flexible y costo-efectivo.

**Figura 3.22** ▶ **Principal capacidad de generación eléctrica despachable por tipo en determinados países de ALC en el APS, 2050**



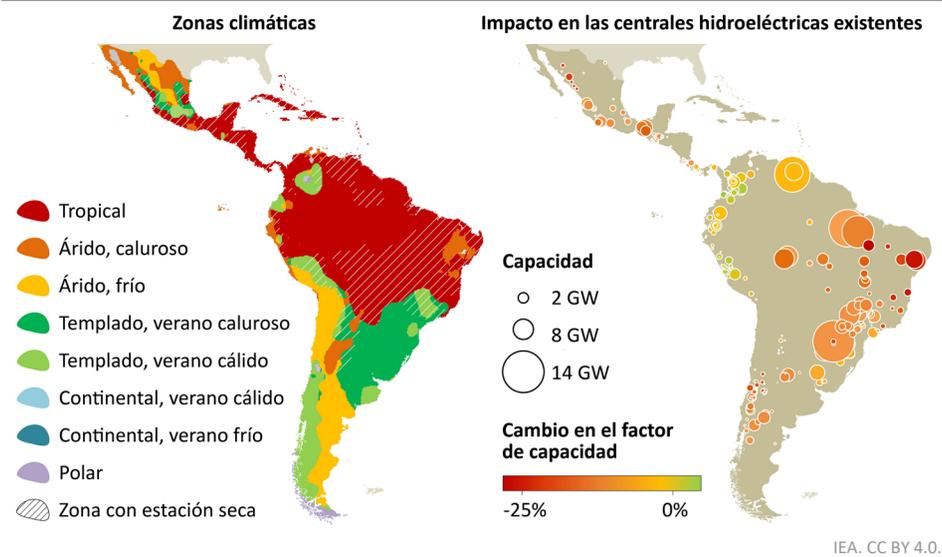
IEA. CC BY 4.0.

*Varios países de ALC cuentan con cantidades significativas de energía hidroeléctrica y otras fuentes flexibles de generación eléctrica*

Las complementariedades a largo plazo entre zonas pueden crear incentivos para un mayor comercio transfronterizo, ya que la expansión de la electrificación y una mayor participación de las energías renovables harán que tanto la demanda como la oferta de electricidad dependan más del clima. La clasificación de Köppen-Geiger (Beck et al., 2018) distingue entre cinco zonas climáticas principales (templada, tropical, árida, continental y polar), todas las cuales se encuentran en ALC. Las diferencias entre zonas dan lugar a variaciones en la temperatura, las precipitaciones, la fuerza del viento y los patrones de radiación solar, lo que da lugar a complementariedades relacionadas con la demanda de electricidad y la producción de energía hidroeléctrica, solar fotovoltaica y eólica (IEA, 2023g). Por ejemplo, las zonas de clima tropical, como en algunas partes de Brasil, experimentan su mayor disponibilidad de energía hidroeléctrica en la temporada de lluvias hacia finales de año, lo que deriva en una menor producción eólica y solar fotovoltaica. Al mismo tiempo, países como Perú y Chile tienen períodos secos durante esos meses, combinados con una alta producción de energía solar fotovoltaica. Además, las diferencias en los patrones climáticos entre zonas significan que, si bien algunas zonas pueden experimentar una demanda máxima en verano como consecuencia de las necesidades de refrigeración, otras

podrían experimentar una demanda máxima en invierno debido a las necesidades de calefacción. Por otro lado, los fenómenos climáticos interanuales, como El Niño-Oscilación del Sur, podrían provocar que algunos países tengan temporadas más secas mientras que otros tengan una temporada más húmeda (Ochoa, Dyner, & Franco, 2013), además de afectar a la producción de energía eólica y solar fotovoltaica. Todos estos factores generan mayores incentivos para los intercambios eléctricos transfronterizos.

**Figura 3.23** ▶ Zonas climáticas actuales (izquierda) y cambios operacionales en las centrales hidroeléctricas existentes en 2040-2060 en relación con 1970-2000, escenario de RCP 2,6 del IPCC (derecha)



*La variación de las zonas climáticas y los posibles efectos del cambio climático en las centrales hidroeléctricas señalan los beneficios del aumento del comercio transfronterizo de electricidad*

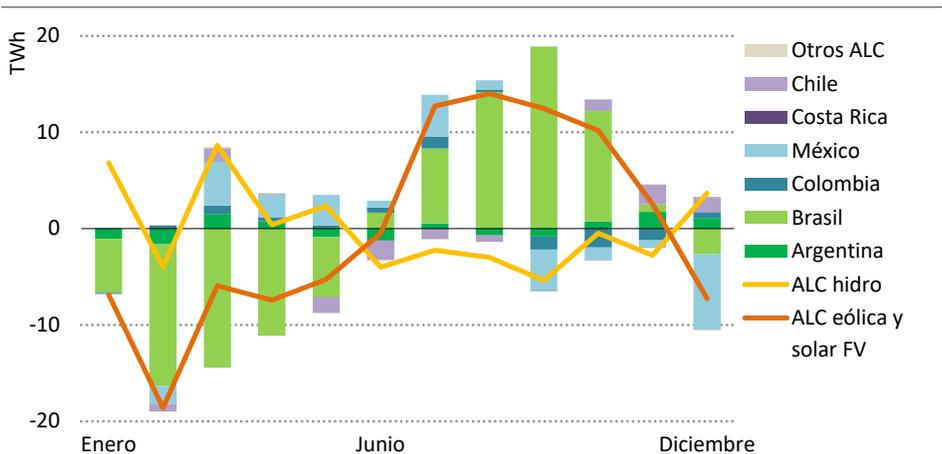
Nota: RCP 2,6 es un escenario de emisiones incluido en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2014). Entre los escenarios del IPCC, es el más alineado con el APS.

Fuentes: Zonas climáticas adaptadas de Beck et al. (2018). Análisis de energía hidroeléctrica basado en AIE (2021c).

El cambio climático también podría exacerbar las diferencias entre zonas en la disponibilidad de energía hidroeléctrica. El análisis de la AIE basado en el escenario de trayectorias de concentración representativas (RCP) 2,6 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) muestra que, si bien algunas instalaciones hidroeléctricas de la región podrían ver efectos menores, o incluso ligeramente positivos, a largo plazo en su producción anual, otras podrían experimentar una caída relativa en su factor de capacidad de más del 20 % de su nivel promedio de entre 1970 y 2000 (Figura 3.23). Esto podría provocar que algunas zonas necesitasen

compensar la falta de producción hidroeléctrica con otros recursos locales o mediante importaciones transfronterizas. Las alteraciones de los patrones climáticos causadas por el cambio climático también podrían exacerbar las diferencias en las temperaturas, los patrones de viento y de radiación solar, con lo que posiblemente aumentarían las complementariedades entre zonas, en términos de suministro y demanda de electricidad. Si bien se han observado diversos efectos potenciales en otros estudios, por ejemplo, sobre la hidroelectricidad en Brasil (IEA, 2021c), una integración regional más profunda proporcionaría beneficios.

**Figura 3.24** ▶ **Desviaciones en la producción mensual de energía eólica, solar fotovoltaica e hidroeléctrica en países seleccionados de ALC en el APS, 2050**



IEA. CC BY 4.0.

*Las fuentes renovables de electricidad en ALC se complementan entre sí, y las oscilaciones mensuales de las energías eólica y solar fotovoltaica se adaptan bien a los patrones estacionales de la energía hidroeléctrica*

Notas: Los valores reflejan diferencias entre la generación mensual y la generación anual promedio. Los factores de capacidad se basan en datos históricos de entre 2015 y 2022 en el caso de la energía hidroeléctrica y de entre 2018 y 2022 en el caso de las energías eólica y solar fotovoltaica.

Todas estas características podrían traducirse en complementariedades en escalas temporales de corto plazo (horaria/diaria) y de más largo plazo (mensual/estacional). En el extremo más corto de la escala, por ejemplo, las reducciones en la producción de energía eólica y solar en un sistema podrían compensarse mediante el intercambio con un sistema cercano que experimente un excedente instantáneo de energía eólica y solar fotovoltaica. En un plazo más largo, el comercio podría aprovechar las complementariedades a nivel estacional. Por ejemplo, la producción agregada de energía eólica y solar fotovoltaica en la región tiende a ser más alta en el tercer trimestre del año, mientras que la energía hidroeléctrica tiende a alcanzar su punto máximo hacia finales del año y el primer trimestre del siguiente (Figura 3.24). Las caídas mensuales en la producción de energías renovables en algunos países podrían compensarse parcialmente con el

comercio con países donde hay aumentos. Por ejemplo, las caídas de la producción eólica y solar fotovoltaica en marzo y abril en Brasil podrían compensarse parcialmente con los aumentos experimentados en Argentina, Chile y Colombia. Además, las complementariedades de la energía hidroeléctrica en diferentes zonas climáticas, como es el caso de Brasil, Argentina y Paraguay, pueden generar beneficios a través de un mayor comercio y una mayor coordinación.

### **3.6.2 Beneficios y desafíos para mejorar la integración eléctrica regional**

#### *Beneficios*

Los beneficios potenciales de una mayor integración eléctrica regional incluyen la seguridad eléctrica, la asequibilidad y la integración de las energías renovables. El grado en que se puedan obtener estos beneficios dependerá del nivel de integración del mercado alcanzado, desde medidas de integración en etapas tempranas, como acuerdos comerciales bilaterales de energía (ya vigentes, por ejemplo, entre Paraguay y Brasil) hasta una integración profunda como en el mercado interior de la Unión Europea o mercado PJM en Estados Unidos.

En primer lugar, una mayor integración regional puede traer consigo una mayor seguridad eléctrica. El acceso a una variedad más amplia de recursos en diferentes áreas puede ayudar a los países a hacer frente a la variabilidad de los recursos internos o la escasez de suministro, por ejemplo, en el caso de períodos de baja producción de energías renovables o cortes de infraestructura. Por ejemplo, cuando Brasil se vio afectado por la baja producción hidroeléctrica, Uruguay aumentó sus exportaciones de energía a Brasil de 0,4 TWh en 2020 a 2,2 TWh en 2021 (ADME, 2021). A medida que fenómenos como las estaciones secas se vuelven más intensos y frecuentes, una mayor integración regional podría contribuir cada vez más a garantizar que los sistemas sean más resilientes al clima y a mejorar la seguridad eléctrica.

En segundo lugar, una mayor integración regional puede hacer que el suministro de energía sea más asequible. Esto permite agrupar recursos en áreas más grandes y utilizarlos de manera más eficiente, aprovechando mercados más grandes y economías de escala. Esto proporciona margen para reducir los costos operacionales. Por ejemplo, los estudios indican que los países centroamericanos que participan en el Mercado Eléctrico Centroamericano han obtenido beneficios económicos como resultado del comercio en un mercado eléctrico común (IDB, 2017a). A largo plazo, también conduce a una menor necesidad de inversión en capacidad. Por ejemplo, el Banco Mundial estimó que 20 países de la región, teniendo en cuenta sus centrales eléctricas y sus patrones de demanda actuales, podrían ahorrar casi US\$ 2 000 millones al año si hubiera un comercio transfronterizo ilimitado entre sus sistemas energéticos (World Bank, 2021b). De manera similar, el Banco Interamericano de Desarrollo (IDB, 2017b) estimó que una mayor interconexión en la región daría como resultado menores costos anuales y necesidades de inversión en capacidad para 2030.

En tercer lugar, una integración regional más profunda puede fomentar la integración de las energías renovables, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y contribuir a las ambiciones de descarbonización. Por ejemplo, el fundamento del mercado eléctrico integrado de América Central fue optimizar el uso de la energía geotérmica y los recursos hidroeléctricos (IDB,

2017a) y, por lo tanto, reducir la necesidad de importaciones de combustibles fósiles de alto precio. A medida que se expande el uso de las energías solar fotovoltaica y eólica, y que los patrones climáticos muestran más variaciones debido al cambio climático, una integración regional más profunda puede ayudar a los países a gestionar la variabilidad local en el suministro de energías renovables al brindar acceso a más recursos, y contribuir también a reducir los vertimientos de generación renovable.

### Desafíos

Los países interesados de la región deberán superar diferentes barreras para aprovechar los beneficios de una integración más profunda de los sistemas eléctricos. Un análisis previo de la AIE sugiere un conjunto de requisitos mínimos comunes (políticos, técnicos e institucionales) que deben cumplirse si se quiere avanzar hacia el comercio multilateral de electricidad y niveles más profundos de integración del mercado (IEA, 2019b). Un liderazgo político sólido y eficaz es un requisito previo crucial para lograr acuerdos que se mantengan y mejoren con el tiempo. También lo es la adopción de una perspectiva holística, dada la naturaleza de los desafíos. Esto significa que la integración regional no puede ser un asunto de los ministerios y organismos reguladores de energía únicamente, y es necesario reconocer que llegar a un acuerdo puede llevar mucho tiempo. Por ejemplo, el Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central se firmó en 1996, tras años de realizar estudios de viabilidad, y el mercado no empezó a funcionar hasta pasados unos 17 años.

Las mejoras internas serán fundamentales para mejorar la eficiencia de funcionamiento de cada sistema eléctrico. Esto incluye varios ámbitos que se están tratando actualmente en la región, como las mejoras de diseño del mercado, la agilización de los procesos de obtención de permisos y la mejora de los procesos de planificación y desarrollo de redes de transmisión y distribución.

Más allá de las mejoras internas, son necesarios acuerdos multilaterales sobre cuestiones como la armonización de las especificaciones técnicas, la negociación comercial y el diseño del mercado, y la coordinación de la planificación y la inversión para aprovechar todos los beneficios de una integración eléctrica regional más profunda. Los organismos reguladores y las empresas de servicios públicos nacionales desempeñarán papeles cruciales en la resolución de la mayoría de los problemas planteados. La armonización de los aspectos técnicos incluye acordar el funcionamiento de la red y los criterios de evaluación de la seguridad, junto con los códigos de red y los requisitos técnicos, como la metodología de cálculo de la capacidad de interconexión para los intercambios de electricidad. La negociación comercial y el diseño del mercado incluyen cuestiones como la definición de la asignación entre los países participantes de los costos de transmisión, los acuerdos de compra de energía y el nivel de acoplamiento del mercado. En etapas avanzadas de integración, los países podrían beneficiarse de un financiamiento coordinado para proyectos prioritarios, y de cierto grado de planificación coordinada del sistema en lugar de planes nacionales independientes.

El despliegue de más infraestructura física transfronteriza es esencial y debe ir acompañado de inversiones en infraestructura de redes nacionales que permitan hacer el mejor uso de los recursos nacionales. La región ya cuenta con cierta capacidad de interconexión y algunas centrales

hidroeléctricas en régimen de copropiedad. Sin embargo, la capacidad para el comercio transfronterizo sigue siendo limitada en comparación con otras regiones, por lo que ALC tiene una oportunidad sustancial de redoblar sus esfuerzos para aumentar la infraestructura de comercio transfronterizo disponible.

Además, es de vital importancia crear instituciones regionales sólidas y estables, al igual que realizar cambios relacionados en sus contrapartes nacionales. La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) se creó en 1973 en parte para promover la integración, la conservación y el uso racional de los recursos energéticos de la región: tiene un papel potencialmente muy importante que desempeñar en los años venideros. La creación en 1993 del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) como organización regional y política facilitó el diálogo regional y, por tanto, permitió que las iniciativas de integración se materializaran en años posteriores. Además, fue de vital importancia la creación de la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE) de América Central: sus responsabilidades incluyen coordinarse con los seis organismos reguladores nacionales de los países participantes y regular el funcionamiento del Mercado Eléctrico Regional (MER).

### 3.7 Transiciones en las economías productoras

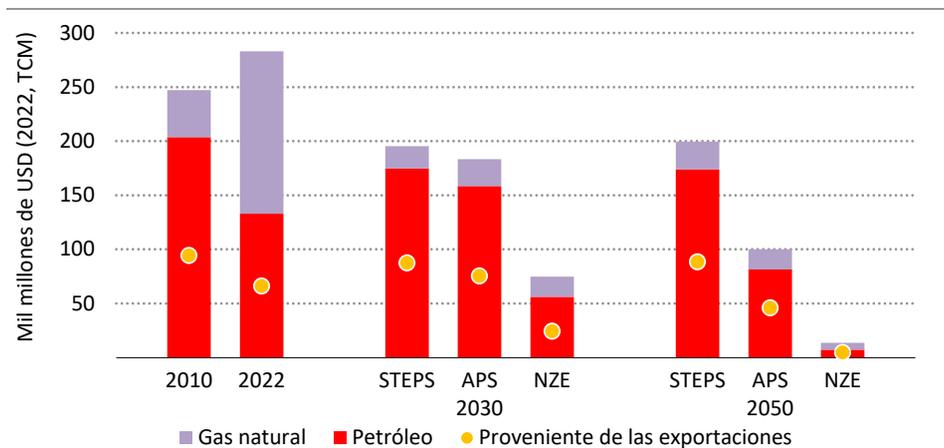
La producción de combustibles fósiles es una parte clave de la economía de muchos países de América Latina y el Caribe y una fuente importante de divisas. Los ingresos netos por el suministro de combustibles fósiles en la región ascendieron a alrededor de US\$ 300 000 millones en 2022, de los cuales el petróleo y el gas representaron cerca del 95 %. Algunos países dependen en gran medida de la industria del petróleo y el gas: en Trinidad y Tobago, los productos petroquímicos y la industria del petróleo y el gas natural aportan más del 35 % del PIB (Government of Trinidad and Tobago, 2023); en Venezuela, el petróleo representa alrededor del 90 % de las exportaciones en valor (OPEC, 2023). La oferta de carbón se concentra en Colombia, donde las exportaciones de este producto aportaron una entrada de más de US\$ 10 000 millones a la economía nacional en 2022 y, junto con el petróleo, representaron el 55 % de los bienes exportados (IMF, 2023a). Estos productores son importantes para los mercados nacionales e internacionales. Mucho más del 60 % del petróleo y gas producido en ALC permanece dentro de la región. Si bien los precios del petróleo y el gas tienen una gran repercusión en los balances nacionales, la ciudadanía a menudo se ve protegida de las oscilaciones internacionales debido a las políticas internas. La parte restante de la producción de petróleo y gas se exporta a algunos de los principales centros de demanda mundial, incluidos Estados Unidos, China, la Unión Europea e India.

#### 3.7.1 Equilibrio entre las perspectivas de demanda a corto y largo plazo

Nuestros escenarios indican que, incluso si la descarbonización avanza rápidamente, el petróleo y el gas natural desempeñarán un papel importante, aunque cada vez menor, en el sistema energético durante muchos años. El gas natural puede ayudar a ofrecer servicios que son difíciles de prestar de manera rentable con alternativas de bajas emisiones de carbono, como el calor de alta temperatura para la industria, y llevará tiempo sustituir el petróleo en la aviación, la

navegación y los productos petroquímicos. Las perspectivas con respecto a la producción de combustibles fósiles hasta 2030 varían de forma notable según el escenario, con un aumento de casi el 15 % en el escenario STEPS, un estancamiento en el APS y una reducción de más del 20 % en el escenario NZE. Todos los escenarios presentan una disminución con respecto a los niveles de 2022 en términos del valor de los ingresos netos asociados a la industria de los combustibles fósiles (Figura 3.25). Este es el resultado de una disminución de precios desde los niveles sin precedentes observados en 2022 y de una reducción de la demanda mundial de estos combustibles. Muchas economías productoras están buscando alejarse gradualmente de los combustibles fósiles en vista del papel cada vez menor que estos combustibles tienen en el sector energético mundial. Colombia, por ejemplo, ha anunciado que ya no adjudicará nuevos contratos de exploración de combustibles fósiles.

**Figura 3.25 ▶ Ingresos netos por suministro de petróleo y gas en ALC, 2010-2050**



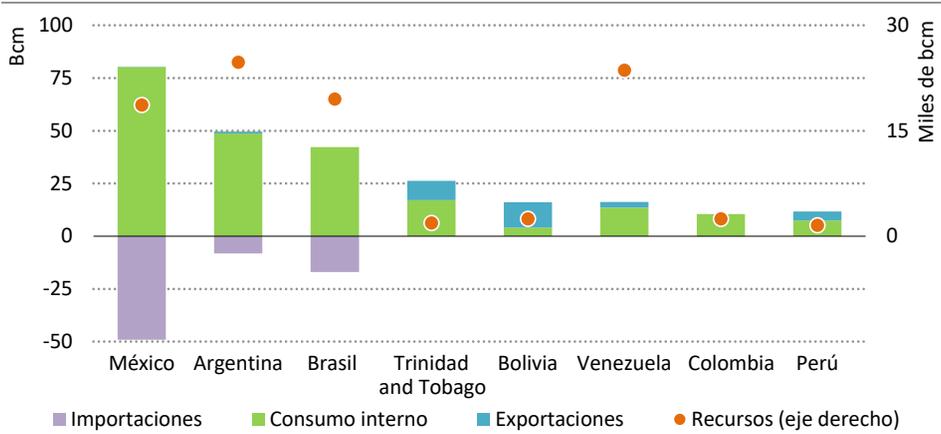
IEA. CC BY 4.0.

**A medida que los precios caen desde máximos históricos, los ingresos netos provenientes del petróleo y el gas disminuyen en cada escenario hasta 2030; las exportaciones superan los niveles de 2022 para 2030 en los escenarios STEPS y APS**

Notas: TCM = tipo de cambio de mercado; NZE = Escenario Cero Emisiones Netas en 2050. Los ingresos netos, es decir, la diferencia entre los ingresos y los costos, hacen referencia a las exportaciones y la oferta total.

La región tiene productores bien consolidados y nuevos, y las perspectivas de desarrollo varían de manera significativa de un país a otro. La producción de petróleo ha aumentado en Brasil y Guyana, mientras que está disminuyendo en Venezuela y México. El aumento de la demanda y los precios del gas natural licuado (GNL) en 2022 han hecho que importadores ocasionales como Argentina y Colombia busquen alternativas al gas natural: esto también ha resaltado el papel importante desempeñado por exportadores como Trinidad y Tobago y Perú a la hora de aliviar la tensión del mercado (Figura 3.26).

**Figura 3.26** ▶ Demanda, importaciones, exportaciones y recursos de gas natural en determinados países, 2021



IEA. CC BY 4.0.

*Algunos países que actualmente importan gas natural tienen grandes recursos poco explorados*

Nota: bcm = mil millones de metros cúbicos.

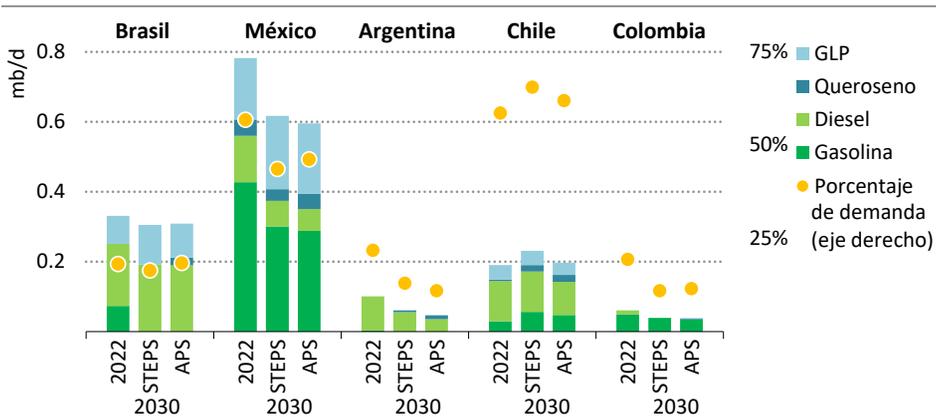
Aunque la región ha sido exportadora neta de petróleo durante mucho tiempo, sigue siendo importadora neta de productos derivados del petróleo (Figura 3.27). Todos los principales productores tienen refinerías de petróleo, pero estas satisfacen únicamente alrededor de la mitad de la demanda de diésel y gasolina en ALC. Históricamente, Estados Unidos ha sido el principal proveedor que suplía esa carencia, pero los precios comparativamente más bajos han hecho que los productos rusos aparezcan en el mercado. Actualmente, varios países están buscando expandir sus segmentos correspondientes a las etapas finales. Colombia finalizó las obras de ampliación de una refinería en 2022 y Brasil ha anunciado planes para aumentar la capacidad de refinado de Petrobras, incluida la capacidad de biocombustibles. México pretende aumentar la capacidad de refinado de Pemex, particularmente mediante la inversión en la refinería Olmeca, y en el mediano plazo Pemex pretende refinar toda su producción en el ámbito local.

Las economías productoras también están planeando inversiones en la industria del gas natural. Brasil ha tomado medidas para facilitar la participación privada en su sector intermedio, donde se esperan nuevas inversiones en capacidad de procesamiento. En Surinam se han tomado nuevas decisiones de inversión para proyectos de GNL y México está considerando actualmente crear una serie de terminales.

Aunque las perspectivas varían según el escenario, estas economías productoras se enfrentan al riesgo de que los nuevos proyectos no sean competitivos en términos de costos o den lugar a activos varados (IEA, forthcoming). Los proyectos de GNL y refinerías tienen costos de capital particularmente elevados. La nueva capacidad de refinado se enfrentará a una feroz competencia por parte de las refinerías existentes en otras regiones, que buscan mercados de exportación. Con

alrededor de 250 000 millones de metros cúbicos de capacidad de licuefacción anual en construcción, parece que los mercados mundiales de GNL están ampliamente abastecidos hasta al menos 2040 en el STEPS. En el APS, el comercio de GNL alcanza su punto máximo antes de 2035 y los proyectos en construcción actuales son suficientes para satisfacer la demanda. En el escenario NZE, los proyectos de GNL actualmente en construcción no son necesarios.

**Figura 3.27** ▶ Importaciones netas de productos derivados del petróleo por tipo en determinados países en 2022 y por escenario en 2030



IEA. CC BY 4.0.

*Los países de ALC siguen siendo importadores netos de productos refinados derivados del petróleo*

### 3.7.2 Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

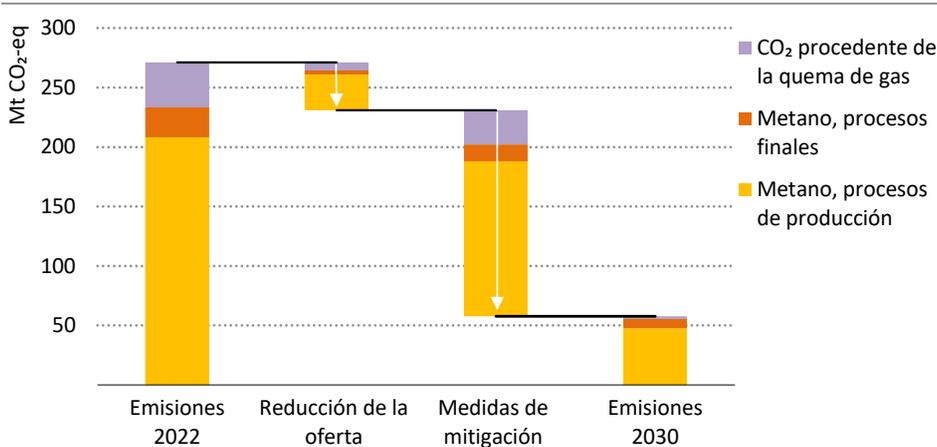
Los productores de la región necesitan equilibrar un impulso a corto plazo para aumentar la producción de combustibles fósiles mientras los precios son elevados con una demanda decreciente de combustibles fósiles a largo plazo. Esto podría favorecer el desarrollo de recursos que puedan mantener un precio competitivo en escenarios con fijación de precios de emisiones de GEI o mecanismos de ajuste de la frontera del carbono. En este contexto, los esfuerzos para reducir la quema en antorcha y las emisiones de metano son cruciales.

Las quemas en antorcha y las fugas de metano son una de las principales fuentes de emisiones en Venezuela, México, Argentina y otros países productores de petróleo y gas de la región. La intensidad de las emisiones de metano de las operaciones de petróleo y gas en Venezuela es cinco veces mayor que el promedio mundial, y la intensidad de su quema en antorcha es más de siete veces mayor que el promedio mundial. Las economías productoras pueden trabajar con socios comerciales para reducir las emisiones de alcance 1 y 2 procedentes de las actividades de petróleo y gas mediante la disminución de las emisiones de metano; la eliminación de la quema en antorcha que no sea de emergencia; la electrificación de las instalaciones de etapa inicial con electricidad de bajas emisiones; el equipamiento de los procesos de petróleo y gas con captura, utilización y

almacenamiento de carbono (CCUS); y la ampliación del uso de hidrógeno por electrólisis de bajas emisiones en las refinerías. Estas cinco medidas son la clave para lograr avances rápidos.

La disminución de las emisiones de metano es la forma más importante de reducir las emisiones de las operaciones de petróleo y gas. En 2022, las operaciones de petróleo y gas en la región emitieron alrededor de 8 Mt de metano, y aproximadamente un tercio de estas emisiones provinieron de Venezuela. Aparte de Venezuela, todos los principales productores de la región han firmado el Compromiso Mundial sobre el Metano, comprometiéndose así a colaborar para reducir, para 2030, las emisiones mundiales de metano a al menos un 30 % por debajo de los niveles de 2020. Argentina y México también participan en la Vía Energética del Compromiso Mundial sobre el Metano, que exige tomar todas las medidas rentables posibles para reducir las emisiones de metano en el sector del petróleo y el gas, y eliminar la quema en antorcha rutinarias lo antes posible y a más tardar en 2030. Existe un gran margen para la adopción de medidas tempranas. Estimamos que las tecnologías existentes podrían reducir a bajo costo las emisiones de metano en la región en casi un 80 % (IEA, 2023f) y que alrededor del 40 % de las emisiones de metano de las operaciones de petróleo y gas podrían evitarse sin costo neto porque los desembolsos para las medidas de reducción serían menores que el valor de mercado del gas adicional capturado, basado los precios promedio del gas natural de 2017 a 2021.

**Figura 3.28** ▶ **Reducciones de metano y de quema en antorcha en ALC en el escenario NZE, 2022-2030**



IEA. CC BY 4.0.

*Las emisiones por quema en antorcha, purga y fugas de metano caerán casi un 80 % para 2030, en gran parte como consecuencia de la adopción de medidas de reducción específicas y generalizadas*

Notas: Mt CO<sub>2</sub>-eq = millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. Se considera que una tonelada de metano equivale a 30 toneladas de CO<sub>2</sub> según el potencial de calentamiento global a 100 años (IPCC, 2021).

Colombia y México son los únicos países de la región que regulan directamente las emisiones de metano de su sector de petróleo y gas a través de estándares de equipos, requisitos de detección

y reparación de fugas y otros medios. Argentina, Brasil y Ecuador se han centrado principalmente hasta ahora en restringir la quema en antorcha, con un éxito desigual. De 2012 a 2022, los volúmenes quemados prácticamente se duplicaron en Argentina, donde alcanzaron los 1 200 millones de metros cúbicos, aumentaron alrededor del 60 % en Ecuador, hasta alcanzar los 1 300 millones de metros cúbicos, y pasaron de 1 600 a 900 millones de metros cúbicos en Brasil. Colombia, Ecuador y México han respaldado la iniciativa “Cero Abocinamiento de Rutina para 2030” (Zero Routine Flaring by 2030) del Banco Mundial, al igual que varias empresas que operan en países de ALC, incluidas Petrobras y Ecopetrol.

Detener todas las quemas en antorcha y las purgas que no sean de emergencia es la medida de mayor repercusión que los países pueden tomar para reducir las emisiones de metano de las operaciones de petróleo y gas. De esta manera también se reducirían las emisiones de CO<sub>2</sub> en la región en alrededor de 35 Mt y se conseguirían beneficios para la salud y la seguridad. Existen muchas opciones para utilizar el gas natural que actualmente se quema: estas incluyen distribuirlo a los consumidores a través de redes de gas nuevas o existentes, usarlo para generar electricidad, reinyectarlo para soportar la presión del yacimiento y convertirlo a GNC o GNL, como ya lo están haciendo algunas pequeñas operaciones de GNL y GNC en Argentina.

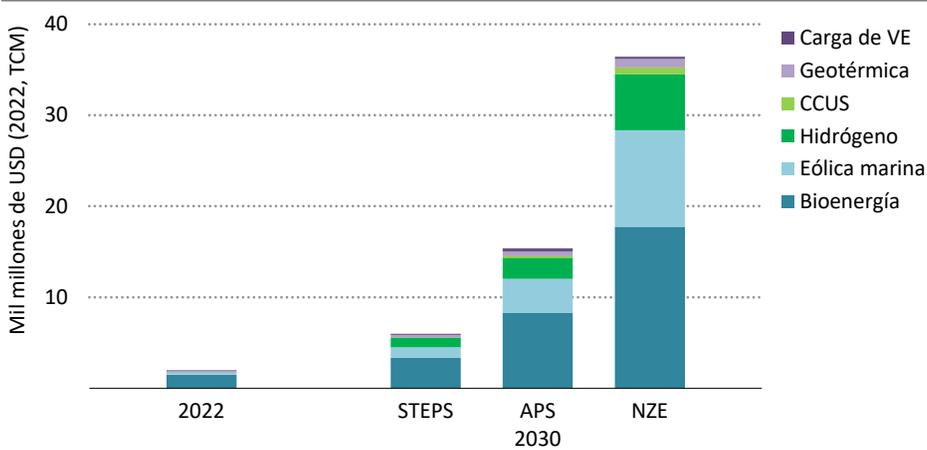
La integración de la energía renovable en las operaciones de petróleo y gas también tiene un papel importante en la reducción de emisiones. Una gran parte de la energía requerida en las instalaciones iniciales se necesita para alimentar equipos eléctricos o para producir calor en las calderas, y los generadores de gas natural *in situ* a menudo producen la electricidad y el calor necesario. La electrificación de las operaciones mediante energías renovables *in situ* o conexiones a la red podría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del uso de energía en las fases iniciales en más de un tercio para 2030.

El uso de hidrógeno de bajas emisiones también puede ayudar a reducir las emisiones. Hoy en día se utiliza más de 1 Mt de hidrógeno para refinar y mejorar el petróleo en ALC, con lo que se liberan alrededor de 10 Mt de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. El cambio a hidrógeno por electrólisis de bajas emisiones reduciría de forma significativa estas emisiones: También podría impulsar la demanda de este combustible, con lo que se podría favorecer el desarrollo industrial local.

### 3.7.3 Diversificación de las economías

La transición satisfactoria en los países productores depende de que estos gestionen los ingresos de los combustibles fósiles para promover la prosperidad futura, en particular mediante la inversión en tecnologías de energía limpia. Las empresas de petróleo y gas podrían optar por diversificarse mediante la inversión en energía eólica marina, CCUS, biorrefinerías avanzadas, geotermia y otras oportunidades de mercado. Estas tecnologías podrían ser una buena opción para estas empresas porque a menudo requieren experiencia similar en el manejo de líquidos y gases, grandes recursos financieros, amplia investigación y desarrollo y proyectos de ingeniería complejos (Figura 3.29), aunque ninguna de estas tecnologías se adapta perfectamente a todas las empresas de petróleo y gas y todas difieren en diversos aspectos de las operaciones tradicionales de petróleo y gas.

**Figura 3.29** ▶ Inversión en tecnologías de energía limpia adecuadas para las industrias de petróleo y gas en ALC en 2022 y por escenario en 2030



IEA. CC BY 4.0.

*La inversión en tecnologías de energía limpia se triplica hasta 2030 en el STEPS, y alcanza alrededor de US\$ 15 000 millones en el escenario APS y más de US\$ 35 000 millones en el escenario NZE*

Actualmente, las empresas de petróleo y gas de la región representan una pequeña proporción de la inversión total en tecnologías de energía limpia. Si bien algunas están desarrollando proyectos de CCUS, bioenergía y energías renovables, el gasto general en estas tecnologías sigue siendo bastante bajo y hay margen para aumentar la inversión. Las actividades de CCUS podrían combinarse con terminales de GNL o refinerías de petróleo cuando existan sitios adecuados para el almacenamiento geológico sean disponibles, y los sitios adecuados podrían incluir yacimientos agotados de petróleo y gas. La exploración marítima de petróleo y gas podría compartir infraestructura y bases de apoyo con nuevos proyectos eólicos, y las refinerías podrían adaptarse para procesar bioenergía y utilizar hidrógeno de bajas emisiones. Las empresas de petróleo y gas también podrían invertir en la producción de bioetanol, biodiésel, biometano y otras fuentes de bioenergía, y así aprovechar su capacidad para refinar y distribuir productos. Brasil ha establecido desde hace tiempo requisitos de mezcla que garantizan que los biocombustibles sustituyan parte de la demanda de diésel y gasolina. Otros ámbitos de posible sinergia y diversificación incluyen la geotermia, el reciclaje de plástico y la carga de vehículos eléctricos (IEA, forthcoming).

Si las empresas de petróleo y gas deciden no involucrarse, estas tecnologías se seguirán implementando, pero puede llevar más tiempo alcanzar el nivel de madurez en el que puedan suministrarse a un costo competitivo. Se pueden seguir desarrollando los marcos normativos y las estrategias industriales existentes para respaldar las transiciones a la energía limpia: los requisitos de I+D pueden adaptarse para impulsar tecnologías de reducción de emisiones o el desarrollo de hidrógeno, y los planes de desmantelamiento pueden considerar la integración de nuevas energías renovables u oportunidades de CCUS.

## 3.8 Bioenergía: una oportunidad sostenible

### 3.8.1 Biocombustibles líquidos

La introducción de la caña de azúcar en América Latina continental desde el Caribe durante el siglo XVI ha tenido consecuencias de gran alcance para el desarrollo económico de la región, el comercio mundial y, más recientemente, el suministro de energía. En respuesta a la crisis del petróleo de 1973, Brasil introdujo el programa *Pró-Álcool* para producir bioetanol a partir de caña de azúcar con el fin de reducir la dependencia de las importaciones de gasolina y reforzar la seguridad del suministro interno. A principios de la década de 1980, los fabricantes de automóviles en Brasil comenzaron a fabricar automóviles que podían funcionar con bioetanol puro y, posteriormente, durante la década de 2000, comenzaron a producir automóviles con combustible flexible que pueden funcionar tanto con bioetanol como con gasolina en proporciones de mezcla arbitrarias. Hoy en día, los automóviles con combustible flexible representan más del 80 % de las ventas de automóviles en Brasil.

El progreso del biodiésel —producido principalmente a partir de ésteres metílicos de ácidos grasos (EMAG)— está estrechamente vinculado a las políticas de la región que promueven el desarrollo de energías renovables y mandatos obligatorios relativos a las mezclas.

**Tabla 3.1 ▶ Países de ALC con mandatos relativos a las mezclas de biocombustibles en vigor en 2023**

	Cuota de bioetanol (en volumen)	Cuota de biodiésel (en volumen)
Argentina	12 %	7,5 %
Bolivia	12 %	-
Brasil	27,5 %	12 %
Colombia	4-10 %	10 %
Costa Rica	0-8 %	0-5 %
Ecuador	-	5 %
Jamaica	10 %	-
Paraguay	24-27 %	5 %
Perú	7,8 %	2-20 %
Uruguay	8,5 %	-

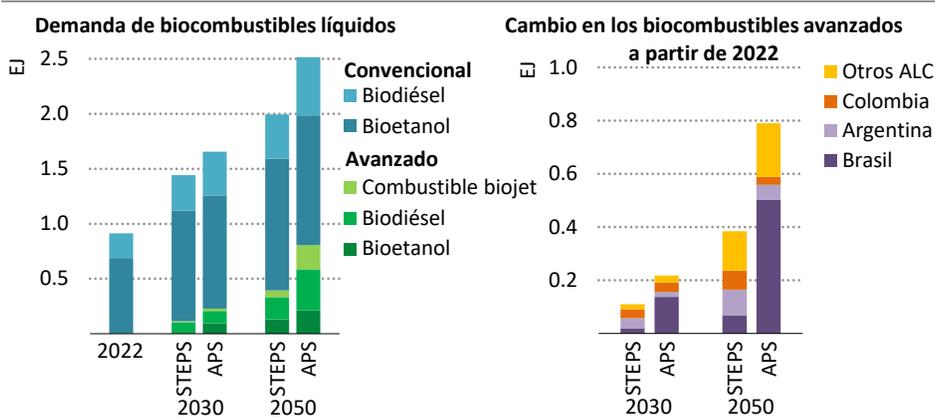
Notas: En septiembre de 2023, el presidente de Brasil firmó el proyecto de ley del Programa Combustible del Futuro, que aumentará la mezcla máxima de bioetanol al 30 %. Brasil también pretende aumentar la mezcla de biodiésel al 15 % para 2026. En Panamá, un mandato relativo a las mezclas de biocombustibles del 5 % entrará en vigor en 2024.

Fuentes: *Argentina* (Government of Argentina, 2021b); *Bolivia* (Government of Bolivia, 2018); *Brasil* (Government of Brazil, 1997), (Government of Brazil, 2023); *Colombia* (Government of Colombia, 2021); *Costa Rica* (Government of Costa Rica, 2012); *Ecuador* (Government of Ecuador, 2012); *Jamaica* (NREL, 2020); *Panamá* (Government of Panama, 2023), (Government of Panama, 2011); *Paraguay* (Government of Paraguay, 2018), (Government of Paraguay, 2020); *Perú* (Government of Peru, 2007); *Uruguay* (Government of Uruguay, 2007).

Brasil sigue siendo, con diferencia, el mayor productor y consumidor de biocombustibles de la región y el segundo mayor productor del mundo (representa aproximadamente una quinta parte de la producción mundial), y los biocombustibles satisficieron una cuarta parte de la demanda energética de Brasil para el transporte por carretera en 2022. Argentina y Colombia también se están perfilando como proveedores destacados.

En el STEPS, la demanda de biocombustibles aumenta en 520 PJ, o 270 000 barriles de petróleo equivalente por día (kbep/d), entre 2022 y 2030, y el bioetanol convencional, utilizado principalmente en automóviles, representa más del 60 % de este crecimiento de la demanda (Figura 3.30). En el APS, la demanda de biocombustibles es un 15 % mayor en 2030 que en el STEPS, y la mitad de la demanda adicional se satisface con biocombustibles avanzados, gran parte de ellos para su uso en el transporte por carretera. Aunque es pequeña en términos absolutos (pues produce solo 14 PJ para 2030 en el STEPS o el 5 % de la demanda mundial de bioqueroseno de aviación y el 7 % en el APS), una industria incipiente de producción de queroseno sintético comienza a despegar, con lo que se allana el camino para una industria de exportación potencialmente importante para 2050 (recuadro 3.3). Ambos escenarios prevén un crecimiento continuo de la demanda de biocombustibles para 2050, pero en el APS los biocombustibles avanzados alcanzan casi el doble del nivel del STEPS, mientras que los biocombustibles convencionales se mantienen aproximadamente iguales en los dos escenarios. Más del 70 % del crecimiento de la demanda de biocombustibles avanzados entre 2022 y 2050 en el APS se produce en Brasil, siendo el biodiésel avanzado para camiones responsable de la mayor parte.

**Figura 3.30** ▶ Demanda de biocombustibles líquidos por tipo y escenario en determinados países, 2030 y 2050



IEA. CC BY 4.0.

*El crecimiento de los biocombustibles avanzados es particularmente fuerte en el APS, respaldado por la rápida expansión de las instalaciones de producción en Brasil*

Notas: EJ = exajulios. En esta figura, el biodiésel se refiere tanto al biodiésel FAME como al diésel renovable procedente de ésteres y ácidos grasos hidroprocesados (HEFA por sus siglas en inglés) o de la gasificación de biomasa y la síntesis de Fischer-Tropsch (bio-FT).

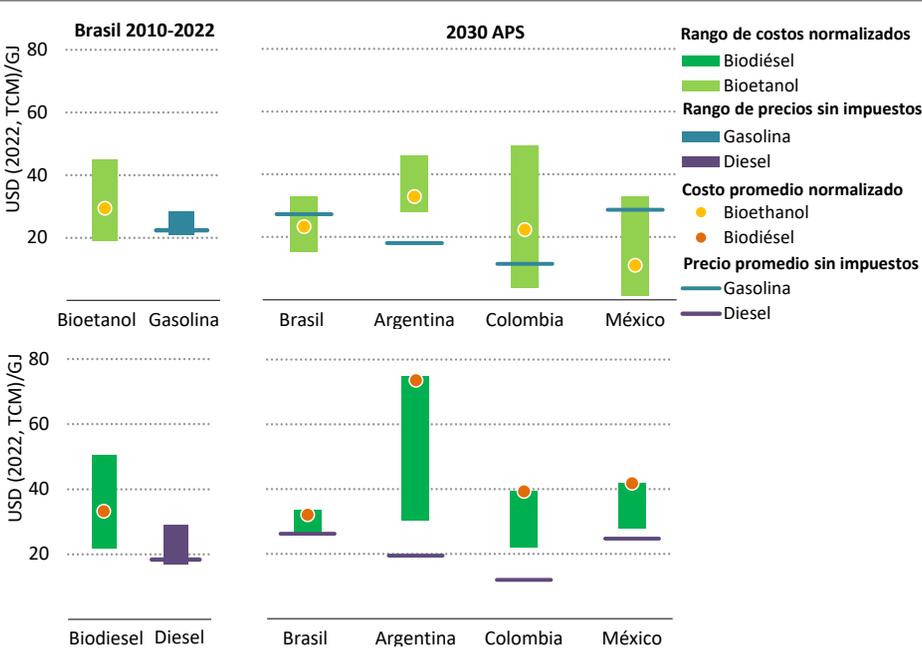
Los biocombustibles avanzados se producen a partir de materias primas y desechos y residuos de cultivos no alimentarios. Estos pueden generar muchas menos emisiones de GEI que los combustibles fósiles, sin competir con los alimentos por las tierras agrícolas y evitando efectos adversos en la sostenibilidad. Las materias primas pueden incluir residuos de grasas, aceites y lubricantes como aceites de cocina usados, residuos agrícolas como el estiércol y residuos de cultivos, el componente orgánico de los desechos sólidos municipales, residuos de procesamiento forestal y de madera y cultivos de rotación corta como el *miscanthus* y el álamo (véase la sección 3.8.3). Si bien los residuos de grasas, aceites y lubricantes se pueden utilizar en los procesos de producción de biocombustibles existentes hoy en día, en última instancia su oferta es limitada. Otros desechos y residuos son más abundantes, pero requieren tecnologías de conversión avanzadas para transformarlos en biocombustibles líquidos. Los desechos y residuos también tienden a estar dispersos y requieren mucha coordinación para recolectarlos, clasificarlos y distribuirlos.

Sin embargo, existen oportunidades para quienes toman la delantera: la producción convencional de bioetanol a partir de cultivos se puede integrar con bioetanol celulósico avanzado a partir de residuos de cultivos como el bagazo de la caña de azúcar o los rastrojos de maíz. Brasil está liderando el camino, pues cuenta con varias plantas de bioetanol que ya convierten el bagazo en bioetanol y más plantas en desarrollo (Biofuels International, 2022), (Bioenergy International, 2023). Se podrían introducir mecanismos en materia de políticas para apoyar una adopción más amplia de biocombustibles avanzados. Los ejemplos incluyen incentivos financieros como garantías de préstamos para plantas comerciales únicas, deducciones fiscales a la producción y mandatos relativos a las mezclas avanzadas de biocombustibles.

El costo nivelado promedio de la producción de bioetanol en Brasil fue más alto que el precio de la gasolina sin impuestos entre 2010 y 2022. Sin embargo, el precio de surtidor del bioetanol era a menudo más bajo que el de la gasolina, ya que Brasil, al igual que otros países de la región, implementó una combinación de mandatos relativos a las mezclas, apoyo financiero (que incluye tasas impositivas reducidas y precios fijos) y otras medidas como la política comercial y las normas técnicas para impulsar la producción y la demanda. Brasil también implementó el Programa RenovaBio en 2021 para incentivar aún más el uso de todos los biocombustibles y biogases en el sector del transporte con el fin de reducir las emisiones de GEI (Government of Brazil, 2021).

El biodiésel, en promedio, fue más de un 10 % más costoso de producir que el bioetanol durante este período. Gran parte de esta prima de costos se debió a las diferencias en los costos de las materias primas: el aceite de soja (usado para producir biodiésel) fue alrededor de un 30 % más caro que la caña de azúcar (usada para producir bioetanol) entre 2010 y 2022. Los costos de producción de bioetanol y biodiésel experimentan fluctuaciones más amplias año tras año que sus contrapartes fósiles como resultado de las condiciones de rendimiento y cosecha, la dinámica de los mercados y el precio de los combustibles utilizados para la energía del proceso (Figura 3.31).

**Figura 3.31** ▶ Costo nivelado de los biocombustibles y precio sin impuestos de la gasolina y el diésel en Brasil, 2010-2022, y en determinados países seleccionados en el APS en 2030



IEA. CC BY 4.0.

*Siguiendo el ejemplo de Brasil, el bioetanol se vuelve competitivo en términos de costos con respecto a las alternativas a los combustibles fósiles para 2030, particularmente en Colombia y México*

Notas: USD/GJ = dólares estadounidenses por gigajulio. El precio sin impuestos de la gasolina y el diésel representa el precio de la gasolina y el diésel de uso nacional e incluye el comercio, el transporte y el almacenamiento, pero excluye impuestos y subsidios.

En el APS, el bioetanol se vuelve más competitivo en términos de costos y más barato que la gasolina en Brasil y México para 2030. El biodiésel no alcanza la paridad de costos con su contraparte de combustibles fósiles debido al aumento de los costos de las materias primas. Sin embargo, existe una variación significativa en los costos de producción entre países, dependiendo de los precios internos de las materias primas, la combinación de materias primas utilizadas y los costos de la tecnología de producción. Por ejemplo, los elevados precios al por mayor de materias primas amiláceas como la yuca en Colombia implican que los costos de producción nivelados más elevados para el bioetanol podrían alcanzar los 50 USD/GJ; en el otro extremo del espectro de costos, el precio del carbono comparativamente elevado en Colombia (según los estándares regionales) reduce aún más el costo mínimo asociado a materias primas más baratas, como la caña de azúcar, en las instalaciones de producción que utilizan CCUS.

Los combustibles de aviación sostenibles (SAF por sus siglas en inglés), de los cuales forma parte el bioqueroseno de aviación, han ido ganando cada vez más atención a nivel mundial como una vía importante para descarbonizar el sector de la aviación (ICAO, 2022), (European Parliament, 2023), (IATA, 2021). ALC está prestando atención. Por ejemplo, el gobierno de Brasil presentó al Congreso su proyecto de ley «Combustible del Futuro» en septiembre de 2023, el cual incluye la ambición de aumentar la producción de SAF como medio para reducir las emisiones del transporte interno, y existe un interés creciente en construir plantas de producción de bioqueroseno de aviación para aprovechar los recursos de biomasa de la región (S&P Global, 2023c), (Reuters, 2022). Un beneficio fundamental del bioqueroseno de aviación es que es un combustible de uso inmediato, que requiere poca o ninguna modificación en la flota de aeronaves existente. Si bien las normas de la ASTM actualmente limitan la mezcla de biocombustibles de aviación al 50 %, las pruebas han demostrado que es posible una mezcla del 100 % (Airbus, 2023), y la creciente demanda de SAF brinda una oportunidad para que ALC se convierta en un importante exportador de bioqueroseno de aviación.

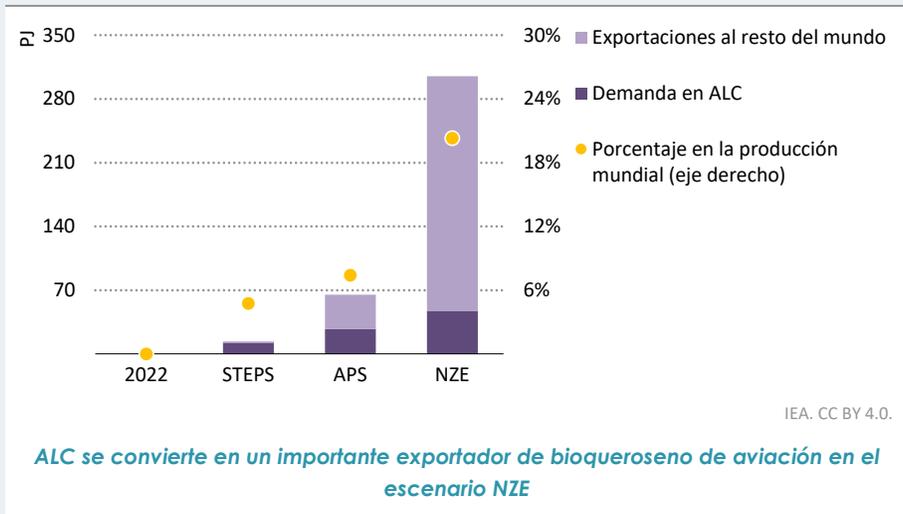
Hoy en día, el bioqueroseno de aviación se produce en cantidades muy pequeñas y representa alrededor del 0,1 % de la demanda mundial de la aviación. Sin embargo, todos nuestros escenarios contemplan un crecimiento de la demanda mundial de combustibles de aviación sostenibles y, en la actualidad, el bioqueroseno de aviación es uno de los candidatos de SAF más prometedores. ALC está bien posicionada para ampliar su industria de producción de biocombustibles existente para incluir el bioqueroseno de aviación mediante el aprovechamiento de su conocimiento industrial, su fuerza laboral, su infraestructura, sus biorrefinerías y sus recursos de biomasa. En los escenarios STEPS, APS y NZE, la demanda de bioqueroseno de aviación en ALC aumenta desde casi cero en la actualidad a alrededor de 10, 25 y 50 PJ respectivamente para 2030 (Figura 3.32). En el escenario NZE, ALC aprovecha al máximo el enorme crecimiento de la demanda mundial de bioqueroseno de aviación y la producción aumenta hasta aproximadamente siete veces el nivel de la demanda interna a medida que la región se convierte en un importante exportador mundial de bioqueroseno de aviación, con lo que satisface una quinta parte de la demanda mundial de biocombustibles de aviación.

El bioqueroseno de aviación se puede producir con varias combinaciones diferentes de materia prima y vías de conversión (ANP, 2021). Actualmente, la vía de los HEFA, que implica el uso de aceites vegetales, aceites usados y residuales, es la única que se ha comercializado. Sin embargo, el bioetanol también se puede utilizar como precursor del bioqueroseno de aviación a través de la vía *alcohol-to-jet* (ATJ), que actualmente se encuentra en fase de demostración. Dada la escala de la producción de bioetanol en la región y su integración con las azucareras en Brasil, el ATJ podría proporcionar una vía futura para el biocombustible a medida que la demanda de bioetanol en el transporte por carretera disminuya debido a la creciente electrificación. ALC también es rica en materias primas avanzadas, como los residuos de cultivos, los residuos forestales y la parte orgánica de los desechos sólidos municipales.

Estas materias primas avanzadas se pueden convertir en bioqueroseno de aviación mediante vías como la gasificación de biomasa y la síntesis de Fischer-Tropsch. Al igual que con la vía del ATJ, esta tecnología se encuentra actualmente en fase de demostración. A pesar de estos diversos avances, en ALC el costo nivelado del bioqueroseno de aviación seguirá siendo más del doble que el del queroseno convencional hasta 2030.

Es necesario superar varios desafíos en relación con el suministro de materias primas y la tecnología de conversión. Los mecanismos en materia de políticas para respaldar el despliegue de tecnologías de conversión avanzadas, que a menudo son más caras que las tecnologías actuales de producción de biocombustibles, serán importantes para desarrollar la producción de bioqueroseno de aviación en la región, mientras que incentivar las vías de SAF con menores emisiones de GEI ayudará a garantizar que el bioqueroseno de aviación producido en ALC puede maximizar su contribución a la descarbonización de la aviación en todo el mundo.

**Figura 3.32 ▶ Oferta y demanda de bioqueroseno de aviación en ALC en 2022 y por escenario en 2030**



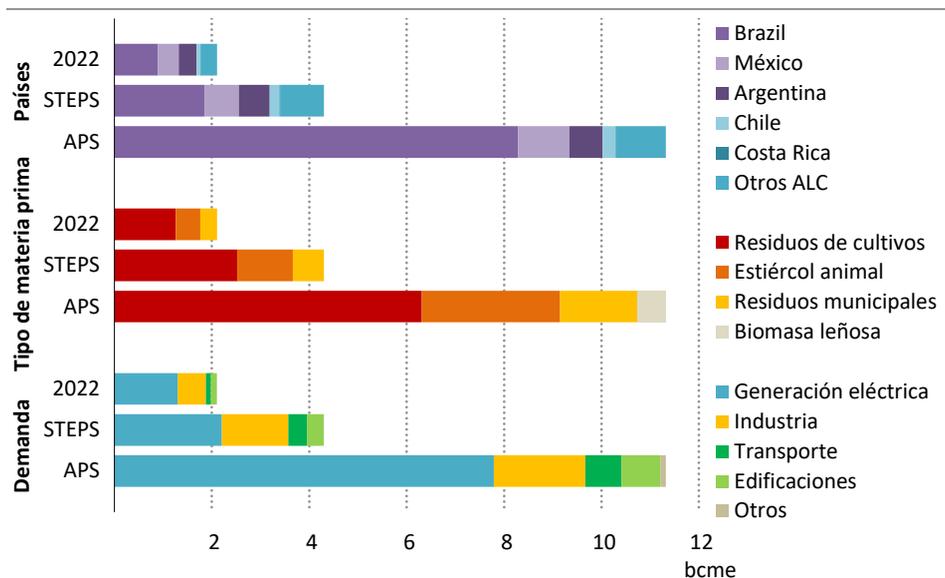
Nota: PJ = petajulios; NZE = Escenario Cero Emisiones Netas en 2050.

### 3.8.2 Biogás y biometano

El potencial del biogás y del biometano está en gran medida desaprovechado en ALC. Un análisis geoespacial detallado de los desechos y residuos agrícolas revela un potencial de poco menos de 200 000 millones de metros cúbicos equivalentes. Alrededor del 10 % de esta cantidad se encuentra a 20 km de las principales infraestructuras de gasoductos y podría ser adecuada para la producción y la inyección en las redes de gas a gran escala. Alrededor de la mitad está cerca de una red de carreteras, un indicador del potencial para que las materias primas se recopilen y se lleven a biodigestores centralizados para producir biogás para satisfacer las necesidades locales de calor y electricidad o para convertirlas en biometano para su uso en el transporte.

El aprovechamiento de una parte del potencial de biogás en ALC aumenta la producción de poco más de 2 000 millones de metros cúbicos equivalentes en 2022 a 4 000 millones de metros cúbicos equivalentes en el STEPS y más de 10 000 millones de metros cúbicos equivalentes en el APS para 2030 (Figura 3.33). Brasil, que ya es el mayor productor de biogás y biometano de la región, aumenta más de nueve veces su producción actual en el APS: la producción aumenta a más de 8 000 millones de metros cúbicos equivalentes para 2030 y representa casi las tres cuartas partes del suministro total de bioenergía gaseosa en ALC. El resto de la producción se concentra en México, Argentina, Chile, Costa Rica.

**Figura 3.33** ▶ Despliegue del biogás y el biometano por país, materia prima y uso final en 2022 y por escenario en 2030



IEA. CC BY 4.0.

*La demanda de biogás en ALC se duplica en el STEPS para 2030, y aún más en el APS a medida que las materias primas disponibles se aprovechen al máximo*

Hoy en día, la mayor parte del biogás se produce a partir de cultivos de maíz, caña de azúcar y soja, y una pequeña proporción a partir de estiércol animal y el componente orgánico de los desechos municipales. Si bien las proporciones respectivas de estas materias primas se mantienen relativamente estables de aquí a 2030, el apoyo en materia de políticas conduce a que los residuos y desechos de cultivos se conviertan en una materia prima más competitiva y comercialmente viable en el APS para 2030. El aumento de nueve veces más en el despliegue de bioenergía gaseosa en el APS depende de una inversión significativa en las cadenas de suministro de materias primas para aumentar el suministro general y de llevar a cabo la transición de utilizar cultivos alimentarios a alternativas sostenibles que no tengan consecuencias sociales y ambientales negativas. Actualmente, muchos países carecen de políticas integrales de gestión de residuos, pero países

como Brasil y Argentina ya han aprobado estrategias nacionales en materia de residuos diseñadas para aumentar la disponibilidad de materias primas para la producción de biogás.

Gracias en parte a la inclusión del biogás en los planes de apoyo que promueven la generación de electricidad a partir de fuentes renovables, el sector eléctrico es actualmente el usuario principal de bioenergía gaseosa en ALC, y esto continuará en los escenarios STEPS y APS. A lo largo de la última década, Argentina y Chile, por ejemplo, han aprobado leyes que brindan beneficios e incentivos para las centrales eléctricas basadas en biogás. Paralelamente, varios países han tomado medidas para fomentar el uso de biometano como combustible para el transporte. Esto se ha logrado mediante la inclusión a los biocombustibles en planes de apoyo como el programa Rota 2030 de Brasil, RenovaBio y Combustible del Futuro, así como la ley de biocombustibles de Argentina y su programa de energías renovables RenovAr. No obstante, el uso de bioenergía gaseosa en el transporte sigue siendo limitado tanto en el STEPS como en el APS ante la creciente competencia de los biocombustibles líquidos y la electrificación. Por el contrario, la falta de alternativas viables de bajas emisiones de carbono en el corto plazo implica que el sector industrial sigue siendo un destino importante para el biogás y el biometano en el APS.

### 3.8.3 Suministro de bioenergía

El suministro de bioenergía en ALC fue de 8 EJ en 2020, alrededor del 15 % del total a nivel mundial. Cuatro fuentes de bioenergía representaron alrededor del 90 % del suministro: el uso tradicional de la biomasa, principalmente para calefacción y cocina; las plantaciones forestales, en gran parte para fabricar pélets de madera para generar electricidad; los cultivos de biocombustibles convencionales para producir biocombustibles líquidos; y los residuos forestales y de madera utilizados, por ejemplo, para producir biocrudo.<sup>6</sup>

El suministro de bioenergía aumenta aproximadamente un 35 % en 2030 con respecto a los niveles de 2020 en el STEPS, principalmente gracias a la plantación de cultivos leñosos de rotación corta. El crecimiento en el APS es más sólido: un rápido aumento en el uso de flujos de desechos orgánicos (como los desechos sólidos municipales biogénicos, los lodos de aguas residuales, el estiércol y los residuos de cultivos) proporciona 2,2 EJ adicionales de bioenergía para 2030. El aprovechamiento de los flujos de desechos orgánicos para proporcionar bioenergía no requiere un uso exclusivo de la tierra, con lo que se evitan los efectos negativos en la biodiversidad y los conflictos potenciales con la producción de alimentos, además de minimizar los efectos negativos en la salud del suelo.

Para 2050, la oferta de bioenergía en el STEPS es dos tercios mayor que en 2020 y se duplica en el APS. Supera el crecimiento del suministro total de energía en ambos escenarios. Gran parte del crecimiento adicional en el APS se destina a la producción de bioetanol, diésel de origen biológico y bioqueroseno de aviación para la exportación. Existen una serie de diferencias claves entre las fuentes de bioenergía en los dos escenarios. En el STEPS, el uso tradicional de biomasa cae un 70 % con respecto a los niveles actuales para 2050; en el APS baja un 90 %. En el STEPS aumenta

<sup>6</sup> Biocombustible líquido producido por licuefacción de biomasa a altas temperaturas, a menudo refinado antes de su uso.

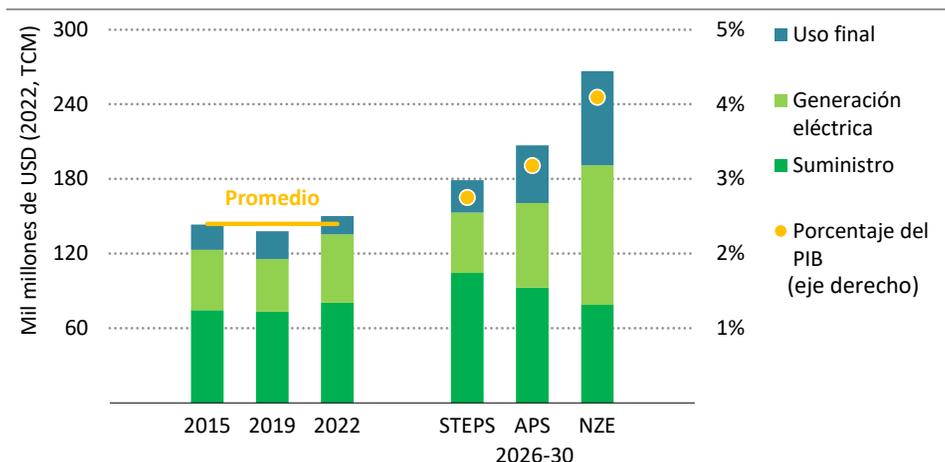
el uso de flujos de residuos orgánicos; en el APS, se expande rápidamente hasta casi triplicar el nivel del STEPS en 2050. La expansión del APS depende de la inversión en sistemas de recolección y clasificación de residuos porque los flujos de residuos orgánicos tienden a estar más dispersos que otras fuentes de biomasa.

Brasil y varios países de la región firmaron un compromiso de deforestación durante la COP21 en 2015, lo que se reflejó en el modelado de suministro de bioenergía y del uso de la tierra realizado en cooperación con el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) (véase el capítulo 4, sección 4.1.3). Tanto en el STEPS como en el APS, la expansión de la bioenergía no es un factor impulsor de la deforestación, ya que no se establecen cultivos bioenergéticos en tierras forestales.

### 3.9 Lograr cero emisiones netas: inversión y financiación

La inversión en energía en América Latina y el Caribe ascendió a US\$ 150 000 millones en 2022, el nivel más alto desde 2014. La inversión en el sector eléctrico alcanzó un récord de US\$ 55 000 millones, mientras que el suministro de combustibles fósiles representó US\$ 80 000 millones, tras recuperarse de la caída mundial que se produjo después del fin del ciclo de precios de las materias primas en 2014 y posteriormente durante la pandemia de COVID-19. Por otro lado, la inversión en el uso final de la energía ha sido baja y no ha repuntado en los últimos años: representó solo uno de cada diez dólares estadounidenses invertidos en energía en ALC en 2022.

**Figura 3.34** ▶ Inversión anual en energía en ALC por sector, 2015-2022, y por escenario para 2030



IEA. CC BY 4.0.

**Se necesita una mayor inversión en energía en ALC hasta 2030 en todos los escenarios; el escenario NZE requiere una gran reasignación de capital hacia la electricidad y los usos finales**

Nota: TCM = tipo de cambio de mercado.

La inversión en la región debe aumentar aún más en todos los escenarios (Figura 3.34). Aumenta un 20 % con respecto al nivel de 2022 en el STEPS, pues alcanza una inversión promedio anual de alrededor de US\$ 180 000 millones entre 2026 y 2030, y necesita aumentar casi un 80 % para conseguir lo que se necesita durante el mismo período en el escenario NZE. El esfuerzo necesario para llenar este vacío será considerable, especialmente teniendo en cuenta el bajo punto de partida de la región. La inversión en energía en ALC como porcentaje del PIB fue del 2,5 % entre 2015 y 2022, cifra inferior a la participación promedio en India o África subsahariana durante el mismo período. Para cumplir los requisitos del escenario NZE, es necesario que la inversión en energía aumente hasta el 4,1 % del PIB de la región para 2030. La inversión en el APS hasta finales de la década de 2020 engloba más de las tres cuartas partes de la inversión necesaria en el escenario NZE durante ese período.

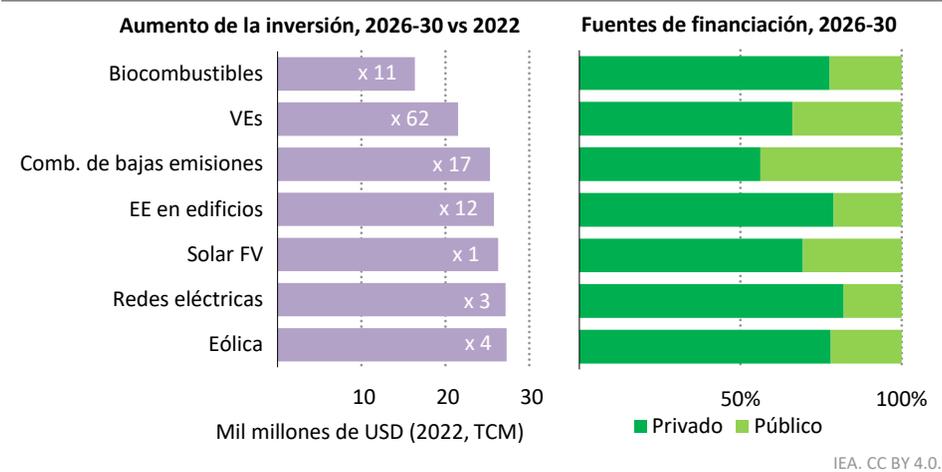
El escenario NZE también requiere una reasignación masiva de capital entre sectores. Las políticas actuales se encaminan hacia un retorno a las tendencias pasadas, con la inversión concentrada en la expansión del petróleo y el gas: la inversión en suministro representa casi tres quintas partes de la inversión energética total en el STEPS a finales de la década de 2020, en comparación con alrededor de la mitad en los últimos años. Por el contrario, el suministro de energía representa el 30 % de la inversión a finales de la década de 2020 en el escenario NZE, mientras que el sector eléctrico representa más del 40 % y los sectores de uso final casi el 30 %.

### 3.9.1 Fuentes de financiación

Para encaminarse hacia el escenario NZE, es necesario financiar una variedad de activos de energía limpia, desde plantas solares fotovoltaicas a escala comercial hasta electrodomésticos y vehículos eléctricos que pertenezcan a los consumidores y complejos proyectos de hidrógeno a gran escala. El esfuerzo requerido varía según el sector. Por ejemplo, la inversión anual promedio en energía solar fotovoltaica y eólica en ALC a finales de la década de 2020 supera los US\$ 25 000 millones para cada tecnología. En el caso del gasto en energía solar fotovoltaica, esta cantidad es similar a la invertida en 2022; en el caso de la eólica, es cuatro veces la cantidad invertida en 2022 (Figura 3.35). El gasto en redes eléctricas también debe superar los US\$ 25 000 millones durante el mismo período, lo que representa tres veces la inversión anual actual. Algunos de los aumentos más significativos son necesarios en los sectores de uso final, dada la baja participación de los vehículos eléctricos en el mercado y la falta de MEPS para electrodomésticos y aires acondicionados en muchos países de ALC en la actualidad. El promedio de inversión anual para mejorar la eficiencia de los edificios debe multiplicarse por 12; en el caso de los vehículos eléctricos, es necesario multiplicarlo por 60.

El escenario NZE también exige la movilización de mucho más capital privado: la inversión privada se duplica para 2030, impulsada por reformas en materia de políticas y normativas. Alrededor de 85 centavos por cada dólar invertido en energía en 2030 se gastan en activos de energía limpia, de los cuales alrededor del 70 % proviene de proveedores privados. Cada tipo de activo se financia a través de varios modelos de negocio, y aumentar la inversión en energía limpia implica movilizar una amplia variedad de fuentes de financiación e instrumentos para adaptarse a la estructura de capital de los diferentes proyectos y empresas de energía (Tabla 3.2).

**Figura 3.35** ▶ Inversión energética anual en energías limpias y fuentes de financiación en ALC en el escenario NZE, 2030



IEA. CC BY 4.0.

*La inversión en energía limpia debe aumentar con respecto a los niveles de 2022, particularmente en los usos finales, y la financiación del sector privado desempeña un papel importante*

Notas: VEs = vehículos eléctricos; TCM = tipo de cambio de mercado. La EE en edificios incluye la inversión incremental para edificios nuevos o renovados, como el cambio en el costo de los servicios (diseño, suministro e instalación) y productos (iluminación, electrodomésticos, equipos y materiales) que brindan un mejor desempeño en cuanto a eficiencia energética. En el gráfico de la izquierda, las barras representan las necesidades de inversión promedio anual entre 2026 y 2030 en el escenario NZE. Los valores de las barras muestran la comparación entre la inversión promedio correspondiente al período comprendido entre 2026 y 2030 y la inversión en 2022.

ALC ha atraído una mayor proporción de financiación de fuentes privadas que muchas economías de mercados emergentes y en desarrollo. La región abrió el camino para la creación de subastas a largo plazo para productores independientes de electricidad (IPP por sus siglas en inglés), predominantemente llevadas a cabo por empresas privadas, y para la privatización de la distribución (IEA, 2021d). Varios países, en particular Colombia, Brasil, Perú y Chile, también han logrado movilizar inversiones del sector privado en redes de transmisión a través de un modelo de negocios similar al de los IPP utilizado para la generación, con el apoyo fundamental de instituciones de financiación del desarrollo nacionales e internacionales. En Brasil, el desarrollo de la energía solar fotovoltaica y eólica a escala comercial se vio impulsado por el BNDES (el banco nacional de desarrollo), que proporcionó deuda concesional a largo plazo para los IPP. En Argentina, el programa de subastas RenovAR, apoyado por el Grupo del Banco Mundial, ha atraído US\$ 7 000 millones en casi 154 nuevos proyectos de energía renovable por un total de casi 5 GW, a pesar de las dudas del sector privado sobre los riesgos de inversión (Energy Green Map, 2023). El programa incluía un fondo para conceder préstamos, así como una garantía que cubría los riesgos de retraso o falta de pago por parte de la empresa de servicios públicos y de interrupción, y una garantía adicional del Banco Mundial para proporcionar un respaldo al fondo en caso de

riesgo de déficit. Hoy en día, la energía solar fotovoltaica y la eólica aportan el 12 % de la matriz de fuentes de generación de electricidad en Argentina, frente a aproximadamente el 1% de 2016.

**Tabla 3.2 ▶ Modelos de negocio y participación del sector privado en los principales activos de energías limpias**

Activos de energía limpia	Modelo de negocio y estructura de financiación más comunes	Participación del sector privado	Nivel de desarrollo en ALC
Energía solar fotovoltaica y eólica terrestre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarifa regulada o acuerdo de compra de energía eléctrica física a largo plazo, financiado por proyectos.</li> </ul>	Alta	En crecimiento a maduro
Energía eólica marina	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acuerdo de compra de energía eléctrica física a largo plazo o contrato por diferencias. Recientemente se han desarrollado más proyectos con producción de hidrógeno.</li> </ul>	Alta	Emergente
Redes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concesiones de toda la red gestionadas por entidad pública o privada.</li> </ul>	Baja a alta	Maduro
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyectos independientes de transmisión de electricidad (utilizados en diferentes países de ALC).</li> </ul>	Alta	Maduro
Combustibles de bajas emisiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con contratos subyacentes a largo plazo para exportación o uso interno, generalmente financiados mediante los balances.</li> </ul>	Alta	Emergente
Movilidad eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vehículos eléctricos financiados por hogares o empresas de transporte (públicas o privadas) a través del ahorro y la financiación al consumo.</li> </ul>	Media a alta	De emergente a en crecimiento
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilitación de infraestructura financiada principalmente por entidades o servicios públicos, financiada mediante los balances.</li> </ul>	Media a alta	De emergente a en crecimiento
Eficiencia energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>Financiado mediante los balances por el promotor o el inquilino, principalmente mediante financiación de capital.</li> </ul>	Baja a alta	De emergente a en crecimiento

Las mejoras en la eficiencia energética pueden ser una forma muy rentable de moderar el crecimiento de la demanda de energía y reducir las emisiones, pero suele ser difícil financiar dichas mejoras porque generalmente son de pequeña escala y, por lo tanto, implican costos de transacción relativamente altos. La falta de códigos de construcción estrictos y aplicados también es un impedimento importante para la inversión. A pesar de algunos avances, este es todavía un sector relativamente emergente en ALC. Colombia fue el país pionero en la región en desarrollar mecanismos para reducir los riesgos y los costos de financiación, aunque, en general, la inversión en eficiencia aún se enfrenta a obstáculos importantes (CEFIM, 2023).

### 3.9.2 Desafíos y formas de movilizar más inversiones

La región de ALC ofrece diferentes ventajas para los inversionistas en comparación con otros mercados emergentes y economías en desarrollo. En promedio, ALC obtiene puntuaciones

relativamente buenas en los índices internacionales de democracia. La región también se ubica por encima de muchas economías de mercados emergentes y en desarrollo en términos de estado de derecho, gobernanza y estabilidad política, aunque todavía se encuentra por debajo de la mayoría de las economías avanzadas. En el ámbito energético, varios países de ALC han llevado a cabo importantes reformas desde la década de 1990 para liberalizar el sector eléctrico, introducir más independencia reglamentaria y aumentar la competencia. Varios países también han privatizado los servicios públicos de electricidad. En general, la región ha asegurado un alto nivel de financiación privada para activos y empresas de energía en comparación con los mercados emergentes y las economías en desarrollo de Asia y África.

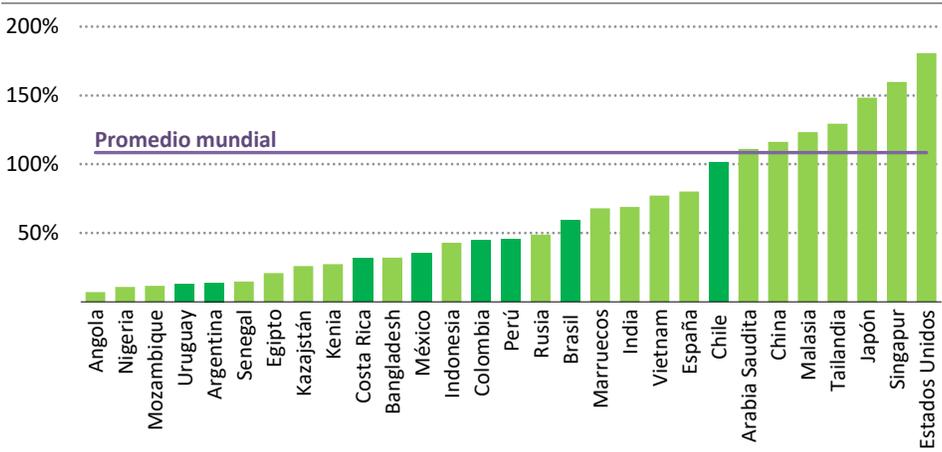
Un desafío particular para ALC es su historial de alta inflación y las elevadas tasas de interés y costos de capital asociados (véase el capítulo 1). Esto tiene dos consecuencias importantes para la región. En primer lugar, las tasas de interés son muy elevadas, lo que dificulta la rentabilidad de cualquier proyecto. En segundo lugar, la alta inflación viene acompañada de inestabilidad del tipo de cambio y costos de cobertura elevados, lo que se suma al desafío de garantizar flujos de efectivo predecibles en moneda fuerte. Las preocupaciones sobre el sobreendeudamiento y el bajo crecimiento económico a nivel interno también desalientan a los inversores y financistas en una región que en general se ha percibido que sufre un alto grado de inestabilidad política.

Además de estos problemas, la disponibilidad de crédito interno en la región es baja: a los ciudadanos les resulta difícil ahorrar dinero y los mercados de capitales no son ni muy profundos ni líquidos. El nivel de desarrollo del sistema financiero varía, pero la mayoría de los países de ALC tienen mercados de capital y sectores bancarios que están relativamente menos desarrollados que el promedio mundial (Figura 3.36). El acceso a la financiación en Chile, uno de los países de mayor ingreso de la región, es similar al promedio mundial, pero es la excepción y no la regla. En general, los países de ALC se encuentran en una mejor posición que los países africanos, pero peor que los países del sudeste asiático, una región que está más cerca de ALC en términos de PIB per cápita. Con la excepción de las energías renovables a escala comercial, los bancos locales a veces carecen de la capacidad de realizar un análisis de riesgos de los proyectos de energía limpia. Además, el crédito a los consumidores finales y a las pequeñas y medianas empresas (PYMES) suele verse limitado y, por lo general, no existen calificaciones crediticias. Todo esto genera tasas de interés elevadas para las PYMES. Por ejemplo, el diferencial de tipos de interés entre empresas más grandes y PYMES supera el 12 % en Brasil y Perú (IEA, 2021d).

Para subsanar el déficit de inversión, se necesitan soluciones que reduzcan los riesgos transversales y específicos de proyectos o sectores. El costo de capital refleja estos dos grupos de riesgos y se puede dividir en una tasa base (que incorpora las percepciones de riesgo de las condiciones generales de inversión en un país) y una prima (que cubre las percepciones de riesgo de la inversión específica). La reducción de la tasa base es un proyecto a largo plazo que va mucho más allá del sector energético y que puede exigir reformas estructurales a largo plazo. Sin embargo, la mejora de la disponibilidad y la asequibilidad de los instrumentos de cobertura podría ser una solución rápida para ayudar a reducir el riesgo cambiario y atraer más inversiones de capital extranjero en energía. Estos instrumentos ayudan a establecer el tipo de cambio entre, por ejemplo, los flujos de efectivo denominados en moneda local y los préstamos (o inversiones de

capital) en moneda fuerte durante un período definido, a cambio del pago de una tarifa de protección por parte de los inversores. Las alternativas de cobertura en la región tienden a ser para vencimientos cortos, poco líquidas —especialmente para algunas monedas— y costosas. La ampliación de las alternativas como el Currency Exchange Fund (TCX) sería un buen comienzo: se trata de un servicio mundial de cobertura cambiaria que ayuda a reducir el riesgo cambiario en países de ingreso bajo y medio bajo (incluidos varios países de ALC).

**Figura 3.36** ▶ **Indicador de desarrollo del sistema financiero correspondiente a determinados países como parte del PIB, 2017-2022**



IEA. CC BY 4.0.

*La mayoría de los países de ALC tienen mercados de capital y sectores bancarios que están menos desarrollados que el promedio mundial*

Notas: El indicador de desarrollo del sistema financiero muestra el promedio de la proporción del crédito privado con respecto al PIB y la proporción de la capitalización del mercado de valores con respecto al PIB durante los últimos cinco años. El promedio mundial está ponderado por el PIB.

Fuente: Análisis de la AIE basado en el FMI (IMF, 2023b), el Banco Mundial (World Bank) y la Federación Mundial de Bolsas (World Federation of Exchanges, 2023).

En términos de riesgos específicos del proyecto, las soluciones varían según la etapa de desarrollo del sector. En algunos sectores maduros, el desafío es lograr que los proyectos avancen rápidamente, por lo que mejorar los procesos y las aprobaciones de permisos y licencias es fundamental. Los gobiernos y las corporaciones también podrían iniciar o ampliar el uso de instrumentos financieros sostenibles para atraer deuda en moneda nacional y de fuentes locales e internacionales. Por ejemplo, el gobierno de Colombia emitió dos bonos verdes en 2021, seguidos de una Taxonomía Verde nacional en 2022. Los bonos verdes habían estimado «primas verdes» (una tasa de interés más baja que un bono estándar) de 7 y 15 puntos básicos cada uno. Alrededor del 40 % de los inversores eran nacionales, lo que demuestra su comodidad con este tipo de instrumento e indica que hay margen para un mayor uso de bonos verdes (IEA, 2023h).

Se necesita financiación concesional para los sectores menos maduros, así como para los países de ingreso bajo y aquellos con altos niveles de riesgo político percibidos. Alrededor del 5 % de la inversión necesaria en ALC en el escenario NZE para principios de la década de 2030 se realiza a través de fondos concesionales (IEA, 2023i). Junto con India, ALC es el segundo mayor receptor de este tipo de financiación. En África, que es el mayor receptor, los mercados de energía limpia están menos desarrollados, y se necesitan fondos concesionales para reactivar estos mercados mediante la reducción de riesgos y el desarrollo de proyectos. En ALC, la situación es diferente: estos fondos se necesitan principalmente para desempeñar un papel catalizador en la promoción de tecnologías más nuevas, como los combustibles de bajas emisiones, el almacenamiento a gran escala o la movilidad eléctrica. Por supuesto, la financiación en condiciones favorables por sí sola no resolverá todos los problemas; el aumento de la inversión privada depende de la seguridad normativa y reglamentaria, y los países también necesitan objetivos, procesos de adquisiciones y marcos contractuales claros para garantizar la viabilidad financiera en sectores emergentes como la energía eólica marina y la producción de hidrógeno verde.

Además, se necesitan soluciones adaptadas para aumentar la inversión en eficiencia energética. Los códigos de construcción y los estándares de desempeño son clave para mejorar la viabilidad financiera de los proyectos, pero también lo son los planes de certificación que brindan una evaluación independiente del desempeño energético de los edificios, lo que brinda confianza a los inversores. La agrupación de proyectos para ampliar su alcance y la ampliación de la financiación al consumo verde, por ejemplo, las hipotecas verdes, son otras formas de garantizar la inversión. Iniciativas como el programa Hipoteca Verde del Infonavit en México o el modelo de seguro de ahorro energético en Colombia son buenos ejemplos en los cuales se podrían inspirar otros programas. Bancóldex, un banco nacional de desarrollo, implementó el programa de Colombia y, posteriormente, el Banco Interamericano de Desarrollo, un banco regional, lo replicó.

Además, la disponibilidad y fiabilidad de los datos son fundamentales para mejorar la viabilidad financiera de proyectos. Sin datos fácilmente accesibles, detallados y fiables, los bancos, los inversores de capital y los promotores pueden tener dificultades para llevar a cabo la debida diligencia y es posible que no aprueben (o ni siquiera consideren) proyectos que de otro modo serían viables. Los gobiernos desempeñan un papel clave al proporcionar esta información y generar confianza en los inversores, especialmente entre los inversores extranjeros. Por ejemplo, la Federación de Industrias del Estado de Ceará, en el noreste de Brasil, elaboró un atlas eólico y solar muy detallado en 2019 que ayudó a atraer un gran volumen de inversión, posicionó al estado como un centro para la producción de hidrógeno verde e incentivó a que otros estados brasileños pusieran a disposición datos similares (IEA, 2023i).



## Implicaciones para las transiciones a nivel global y la seguridad energética

### RESUMEN

- La región de América Latina y el Caribe (ALC) representa actualmente solo el 6 % de la demanda mundial de energía, un porcentaje que aumenta al 7 % en 2050 en el Escenario de Compromisos Anunciados (APS). Sin embargo, juega un rol más significativo en las energías renovables. ALC representa el 14 % del uso mundial de energías renovables y depende en gran medida de la energía hidroeléctrica y la bioenergía. Sus amplios recursos solares y eólicos le permiten contribuir con el 8 % del aumento global de las energías renovables para 2050 en el APS.
- ALC está preparada para hacer una contribución significativa a la transición energética global. En el APS, representa casi el 10 % de la reducción global de la demanda de petróleo hasta 2050 y alrededor del 5 % de la caída de la demanda de gas natural. La disminución del uso de combustibles fósiles en ALC reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en aproximadamente 860 millones de toneladas (Mt) entre 2022 y 2050. Esta disminución implica una reducción a la mitad de sus emisiones en comparación con los niveles de 2022, con una nueva reducción en su intensidad, que ya es inferior a la media.
- Los bosques y el uso del suelo en ALC desempeñan una función vital a la hora de contribuir a la mitigación del cambio climático, el almacenamiento de carbono y la preservación de la diversidad biológica. La región fue testigo de una importante pérdida de la cubierta forestal entre 2000 y 2020. En el APS, los compromisos dan lugar a una reducción del 80 % en la deforestación de los bosques primarios para 2030 y un crecimiento forestal neto de 100 millones de hectáreas para 2050. El cese casi total de la deforestación es responsable de más de dos tercios de la reducción de las emisiones derivadas del uso del suelo y la agricultura para 2030, y el uso del suelo se convierte en un sumidero neto de gases de efecto invernadero para 2030, de modo que elimina alrededor de 1 600 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente al año para 2050, al tiempo que la detención prácticamente por completo de la deforestación y la forestación en Brasil y México desempeñan una función clave.
- ALC juega un papel crucial para mejorar la seguridad energética global con un suministro diversificado de combustibles fósiles. Debido a los recientes descubrimientos de petróleo y los planes de expansión, Guyana y Brasil presentan incrementos particularmente contundentes de la producción, ya que se prevé que registrarán las dos tasas de crecimiento más altas del mundo hasta 2035 en el APS. Argentina puede expandir de manera significativa su producción de gas natural, lo que compensa la reducción de la producción en otros países de ALC, en especial en Trinidad y Tobago.
- Dados los excelentes recursos de energías renovables en la región, ALC tiene el potencial de convertirse en un importante productor y exportador de hidrógeno de bajas emisiones. Se espera que aumente su participación en la producción mundial de hidrógeno y que se

convierta en un importante exportador neto de hidrógeno de bajas emisiones y combustibles basados en el hidrógeno para 2050 en el APS. El desarrollo de una producción de amoníaco de bajas emisiones y de hierro bajo en carbono de carácter competitivo en lo que a los costos se refiere podría impulsar aún más la reindustrialización de la región y atraer la inversión extranjera.

- ALC tiene más oportunidades de mejorar su desarrollo económico y apoyar las transiciones energéticas limpias a nivel global mediante el suministro de minerales críticos como el cobre, el níquel, el litio y los elementos de tierras raras. Se prevé que las exportaciones de cobre y litio serán particularmente importantes en los próximos años.

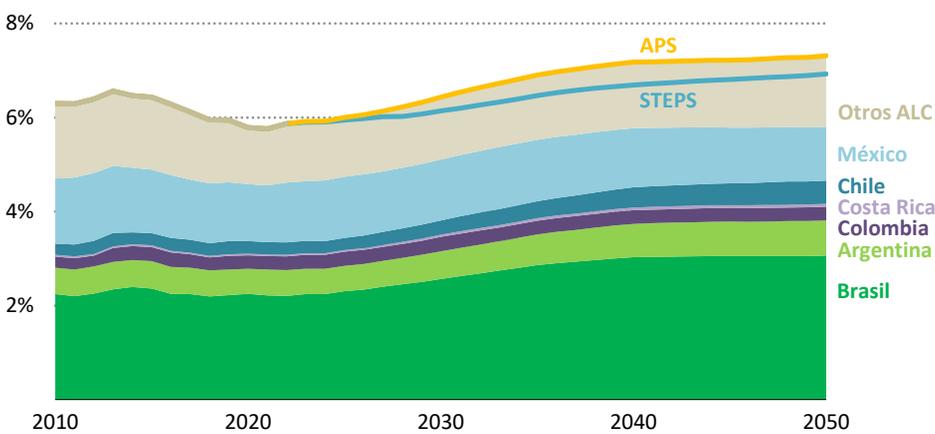
## 4.1 El rol de América Latina y el Caribe en la configuración de las tendencias energéticas mundiales

### 4.1.1 Demanda de energía

La región de América Latina y el Caribe (ALC) representa una proporción relativamente pequeña de la demanda energética mundial, pero puede desempeñar un papel importante en las transiciones energéticas globales. Hoy en día, representa el 6 % de la demanda energética mundial. Se espera que la demanda de energía de ALC aumente alrededor de un 1 % anual en promedio hasta 2050 (Figura 4.1). Por consiguiente, su participación en la demanda total de energía primaria aumenta al 7 % aproximadamente en 2050 tanto en el Escenario de Políticas Declaradas (Stated Policies Scenario o STEPS) como en el Escenario de Compromisos Anunciados (Announced Pledges Scenario o APS). Brasil, México y Argentina son los mayores consumidores de energía de la región: su demanda energética combinada aumenta del 4 % del suministro mundial de energía primaria en 2022 a alrededor del 5 % en ambos escenarios en 2050.

ALC dispone de abundantes recursos naturales para satisfacer esta demanda. Estos incluyen importantes reservas de gas natural en Argentina y Venezuela, reservas de petróleo en Venezuela, Brasil, México, Argentina y Guyana, y reservas de carbón en Brasil y Colombia. Además, existen diversos recursos de energías renovables de carácter vasto. ALC lleva mucho tiempo utilizando ampliamente energías renovables, representando el 14 % del suministro mundial de energía renovable en 2022, en comparación con apenas un 6 % del suministro total mundial de energía primaria. La bioenergía y la energía hidroeléctrica han sido piedras angulares de la matriz energética de ALC, que alberga cuatro de las diez instalaciones hidroeléctricas más grandes del mundo. En 2022, ALC representó el 18 % de la generación mundial de electricidad a partir de energía hidroeléctrica y el 22 % de la producción de bioenergía. La región también cuenta con importantes recursos eólicos para explotar, sobre todo en la Patagonia y el norte de Brasil, y recursos solares en Chile y todo a lo largo del continente.

**Figura 4.1** ▶ Participación de ALC en el suministro total de energía a nivel mundial por país y escenario, 2010-2050



IEA. CC BY 4.0.

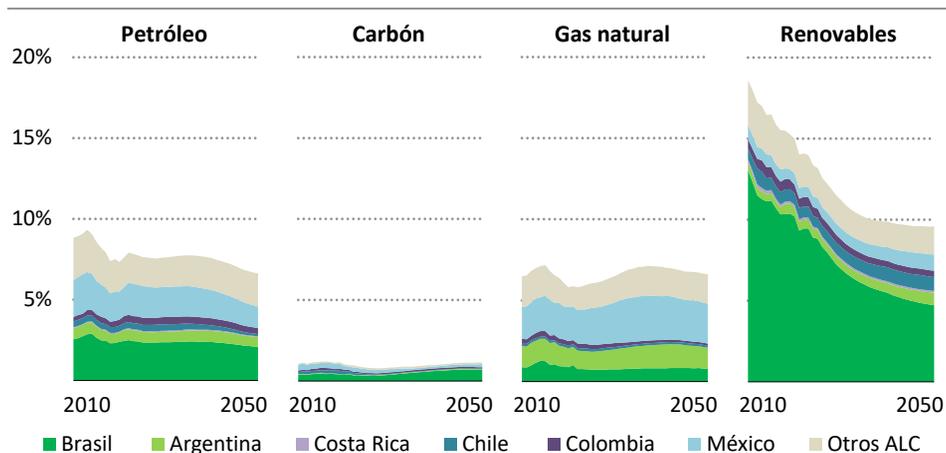
*Los países de ALC representan en promedio el 6 % del suministro total de energía primaria del mundo, siendo los mayores consumidores Brasil y México, que representan el 60 % de la región*

Nota: STEPS = escenario de políticas declaradas; APS = escenario de compromisos anunciados.

La energía renovable seguirá revistiendo una importancia crítica en la región y, en el APS, el suministro de energía renovable se triplica de 2022 a 2050. Si bien los límites inherentes a su uso sostenible implican que el crecimiento de la energía hidroeléctrica se verá más restringido que en el pasado, las energías eólica y solar de bajo costo están cobrando impulso rápidamente, y la bioenergía se mantiene en una senda de crecimiento constante. Las transiciones energéticas limpias están aumentando con rapidez el uso de las energías renovables en todo el mundo, por lo que la participación de ALC en el suministro global de energías renovables disminuye del 14 % actual a aproximadamente el 9 % en el STEPS y el 10 % en el APS para 2050 (Figura 4.2). En cualquier caso, ALC se convertirá en un actor de mayor relevancia en la energía renovable mundial de lo que cabría pensar dado el tamaño de su economía regional.

A pesar de la dotación de recursos de combustibles fósiles, la proporción de su uso en la demanda total de energía de ALC es relativamente moderada. Hoy en día, los combustibles fósiles representan dos tercios de la matriz energética de ALC. En el APS, esta cifra cae al 57 % en 2030 y al 28 % en 2050. En el Escenario de Emisiones Netas Cero para 2050 (Net Zero Emissions by 2050 Scenario o NZE), ALC depende de los combustibles fósiles para cubrir el 50 % de sus necesidades energéticas en 2030, cifra que se reduce a menos del 10 % en 2050.

**Figura 4.2** ▶ Participación de ALC en el suministro total de energía a nivel mundial por fuente y país en el escenario de compromisos anunciados, 2010-2050



IEA. CC BY 4.0.

*ALC desempeña una importante función en el suministro global de energía renovable, aunque la participación disminuye a medida que otras regiones del mundo se apresuran a ponerse al día*

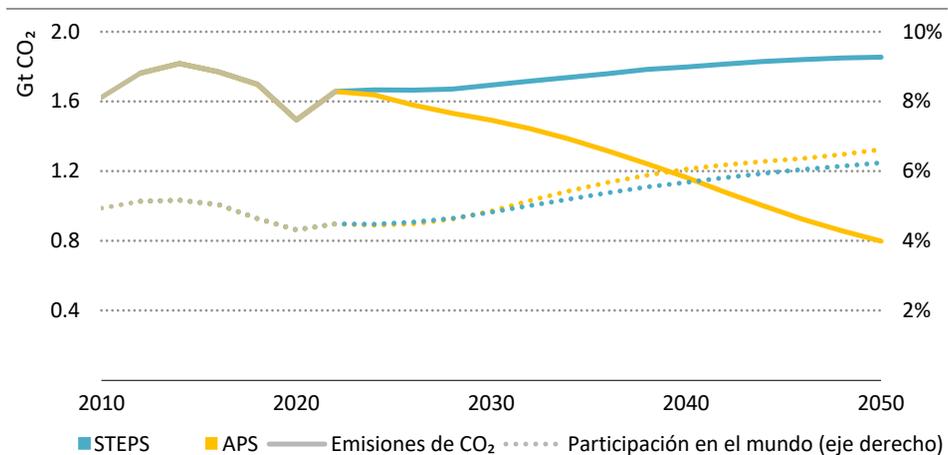
En 2022, ALC representó casi el 8 % del consumo mundial de petróleo y el 6 % del consumo total mundial de gas natural. Brasil y México son los dos mayores consumidores de petróleo de la región, lo que refleja principalmente sus economías sólidas y la demanda de combustible para el transporte terrestre. México y Argentina son los dos principales consumidores de gas natural y representan el 2 % y el 1 % de la demanda mundial de gas natural, respectivamente. En el STEPS, la demanda de gas natural en ALC aumenta en los próximos años y se estabiliza a largo plazo en un nivel más de un 15 % superior al de 2022, y mantiene una participación estable del 7 % del total mundial aproximadamente. En el APS, la demanda de gas natural disminuye de manera gradual hasta el 65 % del nivel de demanda de 2022 para 2050, lo que representa más del 6 % del total mundial.

En la actualidad, el consumo de carbón en ALC representa el 1 % de la demanda global total. El carbón desempeña una función menor en el panorama energético de la región con respecto al resto del mundo. Brasil presenta la mayor proporción de la demanda de carbón en la región, sobre todo para la producción de acero, que aumenta tanto en el STEPS como en el APS. Sin embargo, la región todavía tiene un efecto marginal a nivel mundial en términos de participación global de consumo de carbón.

### 4.1.2 Emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía

Las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en ALC caen más de un 50 % en el APS entre 2022 y 2050 debido a una mayor electrificación en los sectores de uso final y a un incremento rápido y continuo de la participación de energías renovables en la matriz de generación eléctrica. Sin embargo, la participación de ALC en las emisiones globales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía aumenta de menos del 5 % actual a casi el 7 % en 2050 a medida que otras partes del mundo se descarbonizan de un modo más rápido (Figura 4.3), lo que refleja el desafío de perseguir la descarbonización y, al mismo tiempo, intentar generar crecimiento económico. Aun así, la participación de ALC en las emisiones globales sigue siendo menor que su porcentaje en la población mundial. En el STEPS, las emisiones de la región continúan aumentando en términos absolutos y como porcentaje de las emisiones globales, pero el crecimiento anual promedio es inferior al 0,5 % y las emisiones per cápita se mantienen prácticamente constantes en alrededor de 2,5 toneladas de dióxido de carbono (t CO<sub>2</sub>) al año entre 2022 y 2050.

**Figura 4.3** ▶ Emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en ALC y participación de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, 2010-2050



IEA. CC BY 4.0.

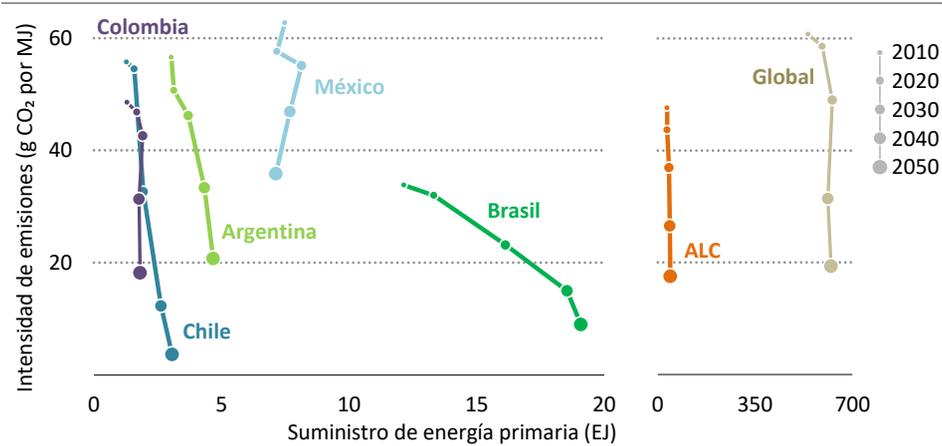
**ALC es responsable de menos del 7 % de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía entre 2022 y 2050 en ambos escenarios; en el APS, las emisiones de CO<sub>2</sub> caen más de un 50 % para 2050**

Nota: Gt CO<sub>2</sub> = gigatoneladas de dióxido de carbono.

Como región, ALC ya es una de las economías menos intensivas en emisiones del mundo. La intensidad de CO<sub>2</sub> de su consumo energético fue un 24 % inferior a la media mundial en 2022, y esta tendencia continúa hasta 2030 tanto en el STEPS como en el APS. Para 2050, ALC estará un 10 % por debajo del promedio mundial. Brasil, que ya es el país menos intensivo en emisiones de la región, logra una reducción adicional del 30 % para 2030 en el APS (Figura 4.4). Por su parte, Chile presenta una reducción del 35 %, la mayor de la región: esto refleja la puesta en práctica de

una serie de medidas efectivas de eficiencia energética, la electrificación y una disminución sustancial del 85 % en la generación de electricidad mediante carbón con un objetivo de eliminación gradual de este a más tardar en 2040. México y Colombia reducen la intensidad de sus emisiones en un 7 % y un 8 % respectivamente para 2030, cifra inferior al promedio del 17 % de la región. Argentina logra avances constantes para reducir la intensidad de las emisiones, con disminuciones más pronunciadas en las emisiones por unidad de energía utilizada que en Colombia y México para 2030, aunque menos pronunciadas que en Chile.

**Figura 4.4 ▶ Intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> del suministro de energía primaria en ALC en el escenario de compromisos anunciados, 2010-2050**



IEA. CC BY 4.0.

*Las mejoras en la intensidad de las emisiones logradas en la mayoría de los países de ALC se ajustan al promedio mundial o lo superan*

Nota: g CO<sub>2</sub> = gramos de dióxido de carbono; MJ = megajulio; EJ = exajulio.

### 4.1.3 Emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del uso del suelo y la agricultura

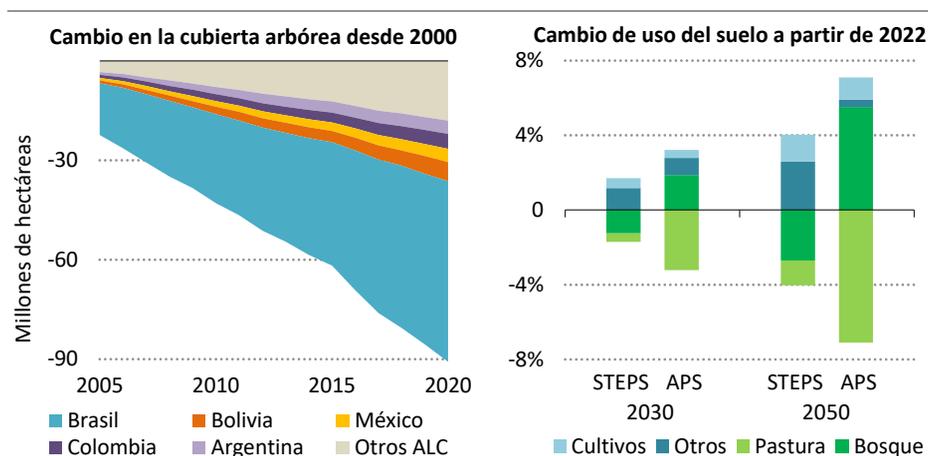
El uso del suelo y la agricultura desempeñan una función fundamental en la contribución de América Latina y el Caribe a las iniciativas globales de mitigación ligadas al clima. Esto se debe a que el sector del uso del suelo en ALC, actualmente responsable de alrededor de una cuarta parte de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> por el uso del suelo, tiene el potencial de convertirse en un importante sumidero de carbono en el futuro.

Alrededor de una cuarta parte de los bosques del mundo se encuentran en ALC, de los cuales casi el 40 % es selva pluvial primaria<sup>1</sup>. El bosque primario es particularmente importante en muchos

<sup>1</sup> Los bosques primarios son bosques regenerados naturalmente de especies de árboles autóctonos donde no hay indicios claramente visibles de actividad humana y los procesos ecológicos no se alteran de forma significativa.

sentidos. Desde una perspectiva climática, puede almacenar entre un 30 % y un 70 % más de carbono por unidad de superficie que los bosques talados y degradados, y las pérdidas resultan especialmente peligrosas: la deforestación y la degradación de la selva pluvial primaria podrían desencadenar cambios irreversibles en los patrones climáticos locales, lo que llevaría al colapso total de los ecosistemas forestales y, a su vez, podría empujar el clima hacia un punto de inflexión (Keith et al., 2014); (International Action for Primary Forest, 2017); (Armstrong McKay et al., 2022). La selva amazónica tiene un valor insustituible en términos de diversidad biológica (contiene alrededor de una cuarta parte de todas las especies terrestres), además de ser el hogar de diferentes comunidades indígenas (Barlow et al., 2018).

**Figura 4.5** ▶ Cambio en la cubierta forestal desde el año 2000 por país y cambio en el uso del suelo por escenario



IEA. CC BY 4.0.

**La pérdida de cubierta forestal, principalmente de selva pluvial primaria, se ha acelerado desde 2015; en el STEPS, continúa la deforestación; en el APS, los pastos se convierten en bosque secundario y tierras de cultivo**

Nota: La cubierta forestal representa el 50 % de la densidad del dosel forestal.

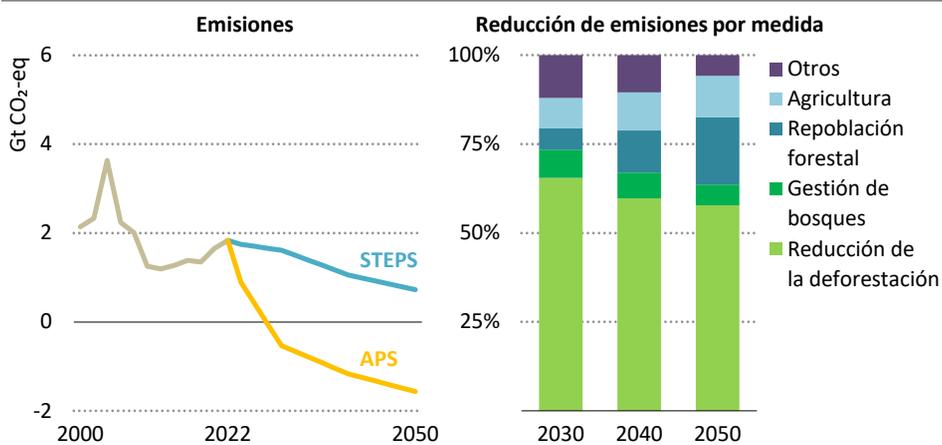
Fuentes: Global Forest Watch (Global Forest Watch, 2023) y modelización del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) para la AIE.

La cubierta forestal en ALC se redujo en 90 millones de hectáreas (Mha), aproximadamente el tamaño de Francia y Alemania juntas, entre 2000 y 2020. La tala de árboles en Brasil representa alrededor del 60 % del área total perdida, pero también ha habido pérdidas significativas en Bolivia y Colombia (Figura 4.5). La deforestación se ha acelerado en los últimos años, sobre todo en Brasil, donde, en 2022, alcanzó el nivel máximo registrado en 15 años, 11 Mha, lo que equivale a unos 30 campos de fútbol por minuto. Alrededor del 40 % de las tierras anteriormente forestales en ALC se ha convertido en pastos, y el 35 % en tierras de cultivo, casi la mitad de las cuales se destinan al cultivo de cereales para alimentar animales (OECD-FAO, 2022). Gran parte de esto se debe a las exportaciones de carne vacuna al resto del mundo, que se han cuadruplicado desde el

año 2000 y ahora representan una cuarta parte de la producción de carne vacuna en ALC (OECD-FAO, 2022).

En el STEPS, la deforestación neta continúa a una tasa promedio de alrededor de 1,7 Mha al año hasta 2050; aproximadamente la mitad de la tierra despejada se utiliza para cultivos adicionales y otros usos de la tierra, y la otra mitad, para ganadería, minería y tala ilegal. Las perspectivas son muy diferentes en el APS. Alrededor del 85 % de los bosques de ALC se encuentran en países cuyos gobiernos han firmado la Declaración de los Dirigentes de Glasgow sobre los Bosques y el Uso de la Tierra, cuyo objetivo consiste en detener y revertir la deforestación y la degradación de la tierra para 2030 (United Kingdom Government, 2021)<sup>2</sup>. Estos signatarios representan casi el 90 % del área total deforestada en ALC desde el año 2000 (Global Forest Watch, 2022). En el APS, se asume que cumplirán sus compromisos de forma íntegra y puntual, y, por lo tanto, la deforestación de bosque primario se reduce en este escenario en casi un 80 % para 2030; esto va acompañado de la forestación y reforestación, con un crecimiento neto de los bosques de 100 Mha para 2050 con respecto a 2022, gran parte de ellos en antiguas tierras de pastoreo.

**Figura 4.6** ▶ **Emisiones de GEI derivadas del uso del suelo y la agricultura en el STEPS y el APS, y reducciones de las emisiones por medida en el APS, 2022-2050**



IEA. CC BY 4.0.

*Las emisiones derivadas del uso del suelo y la agricultura alcanzan cero emisiones netas para 2030 en el APS, sobre todo por la reducción de la deforestación*

Notas: Gt CO<sub>2</sub>-eq = gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente. Otros = cultivos bioenergéticos y otras conversiones del uso del suelo.

<sup>2</sup> Existe ambigüedad sobre si la Declaración de los Dirigentes de Glasgow sobre los Bosques y el Uso de la Tierra tiene como objetivo detener la pérdida forestal bruta o neta. Las previsiones de esta sección se ajustan a la detención de la deforestación neta para 2030 entre los países signatarios.

Las diferentes perspectivas para el uso del suelo descritas en el STEPS y el APS generan diferencias significativas en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los escenarios. Las emisiones de GEI derivadas del uso del suelo y la agricultura representan actualmente en promedio algo menos de la mitad de las emisiones de GEI de toda la economía de ALC, pero, en algunos países, ese valor aumenta a dos tercios (SIRENE, 2023). En el STEPS, las emisiones del uso del suelo y de la agricultura caen ligeramente hasta 2030; su disminución es más pronunciada a partir de entonces, debido principalmente a una reducción de la deforestación, cuyas emisiones bajarán un tercio en 2050 con respecto a los niveles de 2022 (Figura 4.6).

Por el contrario, en el APS se produce una fuerte caída en las emisiones de GEI derivadas del uso del suelo y la agricultura en ALC, que llegan al cero neto para 2030. Esto refleja los compromisos multilaterales, en particular la Declaración de los Dirigentes de Glasgow sobre los Bosques y el Uso de la Tierra. También tiene en cuenta el papel del uso del suelo en las contribuciones determinadas a nivel nacional de algunos países. Algunos ejemplos son la Ley Marco de Cambio Climático de Chile y legislaciones como la Política Nacional para el Control de la Deforestación y la Gestión Sostenible de los Bosques de Colombia, que apunta a una reducción de las tasas de deforestación (Government of Chile, 2022); (Government of Colombia, 2020).

En el APS, se combinan diversas prácticas mejoradas de uso del suelo para lograr reducciones de las emisiones de GEI. La más importante de ellas es el cese casi total de la deforestación, que es responsable de dos tercios de las reducciones de emisiones de GEI relacionadas con el uso del suelo hasta 2030, y la mayoría de las reducciones restantes se derivan de la mejora de la gestión forestal, de otros cambios en el uso del suelo (como la conversión de pastos en tierras de cultivo) y de las mejores prácticas y tecnologías agrícolas (como una mejor producción de arroz, una mejor gestión del estiércol, la gestión de los nutrientes de los cultivos y una mejor composición de los piensos para animales). Para 2050, el sector agrícola y de uso del suelo elimina de la atmósfera alrededor de 1 600 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Gt CO<sub>2</sub>-eq) al año. La deforestación evitada representa más de la mitad de la reducción de las emisiones de GEI derivadas del uso del suelo entre 2022 y 2050, pero las labores de forestación en las décadas de 2030 y 2040 comienzan a dar sus frutos en términos de eliminación del CO<sub>2</sub> para 2050, de modo que representan alrededor del 20 % de las reducciones en el APS para 2050.

Se han establecido planes de forestación y reforestación en Perú, México, Ecuador y otros países, con el respaldo de una combinación de financiación de organizaciones no gubernamentales y programas respaldados por gobiernos, como los establecidos en el marco del Desafío de Bonn, un objetivo global de restaurar 150 Mha de paisajes degradados y deforestados para 2020 y 350 Mha para 2030. Se forestan en promedio 3,3 Mha al año en el período comprendido entre 2022 y 2050 en el APS. Más del 85 % de la forestación se lleva a cabo en Brasil y México, la mayor parte en tierras que anteriormente se utilizaban para pastos y gracias a mejoras en la gestión de la tierra y el manejo de los pastos.

## 4.2 El rol de ALC en alcanzar las transiciones energéticas a nivel global y el respaldo a la seguridad energética

### 4.2.1 Diversidad del suministro de combustibles fósiles

La diversidad del suministro de combustibles fósiles ha sido durante mucho tiempo un motivo de preocupación central para la seguridad energética. Un conjunto más diverso de proveedores refuerza la seguridad energética al hacer que los mercados energéticos sean más resilientes a perturbaciones de todo tipo. La invasión rusa de Ucrania y la posterior agitación en los mercados energéticos mundiales subrayaron la importancia de este aspecto. La seguridad energética es una cuestión crucial para todos los países, y las recientes perturbaciones y subidas de precios en los mercados de combustibles fósiles han generado un renovado interés por parte de los países importadores en el posible desarrollo de una gama más diversa de proveedores.

Esto brinda una gran oportunidad para que los países de ALC impulsen sus economías utilizando los recientes descubrimientos de recursos, en particular de petróleo, para diversificar el suministro global. Sin embargo, la posibilidad de los proyectos de petróleo y gas adicionales conlleva importantes salvedades y condiciones. La demanda futura de combustibles fósiles varía según el escenario, pero no se necesitan nuevos proyectos convencionales de petróleo y gas a largo plazo para su desarrollo después de 2023 si el mundo logra reducir dicha demanda con la velocidad suficiente como para alcanzar las cero emisiones netas al 2050, como en el escenario NZE. Cualquier proyecto nuevo se enfrentaría a riesgos comerciales importantes, y cualquier país o empresa que decida emprenderlos debe reconocer que quizás no recupere sus costos iniciales.

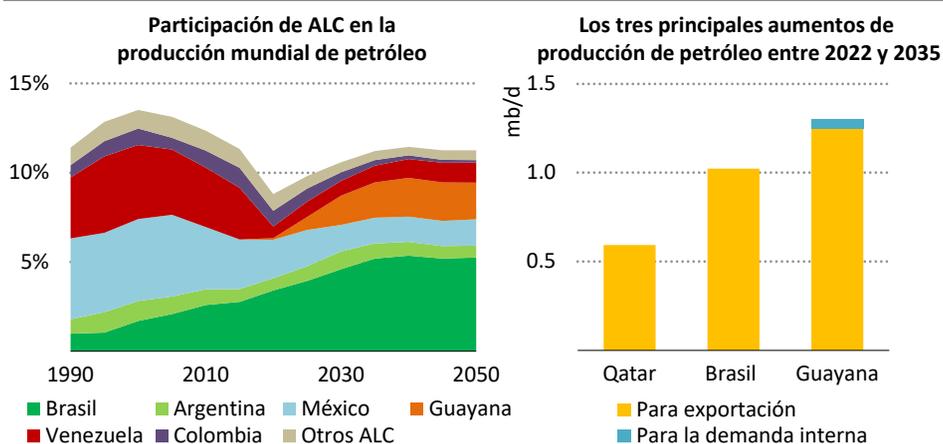
#### *Petróleo*

En el APS, los niveles de demanda de combustibles fósiles y las condiciones del mercado colocan a los países de ALC en condiciones de desempeñar un papel cada vez mayor en la producción y el comercio mundiales del petróleo. En este escenario, Brasil y Guyana representan el segundo y tercer mayor aumento de las exportaciones netas de petróleo del mundo hasta 2035, solo detrás de los Estados Unidos. ALC ya es un exportador neto de petróleo y, en 2022, envió 0,6 millones de barriles al día (mb/d) a los mercados extranjeros, lo que representa alrededor del 0,6 % de la producción mundial de petróleo. El crecimiento de la producción y las exportaciones de petróleo en el APS no alcanza las proyecciones del STEPS, donde la región aumenta las exportaciones netas a casi 3 mb/d hasta 2035, pero continúa siendo significativo: los aumentos de la producción de petróleo en ALC superan el crecimiento regional de la demanda de petróleo en el APS, lo que impulsa las exportaciones netas a más de 2 mb/d en 2035, o alrededor del 3 % del suministro mundial de petróleo.

Guyana aumenta la producción de petróleo en más de 1 mb/d de 2022 a 2035 en el APS. Se trata del mayor aumento en el mundo durante ese período y es casi equivalente al aumento general de la producción de petróleo de los Emiratos Árabes Unidos durante los últimos 12 años (Figura 4.7). Esto es posible gracias al descubrimiento masivo de reservas de petróleo en alta mar desde 2015, por el cual Guyana contribuye con alrededor del 20 % del total del petróleo crudo mundial descubierto entre 2015 y 2023. Con una población de menos de 1 millón de habitantes, casi toda

la producción petrolera adicional de Guyana estará disponible para la exportación. El aumento de las exportaciones de petróleo mejorará la diversidad del suministro de petróleo en el mundo y brinda una gran oportunidad para el desarrollo del país. Las exportaciones netas de petróleo de Guyana se cuadruplicaron entre 2020 y 2022, y aproximadamente la mitad de los cargamentos entregados en 2022 se dirigieron a Europa para ayudar a reemplazar el petróleo ruso, además de a Estados Unidos y a importadores de ALC.

**Figura 4.7** ▶ Participación de ALC en la producción mundial de petróleo, 1990-2050, y tres principales aumentos de la producción de petróleo en el APS, 2022-2035



IEA. CC BY 4.0.

*Guayana y Brasil son los dos principales países del mundo en cuanto a crecimiento de la producción de petróleo hasta 2035: su producción combinada aumenta aproximadamente en 2,5 mb/d, la mayor parte de la cual se exporta*

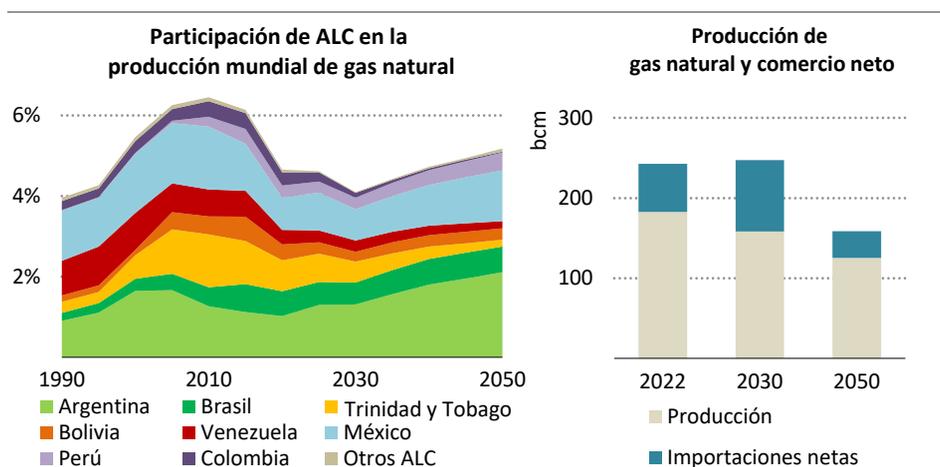
Brasil representa el segundo mayor aumento de la producción de petróleo en el mundo hasta 2035 en el APS. Brasil aumenta la producción de petróleo en 1 mb/d durante ese período, casi un 75 % más que Qatar (que ocupa el tercer lugar en términos de crecimiento de la producción). Toda esta producción adicional de Brasil se destina a la exportación. Brasil ha sido el mayor productor de petróleo en ALC desde 2016, después de superar a Venezuela y México, y continúa siéndolo hasta 2050 en el APS, donde representa alrededor del 5 % de la producción global entre 2030 y 2050. Brasil exporta petróleo desde hace muchos años y, en 2022, sus principales mercados de exportación fuera de ALC fueron la Unión Europea, Estados Unidos y China.

Argentina podría potencialmente aumentar su producción de petróleo, dependiendo de las condiciones del mercado y los costos de producción del petróleo de formaciones compactas. Venezuela también podría hacerlo si hay avances significativos en la normalización de la actual situación internacional.

## Gas natural

En el APS, ALC sigue siendo un importador neto de gas natural, aunque los volúmenes disminuyen drásticamente después de 2030, reduciendo así las importaciones en más de 50 000 millones de metros cúbicos. La demanda de gas natural en la región disminuye en promedio un 1,5 % anual hasta 2050, y la producción cae con el tiempo de casi 185 000 millones de metros cúbicos en 2022 a 125 000 millones de metros cúbicos en 2050. Dado que la producción mundial de gas natural también cae durante este período, la participación de la región en el total mundial se mantiene estable en el 5 % aproximadamente hasta 2050.

**Figura 4.8 ▶ Participación de ALC en la producción mundial de gas natural, 1990-2050, y producción y comercio neto de gas natural en el APS, 2022-2050**



IEA. CC BY 4.0.

*La producción de gas natural aumenta en Argentina, lo que compensa en parte las reducciones en otras partes de la región, de modo que la participación de ALC en la producción mundial se mantiene alrededor del 5 %*

Nota: bcm = miles de millones de metros cúbicos.

Entre 2022 y 2030, Argentina aumenta la producción alrededor de un 15 % en el APS, mientras que la mayoría de los demás países de ALC reducen su producción (Figura 4.8). Trinidad y Tobago es el tercer mayor productor de gas natural de la región y un importante exportador de gas natural licuado (GNL), con cargamentos destinados a Europa, importadores de ALC y otros mercados, pero, en 2022, su producción estuvo un 20 % por debajo del máximo reciente registrado en 2019, al tiempo que cae otro 30 % para 2030. El reducido volumen de las exportaciones de GNL de Trinidad y Tobago en los próximos años supone un desafío para el desarrollo del país. La producción de gas natural de Brasil se estabiliza a corto plazo en el APS, mientras que, en Colombia, la producción de gas disminuye.

Entre 2030 y 2050, las importaciones netas de gas natural en ALC caen bruscamente en el APS, ya que la demanda se reduce en mayor medida que la producción. Argentina y México son los únicos productores importantes de la región que registran un aumento de la producción durante ese período.

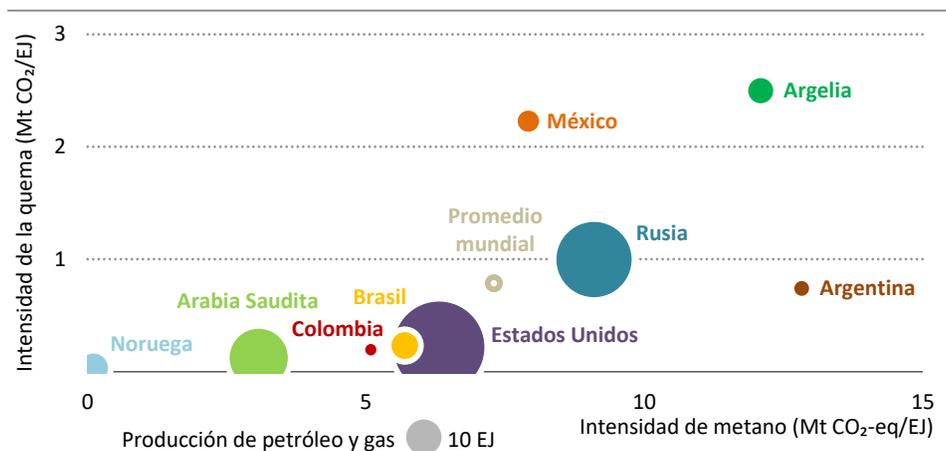
En el STEPS, la demanda de gas natural en la región continúa aumentando en promedio un 0,5 % anual y las importaciones netas regionales se incrementan la mitad hasta 2050. ALC satisface su demanda adicional principalmente con importaciones, en lugar de con una mayor producción dentro de la región, en particular debido a una disminución significativa de la producción en Trinidad y Tobago. Argentina aumenta su producción aproximadamente un 70 % para 2050, mientras que Brasil incrementa su producción un 20 %, más que el incremento de la demanda interna. Perú presenta una producción estable en líneas generales, mientras que otros productores como Venezuela y Bolivia experimentan caídas significativas.

### *Emisiones procedentes del metano y la quema en antorcha*

Las emisiones de metano relacionadas con las operaciones de petróleo y gas natural en ALC representaron alrededor del 10 % del total global de la industria en 2022. La participación de ALC en las emisiones mundiales de metano fue mayor que su participación en el suministro global de petróleo y gas, que ascendió al 7 %. Varios productores importantes de ALC presentan altas intensidades de emisiones de metano. En comparación con la intensidad promedio mundial de metano de aproximadamente 7 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente por exajulio (Mt CO<sub>2</sub>-eq/EJ) de producción de petróleo y gas, la de Venezuela fue cinco veces mayor en 2022, y en Argentina, alrededor de un 75 % mayor (Figura 4.9). La quema en antorcha también es una fuente de emisiones en la región. En comparación con el promedio mundial de operaciones de petróleo y gas de 0,8 Mt CO<sub>2</sub>/EJ en 2022, en México fue casi tres veces mayor, y en Venezuela, once veces mayor. Colombia y Brasil son excepciones notables: sus resultados en ambos parámetros de medición son relativamente buenos, y las comparaciones con el promedio mundial resultan favorables para los dos países.

Todos los principales productores de ALC, excepto Venezuela, han firmado el Compromiso Mundial sobre el Metano, lo que pone de manifiesto su compromiso de abordar las emisiones de metano. México y Argentina también participan en la Vía Energética del Compromiso Mundial sobre el Metano, que anima a todas las naciones a capturar el máximo potencial de mitigación rentable de metano en el sector del petróleo y el gas, y a eliminar la quema rutinaria en antorcha lo antes posible y para 2030 a más tardar. Si todos los países de la región atendieran este llamamiento, podrían eliminar más de 6 millones de toneladas de emisiones de metano y alrededor de 35 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> al año. Además de los beneficios en materia de emisiones, esto permitiría disponer de más de 25 000 millones de metros cúbicos de gas natural, lo que podría ayudar a impulsar la seguridad energética y reducir la dependencia de la región de las importaciones de gas natural. Hay una serie de medidas que los productores pueden tomar para lograr estas reducciones (véase el capítulo 3, sección 7).

**Figura 4.9** ▶ Producción de petróleo y gas para determinados productores con metano asociado e intensidades de quema en antorcha, 2022



IEA. CC BY 4.0.

**Hay margen para importantes reducciones de emisiones en la industria del petróleo y el gas en ALC, al reducir la quema en antorcha y poner en práctica medidas de mitigación del metano**

Notas: Mt CO<sub>2</sub>/EJ = millones de toneladas de dióxido de carbono por exajulio. Se considera que una tonelada de metano equivale a 30 toneladas de CO<sub>2</sub> según el potencial de calentamiento global de 100 años (IPCC, 2021).

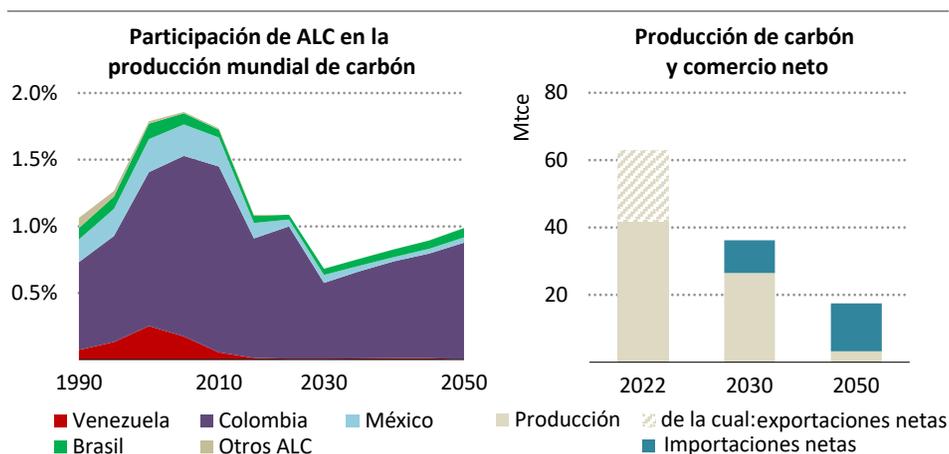
### Carbón

ALC no es un usuario significativo de carbón a escala global, y así continúa durante el período de las prospectivas (figura 4.10). En 2022, ALC representó el 1 % de la producción mundial total de carbón (medida en términos de energía) y de la demanda de carbón. Se prevé que el consumo de carbón disminuirá de manera marginal en el STEPS, y el crecimiento de la demanda en la producción de acero y cemento compensará en parte la caída de la demanda en el sector eléctrico, pero la participación de ALC en el consumo mundial de carbón para 2050 se mantendrá cerca o alrededor del 1 %. El consumo disminuye en el APS algo menos que el promedio mundial y cae un 80 % para 2050 en el escenario NZE. La producción de carbón en ALC disminuye más rápido que el promedio mundial y cae hasta el 0,2 % aproximadamente en el APS.

Colombia es, de lejos, el mayor productor de carbón de ALC. En 2022, produjo alrededor de 55 millones de toneladas equivalentes de carbón (Mtce), aproximadamente el 90 % del total de la región, lo que la convierte en uno de los diez mayores productores de carbón del mundo. La gran mayoría del carbón se destina a la exportación, sobre todo a Europa. Colombia es actualmente el sexto exportador mundial de carbón. En 2022, alrededor del 60 % de sus exportaciones se dirigieron a Europa, aproximadamente una cuarta parte a otros países de ALC y otras cantidades inferiores a muchos otros mercados.

En el STEPS, se prevé que la producción de carbón de ALC se reducirá casi a la mitad, hasta alrededor de 35 Mtce para 2030 y, luego, se estabilizará. Cae más rápido y en mayor medida en el APS, hasta los 3 Mtce en 2050. La disminución prevista en la producción en ambos escenarios se debe principalmente a una caída en el consumo de carbón térmico en los principales mercados de exportación de Colombia. El gobierno colombiano anunció recientemente que no permitiría la apertura de nuevas minas de carbón.

**Figura 4.10** ▶ Participación de ALC en la producción mundial de carbón, 1990-2050, y producción y comercio neto de carbón en el APS, 2022-2050



*Colombia representa la mayor parte de la producción regional de carbón; la producción de carbón de ALC cae un 95 % de hoy a 2050, más que la demanda en el APS, lo que eleva las importaciones netas a largo plazo*

Nota: Mtce = millones de toneladas equivalentes de carbón.

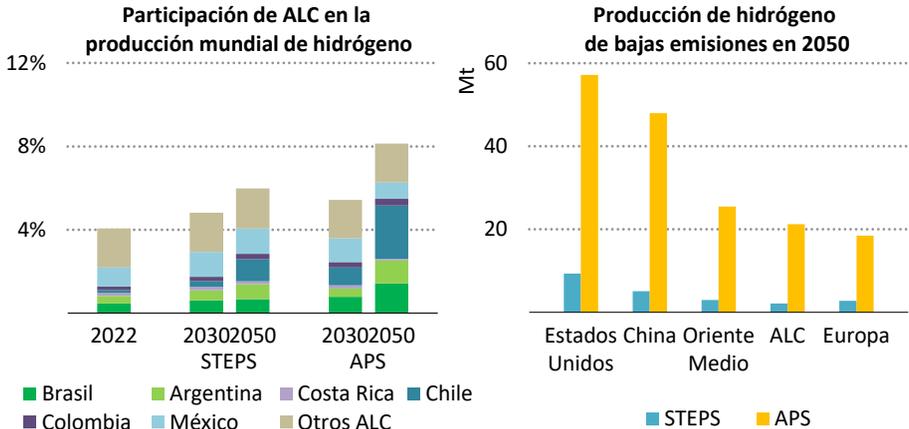
Además de Colombia, la mayor parte del carbón de ALC se produce en México y Brasil, principalmente para la industria y la generación de electricidad. La producción en ambos países disminuye en el STEPS, con una caída más pronunciada en el APS debido a una eliminación acelerada de la generación de electricidad mediante carbón. La fuerte caída de la producción de carbón en Colombia convierte a la región en un importador neto de carbón para 2030 en ambos escenarios.

#### 4.2.2 Hidrógeno de bajas emisiones, combustibles basados en el hidrógeno y productos relacionados

La participación de la producción mundial de hidrógeno en la región de ALC aumenta aproximadamente del 4 % (alrededor de 4 Mt) en la actualidad al 6 % (alrededor de 8 Mt) en el STEPS y al 8 % (alrededor de 25 Mt) en el APS en 2050 (Figura 4.11). Casi el 50 % del crecimiento

de la región en el STEPS proviene del hidrógeno de bajas emisiones. En el APS, toda la producción adicional es de bajas emisiones y, en su mayor parte, se utiliza la electrólisis. Los excelentes recursos de energías renovables dan lugar a unos costos de producción relativamente bajos del hidrógeno electrolítico en la región, que se convierte en un importante productor de hidrógeno de bajas emisiones tanto para uso dentro de la región como para exportación, en particular en el APS.

**Figura 4.11** ▶ Participación de ALC en la producción mundial de hidrógeno y principales productores de hidrógeno de bajas emisiones por escenario en 2050



IEA. CC BY 4.0.

*ALC se convierte en un importante productor de hidrógeno de bajas emisiones en el escenario de compromisos anunciados*

Nota: Mt = millones de toneladas. STEPS = escenario de políticas declaradas; APS = escenario de compromisos anunciados.

**DESTACADO**

**Garantizar que la producción de hidrógeno no agrave la competencia por el agua en regiones áridas y con estrés hídrico**

La mayoría de los proyectos anunciados en ALC para la producción de hidrógeno de bajas emisiones se basan en la electrólisis del agua. Esta requiere aproximadamente 10 litros por kilogramo de hidrógeno (l/kg H<sub>2</sub>) de agua como materia prima y entre 30 y 70 l/kg H<sub>2</sub> adicionales de agua de proceso para refrigeración, con unos requisitos exactos que dependen de la tecnología de refrigeración que se utilice y de las condiciones ambientales. Según estos proyectos, la producción de 5,9 millones de toneladas de hidrógeno (Mt H<sub>2</sub>) en 2030 requeriría entre 250 y 500 millones de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de agua, sin incluir el agua utilizada en el mantenimiento de las centrales eléctricas de energía renovable, por ejemplo, para

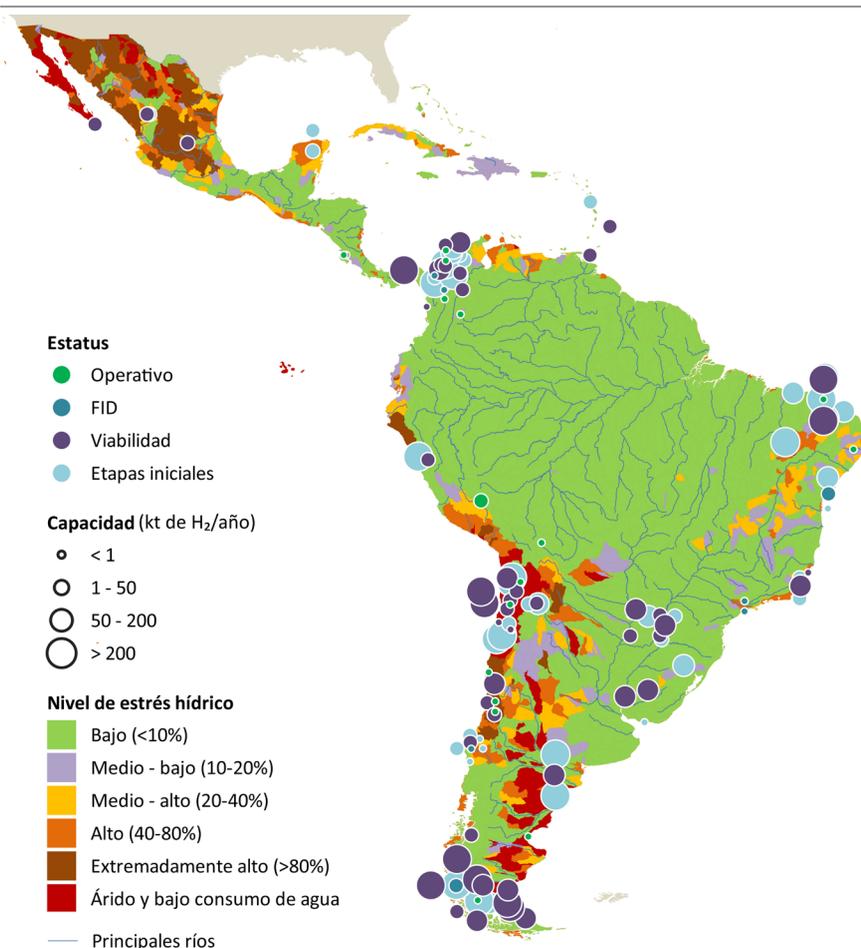
limpiar paneles solares. En 2019, las extracciones anuales de agua dulce de la región para la agricultura, la industria y los residuos municipales ascendieron a aproximadamente 420 000 millones de m<sup>3</sup> de agua (Ritchie and Roser, 2023). Por lo tanto, la producción de hidrógeno electrolítico consumiría alrededor de entre un 0,06 % y un 0,12 % de la cantidad total de agua extraída actualmente. Este porcentaje puede parecer pequeño, sobre todo porque América del Sur es la región con los mayores recursos renovables de agua dulce per cápita del mundo, pero igualmente podría ejercer una presión adicional sobre las zonas con estrés hídrico, en especial porque la disponibilidad de agua ya se ve afectada por las variaciones estacionales de las precipitaciones, las sequías recurrentes y el efecto del cambio climático.

Independientemente de su ubicación, los proyectos de producción de hidrógeno propuestos deben evaluar la viabilidad de los sitios para comprobar si la producción podría ejercer una presión incontrolable sobre el suministro de agua. Por esta razón, la mayoría de los proyectos de hidrógeno electrolítico anunciados en la región de ALC están planificados en zonas costeras o cercanas a grandes masas de agua (Figura 4.12).

Existen varias opciones para suministrar el agua necesaria para la electrólisis del hidrógeno:

- **Desalinización** de agua de mar o agua subterránea salobre. En 2022, la capacidad operativa total de desalinización en la región de ALC fue de 4,2 millones de m<sup>3</sup>/día, equivalente a alrededor de 1 500 millones de m<sup>3</sup>/año (Global Water Intelligence, 2023). Si la mayor parte de la producción de hidrógeno electrolítico depende del agua desalinizada, es posible que la región necesite ampliar su capacidad de desalinización hasta en un 30 % para 2030. Los mayores proyectos de hidrógeno anunciados en ALC, con una producción anual esperada de 500 kilotoneladas (kt) en promedio, consumirían entre 20 y 40 millones de m<sup>3</sup> de agua al año, lo que se traduciría en entre 55 000 y 110 000 m<sup>3</sup>/día. Aunque la región cuenta con más de 1 300 plantas desalinizadoras, solo diez superan una capacidad de 55 000 m<sup>3</sup>/día y solo una supera los 110 000 m<sup>3</sup>/día. Por lo tanto, los proyectos de hidrógeno electrolítico a menudo requerirán la construcción cercana de algunas de las plantas desalinizadoras más grandes de la región, las cuales deben evitar los daños ambientales durante la toma de agua y la descarga de salmuera. Estos proyectos de desalinización también pueden contribuir a mejorar la disponibilidad y calidad del agua. Por ejemplo, el proyecto Marengo I en México prevé proporcionar 2 000 m<sup>3</sup>/día a las comunidades cercanas.
- **Uso sostenible de los recursos de agua dulce.** Cuando la producción de hidrógeno depende de agua procedente de fuentes de agua dulce, incluidas aguas superficiales y subterráneas, se deben llevar a cabo evaluaciones para garantizar que la producción no invada otras necesidades de agua ni ponga en peligro la viabilidad de futuras actividades económicas en la zona.
- **Uso de aguas residuales.** Las aguas residuales tienen un potencial significativo a la hora de reducir la presión sobre los recursos hídricos, y existen oportunidades de promover la economía circular mediante el uso del oxígeno y el calor residual, que son subproductos del proceso electrolítico, para el proceso de tratamiento de aguas residuales.

**Figura 4.12** ▶ **Proyectos de producción de hidrógeno electrolítico anunciados y niveles de estrés hídrico en la región de ALC, 2030**



IEA. CC BY 4.0.

**Alrededor de la mitad de la capacidad de los proyectos de hidrógeno electrolítico anunciados se encuentra en áreas con escasez de agua, lo que requiere plantas desalinizadoras adicionales**

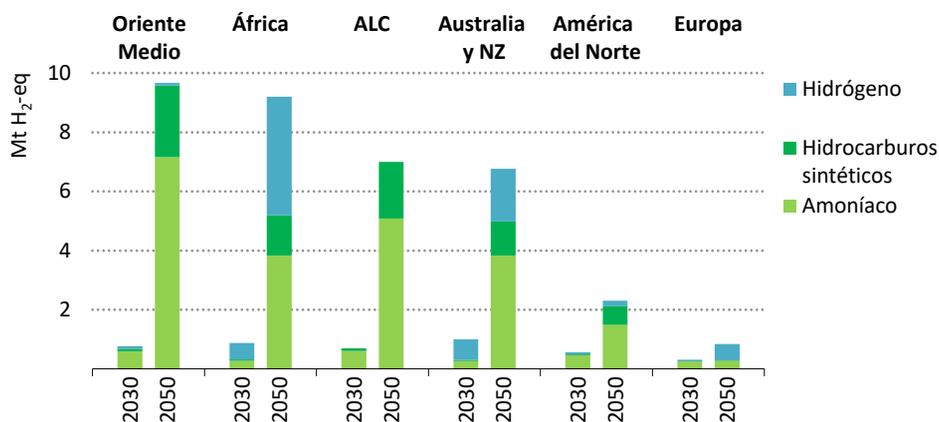
Notas: El nivel de estrés hídrico es una medida de la relación entre la demanda total de agua y los suministros renovables de agua superficial y subterránea disponibles.

Fuentes: WRI (2023); *Hydrogen projects database IEA* (2023a); IEA (2023b).

## Oportunidades de exportación de hidrógeno, combustibles basados en el hidrógeno y productos relacionados

A nivel global, alrededor de 5 millones de toneladas de hidrógeno equivalentes (Mt H<sub>2</sub>-eq)<sup>3</sup> se comercializan interregionalmente<sup>4</sup> en el APS en 2030, cifra que aumenta a casi 50 Mt H<sub>2</sub>-eq para 2050. Esto equivale a alrededor del 20 % de la producción mundial de hidrógeno de bajas emisiones, que se multiplica por diez entre 2030 y 2050. ALC es un importante exportador de hidrógeno de bajas emisiones en el APS, junto con Oriente Medio, África, Australia y Nueva Zelanda. Es responsable de alrededor del 20 % de las exportaciones mundiales, lo que lo convierte en el tercer mayor exportador de hidrógeno y combustibles basados en el hidrógeno (Figura 4.13).

**Figura 4.13** ▶ Exportaciones de hidrógeno de bajas emisiones y combustibles basados en el hidrógeno por región en el escenario de compromisos anunciados, 2030 y 2050



IEA. CC BY 4.0.

### ALC se convierte en uno de los mayores exportadores del mundo de combustibles de bajas emisiones basados en el hidrógeno

Nota: Mt H<sub>2</sub>-eq = millones de toneladas de hidrógeno equivalente. Australia y NZ = Australia y Nueva Zelanda. América del Norte excluye a México, que está incluido en el conjunto de América Latina y el Caribe. El hidrógeno se puede comercializar como hidrógeno gaseoso a través de un gasoducto o como hidrógeno licuado en un camión o buque cisterna.

<sup>3</sup> Para los combustibles y las materias primas basados en el hidrógeno, la cantidad de hidrógeno equivalente se corresponde con los insumos estequiométricos de hidrógeno necesarios para producir estos combustibles y materias primas, suponiendo una pérdida de hidrógeno del 2 % en la reacción. Las necesidades de hidrógeno son 0,18 kg de H<sub>2</sub> por kg de amoníaco; 0,13 kg de H<sub>2</sub> por kg de metano; 0,52 kg de H<sub>2</sub> por kg de combustible sintético Fischer-Tropsch; y 0,55 kg de H<sub>2</sub> por kg de metano.

<sup>4</sup> El comercio interregional hace referencia al transporte de hidrógeno y combustibles basados en el hidrógeno entre las regiones cubiertas por el Modelo Global de Energía y Clima de la AIE, pero no entre países dentro de la misma región.

El creciente interés en el comercio de hidrógeno de bajas emisiones y combustibles basados en el hidrógeno ya ha dado lugar a una avalancha de anuncios de proyectos. Los proyectos orientados a la exportación anunciados en todo el mundo sugieren que se podrían exportar alrededor de 16 Mt H<sub>2</sub>-eq para 2030, de los cuales casi 2,5 Mt H<sub>2</sub>-eq podrían provenir de la región de ALC. Casi todos estos proyectos orientados a la exportación se han anunciado en los últimos tres años; sin embargo, la mayoría de ellos aún se encuentran en etapas iniciales de desarrollo y solo tres proyectos han alcanzado una decisión final de inversión, ninguno de ellos en ALC (IEA, 2023b). Los proyectos anunciados en ALC en representación del 40 % de la producción potencial en la región han señalado el noroeste de Europa como su posible destino de exportación, mientras que otros proyectos anunciados están contemplando las exportaciones a Japón y la República de Corea.

El comercio internacional de hidrógeno se encuentra en una etapa muy inicial. Actualmente se limita a unos pocos gasoductos de hidrógeno en el norte de Europa. En cambio, el amoníaco y el metanol ya se comercializan a nivel mundial como materias primas para la industria química. La infraestructura destinada a gestionar y almacenar amoníaco y metanol en los puertos ya está disponible, también en ALC, y los camiones y buques cisterna necesarios para transportarlos ya están operativos. No obstante, no existe ninguna tecnología comercialmente disponible para transportar hidrógeno puro, que requiere un almacenamiento y un transporte a temperaturas extremadamente bajas. Como resultado, se espera que la mayoría de las exportaciones a corto plazo sean en forma de amoníaco, ya que, en estos momentos, también existe demanda de él. Según los proyectos anunciados, para 2030 se espera que alrededor del 45 % de las exportaciones de la región se realicen en forma de amoníaco, y otro 5 %, en forma de hidrocarburos líquidos sintéticos; el resto continúa sin definir.

Una posible dificultad es que la infraestructura disponible para el almacenamiento de amoníaco puede no coincidir con las ubicaciones de los proyectos de hidrógeno. Por ejemplo, Brasil y Chile han anunciado proyectos para exportar 1,1 Mt H<sub>2</sub>-eq como amoníaco para 2030. Esto se traduce en 6,2 Mt de amoníaco, lo que requeriría una capacidad de almacenamiento de alrededor de 400 kt<sup>5</sup>. Actualmente, Brasil y Chile solo poseen una capacidad de almacenamiento de alrededor de 110 kt. Por lo tanto, para finales de la década, necesitarán al menos cuatro veces más almacenamiento del que poseen en la actualidad. Aun así, los plazos de entrega de dichas instalaciones pueden ser de hasta nueve años. Por consiguiente, la planificación y construcción tempranas de infraestructura portuaria de aguas profundas, muelles exclusivos y tanques de almacenamiento de amoníaco son esenciales si se quieren hacer realidad los planes existentes de exportación de amoníaco.

Algunos proyectos anunciados en Chile y Uruguay apuntan específicamente hacia los hidrocarburos sintéticos. Un buen ejemplo es el proyecto de combustibles sintéticos Haru Oni en el sur de Chile, que ya se encuentra en su fase de demostración y, a principios de 2023, envió 2 600 litros de gasolina sintética producida a partir de hidrógeno de bajas emisiones a una refinería del Reino Unido. El comercio de combustibles líquidos de hidrocarburos sintéticos se puede realizar utilizando la infraestructura existente para los combustibles fósiles.

<sup>5</sup> Suponiendo que los depósitos de almacenamiento de amoníaco se carguen y descarguen entre 15 y 20 veces al año.

#### **Recuadro 4.1 ▶ ¿Podría el hidrógeno de bajas emisiones impulsar el sector industrial de ALC?**

Si bien ALC cuenta con algunos países exportadores netos, la región en su conjunto es en estos momentos un importador neto de acero y fertilizantes nitrogenados. En 2021, importó hierro y acero por un valor de US\$ 37 000 millones, de los cuales el 25 % provino de China y el 17 %, de los Estados Unidos, al tiempo que Japón y la República de Corea representaron un 8 % de esa cuantía cada uno. Ese mismo año, también importó fertilizantes nitrogenados y sus precursores por un valor de US\$ 8 000 millones, de los cuales el 21 % provino de Rusia y el 16 %, de China, al tiempo que Omán y Catar representaron aproximadamente el 8 % cada uno. El comercio entre países de ALC también juega un papel importante en ambas industrias.

Esta dependencia de las importaciones se debe a los costos relativamente altos de producción del acero y de los fertilizantes en ALC, que, a su vez, se deben a los precios relativamente altos de la energía. Estos factores obstaculizan la competitividad de la región, sobre todo en comparación con los países en desarrollo de Asia. La energía representa una gran parte del costo de producción del acero y de los fertilizantes nitrogenados, y se estima que el actual costo nivelado de producción (LCOP) es en promedio un 35 % y un 5 % más elevado que en los países en desarrollo de Asia para la producción de hierro y amoníaco, respectivamente.

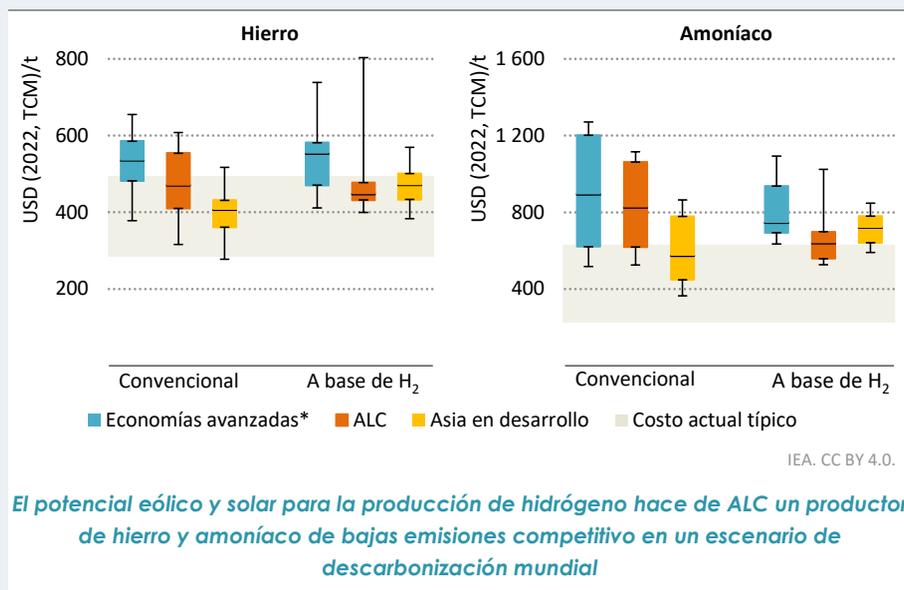
El potencial de unos costos de producción del hidrógeno menores en ALC en comparación con otras regiones, junto con la infraestructura y los recursos minerales existentes en la región, brinda una oportunidad para la eliminación gradual de la producción nacional basada en combustibles fósiles y la conversión de la región en un actor importante en la transición mundial a la energía limpia, impulsando la producción industrial y la reducción de la dependencia de las importaciones en el proceso (IEA, 2023c).

A nivel mundial, en el escenario NZE para 2050, casi el 45 % de la producción de acero a base de hierro y prácticamente toda la producción de amoníaco se realiza a través métodos de producción basados en el uso de hidrógeno de bajas emisiones. Nuestro análisis muestra que los países de la región de ALC podrían ser socios atractivos para otros países que buscan reducir los costos de su transición energética mediante la importación de productos intermedios con un alto consumo de energía. La importación de hierro o amoníaco producido de manera más competitiva en ALC que en otras regiones podría reducir los costos de los insumos para sus industrias y, al mismo tiempo, mantener ciertos pasos en la cadena de valor, como la producción y el acabado del acero y la producción química posterior, cerca de sus clientes finales.

La producción de hierro es la parte más costosa y que consume más energía de la producción de acero. Nuestro análisis destaca el potencial de ALC para convertirse en un productor de hierro 100 % basado en el hidrógeno electrolítico competitivo a nivel mundial gracias a sus vastos recursos de energías renovables y sus depósitos de mineral de hierro de alta calidad. El hierro de bajas emisiones podría usarse para la producción local de acero o enviarse a otros países. Para 2030, en el escenario NZE, el LCOP promedio del hierro producido a través de rutas basadas en el hidrógeno de bajas emisiones alcanza los US\$ 450 por tonelada (USD/t) en ALC, lo que hace que la región sea competitiva con respecto a los países en desarrollo de

Asia y casi un 20 % más barata en comparación con el costo promedio en otras economías avanzadas (Figura 4.14). Según nuestras estimaciones de costos de producción del hidrógeno a nivel nacional, la producción de acero será particularmente competitiva en Chile, México y Argentina. El importante potencial de hidrógeno de Brasil, sus recursos de mineral de hierro y su infraestructura industrial existente también lo sitúan en una buena posición.

**Figura 4.14** ▶ Costo nivelado de producción de hierro y amoníaco por tipo de proceso en determinadas regiones en el escenario NZE, 2030



\* Las economías avanzadas no incluyen los países de ALC clasificados como tales.

Notas: A base de H<sub>2</sub> = basados en el hidrógeno. Las rutas convencionales incluyen los altos hornos y la reducción directa para la fabricación de hierro, así como el reformado de metano con vapor y la producción a base de carbón para la fabricación de amoníaco. El cálculo del costo nivelado de producción se basa en los supuestos del escenario NZE para los precios del combustible y del carbono, así como los costos de inversión y explotación habituales.

El amoníaco es el punto de partida de todos los fertilizantes minerales nitrogenados; alrededor del 70 % del amoníaco producido en todo el mundo se utiliza en la fabricación de fertilizantes. En vista de ello, los costos de producción del amoníaco son particularmente relevantes para regiones agrícolas como ALC. El LCOP promedio del amoníaco producido a través de rutas basadas en el hidrógeno de bajas emisiones en la región alcanza los US\$ 640 por tonelada para 2030 en el escenario NZE, un 11 % más barato que en los países en desarrollo de Asia y un 14 % más barato que en las economías avanzadas. La producción de amoníaco con hidrógeno electrolítico también es competitiva a efectos de costos con respecto a las rutas convencionales del proceso, donde se puede producir hidrógeno de bajas emisiones a bajo costo, como ocurre, por ejemplo, en Chile, Argentina y Brasil.

ALC puede reducir su dependencia de las importaciones de combustibles fósiles, hierro, acero y fertilizantes desarrollando una producción industrial con unos costos competitivos basada en el hidrógeno de bajas emisiones. El rigor de las políticas que abordan las emisiones industriales de CO<sub>2</sub> (ya sea la fijación de precios al carbono, los ajustes en frontera o los subsidios para procesos de producción alternativos) debe aumentar si las economías quieren descarbonizarse por completo, lo que implica una disminución de los costos de producción mediante hidrógeno de bajas emisiones y otras tecnologías innovadoras con relación a las tecnologías existentes que todavía se utilizan a medio plazo.

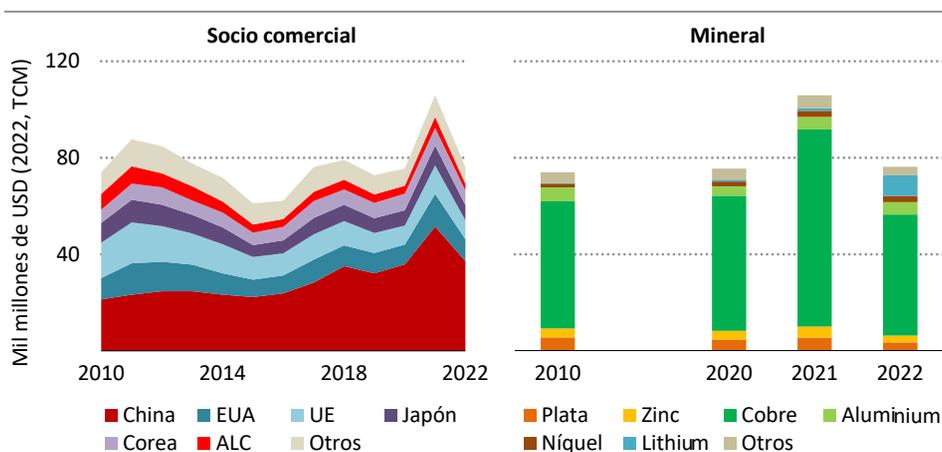
A más largo plazo, es probable que las cadenas de suministro globales de muchas industrias se moldeen en función de la competencia de costos entre las regiones que utilizan tecnologías innovadoras. Los bajos costos de producción del hidrógeno en varios países de ALC podrían dar lugar a una ventaja competitiva en los mercados globales de hierro y amoníaco de bajas emisiones. Existen más oportunidades en las etapas subsiguientes de la cadena de suministro, con el potencial de exportar productos derivados de mayor valor agregado, lo que podría aumentar los ingresos por exportaciones y crear más empleos en la región, sobre todo en países como Brasil, México, Argentina y Trinidad y Tobago que ya cuentan con industrias y cadenas de suministro en vigor en diversos sectores. Para aprovechar estas oportunidades de manera sostenible, los responsables de la formulación de políticas deberán tomar medidas para garantizar que estos avances preserven los bosques y la diversidad biológica, respeten las limitaciones al uso del agua y la tierra, y tengan debidamente en cuenta las opiniones e intereses de las poblaciones locales.

### 4.2.3 Minerales críticos

ALC tiene otra gran oportunidad de mejorar el desarrollo económico regional a través del suministro de minerales críticos y, al mismo tiempo, de ayudar a apoyar las transiciones energéticas limpias a nivel global y diversificar las cadenas de suministro de dicha energía. Los minerales críticos (incluidos el cobre, el litio, las tierras raras, el níquel, el cobalto y el grafito) son esenciales para el despliegue de muchas tecnologías de energía limpia y para construir los sistemas energéticos sostenibles del futuro. Como se describió recientemente en el informe *Critical Minerals Market Review* de la AIE (IEA, 2023d), la demanda de minerales críticos ya está creciendo rápidamente a medida que aumentan las transiciones energéticas limpias en todo el mundo; sin embargo, hoy en día el suministro de muchos minerales críticos está altamente concentrado, con el 70 % o más de la producción de tierras raras, grafito, litio y cobalto en manos de los tres mayores países productores.

Durante la última década, ALC ha ganado un promedio de más de US\$ 75 000 millones al año por la exportación de minerales críticos (Figura 4.15). El cobre representa más del 70 % de estas exportaciones, pero el litio está ganando terreno. La región también presenta un importante potencial sin explotar en cuanto a las tierras raras y otros minerales críticos. Al albergar estos minerales, ALC puede desempeñar una función cada vez más significativa en la transición energética global como importante proveedor para el resto del mundo.

**Figura 4.15** ▶ Ingresos por exportaciones de minerales críticos de ALC, 2010-2022



IEA. CC BY 4.0.

*China importa casi la mitad de todas las exportaciones de minerales críticos de ALC, frente al porcentaje de alrededor del 30 % que registró en 2012; el cobre sigue siendo predominante, pero las exportaciones de litio están ganando terreno*

Notas: EUA = Estados Unidos de América; UE = Unión Europea. Los otros socios comerciales son la India, Canadá, el Reino Unido, Noruega, Tailandia y otros importadores de menor tamaño. Otros minerales incluyen el estaño, el platino, el grafito, las tierras raras, el tungsteno, el silicio, el cobalto, el manganeso y el plomo.

Fuente: Análisis de la AIE basado en la base de datos Comtrade de las Naciones Unidas (2023).

China es el mayor socio comercial de ALC en esta área: en 2022, China compró aproximadamente la mitad de los minerales críticos exportados desde la región por valor. Estados Unidos y la Unión Europea fueron los siguientes mercados más grandes, ya que cada uno de ellos representó alrededor del 10 % de las exportaciones de ALC en 2022; la República de Corea y Japón también fueron importantes destinos de los minerales críticos originarios de ALC.

En el APS, el cobre continúa siendo la mayor fuente de ingresos de minerales críticos de ALC, mientras que el litio lo sigue de cerca. El cobre es esencial para las redes de transmisión y distribución de electricidad, y el litio, para la fabricación mundial de vehículos eléctricos y baterías de almacenamiento estacionarias. El despliegue de estas tecnologías desempeñará un papel destacado a la hora de determinar el destino de la transición energética mundial. Como reflejo de este papel clave en las transiciones energéticas, la producción de cobre sigue siendo un pilar en términos de ingresos absolutos para ALC, pero solo se expande de forma moderada desde los niveles actuales hasta 2030 y 2050. Al mismo tiempo, la producción de litio aumenta de manera pronunciada y genera casi tantos ingresos adicionales como el cobre para 2050 (véase el capítulo 3.3). Por lo tanto, aprovechar las dotaciones de recursos minerales de ALC de manera sostenible y responsable será crucial para fomentar el desarrollo económico y social de la región y, al mismo tiempo, facilitar el rápido despliegue de las tecnologías de energías limpias.

## Perfiles energéticos regionales y nacionales

### Introducción

Este capítulo destaca los resultados del escenario hasta 2050 en lo relativo a América Latina y el Caribe (ALC), y se centra en países seleccionados: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y México. En conjunto, estos seis países representaron en 2022 más del 80 % del producto interno bruto (PIB) de la región, más del 70 % de su población y casi el 80 % de su demanda energética. Los escenarios son el Escenario de Políticas Declaradas (Stated Policies Scenario o STEPS) y el Escenario de Compromisos Anunciados (Announced Pledges Scenario o APS). En el Capítulo 2, se analizan el panorama político, las preferencias tecnológicas y los supuestos económicos que sustentan ambos escenarios. Los perfiles tienen como objetivo proporcionar a los responsables de la formulación de políticas información rica en datos sobre posibles estrategias energéticas que reflejen los patrones únicos de demanda de energía y las opciones de suministro de energía de ALC y los seis países en cuestión.

#### *Estructura de los perfiles*

Se utiliza un formato estándar para presentar los perfiles de ALC y del país. Cada perfil presenta un conjunto de gráficos y tablas que incluyen:

- las características clave del sistema energético de ALC o del país;
- los principales indicadores macroeconómicos, incluida la población, el PIB (expresado en dólares estadounidenses del año 2022 en términos de paridad de poder adquisitivo [PPA]) y el crecimiento del PIB per cápita hasta 2050;
- las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con energía, las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita relacionadas con energía, la intensidad energética (calculada como unidades de energía por unidad de PIB en términos de PPA) y los datos sobre el comercio de productos básicos (2021);
- un resumen de cómo evoluciona la demanda de energía primaria y la participación de fuentes de bajas emisiones hasta 2050 en el STEPS y el APS;
- las iniciativas claves de políticas relacionadas con energía, incluidos los objetivos y los proyectos específicos;
- el consumo de energía final por escenario y sector, mostrando el consumo de energía que se ha evitado mediante las ganancias en eficiencia y la sustitución de combustible, y cómo evoluciona la matriz energética en cada sector;
- el promedio del perfil de carga eléctrica diaria por escenario, mostrando la demanda por sector en cada hora, sin la implementación de medidas de respuesta a la demanda;
- los cambios con el tiempo en la matriz eléctrica para satisfacer la creciente demanda de electricidad;
- las trayectorias de demanda y producción de petróleo, gas natural e hidrógeno, destacando las balanzas comerciales;
- el promedio de la inversión anual en el suministro de energía necesaria para satisfacer el crecimiento de la demanda de energía y cumplir las políticas y compromisos en ambos escenarios.

Las unidades, términos y siglas que se utilizan en las figuras, tablas y texto de los perfiles están definidas al final de este capítulo.

# América Latina y el Caribe



## MAYOR

proporción de electricidad generada por fuentes renovables en el mundo

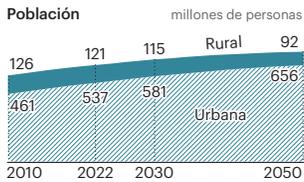
## 15%

de los recursos mundiales de petróleo y gas

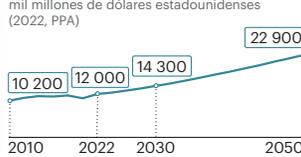
## MÁS DE 1/3

de los recursos mundiales de plata, cobre y litio

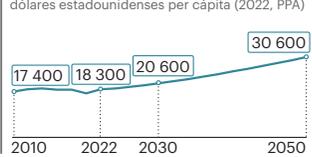
### Población



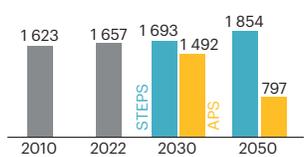
### PIB



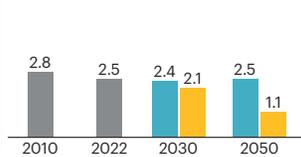
### PIB per cápita



### Emisiones de CO<sub>2</sub>



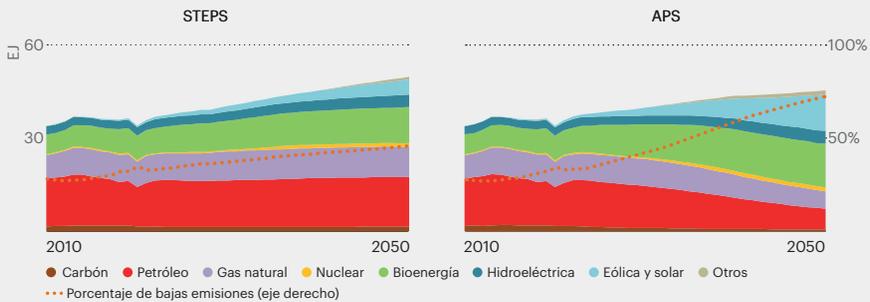
### Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita



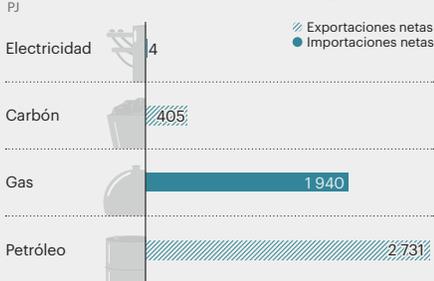
### Intensidad energética



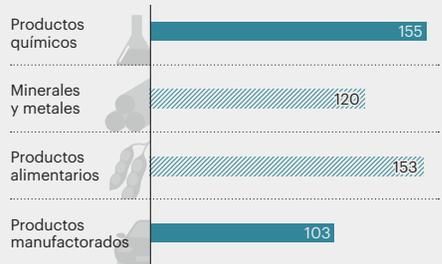
## Suministro de energía primaria y proporción de fuentes con bajas emisiones



## Comercio de los principales productos energéticos (2021)



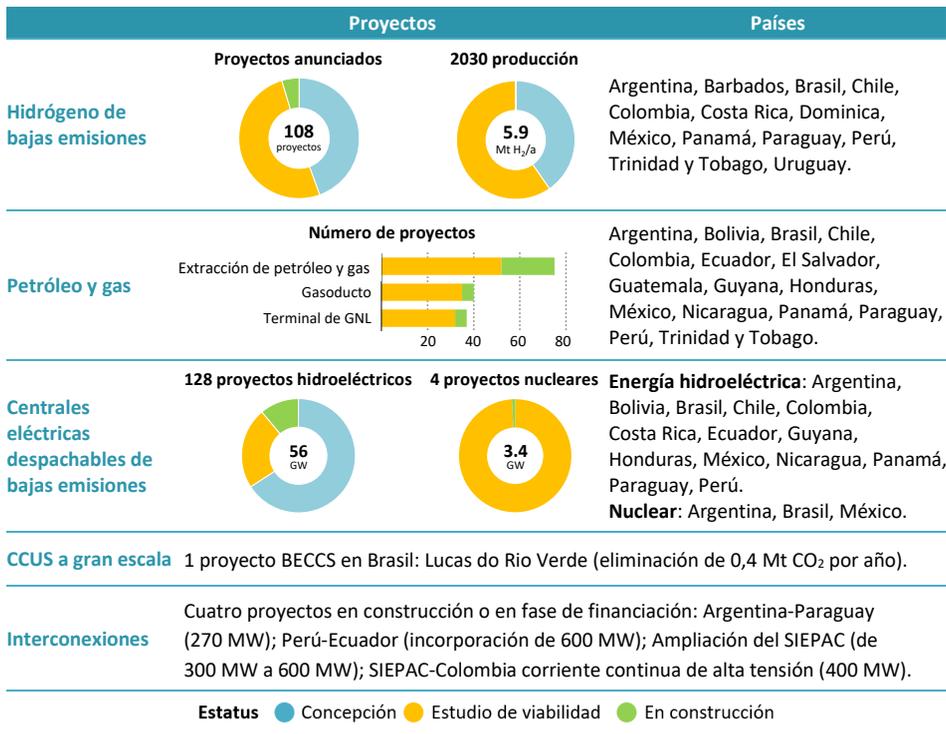
## Comercio de los principales productos no energéticos (2021)



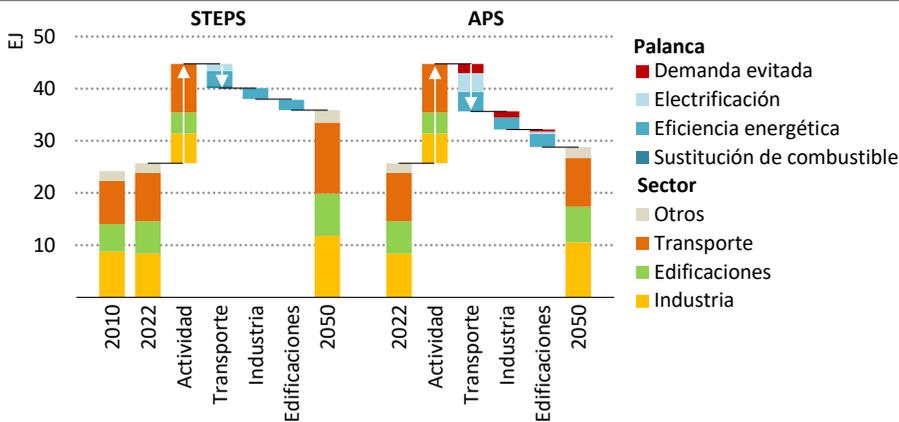
**Tabla 5.1 ▶ Desarrollos recientes de políticas en América Latina y el Caribe**

Política	
<b>Toda la economía</b>	<p>Compromisos climáticos: objetivo de cero emisiones netas</p> <p><b>Objetivos nacionales</b>                      Con (17)                      Sin (16)</p> <p>Representa el 60 % del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustible y el 65 % del PIB total.</p> <p>Objetivo para mediados de siglo (o antes)</p>
	<p>Compromisos climáticos: Contribución Nacional Determinada (NDC)</p> <p><b>NDCs nacionales</b>                      Iniciales (4)                      Actualizados (29)</p> <p>1,7-1,8 Gt de emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustible para 2030 (+13-18 % de aumento desde 2022)</p> <p>Objetivo para 2030</p>
<b>Acceso (ODS7)</b>	<p>Cocina no contaminante</p> <p><b>Objetivos nacionales</b>                      Con (26)                      Sin (7)</p> <p>El 11 % de la población de ALC carece de acceso a cocinas no contaminantes. (12 de 33 países ya han alcanzado una tasa de acceso del 95 %).</p>
	<p>Acceso a la electricidad</p> <p><b>NDCs nacionales</b>                      Iniciales (4)                      Actualizados (29)</p> <p>El 3 % de la población regional carece de acceso a la electricidad. (24 de 33 países ya han alcanzado una tasa de acceso del 95 %).</p>
<b>AFOLU</b>	<p>8 países con metas para poner fin o mitigar la deforestación (Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominica, Guatemala, México y Surinam).</p>
<b>Gobernanza ambiental</b>	<p>15 países ratificaron el Acuerdo Regional de Escazú sobre Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales (Antigua y Barbuda, Argentina, Belice, Bolivia, Chile, Ecuador, Granada, Guyana, México, Nicaragua, Panamá, Saint Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas y Uruguay).</p>
<b>Hidrógeno</b>	<p>8 países tienen una estrategia de hidrógeno (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Uruguay) y 4 países han anunciado una estrategia de hidrógeno pero aún están en fase de preparación (Bolivia, Paraguay, Perú y Trinidad y Tobago).</p>
<b>Electricidad</b>	<p>24 países tienen objetivos de energías renovables (Antigua y Barbuda, Argentina, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Granada, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana, Santa Lucía, Uruguay y Venezuela).</p>
<b>Transporte</b>	<p>16 países cuentan con políticas de vehículos eléctricos (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Trinidad y Tobago y Uruguay).</p>
<b>Edificaciones</b>	<p>14 países tienen códigos de construcción relacionados con energía (Antigua y Barbuda, Argentina, Barbados, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Jamaica, México, Panamá, Paraguay y Perú). Un total de 17 países cuentan con normas mínimas de eficiencia energética (MEPS) para aire acondicionado (Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Santa Lucía, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela).</p>

**Tabla 5.2 ▶ Grandes proyectos de infraestructura en ALC**



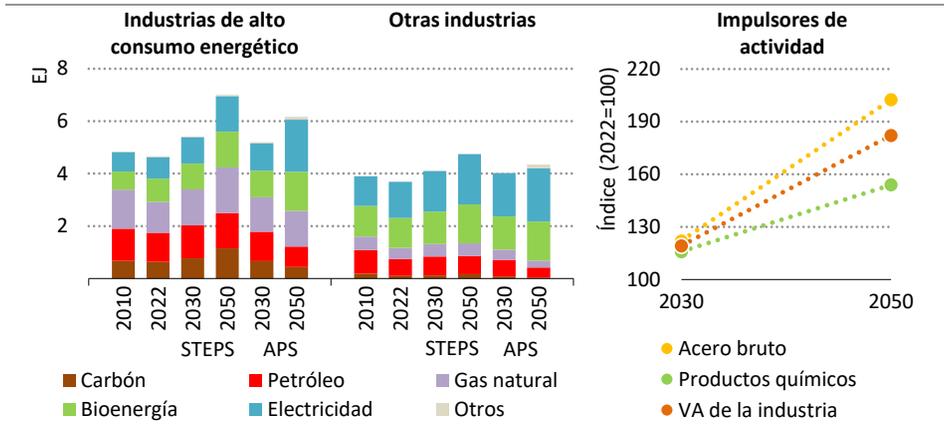
**Figura 5.1 ▶ Consumo de energía final por escenario en ALC**



IEA. CC BY 4.0.

- Para 2050, la creciente demanda de transporte y la reindustrialización aumentan el consumo total de energía final en un 40 % en el STEPS y en más del 10 % en el APS.
- En ambos escenarios, la eficiencia energética modera este crecimiento en todos los sectores. En el APS, la electrificación desempeña un papel clave para moderar este crecimiento en el sector transporte.

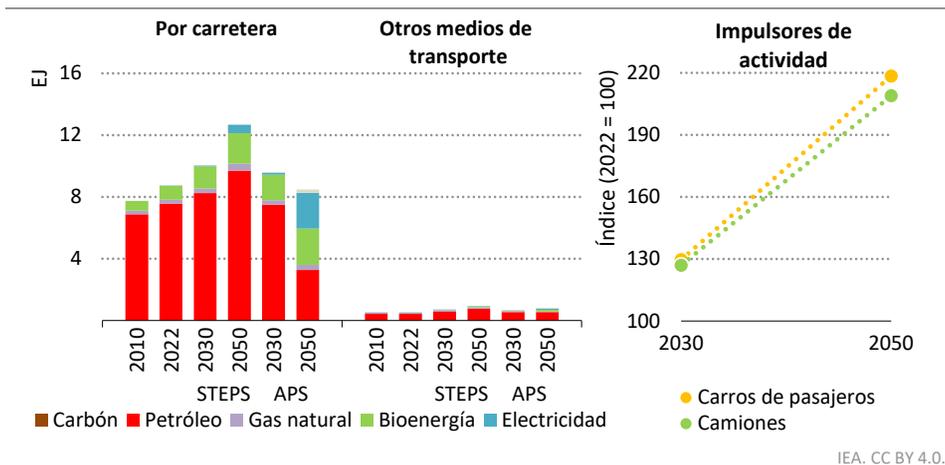
**Figura 5.2** ▶ Consumo de combustible en la industria por tipo y escenario en ALC



IEA. CC BY 4.0.

- La reindustrialización impulsa el crecimiento, con los subsectores del aluminio, el hierro y el acero, y los productos químicos a la cabeza, lo que aumenta el consumo de energía en el sector.
- La bioenergía desempeña un papel clave en ambos escenarios y el uso de electricidad también aumenta. La participación del gas natural se mantiene constante, justo por debajo del 20 % en el STEPS y en caída en el APS.

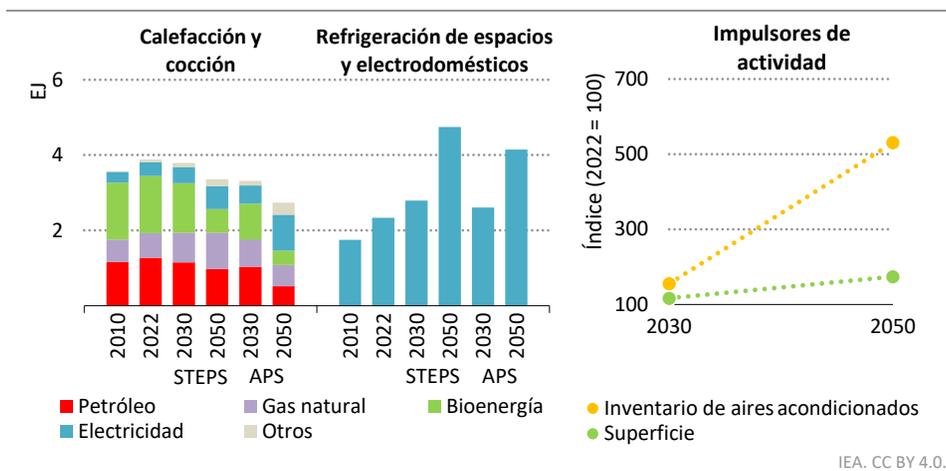
**Figura 5.3** ▶ Consumo de combustible en el transporte por tipo y escenario en ALC



IEA. CC BY 4.0.

- Hoy en día, el petróleo representa el 86 % del consumo de energía en el sector del transporte, en comparación con el 91 % a nivel mundial.
- La actividad vial se duplica para 2050. En el APS, el creciente uso de electricidad y bioenergía hace que la participación del petróleo en el transporte por carretera disminuya por debajo del 80 % para 2030 y alrededor del 40 % para 2050.

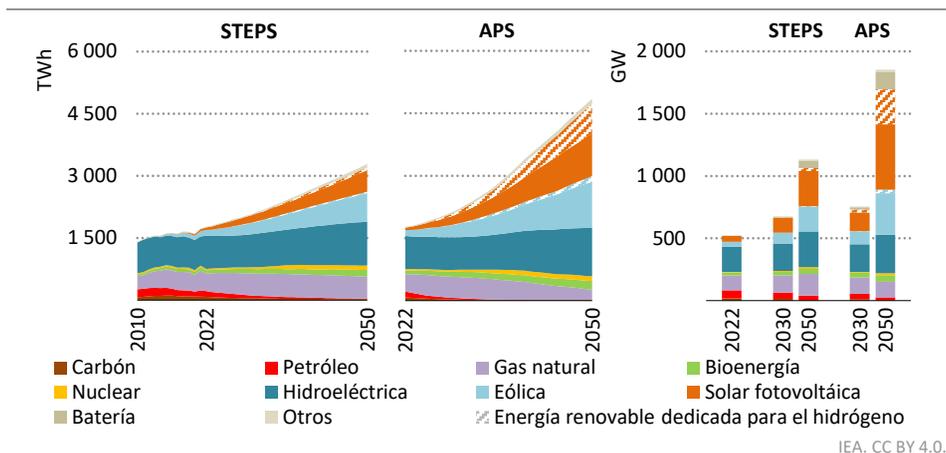
**Figura 5.4** ▶ Consumo de combustible en edificaciones por tipo y escenario en ALC



IEA. CC BY 4.0.

- Hoy en día, más del 10 % de la población de ALC carece de acceso a una cocina no contaminante. Su dependencia de la bioenergía para cocinar es una de las principales causas de la contaminación del aire en los hogares y provoca casi 82 000 muertes prematuras al año.
- El aumento de los ingresos provoca que aumente la compra de electrodomésticos y sistemas de aires acondicionados, que son las principales causas del crecimiento del consumo de electricidad en el sector edificaciones.

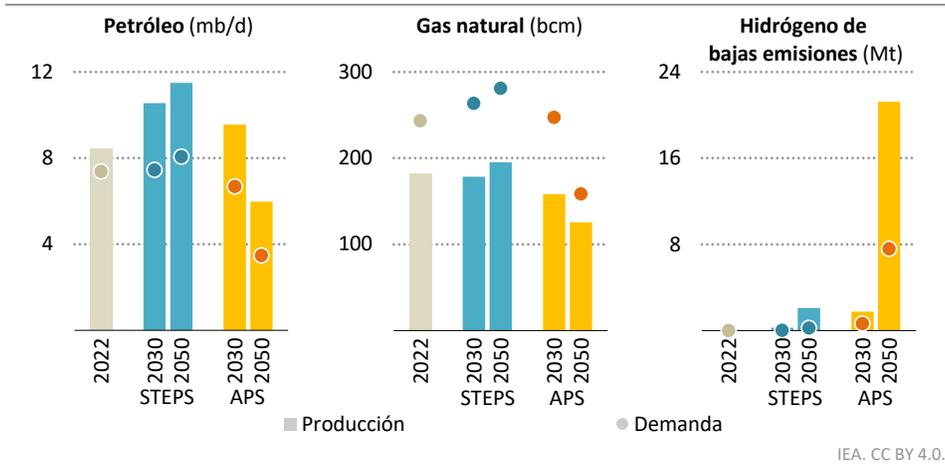
**Figura 5.5** ▶ Generación y capacidad de electricidad por combustible en ALC



IEA. CC BY 4.0.

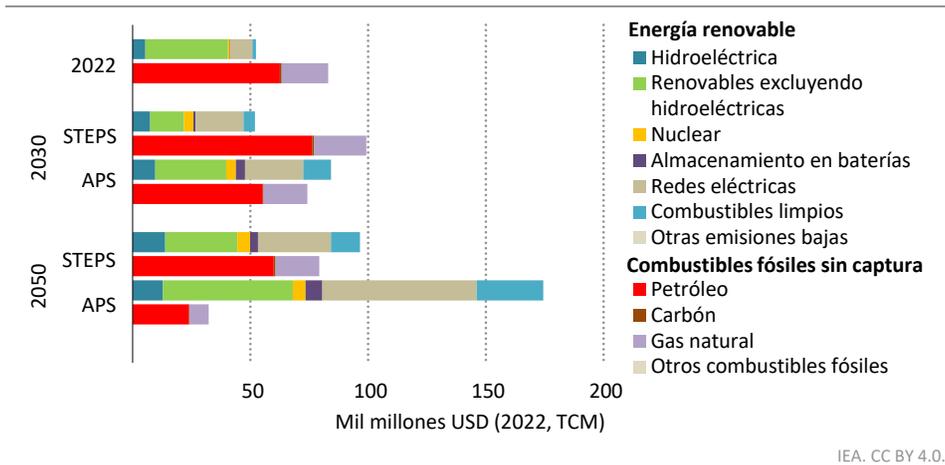
- Hoy en día, la mayor parte de la electricidad en la región proviene de energía hidroeléctrica y el gas natural, pero la energía solar fotovoltaica y la eólica proporcionan la mayor parte de las adiciones de capacidad en ambos escenarios.
- En el APS, las energías renovables satisfacen toda la nueva demanda de electricidad, lo que reduce la necesidad de gas natural y desplaza casi toda la generación procedente del carbón y el petróleo.

**Figura 5.6 ▶ Demanda y producción de combustible por escenario en ALC**



- En el STEPS, la producción de petróleo supera la demanda y las exportaciones netas de petróleo se triplican hasta 2030. La región sigue siendo un importador neto a pesar del aumento de la producción de gas natural a largo plazo.
- En el STEPS, la producción de hidrógeno de bajas emisiones, que parte desde casi cero, experimenta un ligero crecimiento. En el APS, alcanza cerca de 2 millones de toneladas (Mt) en 2030 y más de 20 Mt en 2050.

**Figura 5.7 ▶ Inversión anual en suministro de energía por tipo y escenario en ALC**



- En el STEPS, los combustibles fósiles representan la mayor parte de la inversión en suministro de energía en 2030. En el APS, la inversión en suministro de energía limpia supera a la de los combustibles fósiles para 2030.
- Para 2030, la inversión en el suministro de la energía limpia alcanza el 0,8 % del PIB en el STEPS y más del 1 % en el APS, y aumenta hasta casi el 0,9 % y el 1,6 % respectivamente para 2050.

# Argentina



**MAYOR**

productor de gas natural de América Latina y el Caribe

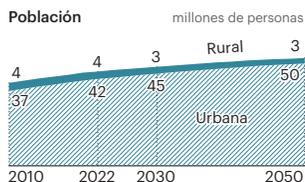
**2DO**

mayor productor de litio de América Latina y el Caribe

**6TA**

mayor flota mundial de gas natural comprimido

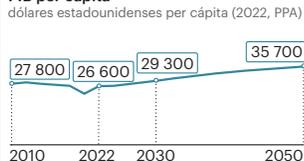
## Población



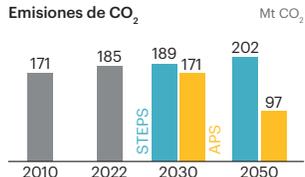
## PIB



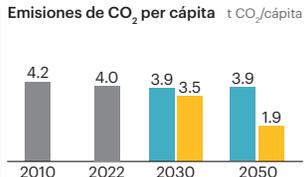
## PIB per cápita



## Emisiones de CO<sub>2</sub>



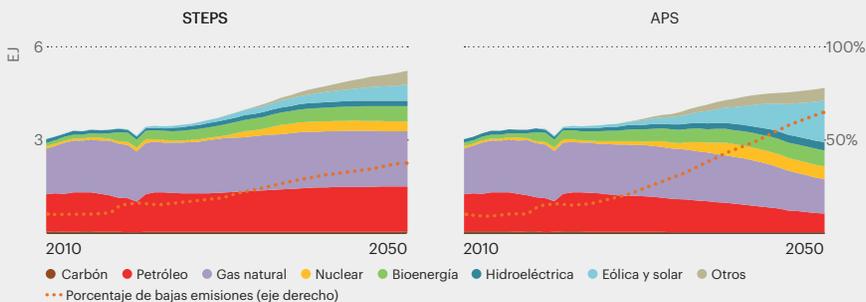
## Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita



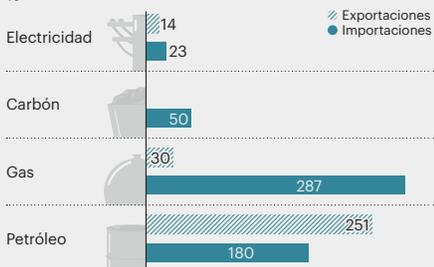
## Intensidad energética



## Suministro de energía primaria y proporción de fuentes con bajas emisiones



## Comercio de los principales productos energéticos (2021)



## Comercio de los principales productos no energéticos (2021)



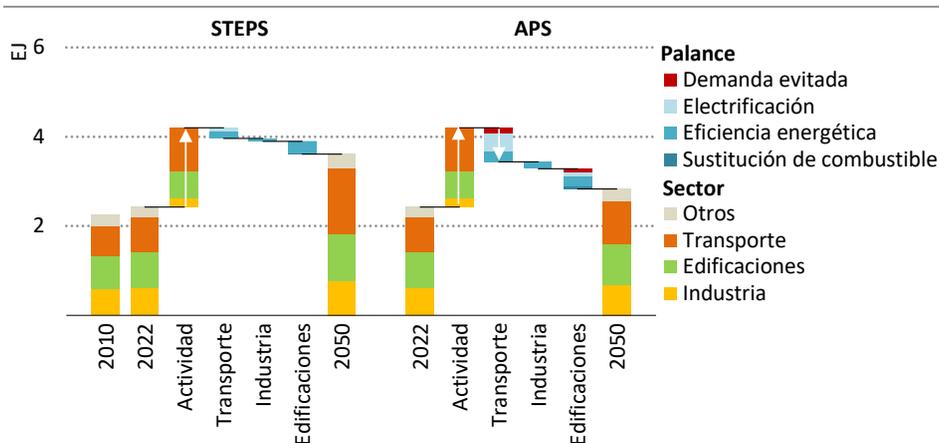
**Tabla 5.3 ▶ Desarrollos recientes de políticas en Argentina**

	Política	Año de publicación
Toda la economía	• NDC: Objetivo máximo absoluto de 349 Mt CO <sub>2</sub> eq en 2030.	2021
	• Estrategia a largo plazo: neutralidad de GEI para 2050.	2022
	• El Plan Nacional de Transición Energética a 2030 incluye una reducción del 8 % de la demanda energética y la consecución de, al menos, un 50% de generación eléctrica a partir de fuentes renovables.	2023
	• Decreto N.º 332/2022: Plan de Segmentación de Subsidios a la Energía.	2022
Políticas de transición justa	• Programa Empleo Verde.	2023
	• Resolución N.º 255/2021: Red Federal de Mujeres Mineras Argentinas.	2021
AFOLU	• Programa piloto de pagos basados en resultados de REDD+ (reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal) - meta 2027.	2020
	• Ley 27.487 para promover la inversión en plantaciones forestales.	2019
Producción de hidrocarburos	• Decreto N.º 892/2020: «Plan Gas.Ar» - subsidios a la industria de los hidrocarburos.	2020
Hidrógeno	• Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno 2023-2050.	2023
Electricidad	• La Ley 27.424 incentiva la integración de la generación distribuida a la red eléctrica pública (esquema de medición neta) - 1 GW de energía solar fotovoltaica distribuida para 2030.	2017
Industria	• Plan Nacional para el Desarrollo de Parques Industriales: Recomendaciones para el aprovechamiento del apoyo financiero y los créditos fiscales por más de US\$ 3 000 millones.	2022
Transporte	• Plan Nacional de Transporte Sostenible: Para 2030, reducir las emisiones de GEI a un mínimo de 5,84 Mt CO <sub>2</sub> eq por debajo de un escenario de mantenimiento de la tendencia actual; objetivo de que el 15 % de los vehículos funcionen con gas natural.	2022
Edificaciones	• Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (PRONEV) para unificar el sistema de etiquetado de eficiencia energética.	2023

**Tabla 5.4 ▶ Grandes proyectos de infraestructura en Argentina**

	Proyecto	Tamaño	Fecha en línea	Estado	Descripción
Hidrógeno/ amoniaco	Pampas	35 kt H <sub>2</sub> /año (producción)	2024	●	Plantas renovables dedicadas
	Río Negro (fase 1)	104 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2024	●	Plantas renovables dedicadas
Nuclear	Proyecto CAREM	32 MW	2027	●	Pequeño reactor modular
Hidroeléctrica	Central hidroeléctrica Néstor Kirchner y Jorge Cepernic	1310 MW	2025	●	Represas hidroeléctricas más al sur
Petróleo y gas	Fase 2 del gasoducto Néstor Kirchner	20 bcm/día	2024	●	470 km de gasoducto
Transmisión, interconexiones	AMBA I	500/220/132 kV	-	●	Subestaciones y líneas de alta tensión (+ 500 km)
<b>Estatus</b> ● Estudio de viabilidad ● En construcción					

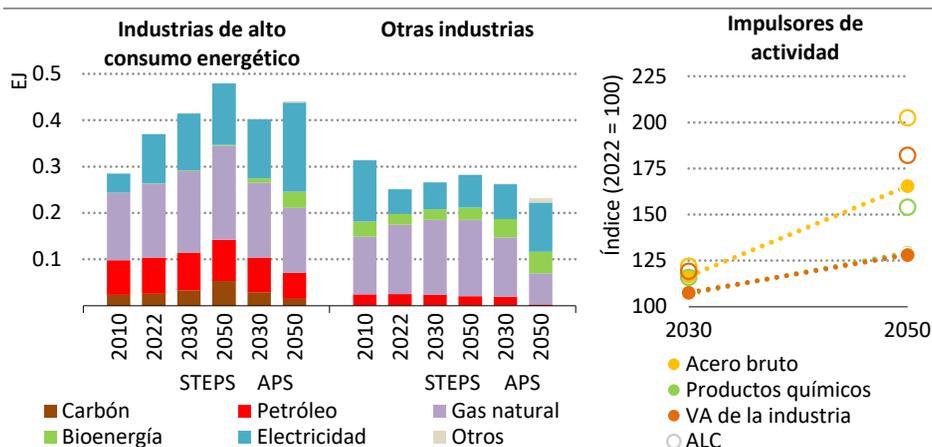
**Figura 5.8** ▶ Consumo de energía final por escenario en Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- Hoy en día, el sector transporte y edificaciones representan dos tercios del consumo total de energía final. En ambos escenarios, el consumo de energía del transporte es el que más aumenta hasta 2050.
- En el STEPS, el consumo final aumenta un 50 % para 2050. En el APS, el consumo de energía final aumenta solo un 17 % gracias a la electrificación y al aumento de la eficiencia energética.

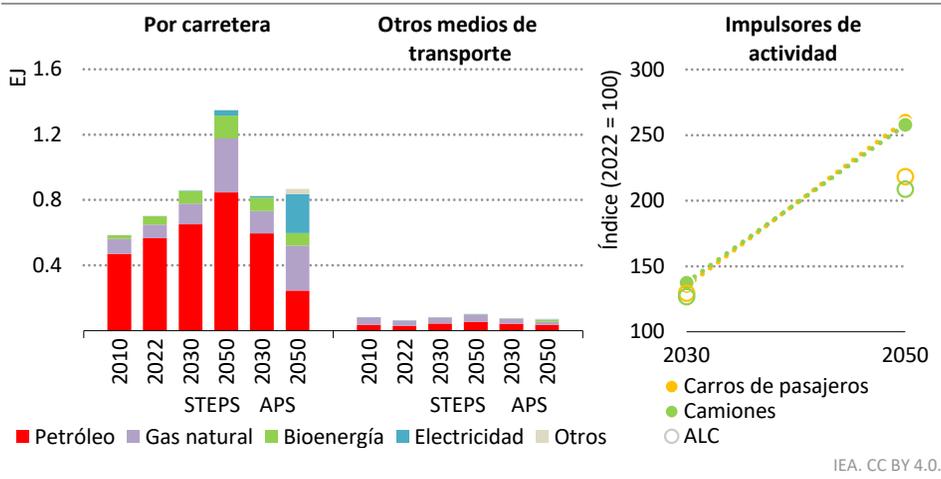
**Figura 5.9** ▶ Consumo de combustible en la industria por tipo y escenario en Argentina



IEA. CC BY 4.0.

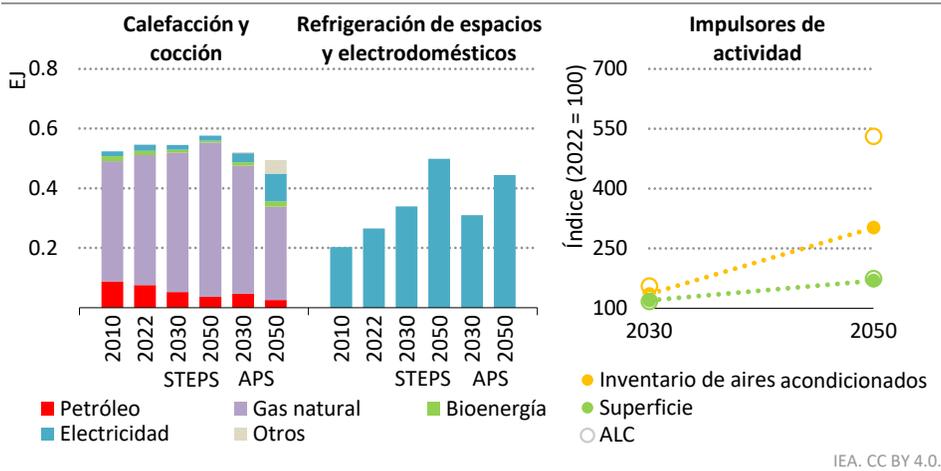
- Hoy en día, alrededor del 45 % de la energía utilizada en las industrias de alto consumo energético es gas natural: las industrias con uso intensivo de energía representan el 60 % de la demanda total de energía en la industria argentina.
- La actividad industrial en Argentina crece menos que el promedio de la región. En el STEPS, la mayor parte de este ligero aumento se cubre con gas natural y electricidad. En el APS, la mayor parte de los incrementos se cubren con electricidad, mientras que el consumo de gas y petróleo disminuye.

**Figura 5.10** ▶ Consumo de combustible en el transporte por tipo y escenario en Argentina



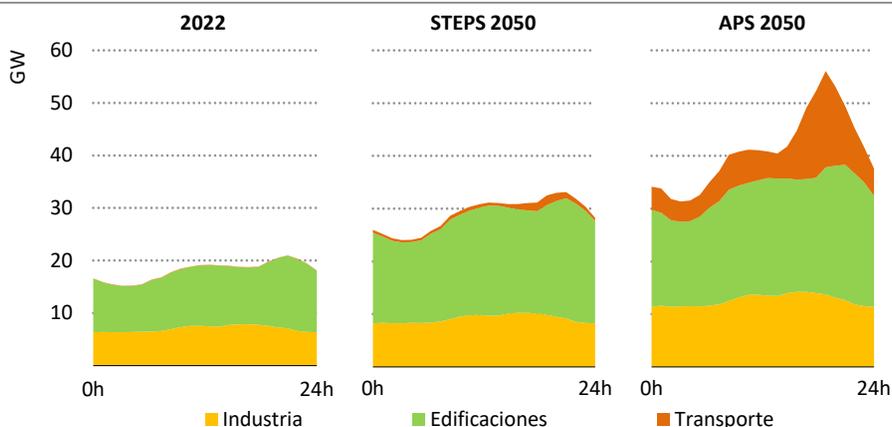
- El petróleo representa hoy casi el 80 % del consumo de energía en el transporte. La participación de gas natural aumenta en ambos escenarios. Las ventas de vehículos eléctricos aumentan rápidamente, especialmente en el APS.
- La actividad del transporte de mercancías por carretera y los automóviles aumentan un 160 % entre 2022 y 2050.

**Figura 5.11** ▶ Consumo de combustible en edificaciones por tipo y escenario en Argentina



- El gas natural cubre el 80 % de las necesidades de calefacción y cocina. La eficiencia energética modera los incrementos de la demanda de calefacción en ambos escenarios.
- La demanda de refrigeración espacial aumentará más del 25 % para 2030 en el STEPS y más del 15 % en el APS. En ambos escenarios, los electrodomésticos representan el mayor crecimiento en el consumo de electricidad en los edificios.

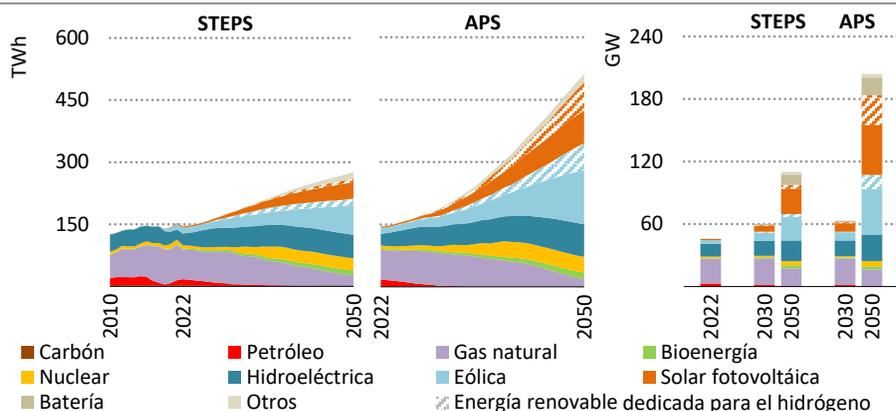
**Figura 5.12** ▶ Perfil de carga eléctrica promedio diaria por escenario Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- Entre 2022 y 2050, la demanda máxima de electricidad aumenta un 70 % en el STEPS y más del doble en el APS, impulsada, principalmente, por las necesidades de refrigeración y el aumento de la flota de vehículos eléctricos.
- En el APS, la carga inteligente de vehículos eléctricos podría desempeñar un papel central en la gestión de la demanda máxima.

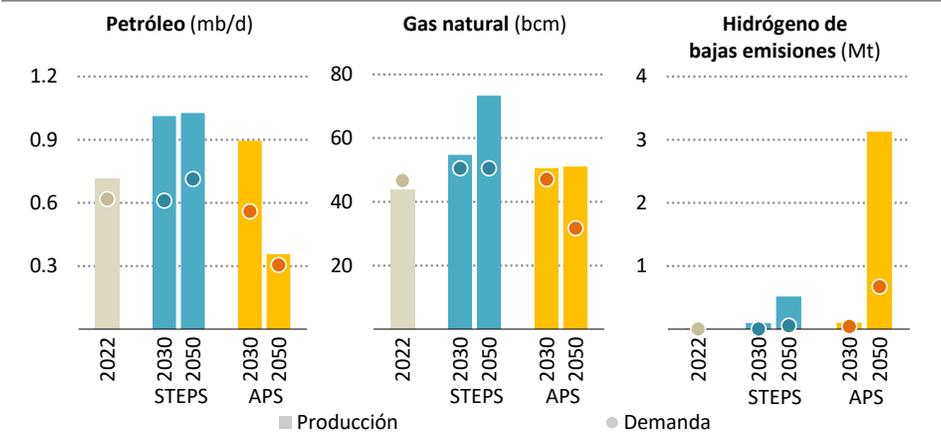
**Figura 5.13** ▶ Generación y capacidad de electricidad por combustible y escenario en Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- El gas natural suministra el 50 % de la electricidad en la actualidad, pero la energía eólica y solar fotovoltaica satisfacen la mayor parte del crecimiento de la demanda en ambos escenarios, impulsada por el importante potencial eólico de la Patagonia.
- En el APS, la energía solar fotovoltaica y la eólica producen el 67 % de la generación de electricidad para 2050, frente al 12 % actual. La generación nuclear también aumenta. La generación a gas cae de forma estable.

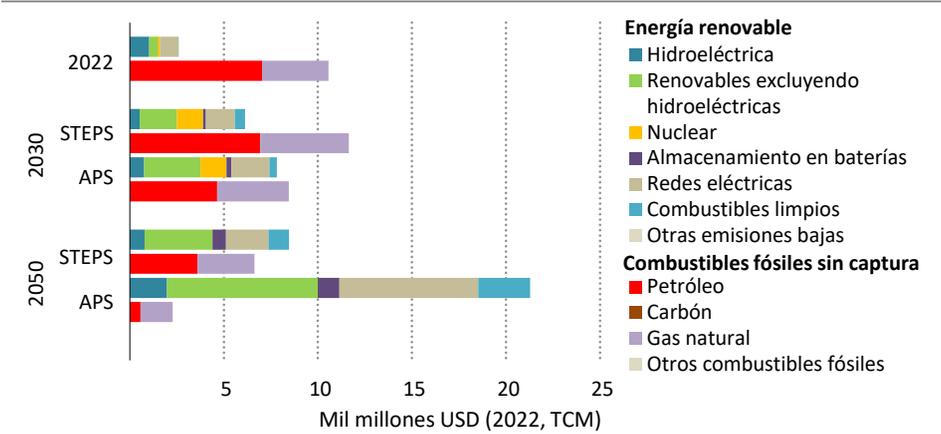
**Figura 5.14** ▶ Demanda y producción de combustible por escenario en Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- En el STEPS, la producción de petróleo aumenta un 40 % hasta 2030 y luego se estabiliza. Argentina se convierte en un país exportador de gas natural a medida que la producción de gas aumenta un 25 % hasta 2030.
- En el APS, el abundante potencial de las energías renovables (la eólica, en el sur y la solar, en el norte) permite que la producción de hidrógeno bajo en emisiones supere los 3 Mt en 2050.

**Figura 5.15** ▶ Inversión anual en suministro de energía por tipo y escenario en Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- En el STEPS, la inversión en el suministro de energía limpia aumenta del 0,4 % del PIB actual al 0,9 % para 2050. En la APS, alcanza ocho veces el nivel actual.
- En la APS, para 2050, la mayor parte de la inversión restante en combustibles fósiles se destina al gas natural.



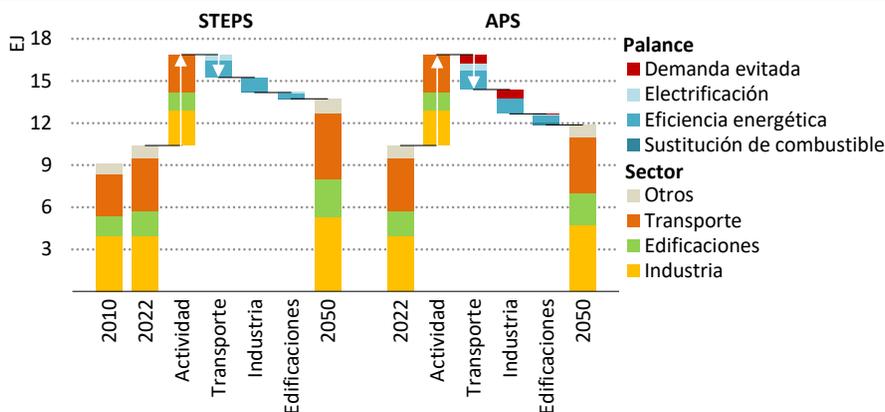
**Tabla 5.5 ▶ Desarrollos recientes de políticas en Brasil**

	Política	Año de publicación
<b>Toda la economía</b>	• NDC: Reducción del 50 % de las emisiones de GEI para 2030 respecto de los niveles de 2005.	2022
	• Objetivo de cero emisiones netas para 2050.	2022
	• Directrices para una Estrategia Nacional de Neutralidad Climática: Entre el 45 % y el 50 % de la energía renovable en la matriz energética nacional para 2030.	2022
	• Plan Decenal de Expansión Energética 2032 (PDEE 2032) (indicativo).	2023
<b>Políticas de transición justa</b>	• Programa de Descarbonización de la Amazonía: Reducir la generación de energía diésel en la región amazónica en un 40 % para 2026, US\$ 1000 millones.	2023
	• <i>Programa Luz para todos</i> (inicialmente lanzado en 2003): Llevar, para 2026, electricidad a 500 000 familias que carecen de acceso.	2023
	• <i>Novo PAC</i> : US\$ 105 mil millones para la transición y la seguridad energéticas.	2023
<b>AFOLU</b>	• Plan de Acción: Deforestación Cero para 2030 (5ª fase).	2023
<b>Medio ambiente y recursos hídricos</b>	• <i>Programa Metano Cero</i> : 25 nuevas plantas de biometano (2,3 mm3/d en 2027).	2022
	• Plan de Recuperación de Embalses Hidroeléctricos: Mejorar la gestión del agua.	2022
<b>Hidrógeno</b>	• Plan de trabajo del Plan Trienal 2023-2025 del Programa Nacional de Hidrógeno.	2023
<b>Electricidad</b>	• Subsidios revisados para la generación distribuida (esquema de facturación neta).	2022
<b>Industria</b>	• Programa de Eficiencia Energética: Fondos públicos (alrededor de US\$ 117 millones en 2020).	2020
<b>Transporte</b>	• Programa <i>RenovaBio</i> - Política Nacional de Biocombustibles.	2017
	• Programa Nacional de Bioqueroseno: Fomenta la I+D en cuanto a los biocombustibles para la aviación.	2021
	• <i>Programa Combustível do Futuro</i> : Tiene como objetivo una tasa de mezcla del 30 % de bioetanol y del 15 % de biodiesel.	2021

**Tabla 5.6 ▶ Grandes proyectos de infraestructura en Brasil**

	Proyecto	Tamaño	Fecha en línea	Estatus	Descripción
<b>Petróleo y gas</b>	Presal (Etapas 3 y 4)	+0,5 mb/d (objetivo 2,2 mb/d)	2027	●	Petróleo y gas
<b>Hidrógeno/ amoníaco</b>	Puerto de Pecem - Base One	600 kt H <sub>2</sub> /año (producción)	2025	●	Planta hidroeléctrica dedicada
	Unigel, fase I	10 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2023	●	Planta eólica dedicada
<b>Nuclear</b>	Angra 3	1405 MWe	2028	●	Reactor nuclear
<b>CCUS</b>	Lucas do Rio Verde, FS Bioenergía	0,4 Mt CO <sub>2</sub> /año	2030	●	BECCS
<b>Transmisión, interconexiones</b>	Graça Aranha-Silvânia (HVDC)	800 kV	2028	●	1440 km
<b>Estatus</b> ● Estudio de viabilidad ● En construcción					

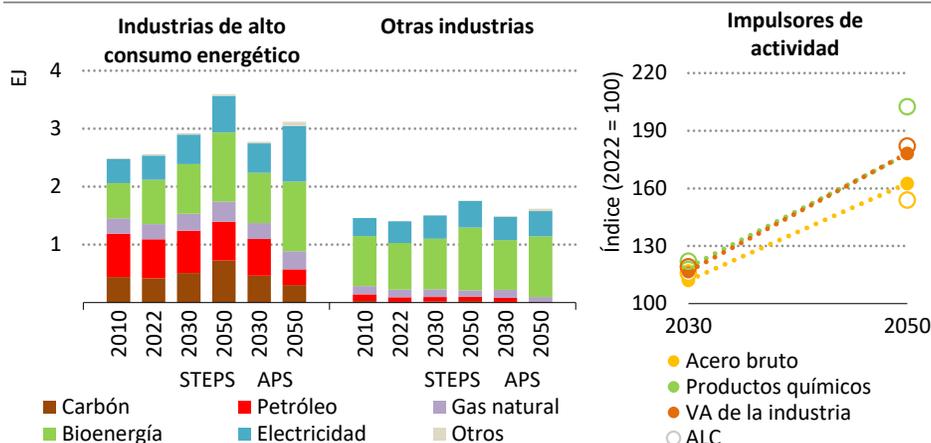
**Figura 5.16** ▶ Consumo de energía final por escenario en Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- Hoy en día, el transporte y la industria representan el 75 % del consumo final de energía en Brasil.
- En el STEPS, el consumo final total aumenta más del 30 % para 2050 y el mayor crecimiento proviene de la industria. En el APS, las ganancias en eficiencia energética y la demanda evitada hacen que el consumo final crezca casi un 15 % menos que lo previsto en STEPS.

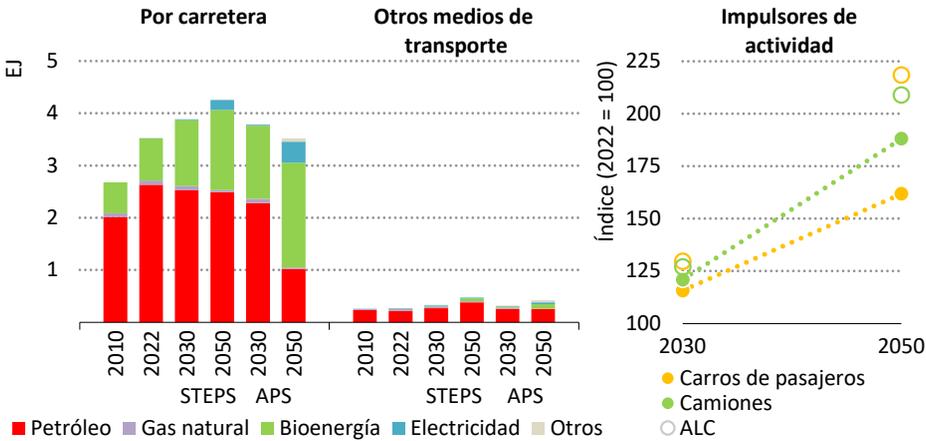
**Figura 5.17** ▶ Consumo de combustible en la industria por tipo y escenario en Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- Brasil es el peso pesado de la industria de la región, especialmente en la producción de etileno, acero y aluminio. Las industrias con uso intensivo de energía representan el 65 % de la demanda total de energía de la industria.
- La bioenergía cubre hoy el 40 % del consumo energético industrial; para 2050, su participación se amplía al 42 % en el STEPS y casi al 50 % en el APS.

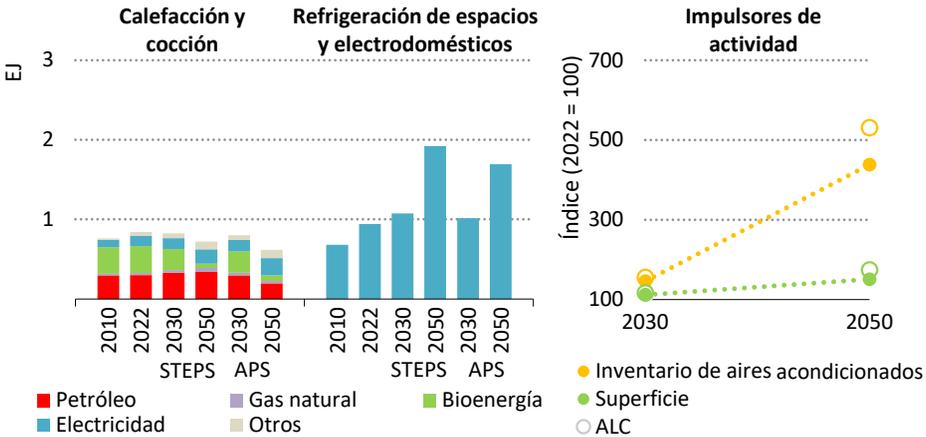
**Figura 5.18** ▶ Consumo de combustible en el transporte por tipo y escenario en Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- Hoy en día, el petróleo representa el 75 % del consumo de energía en el transporte. La participación del petróleo disminuye en ambos escenarios y, en el APS, la bioenergía es el combustible dominante a principios de la década de 2040.
- Para 2050, la actividad del transporte de mercancías por carretera aumenta un 90 % con respecto al nivel actual; la actividad de las automóviles aumenta más del 60 %.

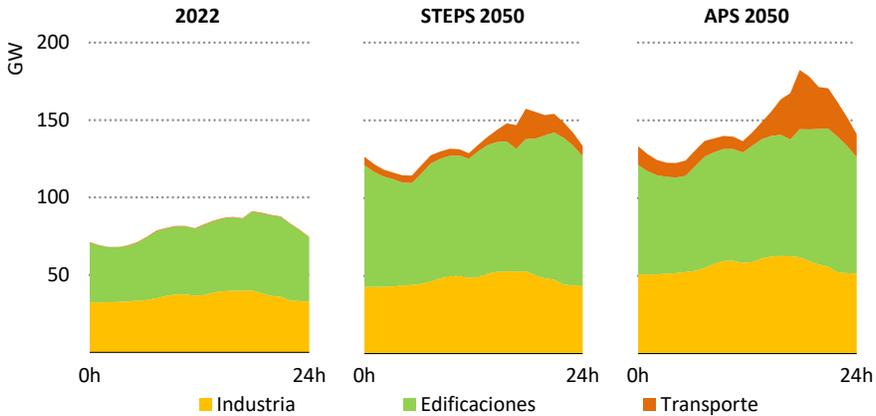
**Figura 5.19** ▶ Consumo de combustible en edificaciones por tipo y escenario en Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- Las necesidades de calefacción y cocina se cubren actualmente con bioenergía (40 %) y petróleo (36 %). El uso tradicional de la biomasa se reduce con un mayor acceso a las cocinas no contaminantes y a la electrificación.
- La demanda de la electricidad para refrigeración casi se triplica para 2050 en el STEPS. En el APS, los estándares mínimos de desempeño energético y los edificios más eficientes recortan este crecimiento en un 35%.

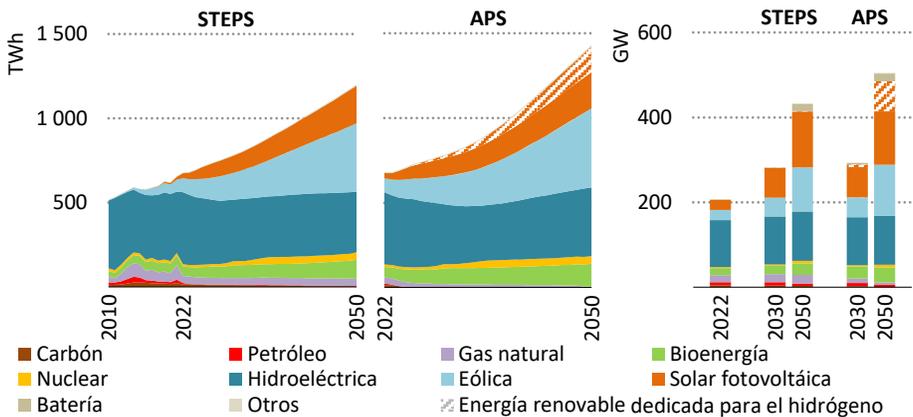
**Figura 5.20** ▶ Perfil de carga eléctrica promedio diaria por escenario en Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- Para 2050, la demanda máxima de electricidad aumenta más del 75 % en el STEPS y más del doble en el APS, donde los puntos máximos aumentan mucho más rápido que el promedio de la demanda de electricidad.
- El aumento de la demanda máxima diaria se debe principalmente al mayor uso de electricidad en los edificios. Las medidas de respuesta de la demanda y de transferencia de la carga podrían aplanar la curva de la carga.

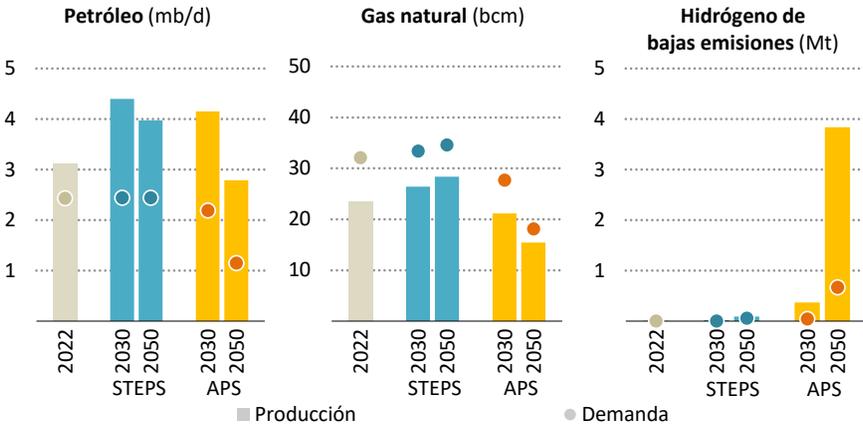
**Figura 5.21** ▶ Generación y capacidad de electricidad por combustible y escenario en Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- La energía hidroeléctrica domina la matriz eléctrica actual, pero su expansión en ambos escenarios está restringida por límites inherentes de recursos y problemas de aceptación social.
- La energía eólica y solar fotovoltaica satisfacen casi todo el crecimiento de la demanda de electricidad. En el APS, representarán casi el 60 % de la generación eléctrica en 2050, frente al 17 % actual.

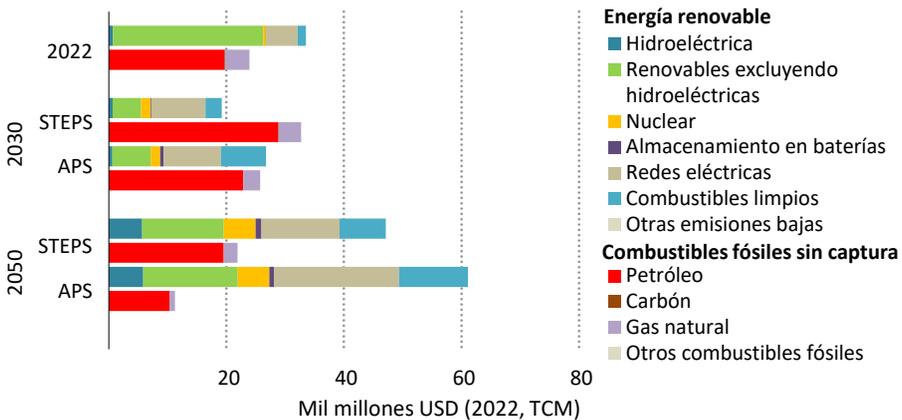
**Figura 5.22 ▶ Demanda y producción de combustible por escenario en Brasil**



IEA. CC BY 4.0.

- En el STEPS, la producción de petróleo aumenta de 3 mb/d a poco más de 4 mb/d para 2030. Asimismo, en el STEPS, la producción de gas natural crece en respuesta a la creciente demanda; no obstante, en el APS, disminuye.
- En el APS, la producción de hidrógeno, impulsada por la estrategia nacional, alcanza las 4 Mt en 2050.

**Figura 5.23 ▶ Inversión anual en suministro de energía por tipo y escenario en Brasil**



IEA. CC BY 4.0.

- Para 2050, la inversión en suministro de energía limpia representa el 1,4 % del PIB de Brasil en el STEPS y el 1,8 % en el APS.
- Para 2050, la inversión en suministro de energía limpia es más del doble del nivel de inversión en combustibles fósiles en el STEPS y en el APS, más de cinco veces superior.

# Chile

## 6TO

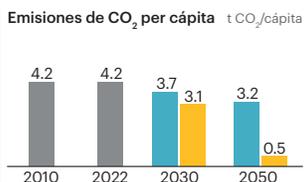
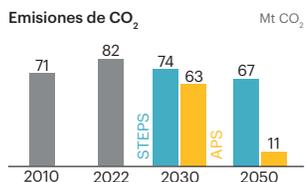
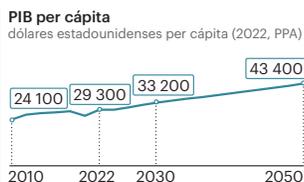
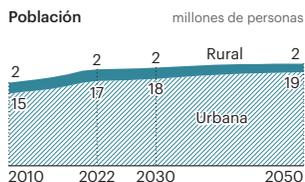
mayor proporción de electricidad generada por fuentes solares en el mundo

## PRINCIPAL

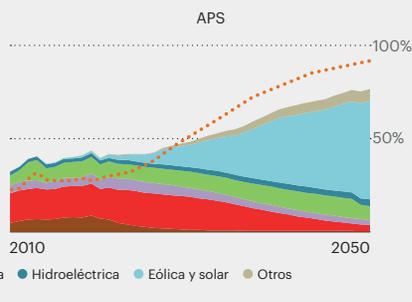
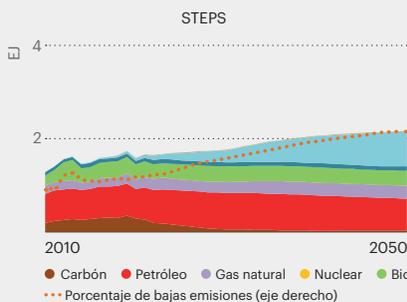
productor mundial de cobre

## 2DO

productor mundial de litio

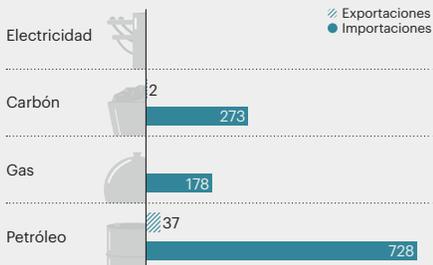


## Suministro de energía primaria y proporción de fuentes con bajas emisiones

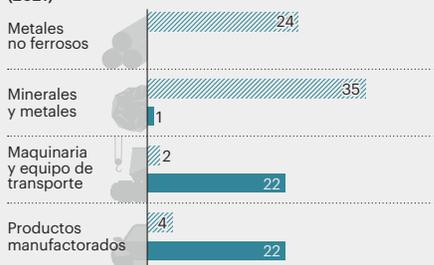


● Carbón ● Petróleo ● Gas natural ● Nuclear ● Bioenergía ● Hidroeléctrica ● Eólica y solar ● Otros  
- - - Porcentaje de bajas emisiones (eje derecho)

## Comercio de los principales productos energéticos (2021)



## Comercio de los principales productos no energéticos (2021)



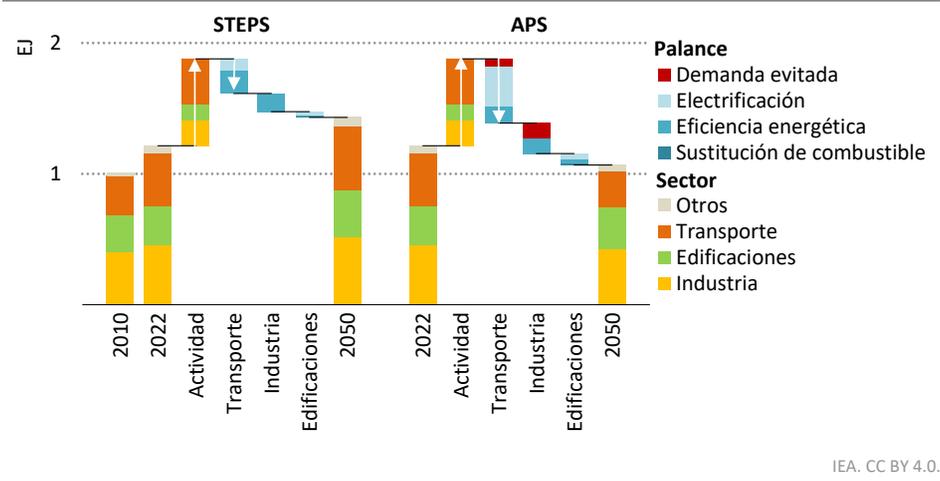
**Tabla 5.7 ▶ Desarrollos recientes de políticas en Chile**

	Política	Año de publicación
Toda la economía	• Ley Marco de Cambio Climático (Ley N.° 21455): Objetivo vinculante de cero emisiones netas de GEI para 2050.	2022
	• NDC (actualización): Las emisiones de GEI alcanzan su punto máximo, a más tardar, en 2025 y los 95 Mt CO <sub>2</sub> eq en 2030.	2021
	• Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026: Reducir la intensidad energética a nivel nacional en, al menos, un 13 % para 2030 en relación con 2019.	2022
Minerales críticos	• Industria y energía: Impuesto al CO <sub>2</sub> de 5 USD/t CO <sub>2</sub> .	2017
	• Estrategia Nacional del Litio: Tiene como objetivo aumentar la participación pública y las asociaciones entre el sector público y privado en la cadena de suministro del litio; propone la creación de institutos de investigación y una empresa nacional de litio (anunciado).	2023
Hidrógeno	• Política Nacional Minera 2050: Alcanzar la neutralidad de carbono en la minería para 2040.	2022
	• Estrategia Nacional de Hidrógeno: Objetivos de capacidad de electrólisis (en funcionamiento y en desarrollo) de 5 GW para 2025 y de 25 GW para 2030. Tener como objetivo alcanzar, para 2030, la cifra de US\$ 2 500 millones al año procedentes de las exportaciones del hidrógeno y sus derivados.	2020
Electricidad	• Retiro y/o reconversión progresiva de las centrales eléctricas a carbón, a más tardar, en 2040.	2019
Industria	• Ley sobre Eficiencia Energética (Ley N.° 21305): Para 2023, sistema de gestión energética obligatorio para los grandes consumidores de energía (consumo superior a 50 T cal/año).	2021
Transporte	• La Ley N.° 21.505 que promueve el almacenamiento de electricidad y la electromovilidad introdujo un esquema de exención tributaria gradual de ocho años para los vehículos eléctricos e híbridos.	2022
	• Objetivos de la Estrategia Nacional de Electromovilidad 2035: El 100 % de los vehículos nuevos, tanto ligeros como semipesados, y de los nuevos vehículos de transporte público urbano serán vehículos cero emisiones.	2021
Edificaciones	• Objetivo de la Política Energética Nacional 2050: El 100 % de los sistemas de calefacción y cocina en los centros urbanos son de bajas emisiones en 2040 y el 100 % del uso de la energía de los nuevos edificios son cero emisiones netas para 2050.	2022

**Tabla 5.8 ▶ Grandes proyectos de infraestructura en Chile**

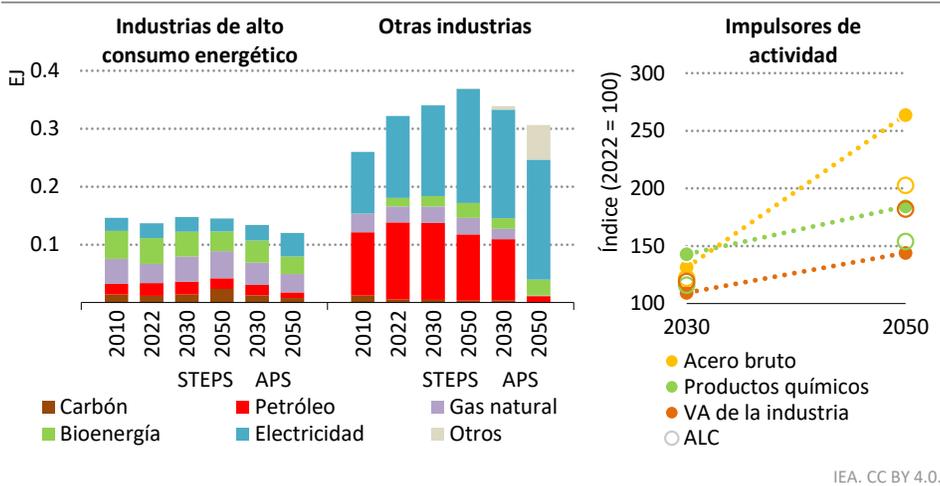
	Proyecto	Tamaño	Fecha en línea	Estado	Descripción
Hidrógeno/ amoníaco	H <sub>2</sub> Magallanes	1400 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2025	●	Planta eólica dedicada
	Gente Grande Magallanes	630 kt H <sub>2</sub> /año (producción)	2028	●	Planta eólica dedicada
	Faraday	180 kt H <sub>2</sub> /año (producción)	2027	●	Red eléctrica + planta dedicada
Combustibles sintéticos	Haru Oni (fase 2)	75 millones de litros de combustible sintético al año	2025	●	Plantas renovables dedicadas
Transmisión, interconexiones	Línea de transmisión de corriente directa de alta tensión Kimal-Lo Aguirre	3 000 MW - 600 kV	2029	●	1500 km. En la etapa de obtención de permisos.
<b>Estatus</b> ● Estudio de viabilidad ● En construcción					

**Figura 5.24** ▶ Consumo de energía final por escenario en Chile



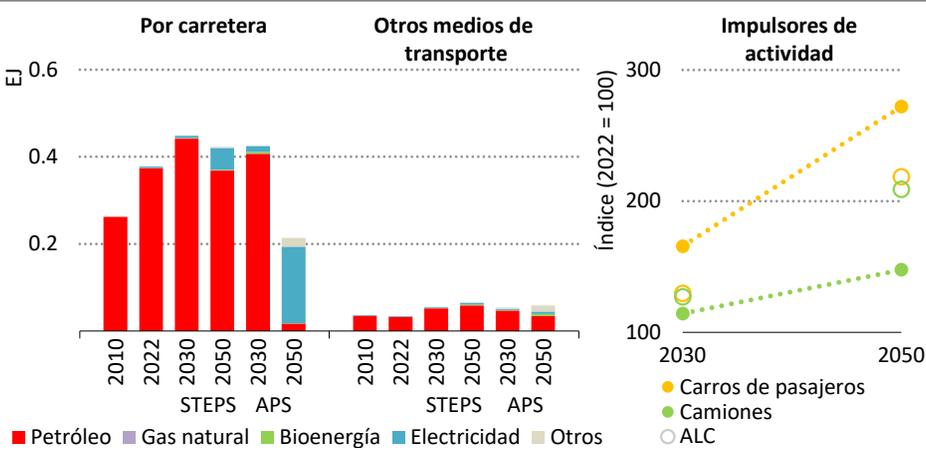
- La industria y el transporte representan hoy el 72 % del consumo final de energía. En el STEPS, el transporte y la industria aumentan el consumo de energía final en casi un 20 % para 2050.
- En el APS, el consumo de energía final en 2050 es un 25 % menor que en el STEPS debido a la electrificación y al aumento de la eficiencia energética en el transporte.

**Figura 5.25** ▶ Consumo de combustible en la industria por tipo y escenario en Chile



- Las industrias ligeras, principalmente las mineras, representan actualmente más del 50 % del consumo energético de la industria en Chile. Para 2050, la producción de la industria siderúrgica será 2,5 veces mayor que la actual.
- En el APS, la electrificación acelerada y la adopción de camiones propulsados por hidrógeno en el sector minero provocan fuertes reducciones en las emisiones.

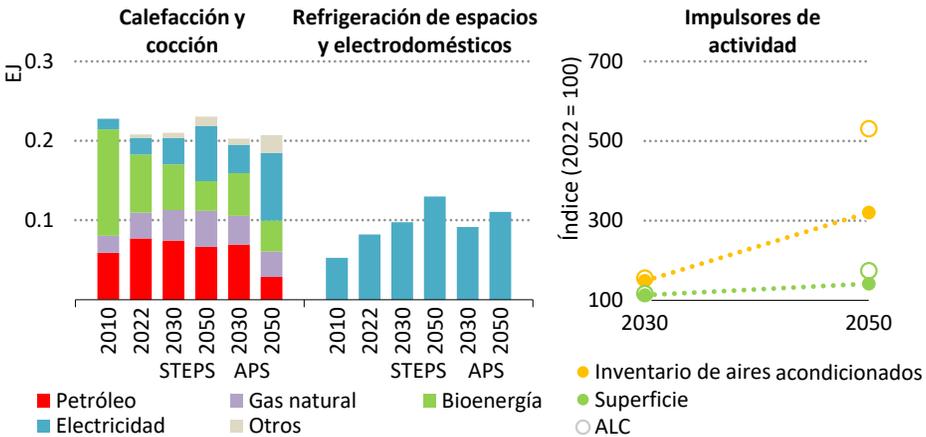
**Figura 5.26** ▶ Consumo de combustible en el transporte por tipo y escenario en Chile



IEA. CC BY 4.0.

- La geografía de Chile hace que la mayoría de pasajeros y mercancías viajen por carretera. En el transporte por carretera, el consumo de combustible depende principalmente del petróleo.
- Chile tiene la novena flota de autobuses eléctricos más grande del mundo. En el APS, sus ambiciosos planes de economía de combustible y electromovilidad impulsan las ventas de vehículos eléctricos.

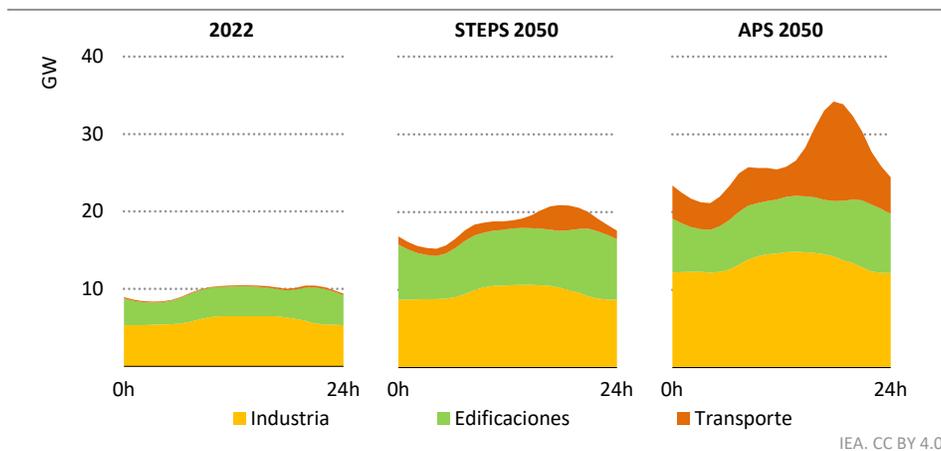
**Figura 5.27** ▶ Consumo de combustible en edificaciones por tipo y escenario en Chile



IEA. CC BY 4.0.

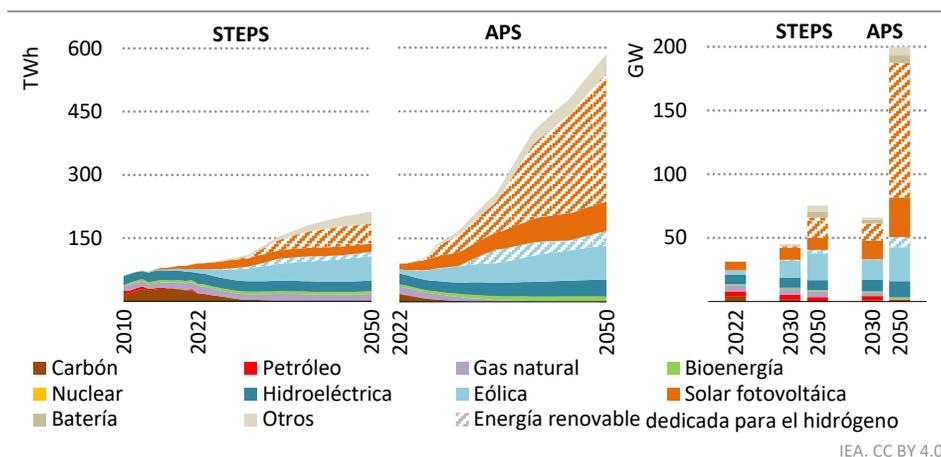
- El petróleo y la bioenergía satisfacen la mayor parte de las necesidades de calefacción y cocina en la actualidad. Para 2050, el uso de leña para calefacción, de gran importancia en las regiones central y sur, es mucho menor en ambos escenarios.
- El abandono del uso del petróleo y la leña en los sistemas de calefacción y cocina, y el aumento de las ventas de electrodomésticos son los factores que impulsan la demanda adicional de electricidad.

**Figura 5.28** ▶ Perfil de carga eléctrica promedio diaria por escenario en Chile



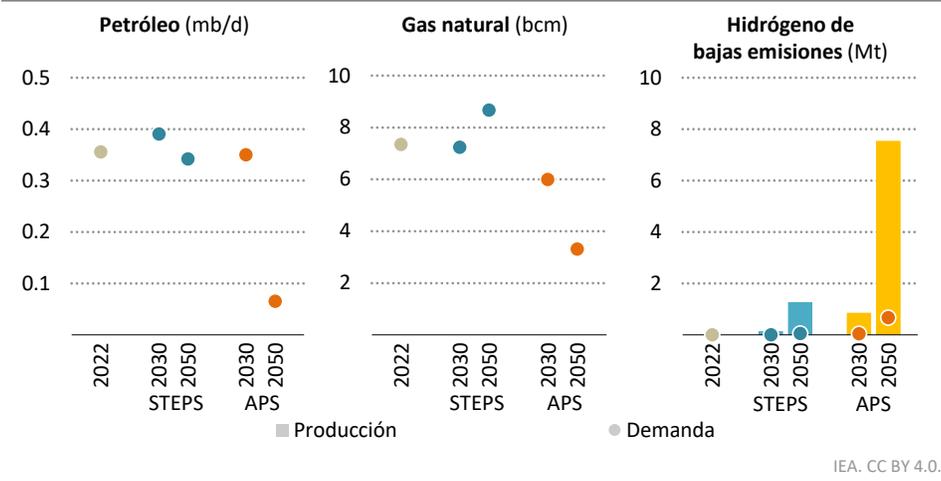
- Para 2050, la demanda máxima de electricidad se duplica en el STEPS y se triplica en el APS; asimismo, crece hasta un 15 % (STEPS) y un 60 % (APS) más rápido que el promedio de la demanda eléctrica.
- El aumento de la demanda máxima diaria se debe principalmente a las industrias ligeras (minería) y a la adopción de vehículos eléctricos. La gestión de la demanda podría ayudar a suavizar la demanda máxima nocturna.

**Figura 5.29** ▶ Generación y capacidad de electricidad por combustible y escenario en Chile



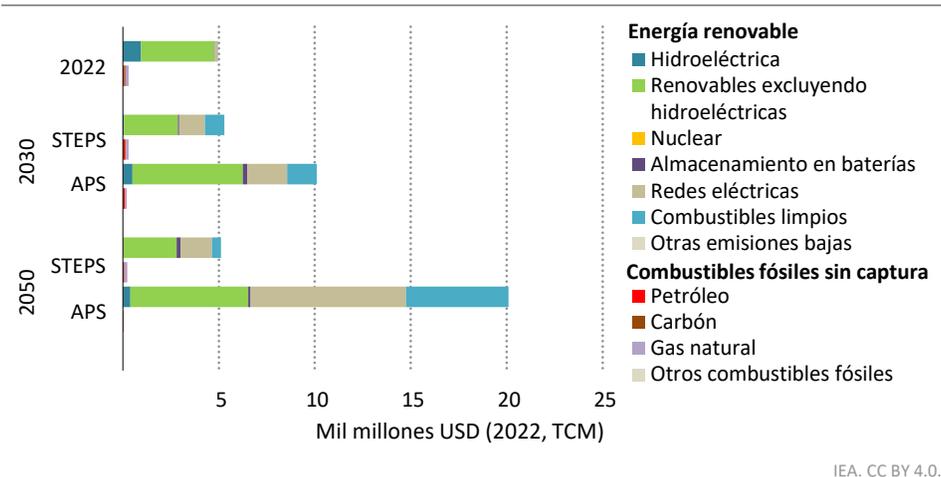
- El carbón representó el 20 % de la generación eléctrica en 2022. Un gran aumento en la generación eólica y la solar fotovoltaica lleva a que, en ambos escenarios, el carbón sea eliminado gradualmente de matriz eléctrica.
- El potencial solar de Chile es el tercero más grande del mundo. En el APS, la energía solar fotovoltaica dedicada a la producción de hidrógeno hace que la capacidad instalada total aumente hasta triplicar lo previsto en el STEPS.

**Figura 5.30 ▶ Demanda y producción de combustible por escenario en Chile**



- En el STEPS, la demanda de petróleo se estanca, mientras que la demanda de gas natural aumenta debido al cambio de combustible en las edificaciones y a una mayor actividad en las industrias con uso intensivo de energía.
- El APS prevé que la producción de hidrógeno alcance alrededor de 7,5 Mt en 2050, impulsada por la demanda interna (particularmente en el transporte y la minería) y el comercio internacional.

**Figura 5.31 ▶ Inversión anual en suministro de energía por tipo y escenario en Chile**



- En 2050, la inversión chilena en suministro de energías limpias representa más del 1 % del PIB en el STEPS y el 4 % en el APS.
- Para 2050 y en el APS, el 40 % de la inversión se destina a las redes y el 20 % al suministro de hidrógeno.

# Colombia



## 6TA

ciudad (Bogotá) más grande de América Latina y el Caribe

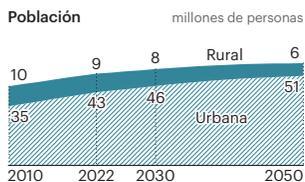
## 8VA

flota más grande de buses eléctricos del mundo

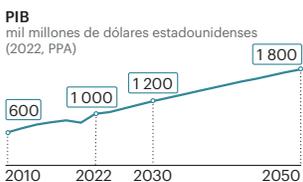
## 6TO

mayor exportador de carbón del mundo

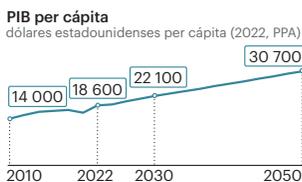
### Población



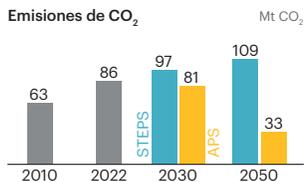
### PIB



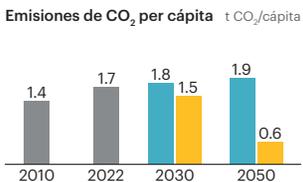
### PIB per cápita



### Emisiones de CO<sub>2</sub>



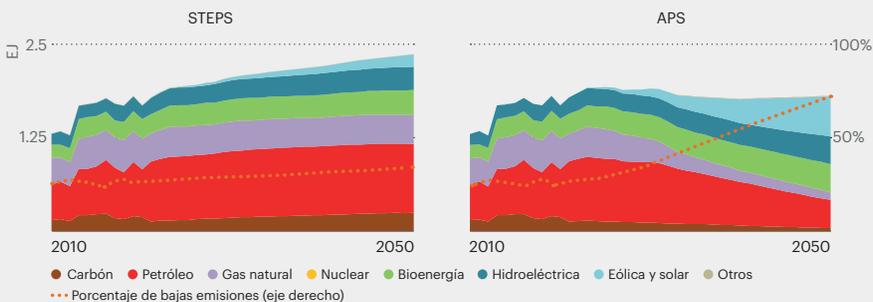
### Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita



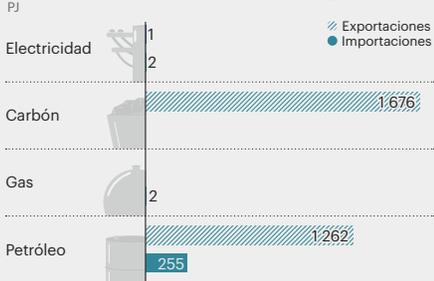
### Intensidad energética



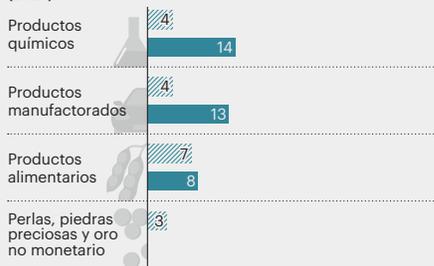
### Suministro de energía primaria y proporción de fuentes con bajas emisiones



### Comercio de los principales productos energéticos (2021)



### Comercio de los principales productos no energéticos (2021)



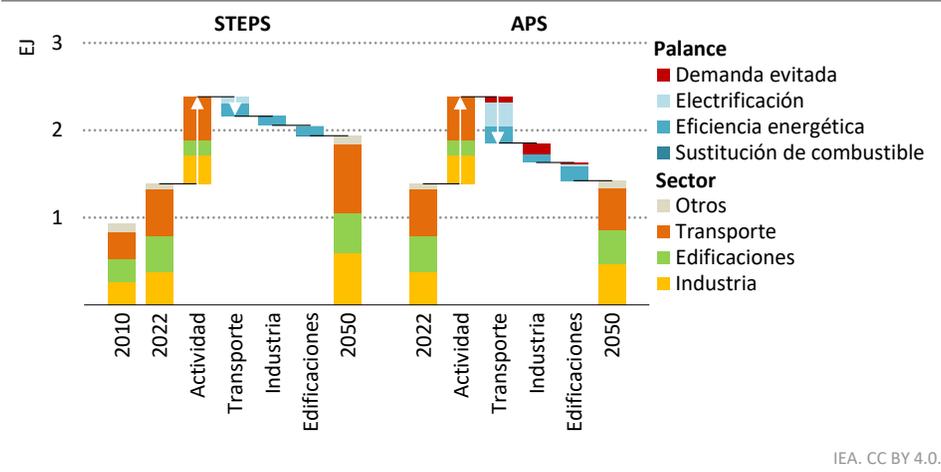
**Tabla 5.9 ▶ Desarrollos recientes de políticas en Colombia**

	Política	Año de publicación
<b>Toda la economía</b>	• Ley de Acción Climática: emisiones netas cero de GEI para 2050.	2021
	• NDC: Para 2030, objetivo incondicional de reducción del 51 % de las emisiones de GEI respecto a el escenario de referencia.	2021
	• Impuesto al carbono para los derivados del petróleo y el gas utilizados para la combustión (5 USD/t CO <sub>2</sub> eq). El impuesto al carbono para el carbón se incrementará gradualmente hasta alcanzar los 12 USD/t CO <sub>2</sub> eq para 2028.	2016
	• Nuevo Plan Energético Nacional que incluirá la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa para 2050 (anunciado).	2023
<b>Políticas de transición justa</b>	• Ley N.º 2056 para regular la organización y funcionamiento del sistema general de regalías.	2020
<b>AFOLU</b>	• Ley de Acción Climática: Reducción de la deforestación a 50 000 ha/año y deforestación cero para 2030.	2021
<b>Producción de hidrocarburos</b>	• Legislación para prohibir el <i>fracking</i> (anunciada).	2022
	• Suspensión de nuevas licencias para la exploración de combustibles fósiles (anunciada).	2023
<b>Hidrógeno</b>	• Estrategia Nacional de Hidrógeno: 40% de hidrógeno de bajas emisiones en el consumo total del sector industrial para 2030.	2021
<b>Electricidad</b>	• Promoción de la integración de las energías renovables mediante subastas a largo plazo.	2021
	• Estrategia E2050: Objetivos cuantitativos de generación de electricidad limpia (10 GW de energía eólica marina para 2050).	2021
<b>Transporte</b>	• Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica: Para 2030, 600 000 vehículos eléctricos circulando (excluidos los vehículos de dos y tres ruedas).	2019
<b>Eficiencia energética</b>	• Firma de la iniciativa “Product Efficiency Call to Action” en la COP26: Duplicar la eficiencia de los aires acondicionados, las neveras, los sistemas de iluminación y los motores eléctricos industriales para 2030.	2021

**Tabla 5.10 ▶ Grandes proyectos de infraestructura en Colombia**

	Proyecto	Tamaño	Fecha en línea	Estado	Descripción
<b>Hidrógeno/amoníaco</b>	Refinería de Cartagena	9 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2026	●	Plantas renovables dedicadas
	Refinería de Barrancabermeja	9 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2026	●	Plantas renovables dedicadas
	BEAUTY Ammonia	170 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2027	●	Red
<b>Petróleo y gas</b>	Refinería Sebastopol	150 000 barriles diarios	2022	●	Derivados del petróleo crudo Retrasada debido al COVID-19
<b>Transporte público</b>	Metro de Bogotá, línea 1	72 000 pasajeros por hora	2028	●	-
<b>Estatus</b> ● Estudio de viabilidad ● En construcción					

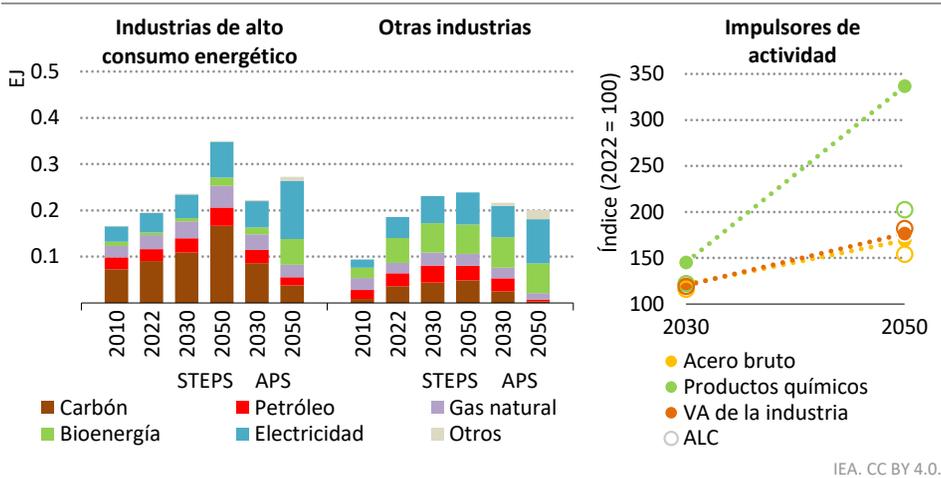
**Figura 5.32** ▶ Consumo de energía final por escenario en Colombia



IEA. CC BY 4.0.

- Hoy en día, los sectores de transporte y edificaciones representan el 68 % del consumo final de energía.
- En el STEPS, el consumo final total aumenta un 40 % para 2050, liderado por el transporte y la industria. En el APS, solo el sector industria consume más energía en 2050 que en 2022.

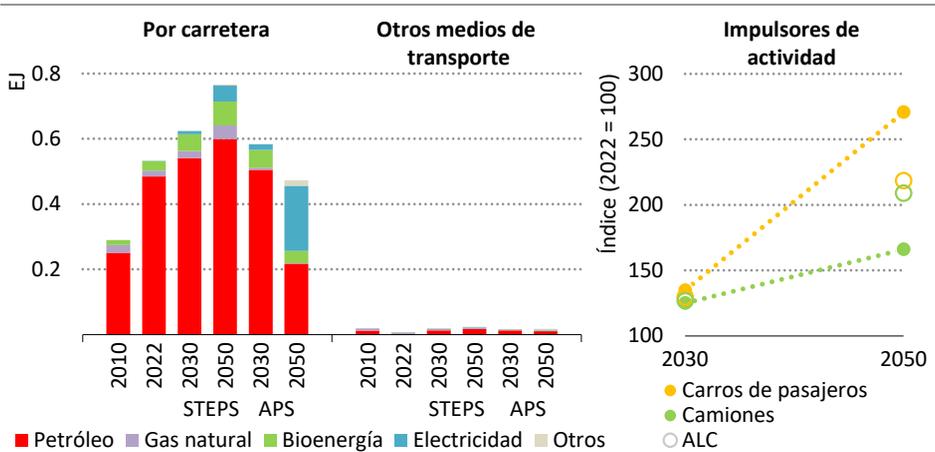
**Figura 5.33** ▶ Consumo de combustible en la industria por tipo y escenario en Colombia



IEA. CC BY 4.0.

- En la actualidad, el carbón cubre un tercio del consumo de energía en la industria y, en el STEPS, sigue siendo el principal combustible para las industrias con uso intensivo de energía, ya que la producción de acero se triplica con creces para 2050.
- En el APS, el despliegue de bombas de calor y procesos basados en hidrógeno electrolítico provoca que la demanda de electricidad desplaze al carbón en la mayoría de los sectores industriales.

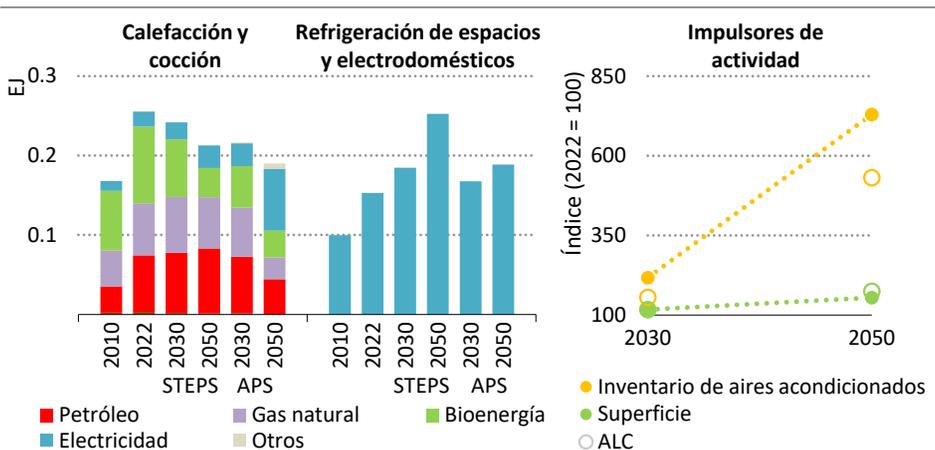
**Figura 5.34** ▶ Consumo de combustibles en el transporte por tipo y escenario en Colombia



IEA. CC BY 4.0.

- Colombia tiene, hoy en día, la octava flota de autobuses eléctricos más grande del mundo. En el APS, cerca del 80 % de la flota de autobuses es eléctrica para 2050.
- En el APS, para 2050, la actividad de pasajeros aumenta un 170 % en comparación con 2022, pero el uso de petróleo en el transporte por carretera cae un 55 %, pues la proporción de la electricidad en el consumo aumenta a más del 40 %.

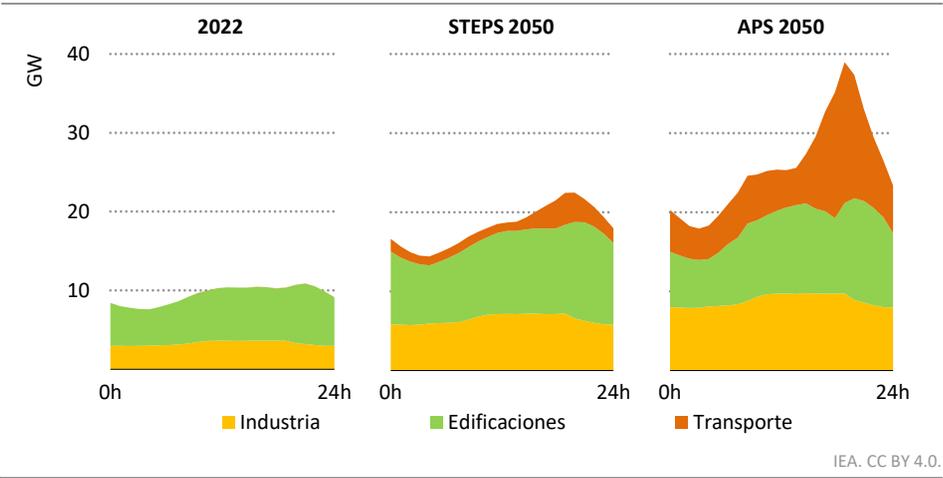
**Figura 5.35** ▶ Consumo de combustible en edificaciones por tipo y escenario en Colombia



IEA. CC BY 4.0.

- La mayoría de las necesidades de calefacción y cocina en Colombia se cubren con bioenergía, petróleo y gas natural. En el APS, la participación de petróleo disminuye con la electrificación.
- El mayor uso de electrodomésticos y refrigeración de espacios impulsa el crecimiento de la demanda de la electricidad en los edificios. En el APS, los MEPS más estrictas reducen el crecimiento en casi un 15 % en comparación con el STEPS.

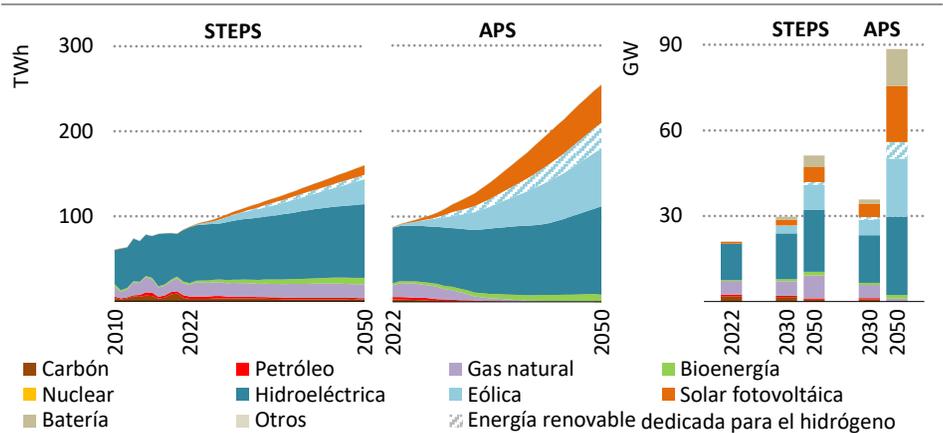
**Figura 5.36** ▶ Perfil de carga eléctrica promedio diaria por escenario en Colombia



IEA. CC BY 4.0.

- Para 2050, la demanda máxima de electricidad se duplica en el STEPS y se triplica en el APS, superando el crecimiento de la demanda de electricidad promedio.
- En el APS, la carga inteligente de vehículos eléctricos podría suavizar la demanda máxima nocturna.

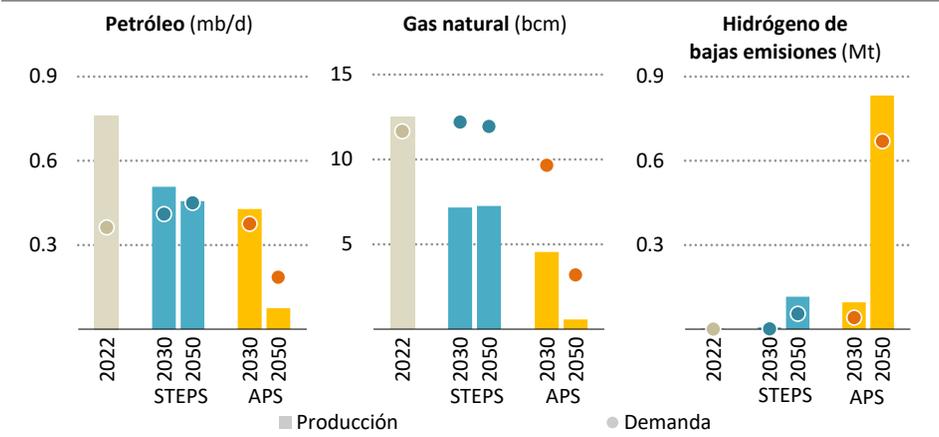
**Figura 5.37** ▶ Generación y capacidad de electricidad por combustible y escenario en Colombia



IEA. CC POR 4.0.

- La energía hidroeléctrica es la que representa la mayor parte matriz eléctrica actual (75 %); el gas natural y el petróleo representan la mayor parte del resto.
- La creciente demanda de electricidad la satisfacen principalmente la generación eólica y la solar fotovoltaica. En el APS, la generación solar fotovoltaica y la eólica aumentan del 1 % actualmente a casi el 60 % en 2050.

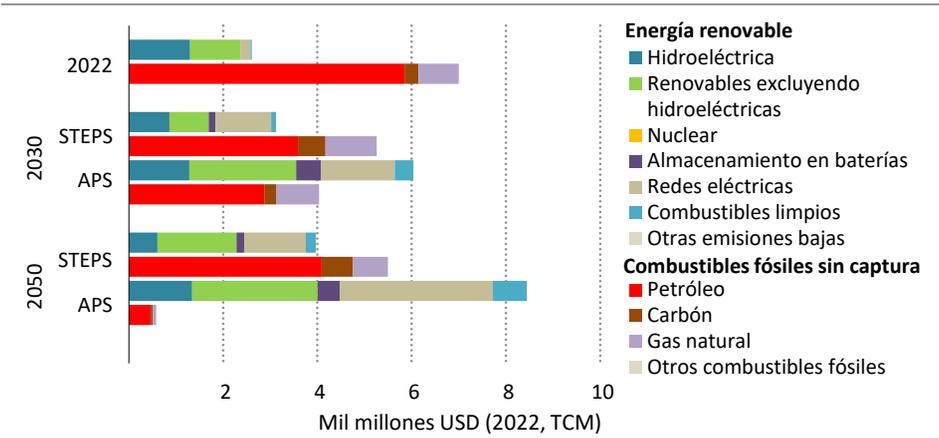
**Figura 5.38 ▶ Demanda y producción de combustible por escenario en Colombia**



IEA. CC BY 4.0.

- La producción de petróleo y gas disminuye en ambos escenarios, pero la caída es mucho más marcada en el APS, pues Colombia cumple con su anuncio de no conceder nuevos contratos de exploración de petróleo y gas.
- En el STEPS, la producción de hidrógeno de bajas emisiones aumenta hasta 0,1 Mt para 2050. En el APS, aumenta hasta casi 1 Mt.

**Figura 5.39 ▶ Inversión anual en suministro de energía por tipo y escenario en Colombia**



IEA. CC BY 4.0.

- Para 2050, la inversión en suministro de energías limpias representa el 0,6 % del PIB en Colombia en el STEPS y el 1,4 % en el APS.
- Para 2050, más de un tercio de la inversión total para el suministro de energía limpia se utiliza para apoyar el desarrollo de la red en ambos escenarios.



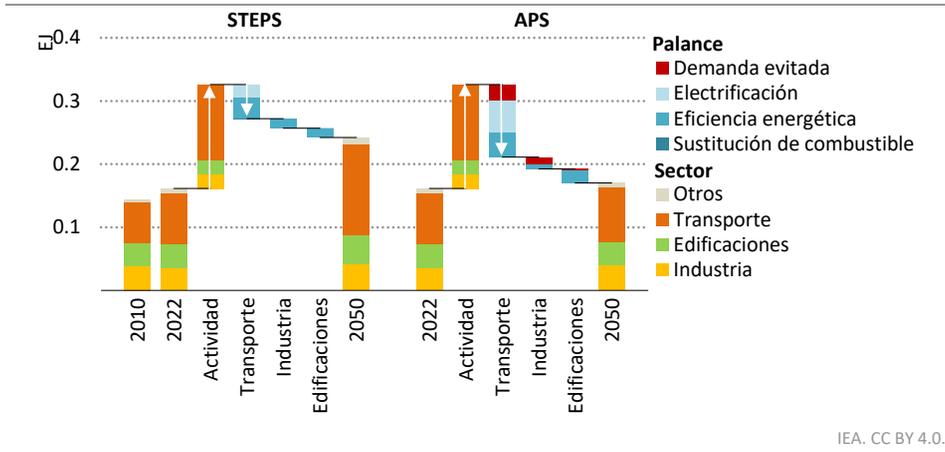
**Tabla 5.11 ▶ Desarrollos recientes de políticas Costa Rica**

	Política	Año de publicación
Toda la economía	• NDC (revisada en 2020): Compromiso de alcanzar un máximo de 9,11 Mt CO <sub>2</sub> eq de emisiones netas para 2030 y alcanzar emisiones netas cero para 2050.	2020
	• Objetivo de cero emisiones netas (objetivo reiterado en la NDC de 2020): Compromiso general con el objetivo de cero emisiones netas para 2050 en su Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050.	2019
	• Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2022-2026): Hoja de ruta para fortalecer la resiliencia ante los impactos del cambio climático.	2022
AFOLU	• Plan de Implementación de la Estrategia Nacional REDD+: Incrementar la cobertura forestal recuperando 254 923 hectáreas de tierras agrícolas para 2025.	2017
Producción de hidrocarburos	• Decreto N.º 41578: Amplía la moratoria nacional a las actividades relacionadas con la exploración y explotación petrolera de 2021 a 2050.	2019
Hidrógeno	• Estrategia Nacional del Hidrógeno 2022-2050. Tres estrategias clave: utilizar hidrógeno verde para descarbonizar los sectores del transporte y la industria, desarrollar un centro tecnológico y fomentar las condiciones para facilitar las exportaciones de hidrógeno.	2022
Electricidad	• Plan de Expansión de la Generación 2022-2040: Instalar 1 775 MW de capacidad solar fotovoltaica y eólica.	2023
Industria	• Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050: La industria cambiará las fuentes de energía para reducir las emisiones y, al mismo tiempo, aumentará la actividad.	2019
Transporte	• Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050: El 60 % del parque de vehículos ligeros y el 100 % del parque de vehículos para el transporte público serán cero emisiones, con la electricidad como principal fuente de energía.	2019
	• <i>Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública 2023-2026: Rogelio Fernández Güell</i> : Implementa un objetivo de mezcla del 8 % de componentes renovables en los combustibles fósiles vendidos en el mercado interno.	2022
Edificaciones	• Acuerdo 09-MINAE. Crea el Programa Nacional de Etiquetado Ambiental y de Eficiencia Energética de Costa Rica y el Comité Técnico de Etiquetado Ambiental y Energético.	2023

**Tabla 5.12 ▶ Grandes proyectos de infraestructura en Costa Rica**

	Proyecto	Tamaño	Fecha en línea	Estado	Descripción
Hidrógeno/ amoníaco	Proyecto Ecosistema de Transporte de Costa Rica	0,2 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2025	●	Plantas renovables dedicadas
Hidroeléctrica	Fourth Cliff	61 MW	2029	●	Energía hidroeléctrica
	Borinquen I	55 MW	2027	●	Energía geotérmica
Geotérmica	Borinquen II	55 MW	2031	●	Energía geotérmica
<b>Estatus</b>		● Estudio de viabilidad	● En construcción		

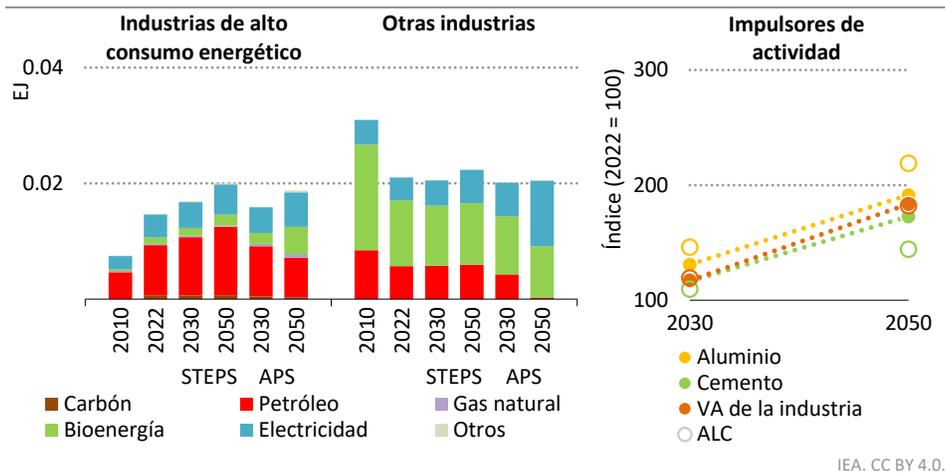
**Figura 5.40** ▶ Consumo de energía final por escenario en Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- Hoy en día, el transporte por sí solo representa más de la mitad del consumo final de energía.
- En el STEPS, el consumo total de energía final aumenta un 50 % para 2050, impulsado principalmente por una mayor demanda de transporte. En el APS, el consumo de energía final aumenta solo un 6 % gracias, en parte, a la electrificación acelerada que modera el 33 % del aumento de la actividad.

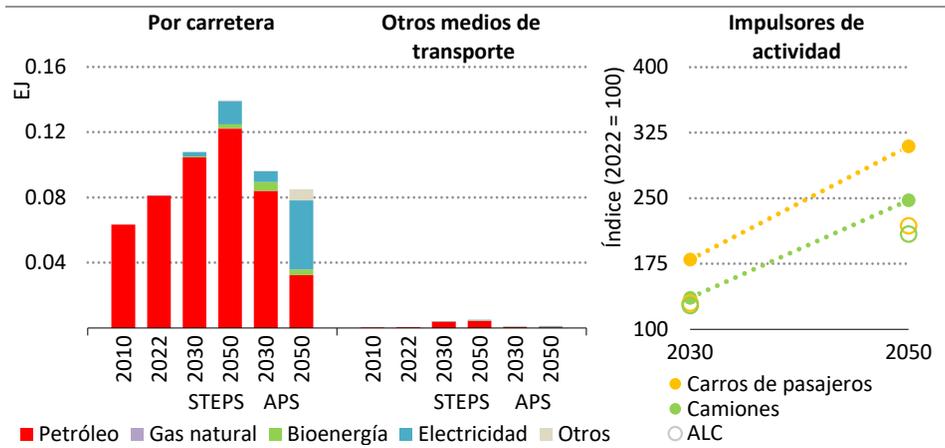
**Figura 5.41** ▶ Consumo de combustible en la industria por tipo y escenario en Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- Las industrias de alto consumo energético representan más del 40 % de la demanda de energía en la industria actual.
- En el APS, la bioenergía sigue desempeñando un papel clave y el uso de electricidad aumenta, pues las bombas de calor industriales suministran calor a baja temperatura. El uso de petróleo en la industria se reduce a la mitad para 2050 en comparación con las cifras actuales.

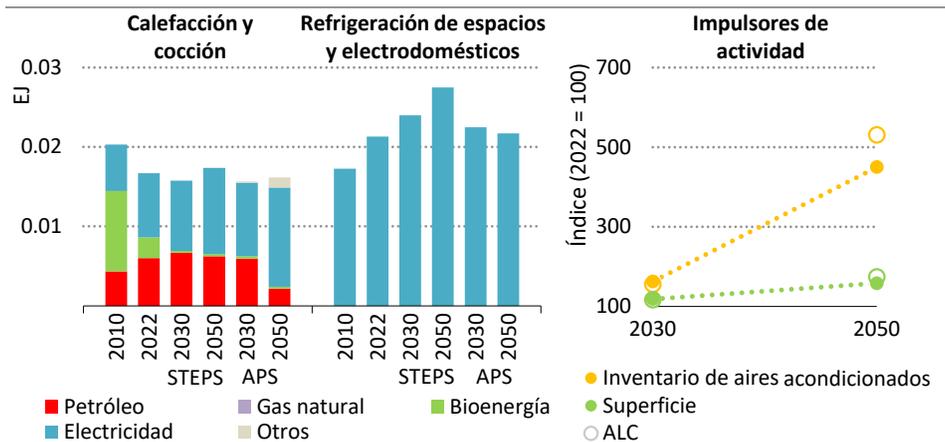
**Figura 5.42** ▶ Consumo de combustible en el transporte por tipo y escenario en Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- El sector transporte es la mayor fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en Costa Rica. La electrificación desempeña un papel clave para descarbonizar el transporte en los próximos años.
- En el APS, la electricidad representa el 50 % del consumo en 2050, lo que ralentiza el crecimiento de la demanda de energía.

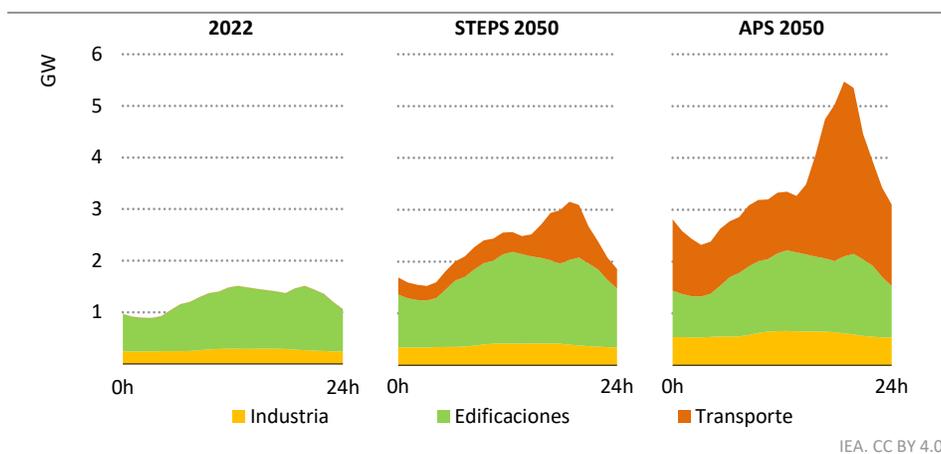
**Figura 5.43** ▶ Consumo de combustible en edificaciones por tipo y escenario en Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

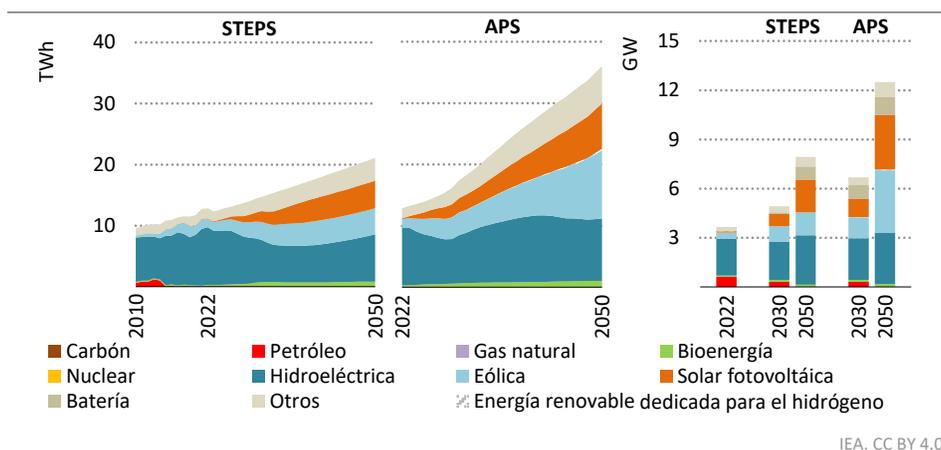
- La mayor parte de las necesidades en cuanto a cocina se cubren con electricidad. En el APS, la participación del petróleo en la calefacción y la cocina disminuye a medida que la participación de la electricidad aumenta 1,4 veces con respecto a su nivel de 2022.
- En el STEPS, el aumento de la demanda de electrodomésticos y refrigeración de espacios es responsable del 60 % del aumento del consumo eléctrico en el sector de edificaciones.

**Figura 5.44** ▶ Perfil de carga eléctrica promedio diaria por escenario en Costa Rica



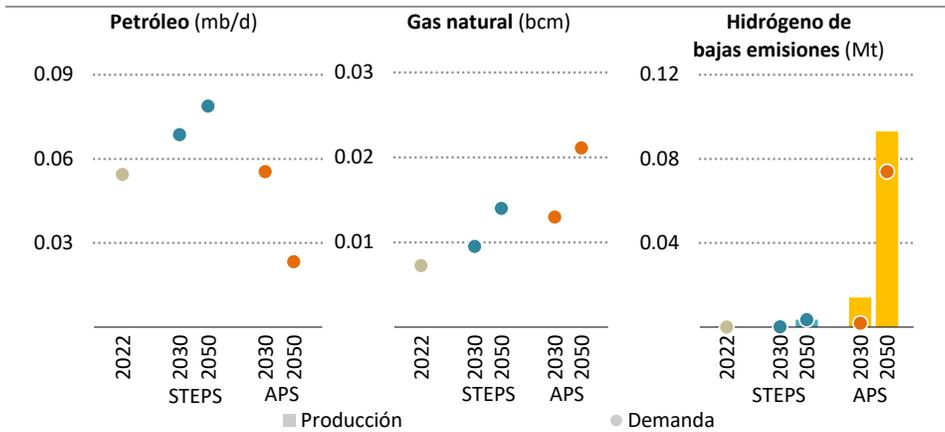
- Para 2050, la demanda máxima de electricidad se duplica con respecto a los niveles actuales en el STEPS y aumenta más de 3,5 veces en el APS. Alcanza un nivel superior al del 80 % del promedio de demanda de la electricidad.
- La electricidad para el transporte es el principal impulsor del aumento de la demanda máxima de electricidad.

**Figura 5.45** ▶ Generación y capacidad de electricidad por combustible y escenario en Costa Rica



- La energía hidroeléctrica representa la mayor parte de la matriz eléctrica actual. Sigue desempeñando un papel clave hasta 2050 en ambos escenarios. La energía geotérmica desempeña un papel importante tanto hoy en día como en el futuro.
- La energía eólica y la solar fotovoltaica satisfacen la mayor parte del aumento de la demanda de electricidad en ambos escenarios. En el APS, su participación en la generación total aumenta del 10 % actual a más del 50 % en 2050.

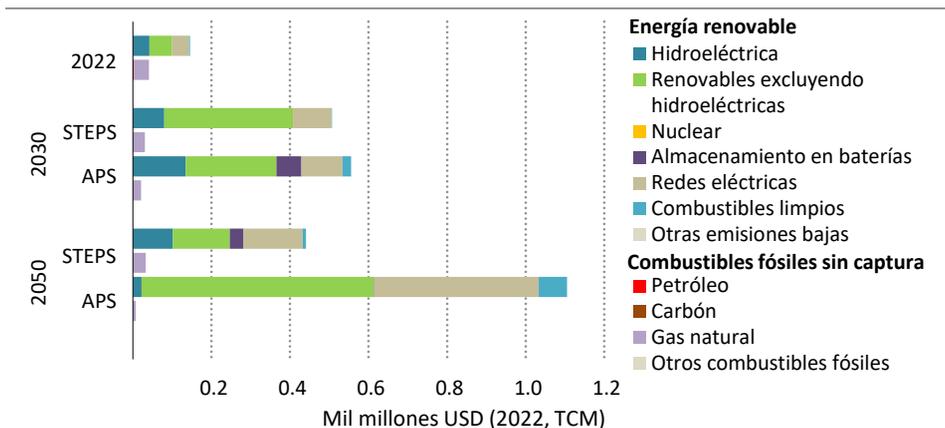
**Figura 5.46** ▶ Demanda y producción de combustible por escenario en Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- Después de 2030, la demanda de petróleo se estabiliza en el STEPS y disminuye significativamente en el APS.
- Para 2050, la producción y demanda de hidrógeno de bajas emisiones ronda los 0,1 Mt en el APS.

**Figura 5.47** ▶ Inversión anual en suministro de energía por tipo y escenario en Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- Para 2050, la inversión en suministro de energías limpias representa el 0,3 % del PIB de Costa Rica en el STEPS y el 0,8 % en el APS.
- En el APS, la inversión en suministro de energía limpia se cuadruplica para 2030 con respecto a los niveles actuales, y se invierten más de US\$ 600 millones en energías renovables en 2050.



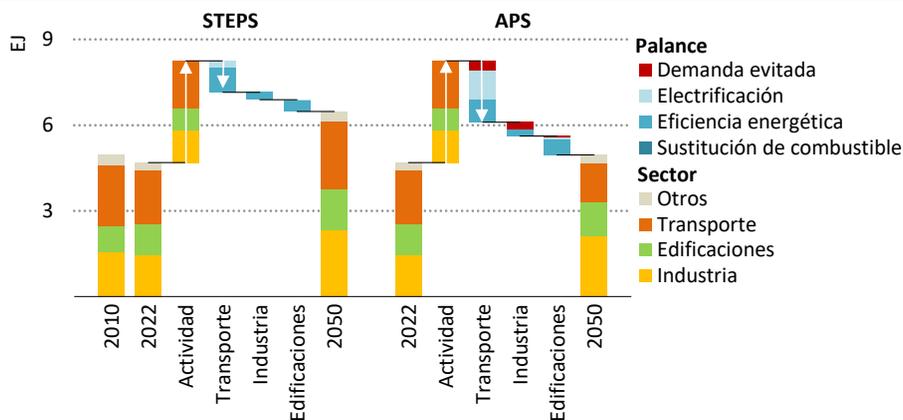
**Tabla 5.13 ▶ Desarrollos recientes de políticas en México**

	Política	Año de publicación
Toda la economía	• NDC: Para 2030, objetivo condicional de reducción del 40 % de las emisiones de GEI con respecto a un escenario sin cambios.	2022
	• Impuesto al Carbono: Se modificó la Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios para gravar un impuesto sobre el contenido de carbono de los combustibles a partir de 2014. El impuesto al carbono se actualiza anualmente. Hasta el momento, el gas natural no está incluido.	2012
AFOLU	• Estrategia Nacional REDD+ 2017-2030: Objetivo de cero deforestación neta para 2030.	2017
Minerales críticos	• Un decreto otorgó al gobierno federal los derechos para explorar, explotar y exportar litio a través de la empresa estatal LitoMx.	2022
	• Compromiso Mundial sobre el Metano: México se sumó a la iniciativa para reducir, para 2030, las emisiones antropogénicas mundiales de metano en un 30 % respecto de los niveles de 2020.	2021
Producción de hidrocarburos	• Disposiciones administrativas de carácter general sobre el metano procedente del sector de los hidrocarburos: Las entidades reguladas deben presentar planes para prevenir las emisiones de metano, incluidas acciones y objetivos.	2018
	• Ley de Transición Energética: Establece el objetivo de que las energías limpias representen el 35 % de la generación eléctrica para 2024.	2015
Electricidad	• Las disposiciones de la Ley de Transición Energética definen el procedimiento para los acuerdos voluntarios sobre eficiencia energética para los grandes consumidores industriales.	2017
Industria	• Eficiencia energética de vehículos ligeros: México publicó el proyecto de norma PROY-NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023 para actualizar la norma existente de eficiencia de combustible para vehículos ligeros nuevos a partir de 2025.	2023
	• Borrador de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica: Establece objetivos para que el 100 % de los automóviles que se venden sean eléctricos o híbridos enchufables para 2040 y para que el 100% sean eléctricos para 2050.	2023
Transporte	• Requisitos de eficiencia energética para electrodomésticos: NOM-028-ENER-2017 para bombillas, NOM-015-ENER-2018 para neveras y congeladores domésticos y NOM-023-ENER-2018 para aires acondicionados.	2018
Edificaciones		

**Tabla 5.14 ▶ Grandes proyectos de infraestructura en México**

	Proyecto	Tamaño	Fecha en línea	Estado	Descripción
Hidrógeno/ amoníaco	Mexican Green Hydrogen Hub, fase 1	10 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2025	●	Planta solar fotovoltaica dedicada
	Energía Los Cabos	4 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2024	●	Planta solar fotovoltaica dedicada
	Delicias Solares	6 kt H <sub>2</sub> /año (capacidad)	2026	●	Planta solar fotovoltaica dedicada
Petróleo y gas	Planta de licuefacción Energía Costa Azul	3 Mt/año	2024	●	Desarrollar capacidad de licuefacción para exportar GNL
	Refinería Olmeca	340 000 barriles diarios	2023	●	Incrementar el refinado nacional
<b>Estatus</b>		● Estudio de viabilidad	● En construcción		

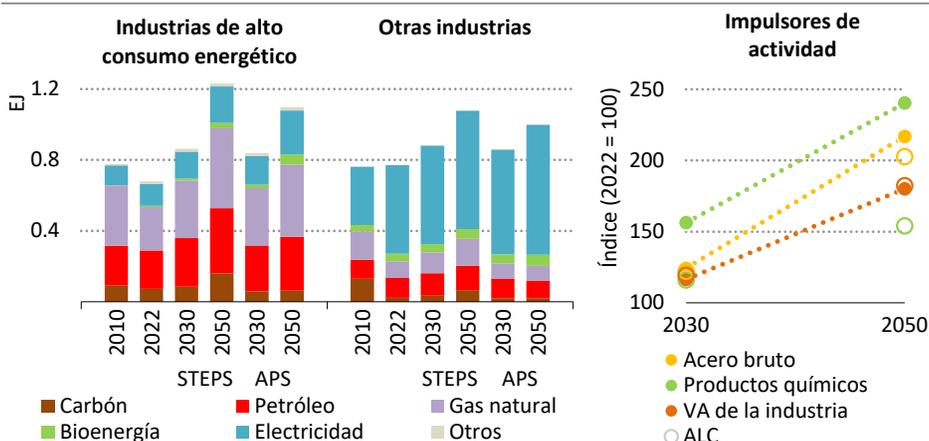
**Figura 5.48** ▶ Consumo de energía final por escenario en México



IEA. CC BY 4.0.

- Hoy en día, el transporte representa alrededor del 40 % del consumo total de energía final en México.
- El consumo total de energía final aumenta casi un 40 % para 2050 en el STEPS. En el APS, esta cifra se reduce al 6 % debido al aumento acelerado de la eficiencia energética y la electrificación.

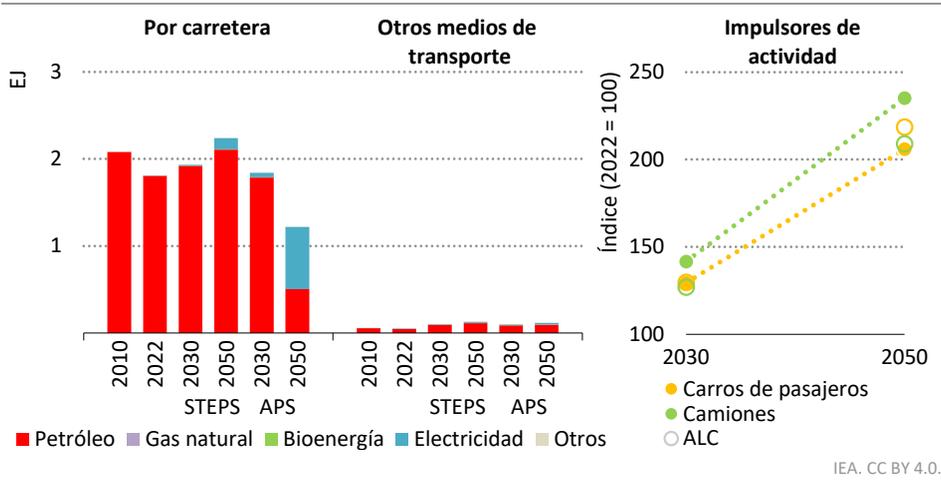
**Figura 5.49** ▶ Consumo de combustible en la industria por tipo y escenario en México



IEA. CC BY 4.0.

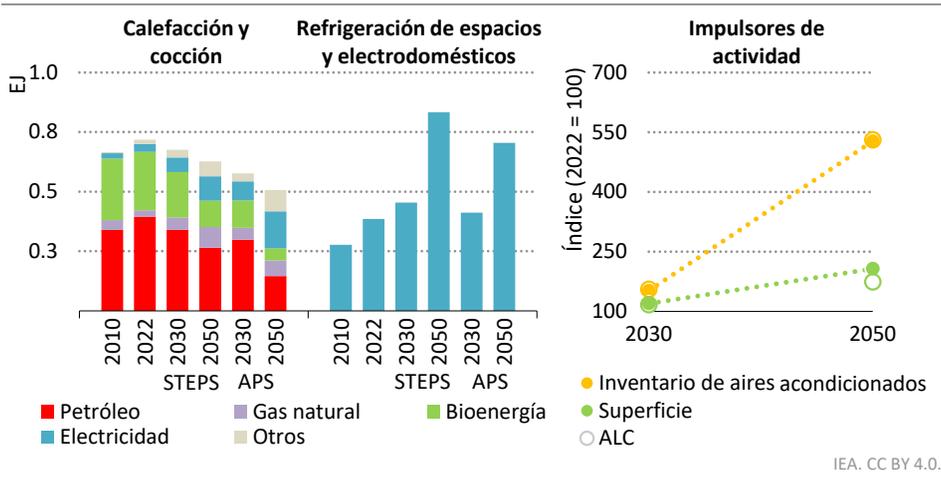
- Con sus potentes industrias cementera y siderúrgica, México representa el 20 % del consumo industrial de energía en la región, así como la cuarta parte del aumento de la demanda para 2050 en el STEPS.
- La participación de los combustibles fósiles en el consumo industrial de energía en México sigue siendo alta en ambos escenarios. En el APS, la participación de bioenergía sigue siendo baja en comparación con otros países de ALC.

**Figura 5.50** ▶ Consumo de combustible en el transporte por tipo y escenario en México



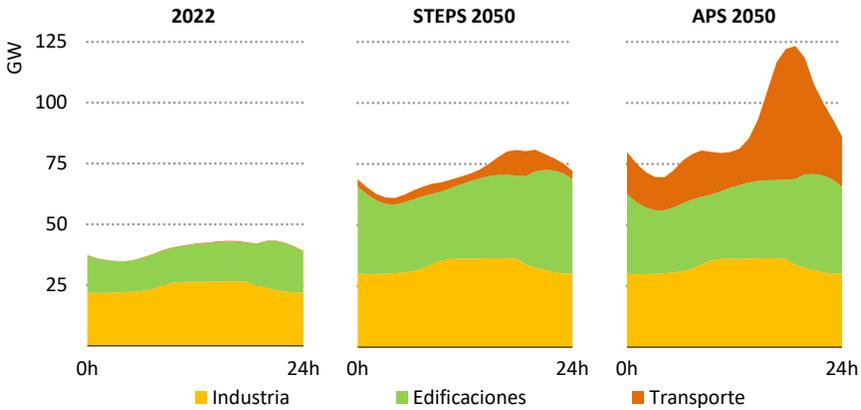
- La electrificación aumenta en el transporte por carretera después de 2030 en ambos escenarios. En el APS, la electricidad representa más de la mitad del consumo de energía en el transporte para 2050.
- La caída de la demanda del petróleo que prevé el APS se debe principalmente a un cambio hacia la electromovilidad y a incrementos de eficiencia derivados de normas más estrictas.

**Figura 5.51** ▶ Consumo de combustible en edificios por tipo y escenario en México



- El consumo de combustibles derivados del petróleo disminuye lentamente en los edificios a medida que aumenta el uso de la electricidad y el gas natural. La electrificación ayuda a reducir el uso tradicional de biomasa.
- En el STEPS, la compra de sistemas de aire acondicionado se triplica para 2050 y es responsable de más del 40 % del aumento en el consumo de electricidad en el sector de los edificios. En el APS, los electrodomésticos de bajo consumo limitan la magnitud del aumento.

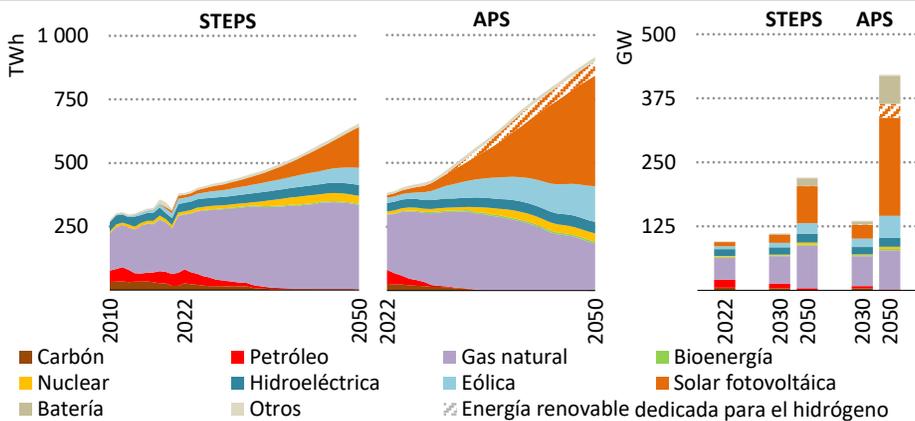
**Figura 5.52** ▶ Perfil de carga eléctrica promedio diaria por escenario en México



IEA. CC BY 4.0.

- En ambos escenarios, el consumo de electricidad en los edificios casi se duplica con respecto a los niveles actuales. Contribuye a un aumento de la demanda máxima del 40 % en el APS para 2050.
- La brecha entre la demanda máxima en STEPS y APS refleja una mayor adopción de vehículos eléctricos, que representan casi el 45 % de la demanda máxima diaria en APS. La carga inteligente podría suavizar los picos de consumo.

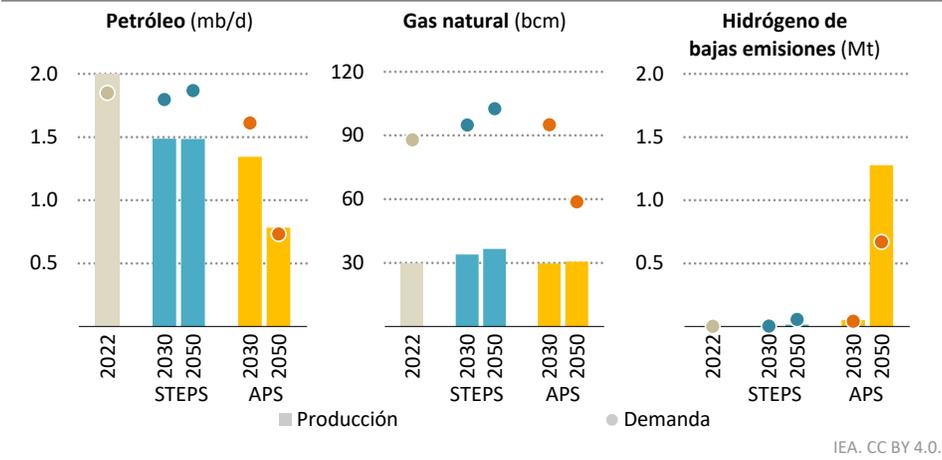
**Figura 5.53** ▶ Generación y capacidad de electricidad por combustible y escenario en México



IEA. CC BY 4.0.

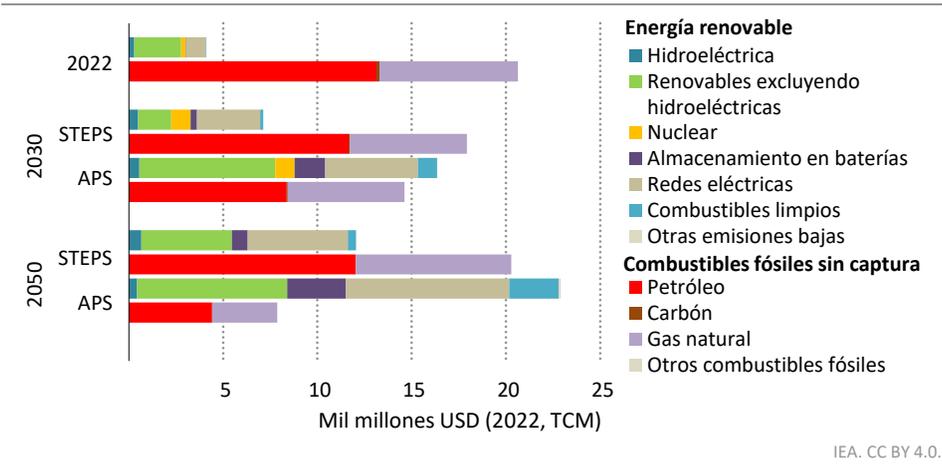
- Hoy en día, el gas natural tiene la mayor participación en la matriz eléctrica de México. En el STEPS, el gas natural y la energía solar fotovoltaica cubren, en conjunto, más del 95 % del incremento de la generación de electricidad hasta 2050.
- El APS prevé una demanda de electricidad mucho mayor para 2050 que el STEPS, y la energía solar fotovoltaica y la eólica cubren casi toda la demanda adicional.

**Figura 5.54 ▶ Demanda y producción de combustible por escenario en México**



- En el STEPS, la producción de gas natural aumenta casi un 25 % para 2050, pero se amplía la brecha con respecto a la demanda; la producción de petróleo cae para, a continuación, estabilizarse; la demanda se mantiene estable.
- En el APS, la demanda de gas natural cae drásticamente después de 2030 a medida que disminuye su uso en el sector eléctrico; la producción de petróleo, al igual que la demanda, disminuye y cae un 60 %.

**Figura 5.55 ▶ Inversión anual en suministro de energía por tipo y escenario en México**



- En 2050, la inversión mexicana en suministro de energía limpia representa el 0,5 % del PIB en el STEPS y el 0,9 % en el APS.
- En el STEPS, la mayor parte de la inversión todavía se destina a los combustibles fósiles en 2050. En el APS, la inversión en energías limpias es tres veces mayor que la inversión en combustibles fósiles para 2050.

## 5.9 Notas

### Unidades

<b>Área</b>	ha	Hectáreas
<b>Distancia</b>	km	Kilómetro
<b>Emisiones</b>	Gt CO <sub>2</sub>	Gigatoneladas de dióxido de carbono
	Mt CO <sub>2</sub>	Millones de toneladas de dióxido de carbono
	Mt CO <sub>2</sub> eq	Millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (utilizando potencial de calentamiento global para 100 años para diferentes gases de efecto invernadero)
	t CO <sub>2</sub> eq	Toneladas de dióxido de carbono equivalente
<b>Energía</b>	EJ	Exajulio (1 julio x 10 <sup>18</sup> )
	PJ	Petajulio (1 julio x 10 <sup>15</sup> )
	TWh	Teravatios-hora
	Tcal	Teracaloría (1 caloría x 10 <sup>12</sup> )
<b>Gas</b>	bcm	Mil millones de metros cúbicos
	bcm/día	Mil millones de metros cúbicos por día
	mcm/día	Millones de metros cúbicos por día
<b>Masa</b>	kg	Kilogramo
	kt	Kilotones (1 tonelada = 1 000 kg)
<b>Moneda</b>	Millones de dólares estadounidenses	1 dólar estadounidense x 10 <sup>6</sup>
	Mil millones de dólares estadounidenses	1 dólar estadounidense x 10 <sup>9</sup>
<b>Petróleo</b>	mb/d	Millones de barriles por día
	b/d	Barriles por día
<b>Electricidad</b>	GW	Gigavatio
	MW	Megavatio
	kV	Kilovoltio

### Términos

Los impulsores **de actividad** incluyen, para la industria, niveles de producción (Mt) y valor agregado (USD 2022, PPA); para el transporte, vehículos-kilómetro (km) para automóviles y toneladas-kilómetro para camiones; y para edificaciones, sistemas de aire acondicionado (millones de unidades) y superficie (millones de metros cuadrados). Los números de actividad presentados corresponden al Escenario de Políticas Declaradas (STEPS) indexado al valor de 2022.

El **promedio** de los perfiles de carga eléctrica diaria no tiene en cuenta la demanda de electricidad generada por plantas renovables dedicadas que están conectadas a electrolizadores ni la influencia de los mecanismos de respuesta de la demanda.

La **bioenergía** se refiere a la bioenergía y los residuos.

Los **combustibles limpios** se refieren a los biocombustibles, el hidrógeno y los combustibles relacionados con el hidrógeno.

Las **industrias de alto consumo energético** incluyen la química, la del hierro y el acero, la de los minerales no metálicos (cemento y otros), la de los metales no ferrosos (aluminio y otros), la de la pulpa y el papel, y la de la imprenta.

La **calefacción y la cocina** en las edificaciones se refieren a la demanda de energía para calentar espacios y agua, y para cocinar.

La **demandas de hidrógeno** excluye tanto las exportaciones de hidrógeno como el hidrógeno utilizado para producir los combustibles a base de hidrógeno que se exportan.

Los datos de **inversión** se presentan en términos reales en dólares estadounidenses del año 2022.

Los **proyectos CCUS a gran escala** se refieren únicamente a instalaciones con una capacidad de captura prevista superior a las 100 000 toneladas de CO<sub>2</sub> por año.

Se consideran **proyectos de hidrógeno de bajas emisiones** aquellos con capacidad anunciada para 2030.

Los **otros medios de transporte** incluyen el ferrocarril, la navegación nacional, la aviación nacional, los oleoductos y otros transportes no especificados.

La categoría «**Otros**» en cuanto a la generación y la capacidad de energía, se refiere a la energía geotérmica, la energía solar concentrada, la energía marina, los residuos no renovables y otras fuentes no especificadas.

La categoría «**Otros**» en cuanto al consumo final en sectores, se refiere a residuos no renovables, al hidrógeno, a la energía termosolar y a la energía geotérmica.

La categoría en «**Otros**» sectores se refiere a la agricultura y otros usos no energéticos.

La categoría «**Otros combustibles fósiles**» en la inversión en suministro de energía, se refieren a residuos no renovables y otras fuentes de suministro.

La categoría «**Otros cambios de combustible**» incluye la bioenergía, la energía nuclear, la energía solar térmica, la energía geotérmica y el gas natural.

La categoría «**Otras industrias**» se refiere a la construcción, alimentación y tabaco, maquinaria, minas y canteras, textiles y cueros, equipos de transporte, ramas de la industria maderera y resto de industrias.

La categoría «**Otras tecnologías bajas en carbono**» en la inversión en suministro de energía incluye bombas de calor, CCUS, la generación de electricidad a partir de hidrógeno, la generación de electricidad a partir de amoníaco y la captura directa de aire.

El **transporte por carretera** incluye seis categorías de vehículos (automóviles, autobuses, vehículos de dos y tres ruedas, furgonetas y camiones ligeros, y camiones medianos y pesados).

El **ODS 7** se refiere al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 7: «garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos», adoptado por las Naciones Unidas en 2015.

**Los datos del potencial solar** se calculan con base en el promedio del potencial a nivel nacional evaluado en kilovatios-hora por punto máximo del kilovatio por día (2020).

**El consumo final total** incluye el consumo de los distintos sectores de uso final (industria, transporte, edificaciones, agricultura y otros usos no energéticos). Excluye los búnkeres marítimos y de aviación internacionales, excepto a nivel mundial donde se incluye en el sector transporte.

### *Siglas*

Escenarios: **STEPS** = Escenario de Políticas Declaradas;  
**APS** = Escenario de Compromisos Anunciados.

<b>AFOLU</b>	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra
<b>BECCS</b>	Bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono
<b>CCUS</b>	Captura, utilización y almacenamiento de carbono
<b>FV</b>	Fotovoltaico
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero
<b>GNC</b>	Gas natural comprimido
<b>H<sub>2</sub></b>	Hidrógeno
<b>HVDC</b>	Corriente continua de alta tensión
<b>MEPS</b>	Normas mínimas de eficiencia energética
<b>NDC</b>	Contribución Determinada a Nivel Nacional
<b>ODS</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>PPA</b>	Paridad del Poder Adquisitivo
<b>TCM</b>	Tipo de cambio del mercado
<b>VA</b>	Valor Añadido

Las tablas que muestran las políticas incluyen políticas y anuncios existentes a finales de septiembre de 2023. Lo mismo se aplica a las tablas de proyectos existentes y anunciados.

La AIE (Agencia Internacional de la Energía) no utiliza colores para referirse a los distintos métodos de producción de hidrógeno. Sin embargo, cuando nos referimos a anuncios de políticas, programas, regulaciones y proyectos específicos en los que una autoridad utiliza el color para definir un método de producción de hidrógeno (por ejemplo, hidrógeno verde) utilizamos esa terminología para informar sobre los avances en esta revisión.

# ANEXOS





## Tablas de proyecciones de escenarios

### Nota general de las tablas

Este anexo incluye datos históricos y previsiones por escenario para los conjuntos de datos siguientes:

- A.1: Suministro de energía en América Latina y el Caribe.
- A.2: Consumo final de energía en América Latina y el Caribe.
- A.3: Sector eléctrico en América Latina y el Caribe: generación bruta de electricidad y capacidad eléctrica.
- A.4: Emisiones de CO<sub>2</sub> de América Latina y el Caribe: emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedentes de la quema de combustibles fósiles y de procesos industriales.

Cada conjunto de datos se proporciona para los siguientes escenarios: a) Escenario de Políticas Declaradas (STEPS) [tablas A.1a. a A.4a] y b) Escenario de Compromisos Anunciados (APS) [tablas A.1b. a A.4b].

Las definiciones de las regiones, los combustibles y los sectores se encuentran en el anexo B.

Las siglas y acrónimos utilizados en las tablas son los siguientes: TCAC = tasa de crecimiento anual promedio compuesta; CCUS = captura, utilización y almacenamiento de carbono; PJ = petajulio; GJ = gigajulio; GW = gigavatio; Mt CO<sub>2</sub> = millones de toneladas de dióxido de carbono; TWh = teravatios-hora. El uso de combustibles fósiles en instalaciones sin CCUS se clasifica como «unabated» (sin medidas de mitigación).

Tanto en el texto de este informe como en estas tablas anexas, el redondeo puede dar lugar a pequeñas diferencias entre los totales y la suma de sus componentes individuales. Las tasas de crecimiento se calculan sobre una base anual promedio compuesta y se marcan como «n.a.». si el año base es cero o el valor supera el 200 %. Los valores nulos están marcados como «-».

### Fuentes de datos

El Modelo Global de Energía y Clima es un modelo que utiliza muchos datos y engloba todo el sistema energético mundial. En el anexo E de *World Energy Outlook 2023* (Prospectivas de la energía en el mundo 2023), se pueden encontrar referencias detalladas sobre las bases de datos y publicaciones utilizadas en la modelización y el análisis.

El año base formal para las previsiones de este año es 2021, ya que es el año más reciente para el que se dispone de una imagen completa de la demanda y la producción de energía. Sin embargo, hemos utilizado datos más recientes siempre que los había e incluimos nuestras estimaciones de producción y demanda de energía para 2022 en este anexo. Las estimaciones para el año 2022 se basan en el informe *CO<sub>2</sub> Emissions in 2022* de la AIE, donde los datos se derivan de varias fuentes, como las últimas presentaciones de datos mensuales al Centro de Datos sobre la Energía de la AIE, otras publicaciones estadísticas de administraciones nacionales y datos de mercado recientes de la *Market Report Series* de la AIE sobre carbón, petróleo, gas natural, energías renovables y electricidad.

Los datos históricos de la capacidad bruta de generación de energía (tabla A.3) se extraen de la base de datos mundial de centrales de energía eléctrica de S&P Global Market Intelligence (versión de marzo de 2023) y de la base de datos PRIS del Organismo Internacional de Energía Atómica.

### *Nota definitoria: tablas sobre suministro y transformación de energía*

El suministro total de energía (STE) equivale a *los sectores de electricidad y calor*, más otros sectores energéticos (sin incluir la electricidad, el calor y el hidrógeno), más *el consumo final total* (sin incluir la electricidad, el calor y el hidrógeno). El STE no incluye el calor ambiental procedente de bombas de calor ni del comercio de electricidad. *La energía solar* en el STE incluye la generación solar fotovoltaica, la energía solar de concentración (CSP) y el consumo final de energía solar térmica. Las *pérdidas por conversión de biocombustibles* son las pérdidas por conversión para producir biocombustibles (principalmente a partir de bioenergía sólida moderna) que se emplean en el sector energético. *La producción de hidrógeno de bajas emisiones* es la fabricación comercial de hidrógeno de bajas emisiones (excluida la producción *in situ* en instalaciones industriales y refinerías), y los insumos hacen referencia a las entradas y salidas totales de combustible para producir hidrógeno. Si bien no se desglosan por separado, las energías *geotérmica* y *marina* (mareomotriz y undimotriz) se incluyen en la categoría de *energías renovables* del STE y de *los sectores de electricidad y calor*. Aunque no se desglosan por separado, *los residuos no renovables* y *otras fuentes* se incluyen en el STE.

### *Nota definitoria: tablas sobre demanda de energía*

Los sectores que comprenden el consumo final total (CFT) incluyen la *industria* (uso de energía y materias primas), el *transporte* y las *edificaciones* (residenciales, servicios y otras no especificadas). Si bien no se desglosan por separado, la *agricultura* y *otros usos no energéticos* están incluidos en el CFT. Aunque no se desglosan por separado, los residuos no renovables, la *energía solar térmica* y la *energía geotérmica* se incluyen en las *edificaciones*, la *industria* y el *CFT*.

### *Nota definitoria: tablas sobre electricidad*

La generación de electricidad expresada en teravatios-hora (TWh) y los datos sobre la capacidad eléctrica instalada expresados en gigavatios (GW) se proporcionan en términos brutos, es decir, incluyen el uso propio del generador. La capacidad eléctrica bruta prevista es la suma de la capacidad existente y las ampliaciones, menos las bajas. Si bien no se desglosan por separado, se incluyen *otras fuentes* en la generación total de electricidad. El hidrógeno y el amoníaco son combustibles que pueden proporcionar una alternativa de bajas emisiones a la generación de electricidad a partir de gas natural y carbón, ya sea mediante la combustión conjunta o la conversión total de las instalaciones. Los niveles de mezcla de hidrógeno en centrales alimentadas con gas y de amoníaco en centrales alimentadas con carbón se representan en los escenarios y se recogen en las tablas. Los productos de la generación de electricidad en las tablas se basan en los porcentajes de insumos de los combustibles, mientras que la capacidad de hidrógeno y amoníaco se deriva de un factor de capacidad típico.

### Nota definitoria: tablas sobre emisiones de CO<sub>2</sub>

El CO<sub>2</sub> total incluye las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la quema de combustibles fósiles y desechos no renovables; de procesos industriales y de transformación de combustibles (emisiones de proceso); y de la quema en antorcha y la eliminación de CO<sub>2</sub>. La eliminación de CO<sub>2</sub> incluye lo siguiente: emisiones capturadas y almacenadas provenientes de la combustión de bioenergía y desechos renovables; de la producción de biocombustibles; y por captura directa del aire.

Las dos primeras entradas suelen denominarse bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS). Se debe tener en cuenta que parte del CO<sub>2</sub> capturado en la producción de biocombustibles y la captura directa del aire se utiliza para producir combustibles sintéticos, lo que no se incluye como eliminación de CO<sub>2</sub>.

El CO<sub>2</sub> total capturado incluye el dióxido de carbono capturado de las instalaciones de CCUS, como la generación de electricidad o la industria, y el CO<sub>2</sub> atmosférico capturado a través de la captura directa del aire, pero excluye el capturado y utilizado para la producción de urea.

### Anexo A Licencias

Con sujeción al aviso de la AIE para contenidos con licencias CC, el presente anexo A de *Latin America Energy Outlook* (Prospectivas Energéticas de América Latina) tiene una licencia Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.



**Tabla A.1a: Suministro de energía en América Latina y el Caribe**

	Escenario de Políticas Declaradas (PJ)								Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050	
	<b>Suministro total de energía</b>	<b>34 083</b>	<b>35 960</b>	<b>37 117</b>	<b>41 010</b>	<b>43 871</b>	<b>46 293</b>	<b>50 210</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.3</b>	<b>1.1</b>
<b>Renovables</b>	<b>8 043</b>	<b>9 929</b>	<b>10 492</b>	<b>13 621</b>	<b>15 547</b>	<b>17 522</b>	<b>21 192</b>	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>42</b>	<b>3.3</b>	<b>2.5</b>	
Solar	21	246	311	826	1 174	1 612	2 637	1	2	5	13	7.9	
Eólica	17	456	501	1 013	1 361	1 743	2 600	1	2	5	9.2	6.1	
Hidroeléctrica	2 632	2 520	2 853	2 843	3 034	3 296	3 792	8	7	8	-0.0	1.0	
Bioenergía sólida moderna	4 440	5 445	5 528	6 816	7 417	7 825	8 249	15	17	16	2.7	1.4	
Bioenergía líquida moderna	659	950	961	1 516	1 746	1 945	2 188	3	4	4	5.9	3.0	
Bioenergía gaseosa moderna	6	51	57	116	169	240	419	0	0	1	9.3	7.4	
<b>Uso tradicional de biomasa</b>	<b>1 347</b>	<b>1 365</b>	<b>1 369</b>	<b>1 141</b>	<b>1 018</b>	<b>840</b>	<b>416</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>-2.3</b>	<b>-4.2</b>	
<b>Nuclear</b>	<b>301</b>	<b>409</b>	<b>362</b>	<b>477</b>	<b>883</b>	<b>1 117</b>	<b>1 159</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3.5</b>	<b>4.2</b>	
<b>Gas natural sin CCUS</b>	<b>7 465</b>	<b>8 538</b>	<b>8 325</b>	<b>9 118</b>	<b>9 327</b>	<b>9 352</b>	<b>9 657</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>1.1</b>	<b>0.5</b>	
<b>Gas natural con CCUS</b>	<b>-</b>	<b>108</b>	<b>103</b>	<b>121</b>	<b>156</b>	<b>172</b>	<b>193</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.0</b>	<b>2.3</b>	
<b>Petróleo</b>	<b>15 280</b>	<b>13 910</b>	<b>14 766</b>	<b>15 050</b>	<b>15 527</b>	<b>15 807</b>	<b>15 976</b>	<b>40</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	
Uso no energético	1 301	962	1 047	1 180	1 190	1 188	1 135	3	3	2	1.5	0.3	
<b>Carbón sin CCUS</b>	<b>1 629</b>	<b>1 629</b>	<b>1 627</b>	<b>1 418</b>	<b>1 346</b>	<b>1 413</b>	<b>1 529</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>-1.7</b>	<b>-0.2</b>	
<b>Carbón con CCUS</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Generación de electricidad y calor</b>	<b>8 982</b>	<b>10 946</b>	<b>10 747</b>	<b>11 724</b>	<b>13 017</b>	<b>14 391</b>	<b>17 151</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.1</b>	<b>1.7</b>	
<b>Renovables</b>	<b>3 371</b>	<b>4 375</b>	<b>4 812</b>	<b>6 400</b>	<b>7 510</b>	<b>8 895</b>	<b>12 125</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	<b>71</b>	<b>3.6</b>	<b>3.4</b>	
Solar FV	-	174	230	671	954	1 288	2 097	2	6	12	14	8.2	
Eólica	17	456	501	1 013	1 361	1 743	2 600	5	9	15	9.2	6.1	
Hidroeléctrica	2 632	2 520	2 853	2 843	3 034	3 296	3 792	27	24	22	-0.0	1.0	
Bioenergía	454	961	943	1 339	1 428	1 540	1 995	9	11	12	4.5	2.7	
<b>Hidrógeno</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Amoníaco</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Nuclear</b>	<b>301</b>	<b>409</b>	<b>362</b>	<b>477</b>	<b>883</b>	<b>1 117</b>	<b>1 159</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>3.5</b>	<b>4.2</b>	
<b>Gas natural sin CCUS</b>	<b>2 766</b>	<b>3 948</b>	<b>3 395</b>	<b>3 749</b>	<b>3 823</b>	<b>3 756</b>	<b>3 500</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>20</b>	<b>1.2</b>	<b>0.1</b>	
<b>Gas natural con CCUS</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Petróleo</b>	<b>1 755</b>	<b>1 296</b>	<b>1 293</b>	<b>575</b>	<b>448</b>	<b>315</b>	<b>137</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>-9.6</b>	<b>-7.7</b>	
<b>Carbón sin CCUS</b>	<b>788</b>	<b>897</b>	<b>864</b>	<b>503</b>	<b>332</b>	<b>285</b>	<b>192</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>-6.5</b>	<b>-5.2</b>	
<b>Carbón con CCUS</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Otro sector energético</b>	<b>5 981</b>	<b>6 797</b>	<b>7 040</b>	<b>7 841</b>	<b>8 280</b>	<b>8 419</b>	<b>8 923</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.4</b>	<b>0.9</b>	
<b>Pérdidas por conversión de biocombustibles</b>	<b>-</b>	<b>1 561</b>	<b>1 590</b>	<b>2 253</b>	<b>2 652</b>	<b>2 838</b>	<b>2 619</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>4.5</b>	<b>1.8</b>	
<b>Hidrógeno de bajas emisiones (fuera de las instalaciones)</b>													
Insumos de producción	-	-	-	46	189	275	336	100	100	100	n.a.	n.a.	
Resultados de la producción	-	-	-	32	133	196	249	100	100	100	n.a.	n.a.	
Para los combustibles a base de hidrógeno	-	-	-	29	125	182	212	-	91	85	n.a.	n.a.	

**Tabla A.2a: Consumo final de energía en América Latina y el Caribe**

	2010	2021	2022	Escenario de Políticas Declaradas (PJ)				Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
				2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
<b>Consumo final total</b>	<b>24 166</b>	<b>24 432</b>	<b>25 702</b>	<b>28 951</b>	<b>31 031</b>	<b>32 999</b>	<b>35 900</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.5</b>	<b>1.2</b>
<b>Electricidad</b>	<b>4 052</b>	<b>4 981</b>	<b>5 124</b>	<b>6 077</b>	<b>6 777</b>	<b>7 624</b>	<b>9 499</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>
<b>Combustibles líquidos</b>	<b>12 603</b>	<b>12 392</b>	<b>13 206</b>	<b>14 799</b>	<b>15 764</b>	<b>16 508</b>	<b>17 060</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>48</b>	<b>1.4</b>	<b>0.9</b>
Biocombustibles	659	950	961	1 516	1 746	1 945	2 188	4	5	6	5.9	3.0
Amoníaco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Petróleo sintético	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Petróleo	11 945	11 442	12 244	13 283	14 018	14 563	14 872	48	46	41	1.0	0.7
<b>Combustibles gaseosos</b>	<b>3 115</b>	<b>2 656</b>	<b>2 862</b>	<b>3 393</b>	<b>3 690</b>	<b>3 983</b>	<b>4 439</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2.2</b>	<b>1.6</b>
Biometano	1	19	22	55	87	131	267	0	0	1	12	9.3
Hidrógeno	-	-	-	-	2	4	15	-	-	0	n.a.	n.a.
Metano sintético	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gas natural	3 114	2 637	2 840	3 336	3 598	3 843	4 151	11	12	12	2.0	1.4
<b>Combustibles sólidos</b>	<b>4 374</b>	<b>4 334</b>	<b>4 433</b>	<b>4 571</b>	<b>4 666</b>	<b>4 728</b>	<b>4 696</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>0.4</b>	<b>0.2</b>
Bioenergía sólida	3 492	3 561	3 653	3 632	3 624	3 565	3 322	14	13	9	-0.1	-0.3
Carbón	865	730	736	896	998	1 117	1 326	3	3	4	2.5	2.1
<b>Calor</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>
<b>Industria</b>	<b>8 742</b>	<b>8 183</b>	<b>8 365</b>	<b>9 539</b>	<b>10 121</b>	<b>10 742</b>	<b>11 758</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.7</b>	<b>1.2</b>
<b>Electricidad</b>	<b>1 875</b>	<b>2 152</b>	<b>2 199</b>	<b>2 552</b>	<b>2 732</b>	<b>2 924</b>	<b>3 283</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>1.9</b>	<b>1.4</b>
<b>Combustibles líquidos</b>	<b>2 149</b>	<b>1 817</b>	<b>1 791</b>	<b>2 017</b>	<b>2 068</b>	<b>2 128</b>	<b>2 183</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>1.5</b>	<b>0.7</b>
Petróleo	2 125	1 794	1 767	1 980	2 002	2 036	2 040	21	21	17	1.4	0.5
<b>Combustibles gaseosos</b>	<b>2 009</b>	<b>1 555</b>	<b>1 615</b>	<b>1 881</b>	<b>2 024</b>	<b>2 164</b>	<b>2 376</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>1.9</b>	<b>1.4</b>
Biometano	1	14	16	37	57	83	155	0	0	1	11	8.4
Hidrógeno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gas natural sin CCUS	2 008	1 541	1 600	1 844	1 968	2 081	2 221	19	19	19	1.8	1.2
Gas natural con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<b>Combustibles sólidos</b>	<b>2 710</b>	<b>2 655</b>	<b>2 757</b>	<b>3 085</b>	<b>3 292</b>	<b>3 521</b>	<b>3 910</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>1.4</b>	<b>1.3</b>
Bioenergía sólida moderna	1 838	1 891	1 987	2 156	2 259	2 367	2 545	24	23	22	1.0	0.9
Carbón sin CCUS	854	720	726	886	988	1 107	1 316	9	9	11	2.5	2.1
Carbón con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<b>Calor</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>
<b>Productos químicos</b>	<b>1 718</b>	<b>1 409</b>	<b>1 423</b>	<b>1 629</b>	<b>1 710</b>	<b>1 798</b>	<b>1 929</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>1.7</b>	<b>1.1</b>
<b>Hierro y acero</b>	<b>1 303</b>	<b>1 177</b>	<b>1 194</b>	<b>1 478</b>	<b>1 674</b>	<b>1 911</b>	<b>2 405</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>2.7</b>	<b>2.5</b>
<b>Cemento</b>	<b>498</b>	<b>581</b>	<b>578</b>	<b>605</b>	<b>632</b>	<b>662</b>	<b>708</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>
<b>Aluminio</b>	<b>328</b>	<b>225</b>	<b>231</b>	<b>359</b>	<b>404</b>	<b>433</b>	<b>456</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5.7</b>	<b>2.5</b>

**Tabla A.2a: Consumo final de energía en América Latina y el Caribe**

	Escenario de Políticas Declaradas (PJ)							Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
<b>Transporte</b>	<b>8 262</b>	<b>8 578</b>	<b>9 246</b>	<b>10 731</b>	<b>11 784</b>	<b>12 668</b>	<b>13 637</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.9</b>	<b>1.4</b>
Electricidad	26	23	23	76	156	272	581	0	1	4	16	12
<b>Combustibles líquidos</b>	<b>7 941</b>	<b>8 253</b>	<b>8 906</b>	<b>10 279</b>	<b>11 196</b>	<b>11 893</b>	<b>12 447</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>91</b>	<b>1.8</b>	<b>1.2</b>
Biocombustibles	633	905	916	1 447	1 640	1 805	1 984	10	13	15	5.9	2.8
Petróleo	7 307	7 349	7 989	8 832	9 556	10 087	10 463	86	82	77	1.3	1.0
<b>Combustibles gaseosos</b>	<b>294</b>	<b>301</b>	<b>318</b>	<b>376</b>	<b>432</b>	<b>503</b>	<b>610</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>
Biometano	-	2	3	10	19	29	69	0	0	1	16	12
Hidrógeno	-	-	-	-	2	4	15	-	-	0	n.a.	n.a.
Gas natural	294	299	315	365	411	469	525	3	3	4	1.9	1.8
<b>Por carretera</b>	<b>7 733</b>	<b>8 119</b>	<b>8 727</b>	<b>10 030</b>	<b>11 032</b>	<b>11 855</b>	<b>12 692</b>	<b>94</b>	<b>93</b>	<b>93</b>	<b>1.8</b>	<b>1.3</b>
Carros de pasajeros	3 332	3 463	3 732	4 302	4 995	5 549	5 864	40	40	43	1.8	1.6
Camiones pesados	2 524	2 606	2 752	3 261	3 556	3 849	4 404	30	30	32	2.1	1.7
<b>Aviación</b>	<b>669</b>	<b>534</b>	<b>769</b>	<b>1 048</b>	<b>1 176</b>	<b>1 318</b>	<b>1 619</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>3.9</b>	<b>2.7</b>
<b>Marítimo</b>	<b>773</b>	<b>623</b>	<b>692</b>	<b>821</b>	<b>850</b>	<b>895</b>	<b>1 075</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>2.2</b>	<b>1.6</b>
<b>Edificaciones</b>	<b>5 324</b>	<b>6 040</b>	<b>6 218</b>	<b>6 579</b>	<b>6 900</b>	<b>7 274</b>	<b>8 103</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0.7</b>	<b>1.0</b>
Electricidad	2 035	2 602	2 701	3 219	3 639	4 159	5 345	43	49	66	2.2	2.5
<b>Combustibles líquidos</b>	<b>1 155</b>	<b>1 238</b>	<b>1 273</b>	<b>1 150</b>	<b>1 078</b>	<b>1 030</b>	<b>976</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>-1.3</b>	<b>-0.9</b>
Biocombustibles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Petróleo	1 155	1 238	1 273	1 150	1 078	1 029	976	20	17	12	-1.3	-0.9
<b>Combustibles gaseosos</b>	<b>598</b>	<b>619</b>	<b>655</b>	<b>796</b>	<b>870</b>	<b>929</b>	<b>1 014</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>2.5</b>	<b>1.6</b>
Biometano	1	3	3	7	12	19	42	0	0	1	11	9.9
Hidrógeno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gas natural	597	616	651	787	855	905	967	10	12	12	2.4	1.4
<b>Combustibles sólidos</b>	<b>1 515</b>	<b>1 514</b>	<b>1 516</b>	<b>1 309</b>	<b>1 187</b>	<b>1 011</b>	<b>577</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>-1.8</b>	<b>-3.4</b>
Bioenergía sólida moderna	166	147	143	166	167	170	160	2	3	2	1.9	0.4
Uso tradicional de biomasa	1 347	1 365	1 369	1 141	1 018	840	416	22	17	5	-2.3	-4.2
Carbón	3	2	3	2	2	1	1	0	0	0	-4.9	-3.8
<b>Calor</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>
Residencial	4 099	4 632	4 748	4 881	5 073	5 284	5 768	76	74	71	0.3	0.7
Servicios	1 225	1 408	1 470	1 698	1 827	1 990	2 335	24	26	29	1.8	1.7

**Tabla A.3a: Sector eléctrico en América Latina y el Caribe**

	Escenario de Políticas Declaradas (TWh)								Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050	
<b>Generación total</b>	<b>1 404</b>	<b>1 727</b>	<b>1 771</b>	<b>2 084</b>	<b>2 358</b>	<b>2 656</b>	<b>3 281</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	
<b>Renovables</b>	<b>798</b>	<b>969</b>	<b>1 089</b>	<b>1 395</b>	<b>1 640</b>	<b>1 937</b>	<b>2 605</b>	<b>61</b>	<b>67</b>	<b>79</b>	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>	
Solar FV	0	48	64	186	265	358	583	4	9	18	14	8.2	
Eólica	5	127	139	281	378	484	722	8	14	22	9.2	6.1	
Hidroeléctrica	739	705	798	797	850	923	1 060	45	38	32	-0.0	1.0	
Bioenergía	43	79	78	111	118	129	166	4	5	5	4.5	2.8	
<i>de la cual BECCS</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
CSP	-	0	0	5	9	19	37	0	0	1	41	19	
Geotérmica	10	9	10	15	19	25	37	1	1	1	5.1	4.8	
Marina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
<b>Nuclear</b>	<b>28</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>44</b>	<b>81</b>	<b>102</b>	<b>106</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3.5</b>	<b>4.2</b>	
<b>Hidrógeno y amoníaco</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Combustibles fósiles con CCUS</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
Carbón con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
Gas natural con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
<b>Combustibles fósiles sin CCUS</b>	<b>579</b>	<b>715</b>	<b>643</b>	<b>640</b>	<b>631</b>	<b>612</b>	<b>564</b>	<b>36</b>	<b>31</b>	<b>17</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.5</b>	
Carbón	74	84	79	46	32	28	19	4	2	1	-6.5	-5.0	
Gas natural	317	487	427	533	553	551	531	24	26	16	2.8	0.8	
Petróleo	188	143	137	61	47	33	14	8	3	0	-9.7	-7.7	

	Escenario de Políticas Declaradas (GW)								Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050	
<b>Capacidad total</b>	<b>323</b>	<b>499</b>	<b>521</b>	<b>676</b>	<b>775</b>	<b>886</b>	<b>1 133</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>3.3</b>	<b>2.8</b>	
<b>Renovables</b>	<b>171</b>	<b>292</b>	<b>314</b>	<b>460</b>	<b>542</b>	<b>638</b>	<b>847</b>	<b>60</b>	<b>68</b>	<b>75</b>	<b>4.9</b>	<b>3.6</b>	
Solar FV	0	31	45	120	160	206	305	9	18	27	13	7.1	
Eólica	2	37	41	87	113	142	203	8	13	18	9.8	5.9	
Hidroeléctrica	156	199	201	221	234	250	285	39	33	25	1.2	1.3	
Bioenergía	11	23	24	29	31	33	41	5	4	4	2.5	2.0	
<i>de la cual BECCS</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
CSP	-	0	0	1	2	4	7	0	0	1	32	16	
Geotérmica	2	2	2	3	3	4	5	0	0	0	2.9	3.6	
Marina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
<b>Nuclear</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2.3</b>	<b>3.5</b>	
<b>Hidrógeno y amoníaco</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Combustibles fósiles con CCUS</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
Carbón con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
Gas natural con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
<b>Combustibles fósiles sin CCUS</b>	<b>147</b>	<b>201</b>	<b>202</b>	<b>202</b>	<b>205</b>	<b>206</b>	<b>214</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>19</b>	<b>0.0</b>	<b>0.2</b>	
Carbón	13	19	18	14	10	9	7	4	2	1	-3.0	-3.6	
Gas natural	77	117	118	138	148	156	175	23	20	15	1.9	1.4	
Petróleo	57	65	65	50	46	41	33	12	7	3	-3.3	-2.4	
<b>Almacenamiento en baterías</b>	-	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>27</b>	<b>57</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>53</b>	<b>22</b>	

**Tabla A.4a: Emisiones de CO<sub>2</sub> en América Latina y el Caribe**

	Escenario de Políticas Declaradas (Mt CO <sub>2</sub> )							TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2030	2050
<b>CO<sub>2</sub> total*</b>	<b>1 623</b>	<b>1 621</b>	<b>1 657</b>	<b>1 693</b>	<b>1 749</b>	<b>1 797</b>	<b>1 854</b>	<b>0.3</b>	<b>n.a.</b>
<b>Actividades de combustión (+)</b>	<b>1 504</b>	<b>1 457</b>	<b>1 495</b>	<b>1 532</b>	<b>1 584</b>	<b>1 626</b>	<b>1 661</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>
Carbón	153	154	152	126	116	119	123	-2.3	-0.8
Petróleo	961	884	936	953	996	1 025	1 040	0.2	0.4
Gas natural	388	410	398	443	463	472	486	1.4	0.7
Bioenergía y residuos	3	9	9	9	9	10	12	0.5	1.1
<b>Otras remociones** (-)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>
Producción de biocarburantes	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Captura directa de aire	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<b>Generación de electricidad y calor</b>	<b>373</b>	<b>416</b>	<b>382</b>	<b>309</b>	<b>286</b>	<b>267</b>	<b>232</b>	<b>-2.6</b>	<b>-1.8</b>
Carbón	84	94	90	53	35	30	20	-6.5	-5.2
Petróleo	134	99	99	44	34	24	10	-9.7	-7.8
Gas natural	155	220	190	210	214	210	196	1.2	0.1
Bioenergía y residuos	0	3	3	3	3	3	6	2.0	2.7
<b>Otro sector energético**</b>	<b>151</b>	<b>103</b>	<b>114</b>	<b>124</b>	<b>127</b>	<b>129</b>	<b>146</b>	<b>1.1</b>	<b>0.9</b>
<b>Consumo final**</b>	<b>1 080</b>	<b>1 064</b>	<b>1 123</b>	<b>1 238</b>	<b>1 322</b>	<b>1 394</b>	<b>1 469</b>	<b>1.2</b>	<b>1.0</b>
Carbón	69	60	61	73	80	89	103	2.2	1.9
Petróleo	766	752	803	869	922	962	987	1.0	0.7
Gas natural	143	121	128	150	162	173	187	2.0	1.4
Bioenergía y residuos	3	6	6	6	6	6	6	-0.2	0.1
<b>Industria**</b>	<b>387</b>	<b>366</b>	<b>370</b>	<b>421</b>	<b>449</b>	<b>479</b>	<b>523</b>	<b>1.6</b>	<b>1.2</b>
Productos químicos**	52	38	39	46	48	51	53	1.9	1.1
Hierro y acero**	71	63	63	76	85	96	115	2.4	2.2
Cemento**	93	114	114	121	128	136	148	0.8	1.0
Aluminio**	15	12	12	17	19	21	22	4.8	2.3
<b>Transporte</b>	<b>539</b>	<b>542</b>	<b>589</b>	<b>652</b>	<b>706</b>	<b>747</b>	<b>777</b>	<b>1.3</b>	<b>1.0</b>
Por carretera	504	512	554	605	657	695	718	1.1	0.9
Carros de pasajeros	205	203	221	238	275	302	305	0.9	1.2
Camiones pesados	175	175	185	212	229	245	274	1.7	1.4
Aviación	48	38	55	74	83	92	110	3.8	2.5
Marítimo	59	48	53	61	62	65	76	1.9	1.3
<b>Edificaciones</b>	<b>108</b>	<b>113</b>	<b>119</b>	<b>118</b>	<b>117</b>	<b>117</b>	<b>117</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>
Residencial	89	94	99	96	95	94	92	-0.4	-0.3
Servicios	19	19	20	22	22	23	24	1.5	0.8
<b>Remoción total de CO<sub>2</sub>**</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>
<b>CO<sub>2</sub> total capturado**</b>	<b>-</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>1.5</b>	<b>2.1</b>

\*Incluye las emisiones de procesos industriales y de quema.

\*\*Incluye las emisiones de procesos industriales.

**Tabla A.1b: Suministro de energía en América Latina y el Caribe**

	Escenario de Compromisos Anunciados (PJ)							Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
<b>Suministro total de energía</b>	<b>34 083</b>	<b>35 960</b>	<b>37 117</b>	<b>40 380</b>	<b>42 291</b>	<b>43 924</b>	<b>45 548</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.1</b>	<b>0.7</b>
<b>Renovables</b>	<b>8 043</b>	<b>9 929</b>	<b>10 492</b>	<b>15 919</b>	<b>19 754</b>	<b>24 162</b>	<b>31 285</b>	<b>28</b>	<b>39</b>	<b>69</b>	<b>5.3</b>	<b>4.0</b>
Solar	21	246	311	1 322	2 345	3 987	7 198	1	3	16	20	12
Eólica	17	456	501	1 185	1 823	2 513	4 479	1	3	10	11	8.1
Hidroeléctrica	2 632	2 520	2 853	2 788	2 972	3 444	4 155	8	7	9	-0.3	1.4
Bioenergía sólida moderna	4 440	5 445	5 528	7 905	9 099	10 063	10 431	15	20	23	4.6	2.3
Bioenergía líquida moderna	659	950	961	1 752	2 160	2 412	2 675	3	4	6	7.8	3.7
Bioenergía gaseosa moderna	6	51	57	306	405	512	735	0	1	2	23	9.6
<b>Uso tradicional de biomasa</b>	<b>1 347</b>	<b>1 365</b>	<b>1 369</b>	<b>676</b>	<b>492</b>	<b>345</b>	<b>141</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>-8.4</b>	<b>-7.8</b>
<b>Nuclear</b>	<b>301</b>	<b>409</b>	<b>362</b>	<b>513</b>	<b>901</b>	<b>1 226</b>	<b>1 247</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>
Gas natural sin CCUS	7 465	8 538	8 325	8 539	8 081	7 175	5 291	22	21	12	0.3	-1.6
Gas natural con CCUS	-	108	103	135	174	200	276	0	0	1	3.4	3.6
<b>Petróleo</b>	<b>15 280</b>	<b>13 910</b>	<b>14 766</b>	<b>13 480</b>	<b>12 014</b>	<b>10 050</b>	<b>6 745</b>	<b>40</b>	<b>33</b>	<b>15</b>	<b>-1.1</b>	<b>-2.8</b>
Uso no energético	1 301	962	1 047	1 134	1 110	1 092	985	3	3	2	1.0	-0.2
Carbón sin CCUS	1 629	1 629	1 627	1 059	807	677	430	4	3	1	-5.2	-4.6
Carbón con CCUS	-	-	-	-	7	30	84	-	-	0	n.a.	n.a.
<b>Generación de electricidad y calor</b>	<b>8 982</b>	<b>10 946</b>	<b>10 747</b>	<b>12 085</b>	<b>14 189</b>	<b>17 188</b>	<b>22 458</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.5</b>	<b>2.7</b>
<b>Renovables</b>	<b>3 371</b>	<b>4 375</b>	<b>4 812</b>	<b>7 306</b>	<b>9 497</b>	<b>12 700</b>	<b>19 281</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>86</b>	<b>5.4</b>	<b>5.1</b>
Solar FV	-	174	230	1 098	1 968	3 431	6 277	2	9	28	22	13
Eólica	17	456	501	1 185	1 823	2 513	4 479	5	10	20	11	8.1
Hidroeléctrica	2 632	2 520	2 853	2 788	2 972	3 444	4 155	27	23	19	-0.3	1.4
Bioenergía	454	961	943	1 500	1 626	1 817	2 275	9	12	10	6.0	3.2
Hidrógeno	-	-	-	6	63	120	126	-	0	1	n.a.	n.a.
Amoníaco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<b>Nuclear</b>	<b>301</b>	<b>409</b>	<b>362</b>	<b>513</b>	<b>901</b>	<b>1 226</b>	<b>1 247</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>
Gas natural sin CCUS	2 766	3 948	3 395	3 639	3 454	2 965	1 702	32	30	8	0.9	-2.4
Gas natural con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<b>Petróleo</b>	<b>1 755</b>	<b>1 296</b>	<b>1 293</b>	<b>313</b>	<b>172</b>	<b>122</b>	<b>72</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>-16</b>	<b>-9.8</b>
Carbón sin CCUS	788	897	864	287	79	34	16	8	2	0	-13	-13
Carbón con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<b>Otro sector energético</b>	<b>5 981</b>	<b>6 797</b>	<b>7 040</b>	<b>8 712</b>	<b>9 643</b>	<b>10 539</b>	<b>11 402</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>2.7</b>	<b>1.7</b>
<b>Pérdidas por conversión de biocombustibles</b>	-	1 561	1 590	3 242	4 229	4 998	4 727	100	100	100	9.3	4.0
<b>Hidrógeno de bajas emisiones (fuera de las instalaciones)</b>												
Insumos de producción	-	-	-	276	755	1 500	2 977	100	100	100	n.a.	n.a.
Resultados de la producción	-	-	-	190	531	1 073	2 203	100	100	100	n.a.	n.a.
Para los combustibles a base de hidrógeno	-	-	-	126	340	709	1 516	-	66	69	n.a.	n.a.

**Tabla A.2b: Consumo final de energía en América Latina y el Caribe**

	Escenario de Compromisos Anunciados (PJ)							Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
<b>Consumo final total</b>	<b>24 166</b>	<b>24 432</b>	<b>25 702</b>	<b>27 465</b>	<b>28 066</b>	<b>28 281</b>	<b>28 796</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0.8</b>	<b>0.4</b>
<b>Electricidad</b>	<b>4 052</b>	<b>4 981</b>	<b>5 124</b>	<b>6 214</b>	<b>7 310</b>	<b>8 813</b>	<b>11 905</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>41</b>	<b>2.4</b>	<b>3.1</b>
<b>Combustibles líquidos</b>	<b>12 603</b>	<b>12 392</b>	<b>13 206</b>	<b>13 841</b>	<b>13 227</b>	<b>11 886</b>	<b>9 192</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>32</b>	<b>0.6</b>	<b>-1.3</b>
Biocombustibles	659	950	961	1 752	2 160	2 412	2 675	4	6	9	7.8	3.7
Amoníaco	-	-	-	7	10	12	18	-	0	0	n.a.	n.a.
Petróleo sintético	-	-	-	-	-	2	7	-	-	0	n.a.	n.a.
Petróleo	11 945	11 442	12 244	12 081	11 057	9 459	6 491	48	44	23	-0.2	-2.2
<b>Combustibles gaseosos</b>	<b>3 115</b>	<b>2 656</b>	<b>2 862</b>	<b>3 199</b>	<b>3 349</b>	<b>3 480</b>	<b>3 687</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>1.4</b>	<b>0.9</b>
Biometano	1	19	22	81	127	183	333	0	0	1	18	10
Hidrógeno	-	-	-	13	40	101	360	-	0	1	n.a.	n.a.
Metano sintético	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gas natural	3 114	2 637	2 840	3 091	3 155	3 153	2 931	11	11	10	1.1	0.1
<b>Combustibles sólidos</b>	<b>4 374</b>	<b>4 334</b>	<b>4 433</b>	<b>4 059</b>	<b>3 962</b>	<b>3 810</b>	<b>3 572</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>-1.1</b>	<b>-0.8</b>
Bioenergía sólida	3 492	3 561	3 653	3 270	3 206	3 113	3 054	14	12	11	-1.4	-0.6
Carbón	865	730	736	752	719	661	486	3	3	2	0.3	-1.5
<b>Calor</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>
<b>Industria</b>	<b>8 742</b>	<b>8 183</b>	<b>8 365</b>	<b>9 247</b>	<b>9 620</b>	<b>9 999</b>	<b>10 508</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.3</b>	<b>0.8</b>
<b>Electricidad</b>	<b>1 875</b>	<b>2 152</b>	<b>2 199</b>	<b>2 694</b>	<b>2 998</b>	<b>3 340</b>	<b>4 023</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>38</b>	<b>2.6</b>	<b>2.2</b>
<b>Combustibles líquidos</b>	<b>2 149</b>	<b>1 817</b>	<b>1 791</b>	<b>1 805</b>	<b>1 681</b>	<b>1 566</b>	<b>1 307</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>0.1</b>	<b>-1.1</b>
Petróleo	2 125	1 794	1 767	1 759	1 608	1 469	1 161	21	19	11	-0.1	-1.5
<b>Combustibles gaseosos</b>	<b>2 009</b>	<b>1 555</b>	<b>1 615</b>	<b>1 756</b>	<b>1 838</b>	<b>1 914</b>	<b>1 952</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>1.1</b>	<b>0.7</b>
Biometano	1	14	16	51	80	117	214	0	1	2	16	9.7
Hidrógeno	-	-	-	4	17	47	110	-	0	1	n.a.	n.a.
Gas natural sin CCUS	2 008	1 541	1 600	1 699	1 707	1 676	1 441	19	18	14	0.8	-0.4
Gas natural con CCUS	-	-	-	2	34	74	187	-	0	2	n.a.	n.a.
<b>Combustibles sólidos</b>	<b>2 710</b>	<b>2 655</b>	<b>2 757</b>	<b>2 966</b>	<b>3 059</b>	<b>3 117</b>	<b>3 133</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>0.9</b>	<b>0.5</b>
Bioenergía sólida moderna	1 838	1 891	1 987	2 186	2 311	2 428	2 621	24	24	25	1.2	1.0
Carbón sin CCUS	854	720	726	742	703	622	394	9	8	4	0.3	-2.2
Carbón con CCUS	-	-	-	-	7	30	84	-	-	1	n.a.	n.a.
<b>Calor</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>
<b>Productos químicos</b>	<b>1 718</b>	<b>1 409</b>	<b>1 423</b>	<b>1 588</b>	<b>1 636</b>	<b>1 713</b>	<b>1 804</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>1.4</b>	<b>0.9</b>
<b>Hierro y acero</b>	<b>1 303</b>	<b>1 177</b>	<b>1 194</b>	<b>1 426</b>	<b>1 567</b>	<b>1 720</b>	<b>1 997</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>
<b>Cemento</b>	<b>498</b>	<b>581</b>	<b>578</b>	<b>589</b>	<b>625</b>	<b>659</b>	<b>708</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>0.2</b>	<b>0.7</b>
<b>Aluminio</b>	<b>328</b>	<b>225</b>	<b>231</b>	<b>314</b>	<b>344</b>	<b>359</b>	<b>361</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3.9</b>	<b>1.6</b>

**Tabla A.2b: Consumo final de energía en América Latina y el Caribe**

	Escenario de Compromisos Anunciados (PJ)								Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050	
<b>Transporte</b>	<b>8 262</b>	<b>8 578</b>	<b>9 246</b>	<b>10 246</b>	<b>10 372</b>	<b>10 002</b>	<b>9 302</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.3</b>	<b>0.0</b>	
<b>Electricidad</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>173</b>	<b>573</b>	<b>1 193</b>	<b>2 390</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>18</b>	
<b>Combustibles líquidos</b>	<b>7 941</b>	<b>8 253</b>	<b>8 906</b>	<b>9 708</b>	<b>9 386</b>	<b>8 340</b>	<b>6 234</b>	<b>96</b>	<b>95</b>	<b>67</b>	<b>1.1</b>	<b>-1.3</b>	
Biocombustibles	633	905	916	1 655	2 013	2 219	2 399	10	16	26	7.7	3.5	
Petróleo	7 307	7 349	7 989	8 046	7 364	6 107	3 810	86	79	41	0.1	-2.6	
<b>Combustibles gaseosos</b>	<b>294</b>	<b>301</b>	<b>318</b>	<b>364</b>	<b>413</b>	<b>470</b>	<b>678</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>1.7</b>	<b>2.7</b>	
Biometano	-	2	3	20	32	42	72	0	0	1	27	12	
Hidrógeno	-	-	-	9	22	55	249	-	0	3	n.a.	n.a.	
Gas natural	294	299	315	335	359	373	356	3	3	4	0.8	0.4	
<b>Por carretera</b>	<b>7 733</b>	<b>8 119</b>	<b>8 727</b>	<b>9 574</b>	<b>9 673</b>	<b>9 265</b>	<b>8 477</b>	<b>94</b>	<b>93</b>	<b>91</b>	<b>1.2</b>	<b>-0.1</b>	
Carros de pasajeros	3 332	3 463	3 732	4 106	4 281	4 108	3 518	40	40	38	1.2	-0.2	
Camiones pesados	2 524	2 606	2 752	3 093	3 184	3 259	3 421	30	30	37	1.5	0.8	
<b>Aviación</b>	<b>669</b>	<b>534</b>	<b>769</b>	<b>1 038</b>	<b>1 154</b>	<b>1 283</b>	<b>1 552</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>3.8</b>	<b>2.5</b>	
<b>Marítimo</b>	<b>773</b>	<b>623</b>	<b>692</b>	<b>784</b>	<b>743</b>	<b>701</b>	<b>721</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>1.6</b>	<b>0.1</b>	
<b>Edificaciones</b>	<b>5 324</b>	<b>6 040</b>	<b>6 218</b>	<b>5 918</b>	<b>5 947</b>	<b>6 124</b>	<b>6 879</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>-0.6</b>	<b>0.4</b>	
<b>Electricidad</b>	<b>2 035</b>	<b>2 602</b>	<b>2 701</b>	<b>3 092</b>	<b>3 444</b>	<b>3 946</b>	<b>5 095</b>	<b>43</b>	<b>52</b>	<b>74</b>	<b>1.7</b>	<b>2.3</b>	
<b>Combustibles líquidos</b>	<b>1 155</b>	<b>1 238</b>	<b>1 273</b>	<b>1 035</b>	<b>858</b>	<b>711</b>	<b>523</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>-2.6</b>	<b>-3.1</b>	
Biocombustibles	-	-	-	1	3	4	6	-	0	0	n.a.	n.a.	
Petróleo	1 155	1 238	1 273	1 034	856	707	517	20	17	8	-2.6	-3.2	
<b>Combustibles gaseosos</b>	<b>598</b>	<b>619</b>	<b>655</b>	<b>748</b>	<b>753</b>	<b>736</b>	<b>667</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>1.7</b>	<b>0.1</b>	
Biometano	1	3	3	10	16	24	47	0	0	1	16	10	
Hidrógeno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
Gas natural	597	616	651	726	715	677	566	10	12	8	1.4	-0.5	
<b>Combustibles sólidos</b>	<b>1 515</b>	<b>1 514</b>	<b>1 516</b>	<b>924</b>	<b>729</b>	<b>517</b>	<b>276</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>-6.0</b>	<b>-5.9</b>	
Bioenergía sólida moderna	166	147	143	247	236	172	135	2	4	2	7.1	-0.2	
Uso tradicional de biomasa	1 347	1 365	1 369	676	492	345	141	22	11	2	-8.4	-7.8	
Carbón	3	2	3	2	1	-	-	0	0	-	-4.9	n.a.	
<b>Calor</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Residencial</b>	<b>4 099</b>	<b>4 632</b>	<b>4 748</b>	<b>4 294</b>	<b>4 229</b>	<b>4 280</b>	<b>4 761</b>	<b>76</b>	<b>73</b>	<b>69</b>	<b>-1.2</b>	<b>0.0</b>	
<b>Servicios</b>	<b>1 225</b>	<b>1 408</b>	<b>1 470</b>	<b>1 624</b>	<b>1 718</b>	<b>1 845</b>	<b>2 118</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>31</b>	<b>1.3</b>	<b>1.3</b>	

**Tabla A.3b: Sector eléctrico en América Latina y el Caribe**

	Escenario de Compromisos Anunciados (TWh)								Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050	
	<b>Generación total</b>	<b>1 404</b>	<b>1 727</b>	<b>1 771</b>	<b>2 194</b>	<b>2 691</b>	<b>3 426</b>	<b>4 862</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>2.7</b>	<b>3.7</b>
<b>Renovables</b>	<b>798</b>	<b>969</b>	<b>1 089</b>	<b>1 575</b>	<b>2 075</b>	<b>2 842</b>	<b>4 460</b>	<b>61</b>	<b>72</b>	<b>92</b>	<b>4.7</b>	<b>5.2</b>	
Solar FV	0	48	64	305	547	953	1 744	4	14	36	22	13	
Eólica	5	127	139	329	506	698	1 244	8	15	26	11	8.1	
Hidroeléctrica	739	705	798	781	832	963	1 159	45	36	24	-0.3	1.3	
Bioenergía	43	79	78	131	143	160	207	4	6	4	6.8	3.6	
<i>de la cual BECCS</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
CSP	-	0	0	9	20	32	58	0	0	1	53	21	
Geotérmica	10	9	10	19	27	34	44	1	1	1	8.6	5.4	
Marina	-	-	-	-	0	1	3	-	-	0	n.a.	n.a.	
<b>Nuclear</b>	<b>28</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>47</b>	<b>83</b>	<b>112</b>	<b>114</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	
<b>Hidrógeno y amoníaco</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Combustibles fósiles con CCUS</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
Carbón con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
Gas natural con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
<b>Combustibles fósiles sin CCUS</b>	<b>579</b>	<b>715</b>	<b>643</b>	<b>566</b>	<b>518</b>	<b>447</b>	<b>264</b>	<b>36</b>	<b>26</b>	<b>5</b>	<b>-1.6</b>	<b>-3.1</b>	
Carbón	74	84	79	25	7	3	1	4	1	0	-1.3	-14	
Gas natural	317	487	427	508	494	432	256	24	23	5	2.2	-1.8	
Petróleo	188	143	137	32	17	12	7	8	1	0	-17	-10	

	Escenario de Compromisos Anunciados (GW)								Porcentaje (%)			TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050	
	<b>Capacidad total</b>	<b>323</b>	<b>499</b>	<b>521</b>	<b>756</b>	<b>969</b>	<b>1 271</b>	<b>1 857</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>4.8</b>	<b>4.6</b>
<b>Renovables</b>	<b>171</b>	<b>292</b>	<b>314</b>	<b>544</b>	<b>733</b>	<b>1 007</b>	<b>1 548</b>	<b>60</b>	<b>72</b>	<b>83</b>	<b>7.1</b>	<b>5.9</b>	
Solar FV	0	31	45	175	292	476	807	9	23	43	18	11	
Eólica	2	37	41	104	152	207	360	8	14	19	12	8.0	
Hidroeléctrica	156	199	201	222	239	266	310	39	29	17	1.2	1.6	
Bioenergía	11	23	24	38	42	46	53	5	5	3	6.2	2.9	
<i>de la cual BECCS</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
CSP	-	0	0	2	4	6	11	0	0	1	42	18	
Geotérmica	2	2	2	3	4	5	6	0	0	0	6.3	4.3	
Marina	-	-	-	-	0	1	1	-	-	0	n.a.	n.a.	
<b>Nuclear</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2.3</b>	<b>3.8</b>	
<b>Hidrógeno y amoníaco</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
<b>Combustibles fósiles con CCUS</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>	
Carbón con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
Gas natural con CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
<b>Combustibles fósiles sin CCUS</b>	<b>147</b>	<b>201</b>	<b>202</b>	<b>186</b>	<b>183</b>	<b>178</b>	<b>152</b>	<b>39</b>	<b>25</b>	<b>8</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.0</b>	
Carbón	13	19	18	11	7	4	2	4	2	0	-5.9	-8.5	
Gas natural	77	117	118	131	136	140	127	23	17	7	1.3	0.3	
Petróleo	57	65	65	44	40	34	24	12	6	1	-4.8	-3.5	
<b>Almacenamiento en baterías</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>39</b>	<b>66</b>	<b>137</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>76</b>	<b>26</b>	

**Tabla A.4b: Emisiones de CO<sub>2</sub> en América Latina y el Caribe**

	Escenario de Compromisos Anunciados (Mt CO <sub>2</sub> )							TCAC (%) del 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2030	2050
<b>CO<sub>2</sub> total*</b>	<b>1 623</b>	<b>1 621</b>	<b>1 657</b>	<b>1 492</b>	<b>1 351</b>	<b>1 164</b>	<b>797</b>	<b>-1.3</b>	<b>n.a.</b>
<b>Actividades de combustión (+)</b>	<b>1 504</b>	<b>1 457</b>	<b>1 495</b>	<b>1 353</b>	<b>1 218</b>	<b>1 036</b>	<b>681</b>	<b>-1.2</b>	<b>-2.8</b>
Carbón	153	154	152	86	59	47	27	-6.9	-5.9
Petróleo	961	884	936	846	756	631	409	-1.3	-2.9
Gas natural	388	410	398	413	396	355	249	0.5	-1.7
Bioenergía y residuos	3	9	9	8	6	4	-4	-0.6	n.a.
<b>Otras remociones** (-)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>
Producción de biocarburantes	-	-	-	4	5	6	5	n.a.	n.a.
Captura directa de aire	-	-	-	1	1	1	2	n.a.	n.a.
<b>Generación de electricidad y calor</b>	<b>373</b>	<b>416</b>	<b>382</b>	<b>258</b>	<b>217</b>	<b>181</b>	<b>104</b>	<b>-4.8</b>	<b>-4.5</b>
Carbón	84	94	90	28	8	3	1	-14	-14
Petróleo	134	99	99	24	13	9	5	-16	-9.8
Gas natural	155	220	190	203	193	166	95	0.9	-2.4
Bioenergía y residuos	0	3	3	3	3	3	2	2.0	-0.9
<b>Otro sector energético**</b>	<b>151</b>	<b>103</b>	<b>114</b>	<b>105</b>	<b>91</b>	<b>71</b>	<b>46</b>	<b>-1.1</b>	<b>-3.2</b>
<b>Consumo final**</b>	<b>1 080</b>	<b>1 064</b>	<b>1 123</b>	<b>1 120</b>	<b>1 039</b>	<b>910</b>	<b>648</b>	<b>-0.0</b>	<b>-1.9</b>
Carbón	69	60	61	58	52	44	26	-0.7	-3.0
Petróleo	766	752	803	786	712	598	391	-0.3	-2.5
Gas natural	143	121	128	137	138	135	115	0.9	-0.4
Bioenergía y residuos	3	6	6	5	3	0	-6	-1.8	n.a.
<b>Industria**</b>	<b>387</b>	<b>366</b>	<b>370</b>	<b>377</b>	<b>357</b>	<b>332</b>	<b>261</b>	<b>0.2</b>	<b>-1.2</b>
Productos químicos**	52	38	39	42	41	38	24	0.7	-1.8
Hierro y acero**	71	63	63	66	64	61	47	0.5	-1.0
Cemento**	93	114	114	115	108	102	86	0.1	-1.0
Aluminio**	15	12	12	15	14	10	2	2.8	-6.1
<b>Transporte</b>	<b>539</b>	<b>542</b>	<b>589</b>	<b>594</b>	<b>546</b>	<b>457</b>	<b>292</b>	<b>0.1</b>	<b>-2.5</b>
Por carretera	504	512	554	551	504	415	252	-0.1	-2.8
Carros de pasajeros	205	203	221	214	195	151	69	-0.4	-4.1
Camiones pesados	175	175	185	194	190	181	148	0.6	-0.8
Aviación	48	38	55	72	77	81	85	3.5	1.6
Marítimo	59	48	53	55	47	39	29	0.5	-2.1
<b>Edificaciones</b>	<b>108</b>	<b>113</b>	<b>119</b>	<b>107</b>	<b>95</b>	<b>83</b>	<b>65</b>	<b>-1.3</b>	<b>-2.2</b>
Residencial	89	94	99	88	78	68	52	-1.5	-2.3
Servicios	19	19	20	19	17	15	12	-0.2	-1.6
<b>Remoción total de CO<sub>2</sub>**</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>n.a.</b>	<b>n.a.</b>
<b>CO<sub>2</sub> total capturado**</b>	<b>-</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>34</b>	<b>53</b>	<b>108</b>	<b>9.9</b>	<b>9.5</b>

\*Incluye las emisiones de procesos industriales y de quema.

\*\*Incluye las emisiones de procesos industriales.



## Definiciones

Este anexo proporciona información general sobre la terminología utilizada a lo largo del presente informe, incluyendo: unidades y factores generales de conversión; definiciones de combustibles, procesos y sectores; agrupaciones regionales y de países; y siglas y acrónimos.

## Unidades

<b>Área</b>	km <sup>2</sup>	kilómetros cuadrados
	Mha	millones de hectáreas
<b>Baterías</b>	Wh/kg	vatio hora por kilogramo
<b>Carbón</b>	Mtce	millones de toneladas equivalentes de carbón (igual a 0,7 millones de toneladas equivalentes de petróleo)
<b>Distancia</b>	km	kilómetros
<b>Emisiones</b>	ppm	partes por millón (por volumen)
	t CO <sub>2</sub>	toneladas de dióxido de carbono
	Gt CO <sub>2</sub> -eq	gigatoneladas equivalentes de dióxido de carbono (utilizando potenciales de calentamiento global a 100 años para los diferentes gases de efecto invernadero)
	kg CO <sub>2</sub> -eq	kilogramos equivalentes de dióxido de carbono
	g CO <sub>2</sub> /km	gramos de dióxido de carbono por kilómetro
	g CO <sub>2</sub> /kWh kg CO <sub>2</sub> /kWh	gramos de dióxido de carbono por kilovatio-hora kilogramos de dióxido de carbono por kilovatio-hora
<b>Energía</b>	EJ	exajulios (1 julio x 10 <sup>18</sup> )
	PJ	petajulios (1 julio x 10 <sup>15</sup> )
	TJ	terajulios (1 julio x 10 <sup>12</sup> )
	GJ	gigajulios (1 julio x 10 <sup>9</sup> )
	MJ	megajulios (1 julio x 10 <sup>6</sup> )
	boe	barriles equivalentes de petróleo
	toe	toneladas equivalentes de petróleo
	ktoe	miles de toneladas equivalentes de petróleo
	Mtoe	millones de toneladas equivalentes de petróleo
	bcme	miles de millones de metros cúbicos equivalentes de gas natural
	MBtu	millones de unidades térmicas británicas
	kWh	kilovatios-hora
	MWh	megavatios-hora
GWh	gigavatios-hora	
TWh	teravatios-hora	
Gcal	gigacalorías	
<b>Gas</b>	bcm	miles de millones de metros cúbicos
	tcm	billones de metros cúbicos
<b>Masa</b>	kg	kilogramos
	t	toneladas (1 tonelada = 1.000 kg)
	kt	kilotoneladas (1 tonelada x 10 <sup>3</sup> )
	Mt	millones de toneladas (1 tonelada x 10 <sup>6</sup> )
	Gt	gigatoneladas (1 tonelada x 10 <sup>9</sup> )

<b>Monedas</b>	millón de dólares estadounidenses	1 dólar estadounidense x 10 <sup>6</sup>
	mil millones de dólares estadounidenses	1 dólar estadounidense x 10 <sup>9</sup>
	billón de dólares estadounidenses	1 dólar estadounidense x 10 <sup>12</sup>
	USD/t CO <sub>2</sub>	dólares estadounidenses por tonelada de dióxido de carbono
<b>Petróleo</b>	barril	un barril de petróleo crudo
	kb/d	mil barriles al día
	mb/d	millones de barriles al día
	mboe/d	millones de barriles equivalentes de petróleo al día
<b>Electricidad</b>	W	vatio (1 julio por segundo)
	kW	kilovatio (1 vatio x 10 <sup>3</sup> )
	MW	megavatio (1 vatio x 10 <sup>6</sup> )
	GW	gigavatio (1 vatio x 10 <sup>9</sup> )
	TW	teravatio (1 vatio x 10 <sup>12</sup> )

### Factores generales de conversión de energía

		Multiplicador para convertir a:					
		EJ	Gcal	Mtoe	MBtu	bcme	GWh
Convertir de:	EJ	1	2,388 x 10 <sup>8</sup>	23,88	9,478 x 10 <sup>8</sup>	27,78	2,778 x 10 <sup>5</sup>
	Gcal	4,1868 x 10 <sup>-9</sup>	1	10 <sup>-7</sup>	3,968	1,163 x 10 <sup>-7</sup>	1,163 x 10 <sup>-3</sup>
	Mtoe	4,1868 x 10 <sup>-2</sup>	10 <sup>7</sup>	1	3,968 x 10 <sup>7</sup>	1,163	11 630
	MBtu	1,0551 x 10 <sup>-9</sup>	0,252	2,52 x 10 <sup>-8</sup>	1	2,932 x 10 <sup>-8</sup>	2,931 x 10 <sup>-4</sup>
	bcme	0,036	8,60 x 10 <sup>6</sup>	0,86	3,41 x 10 <sup>7</sup>	1	9 999
	GWh	3,6 x 10 <sup>-6</sup>	860	8,6 x 10 <sup>-5</sup>	3 412	1 x 10 <sup>-4</sup>	1

Nota: No existe una definición generalmente aceptada de barril equivalente de petróleo (boe); normalmente los factores de conversión utilizados varían de 7,15 a 7,40 boe por tonelada equivalente de petróleo. Al gas natural se le atribuye un bajo poder calorífico de 1 MJ por 44,1 kg. Las conversiones relativas a los miles de millones de metros cúbicos equivalentes de gas natural (bcme) se ofrecen como multiplicadores representativos, pero pueden diferir de los valores promedio obtenidos al convertir volúmenes de gas natural entre balances de la AIE debido al uso de densidades de energía específicas de cada país. Se utiliza siempre el poder calorífico inferior (LVH).

### Conversiones de moneda

Tipos de cambio (promedio anual de 2022)	Peso argentino (ARS)	Real brasileño (BRL)	Peso chileno (CLP)	Peso colombiano (COP)	Peso mexicano (MXN)
1 dólar estadounidense (USD) equivale a:	130,62	5,16	873,31	4 256,19	20,13

Fuente: Datos de la OCDE (base de datos): tipos de cambio (indicador), <https://data.oecd.org/conversion/exchange-rates.htm>, consultado en octubre de 2023.

## Definiciones

**Acceso a la energía moderna:** incluye el acceso de los hogares a un nivel mínimo de electricidad (inicialmente equivalente a una demanda anual de 250 kilovatios-hora (kWh) en el caso de un hogar rural y 500 kWh en el caso de un hogar urbano); el acceso de los hogares a combustibles para cocinar y calefacción menos nocivos y más sostenibles, así como a cocinas mejoradas y avanzadas; el acceso que posibilita una actividad económica productiva; y el acceso a servicios públicos.

**Aceite sintético:** aceite sintético producido mediante la conversión de Fischer-Tropsch o la síntesis de metanol. Incluye los productos derivados del petróleo de CTL y GTL, y combustibles líquidos sin amoníaco y de bajas emisiones basados en el hidrógeno.

**Agricultura:** incluye toda la energía utilizada en las explotaciones agrícolas, la silvicultura y la pesca.

**Almacenamiento en batería:** tecnología de almacenamiento de energía que utiliza reacciones químicas reversibles para absorber y liberar electricidad bajo demanda.

**Amoníaco (NH<sub>3</sub>):** es un compuesto formado por nitrógeno e hidrógeno. Puede utilizarse como materia prima en el sector químico, como combustible en procesos de combustión directa en pilas de combustible y como portador de hidrógeno. Para que se considere un combustible de bajas emisiones, el amoníaco se debe producir a partir de hidrógeno, siempre que la electricidad utilizada para producir el hidrógeno se genera a partir de fuentes de generación de bajas emisiones. Cuando se produce de esta manera, el amoníaco se considera un combustible líquido basado en el hidrógeno de bajas emisiones.

**Análisis de descomposición:** enfoque estadístico que descompone un indicador agregado para cuantificar la contribución relativa de un conjunto de factores predefinidos que conducen a un cambio en el indicador agregado. La publicación *World Energy Outlook* (Prospectivas de la energía en el mundo) utiliza una descomposición aditiva de índices del tipo Índice Divisia de Media Logarítmica (LMDI).

**Autosuficiencia:** se corresponde con la producción autóctona dividida por la demanda total de energía primaria.

**Aviación:** este medio de transporte incluye vuelos tanto nacionales como internacionales y su consumo de combustibles de aviación. La aviación nacional engloba los vuelos con salidas y llegadas dentro del mismo país; se incluyen los vuelos con fines militares. La aviación internacional incluye vuelos que aterrizan en un país distinto al de salida.

**Biocombustibles líquidos:** combustibles líquidos derivados de biomasa o materias primas residuales, por ejemplo, etanol, biodiésel y biocombustibles de aviación. Se pueden clasificar en biocombustibles convencionales y avanzados según la combinación de materia prima y tecnologías utilizadas para producirlos y su respectiva madurez. A menos que se indique lo contrario, los biocombustibles se expresan en volúmenes equivalentes de energía de gasolina, diésel y queroseno.

**Biocombustibles líquidos convencionales:** combustibles producidos a partir de materias primas de cultivos alimentarios. Se suelen conocer como biocombustibles de primera generación e incluyen etanol de caña de azúcar, etanol basado en el almidón, éster metílico de ácidos grasos (FAME), aceite vegetal puro (SVO) y aceite vegetal hidrotratado (HVO) producido a partir de aceite de palma, colza o soja.

**Biodiésel:** combustible equivalente al diésel elaborado a partir de la transesterificación (un proceso químico que convierte los triglicéridos en aceites) de aceites vegetales y grasas animales.

**Bioenergía:** contenido energético en productos sólidos, líquidos y gaseosos derivados de biogás y materias primas de biomasa. Incluye bioenergía sólida, biocombustibles líquidos y biogases. Excluye el hidrógeno producido a partir de bioenergía, por ejemplo, mediante la electricidad procedente de una central alimentada con biomasa, así como los combustibles sintéticos elaborados con CO<sub>2</sub> procedente de una fuente de biomasa como materia prima.

**Bioenergía avanzada:** combustibles sostenibles producidos a partir de desechos, residuos y materias primas de cultivos no alimentarios (excluidos los usos tradicionales de la biomasa), que son capaces de generar importantes ahorros de emisiones de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida en comparación con las alternativas de combustibles fósiles, así como de minimizar los efectos adversos en la sostenibilidad. Las materias primas de bioenergía avanzada no compiten directamente con los cultivos alimentarios y forrajeros por las tierras agrícolas o se desarrollan únicamente en tierras anteriormente utilizadas en la producción de materias primas de cultivos alimentarios para biocombustibles.

**Bioenergía gaseosa moderna:** véase la definición de biogases.

**Bioenergía líquida moderna:** comprende la biogasolina, el biodiésel, el bioqueroseno de aviación y otros biocombustibles líquidos.

**Bioenergía sólida:** incluye carbón vegetal, leña, estiércol, residuos agrícolas, desechos de madera y otros desechos biogénicos sólidos.

**Bioenergía sólida moderna:** incluye todos los productos de bioenergía sólida (véase la definición de bioenergía sólida), salvo el uso tradicional de biomasa. También incluye el uso de bioenergía sólida en cocinas de biomasa mejoradas intermedias y avanzadas (nivel ISO >1), que requieren que el combustible se corte en trozos pequeños o, a menudo, utilizando biomasa procesada, como pélets.

**Biogás:** mezcla de metano, CO<sub>2</sub> y pequeñas cantidades de otros gases producida por la digestión anaeróbica de materia orgánica en un ambiente libre de oxígeno.

**Biogases:** incluye tanto el biogás como el biometano.

**Biogasolina:** incluye todos los biocombustibles líquidos (avanzados y convencionales) utilizados en sustitución de la gasolina.

**Biometano:** el biometano es una fuente casi pura de metano producido ya sea mediante la «mejora» del biogás (un proceso que elimina el dióxido de carbono y otros contaminantes

presentes en el biogás) o mediante la gasificación de biomasa sólida seguida de metanización. También se le conoce como gas natural renovable.

**Bioqueroseno de aviación:** sustitutivo del queroseno producido a partir de biomasa. Incluye rutas de conversión como ésteres y ácidos grasos hidroprocesados (HEFA) y gasificación de biomasa con Fischer-Tropsch. Excluye el queroseno sintético producido a partir de dióxido de carbono biogénico.

**Calor (suministro):** se obtiene de la combustión de combustibles, reactores nucleares, bombas de calor a gran escala y recursos geotérmicos o solares. Puede utilizarse para calefacción o refrigeración, o convertirse en energía mecánica para el transporte o la generación de electricidad. El calor comercial vendido se contabiliza como consumo final total y los insumos de combustible se asignan a la generación de energía.

**Calor (uso final):** se puede obtener de la combustión de combustibles fósiles o renovables, sistemas de calor solar o geotérmicos directos, procesos químicos exotérmicos y electricidad (a través de calentamiento por resistencia o bombas de calor que pueden extraerlo de líquidos y del aire ambiental). Esta categoría hace referencia a una amplia gama de usos finales, incluido el calentamiento de espacios y agua, la cocina en edificios, la desalinización y las aplicaciones de procesos en la industria. No incluye las aplicaciones de refrigeración.

**Calor de proceso:** el uso de energía térmica para producir, tratar o alterar bienes manufacturados.

**Camiones:** engloban todas las categorías de tamaño de vehículos comerciales: camiones ligeros (peso bruto del vehículo <3,5 toneladas); camiones de carga medianos (peso bruto del vehículo entre 3,5 y 15 toneladas); y camiones de carga pesados (peso bruto del vehículo >15 toneladas).

**Capacidad de generación de respaldo:** los hogares y las empresas conectados a una red eléctrica principal también pueden tener una fuente de capacidad de generación de energía de respaldo que, en caso de interrupción, puede proporcionar electricidad. Los generadores de respaldo suelen funcionar con diésel o gasolina. La capacidad puede ser de apenas unos pocos kilovatios. Esta capacidad es distinta de los sistemas de minirredes y sin conexión a la red que no están conectados a una red eléctrica principal. **Captura directa del aire (DAC):** tipo de CCUS que captura CO<sub>2</sub> directamente de la atmósfera utilizando disolventes líquidos o sorbentes sólidos. Por lo general va acompañado del almacenamiento permanente del CO<sub>2</sub> en formaciones geológicas profundas o su uso en la fabricación de combustibles, productos químicos, materiales de construcción u otros productos. Cuando se combina con el almacenamiento geológico permanente del CO<sub>2</sub>, la DAC es una tecnología de eliminación de carbono y se conoce como captura directa del aire y almacenamiento (DACs).

**Captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS):** el proceso de captura de emisiones de dióxido de carbono provenientes de la quema de combustibles, de procesos industriales o directamente de la atmósfera. Las emisiones de CO<sub>2</sub> capturadas pueden almacenarse en formaciones geológicas subterráneas, en tierra o mar adentro, o utilizarse como insumo o materia prima en la fabricación.

**Carbón:** incluye tanto el carbón primario, es decir, lignito, coque y carbón térmico, como los combustibles derivados, por ejemplo, aglomerado, briquetas de lignito pardo, coque de coquería, coque de gas, gas de plantas de gas, gas de coquería, gas de alto horno y gas de horno de oxígeno para aceros. También se incluye la turba.

**Carbón a gas (CTG):** proceso en el que el carbón se convierte primero en gas sintético (una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono) y luego en metano sintético.

**Carbón a líquidos (CTL):** transformación del carbón en hidrocarburos líquidos. Una de las rutas implica la gasificación del carbón en gas sintético (una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono), que se procesa por Fischer-Tropsch o síntesis de metanol a gasolina. Otra ruta, llamada licuefacción directa de carbón, implica hacer reaccionar el carbón directamente con el hidrógeno.

**Carbón de coque:** tipo de carbón que se puede utilizar para la fabricación de acero (como reductor químico y fuente de calor), donde produce coque capaz de soportar una carga de alto horno. El carbón de esta calidad se conoce comúnmente como carbón metalúrgico.

**Carbón térmico:** tipo de carbón que se utiliza principalmente para la producción de calor o generación de vapor en centrales eléctricas y, en menor medida, en la industria. Normalmente, el carbón térmico no posee la calidad suficiente para la fabricación de acero. El carbón de esta calidad también se conoce comúnmente como carbón de vapor.

**Cocinas mejoradas:** cocinas mejoradas de biomasa intermedias y avanzadas (ISO nivel >1). Excluye las cocinas básicas mejoradas (ISO nivel 0-1).

**Combustible del transporte aéreo y marítimo:** incluye tanto los combustibles para el transporte internacional en buques como en la aviación.

**Combustible para el transporte aéreo internacional:** incluye las entregas de combustibles de aviación a aeronaves para la aviación internacional. Se excluye el combustible utilizado por las aerolíneas para sus vehículos de carretera. La división nacional/internacional se determina en función de los lugares de salida y aterrizaje, y no de la nacionalidad de la aerolínea. Para muchos países, esto excluye de un modo incorrecto los combustibles que emplean las compañías aéreas nacionales para sus salidas internacionales.

**Combustible para el transporte marino internacional:** incluye las cantidades entregadas a buques de cualquier bandera que se dediquen a la navegación internacional. La navegación internacional puede tener lugar en el mar, en lagos y vías navegables interiores y en aguas costeras. Se excluye el consumo de los buques dedicados a la navegación nacional. La división nacional/internacional se determina en función del puerto de salida y del puerto de llegada, y no por la bandera o la nacionalidad del barco. Se excluye el consumo de los buques pesqueros y de las fuerzas militares, el cual figura en cambio en la categoría residencial, de servicios y agrícola.

**Combustibles basados en el hidrógeno:** véase la definición de combustibles basados en el hidrógeno de bajas emisiones.

**Combustibles basados en el hidrógeno de bajas emisiones:** engloban el amoníaco, el metanol y otros hidrocarburos sintéticos (gases y líquidos) elaborados a partir de hidrógeno de bajas

emisiones. Todos los insumos de carbono, por ejemplo, de CO<sub>2</sub>, provienen de fuentes distintas de los combustibles fósiles y las emisiones de procesos.

**Combustibles de bajas emisiones:** comprenden la bioenergía moderna, el hidrógeno de bajas emisiones y los combustibles basados en este.

**Combustibles fósiles:** engloban el carbón, el gas natural y el petróleo.

**Combustibles gaseosos:** engloban el gas natural, los biogases, el metano sintético y el hidrógeno.

**Combustibles líquidos:** engloban el petróleo, los biocombustibles líquidos (expresados en volúmenes equivalentes de energía de gasolina y diésel), el aceite sintético y el amoníaco.

**Combustibles líquidos basados en el hidrógeno de bajas emisiones:** subconjunto de combustibles basados en el hidrógeno de bajas emisiones que incluye únicamente el amoníaco, el metanol y los hidrocarburos líquidos sintéticos, como el queroseno sintético.

**Combustibles sólidos:** engloban el carbón, la bioenergía sólida moderna, el uso tradicional de la biomasa y los desechos industriales y municipales.

**Construcción:** el sector de las construcciones incluye la energía utilizada en edificios residenciales y de servicios. Los edificios de servicios incluyen edificios comerciales e institucionales y otros edificios no especificados. El consumo de energía en los edificios incluye calefacción y refrigeración de espacios, calentamiento de agua, iluminación, electrodomésticos y equipos de cocina.

**Consumo final total (CFT):** es la suma del consumo de los distintos sectores de uso final. El CFT se desglosa en demanda de energía en los siguientes sectores: industria (como las manufacturas, la minería, la producción de productos químicos, los altos hornos y las coquerías); transporte; edificios (incluidos los residenciales y de servicios); y otros (por ejemplo, la agricultura y otros usos no energéticos). Excluye el combustible del transporte aéreo y marítimo internacional, excepto a nivel mundial cuando se incluye en el sector del transporte.

**Consumo total de energía final (CTEF):** Es una variable definida principalmente para rastrear el progreso hacia la meta 7.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Incorpora el consumo final total por sectores de uso final, pero excluye los usos no energéticos. Excluye el combustible del transporte aéreo y marítimo internacional, excepto a nivel mundial. Normalmente, se utiliza en el contexto del cálculo de la proporción de las energías renovables en el consumo total de energía final (indicador 7.2.1 de los ODS), donde el TFEC es el denominador.

**Costo nivelado de la electricidad (LCOE):** el LCOE combina en un solo parámetro todos los elementos de costos directamente asociados con una tecnología energética determinada, como la construcción, la financiación, el combustible, el mantenimiento y los costos asociados al precio del carbono. No incluye la integración de red ni otros costos indirectos.

**Costo nivelado de la electricidad ajustado al valor (VALCOE):** incorpora información tanto de costes como del valor aportado al sistema. Sobre la base del LCOE, se incorporan estimaciones del valor de la energía, la capacidad y la flexibilidad a fin de proporcionar un parámetro más completo de competitividad para las tecnologías de generación de energía.

**Crédito de capacidad:** proporción de la capacidad que se puede esperar de manera fiable para generar electricidad durante los momentos de máxima demanda en la red a la que está conectada.

**Demanda de electricidad:** se define como la generación bruta total de electricidad menos la generación para uso propio, más el comercio neto (importaciones menos exportaciones), menos las pérdidas de transmisión y distribución.

**Destilados medios:** incluyen el combustible de aviación, el diésel y el aceite para calefacción.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Gas formado por una parte de carbono y dos partes de oxígeno. Es un importante gas de efecto invernadero (que atrapa el calor).

**Edificios preparados para generar cero emisiones de carbono:** un edificio preparado para eliminar las emisiones de carbono es muy eficiente desde el punto de vista energético y utiliza directamente energía renovable o un suministro de energía que se puede descarbonizar por completo, como la electricidad o la calefacción urbana.

**Electricidad de bajas emisiones:** incluye la producción derivada de tecnologías de energías renovables, energía nuclear, combustibles fósiles equipados con CCUS, hidrógeno y amoníaco.

**Electrólisis:** proceso de conversión de la energía eléctrica en energía química. La electrólisis del agua, que divide las moléculas de agua en moléculas de hidrógeno y oxígeno, es la que más relevancia reviste para el sector energético. El hidrógeno resultante se denomina hidrógeno electrolítico.

**Elementos de tierras raras (REE):** grupo de diecisiete elementos químicos de la tabla periódica, concretamente los quince lantánidos más el escandio y el itrio. Los REE son componentes clave de algunas tecnologías de energía limpia, incluidas las turbinas eólicas, los motores de vehículos eléctricos y los electrolizadores.

**Emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía y los procesos industriales:** emisiones de dióxido de carbono procedentes de la quema de combustibles y los procesos industriales, y CO<sub>2</sub> fugitivo y quemado procedente de la extracción de combustibles fósiles. A menos que se indique lo contrario, las emisiones de CO<sub>2</sub> en *World Energy Outlook* se refieren a las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía y los procesos industriales.

**Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector de la energía:** emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía y los procesos industriales, más emisiones fugitivas y venteadas de metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido nitroso (N<sub>2</sub>O) de los sectores energético e industrial.

**Emisiones de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU):** incluyen las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra. **Emisiones de proceso:** emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por procesos industriales que transforman materiales química o físicamente. Un claro ejemplo es la producción de cemento, en la que se emite CO<sub>2</sub> cuando el carbonato de calcio se transforma en cal, que a su vez se utiliza para producir clínker.

**Energía eólica marina:** hace referencia a la electricidad producida por turbinas eólicas que se instalan en aguas abiertas, generalmente en el océano.

**Energía geotérmica:** la energía geotérmica es el calor del subsuelo de la tierra. El agua o el vapor transportan la energía geotérmica a la superficie. Dependiendo de sus características, la energía geotérmica puede utilizarse para calefacción y refrigeración o aprovecharse para generar electricidad limpia si la temperatura es adecuada.

**Energía hidroeléctrica:** se refiere a la electricidad producida en proyectos hidroeléctricos, con el supuesto de un 100 % de eficiencia. Excluye la producción de centrales de almacenamiento por bombeo y marinas (undimotriz y mareomotriz.).

**Energía limpia:** en la esfera de la *energía*, la energía limpia incluye: fuentes de energía renovables, energía nuclear, combustibles fósiles equipados con CCUS, hidrógeno y amoníaco; almacenamiento en baterías; y redes de electricidad. A efectos de *eficiencia*, la energía limpia incluye la eficiencia energética en la construcción, la industria y el transporte, sin incluir el combustible para el transporte aéreo y la navegación nacional. En las *aplicaciones de uso final*, la energía limpia incluye: uso directo de energías renovables; vehículos eléctricos; electrificación en la construcción, la industria y el transporte marítimo internacional; y CCUS en la industria y la captura directa del aire. En el *suministro de combustibles*, la energía limpia incluye los combustibles de bajas emisiones, la captura directa del aire y medidas para reducir la intensidad de emisiones de la producción de combustibles fósiles.

**Energía marina:** representa la energía mecánica derivada del movimiento de las mareas, del oleaje o de las corrientes oceánicas y que se aprovecha para generar electricidad.

**Energía nuclear:** hace referencia a la electricidad producida por un reactor nuclear, suponiendo una eficiencia en la conversión media del 33 %.

**Energía renovable variable:** hace referencia a las tecnologías cuya producción máxima en cualquier momento depende de la disponibilidad de recursos energéticos renovables fluctuantes. Esta energía engloba una amplia gama de tecnologías como la energía eólica, la energía solar fotovoltaica, la energía hidroeléctrica de pasada, la energía solar de concentración (donde no se incluye el almacenamiento térmico) y la marina (mareomotriz y undimotriz).

**Energía solar:** incluye tanto la energía solar fotovoltaica como la energía solar de concentración.

**Energía solar de concentración (CSP):** tecnología de generación de energía térmica que recoge y concentra la luz solar para producir calor a altas temperaturas a fin de generar electricidad.

**Energía solar fotovoltaica:** electricidad producida a partir de células solares fotovoltaicas, incluidas las instalaciones de pequeña y gran escala.

**Energía útil:** se refiere a la energía que está disponible para los usuarios finales a fin de que satisfagan sus necesidades. También se conoce como demanda de servicios energéticos. Como resultado de las pérdidas de transformación en el punto de uso, la cantidad de energía útil es menor que la correspondiente demanda de energía final en la mayoría de las tecnologías. Los equipos que utilizan electricidad suelen tener una mayor eficiencia de conversión que los equipos que emplean otros combustibles, lo que significa que, por una unidad de energía consumida, la electricidad puede proporcionar más servicios energéticos.

**Energías renovables:** incluyen la bioenergía, la geotermia, la energía hidroeléctrica, la energía solar fotovoltaica, la energía solar de concentración, la energía eólica y marina (mareomotriz y undimotriz) para la generación de electricidad y calor.

**Energías renovables modernas:** engloban todos los usos de la energía renovable con excepción del uso tradicional de biomasa sólida.

**Envío o navegación:** este medio de transporte incluye tanto la navegación nacional como la internacional y su utilización de combustibles marítimos. La navegación nacional comprende el transporte de mercancías o personas por vías navegables interiores y para viajes marítimos nacionales (inician y terminan en el mismo país sin ningún puerto extranjero intermedio). La navegación internacional incluye las cantidades de combustibles entregados a buques mercantes (incluidos los de pasajeros) de cualquier nacionalidad para su consumo durante viajes internacionales que transportan mercancías o pasajeros.

**Etanol:** se refiere únicamente al bioetanol. El etanol se produce a partir de la fermentación de cualquier biomasa con un alto contenido de carbohidratos. Actualmente el etanol se elabora a partir de almidones y azúcares, pero las tecnologías de segunda generación permitirán elaborarlo a partir de celulosa y hemicelulosa, el material fibroso que constituye la mayor parte de la materia vegetal.

**Gas a líquidos (GTL):** proceso de reacción del metano con oxígeno o vapor para producir gas sintético (una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono) seguido de la síntesis de Fischer-Tropsch. El proceso es similar al utilizado en la conversión de carbón a líquido.

**Gas de lutita:** gas natural contenido dentro de una roca común clasificada como lutita. Las formaciones de lutita se caracterizan por una baja permeabilidad, con una capacidad más limitada del gas para fluir a través de la roca que en el caso de un yacimiento convencional. El gas de lutita generalmente se produce mediante fracturación hidráulica.

**Gas natural:** incluye el gas presente en yacimientos, ya sea licuado o gaseoso, constituido principalmente por metano. Engloba tanto el gas no asociado procedente de yacimientos que producen hidrocarburos únicamente en forma gaseosa como el gas asociado producido junto con la producción de petróleo crudo y el metano recuperado de las minas de carbón (gas de mina de carbón). No se incluyen los líquidos de gas natural, el gas manufacturado (producido a partir de aguas residuales o desechos municipales o industriales) y las cantidades ligadas a la ventilación o quema. Los datos del gas en metros cúbicos se expresan en términos de poder calorífico bruto y se miden a 15 °C y 760 mm Hg (condiciones estándar). Los datos del gas expresados en exajulios se expresan en términos caloríficos netos. La diferencia entre el poder calorífico neto y el poder calorífico bruto es el calor de vaporización latente del vapor de agua producido durante la combustión del combustible (en el caso del gas, el poder calorífico neto es un 10 % menor que el poder calorífico bruto).

**Gases:** véase la definición de combustibles gaseosos.

**Gases de bajas emisiones:** incluyen el biogás, el biometano, el hidrógeno de bajas emisiones y el metano sintético de bajas emisiones.

**Gases de red:** incluyen el gas natural, el biometano, el metano sintético y el hidrógeno mezclados en una red de gases.

**Generación eléctrica despachable:** hace referencia a las tecnologías cuya producción de energía puede controlarse con facilidad, es decir, aumentarse hasta la capacidad nominal máxima o reducirse hasta cero a fin de ajustar la oferta a la demanda.

**Generación de electricidad:** se define como la cantidad total de electricidad generada únicamente por centrales eléctricas o de energía térmica y eléctricas combinadas, incluida la generación necesaria para uso propio. También se conoce como generación bruta.

**Generación de energía:** se refiere a la generación de electricidad y la producción de calor a partir de todas las fuentes de electricidad, incluidas las centrales exclusivamente eléctricas, las plantas de calor y las plantas combinadas de calor y energía. Se incluyen tanto las plantas cuya actividad principal es la producción como las pequeñas plantas que producen combustible para uso propio (autoproductoras).

**Hidrógeno:** el hidrógeno se utiliza en el sistema energético como portador de energía, como materia prima industrial o combinado con otros insumos para producir combustibles basados en el hidrógeno. A menos que se indique lo contrario, en este informe el hidrógeno se refiere al hidrógeno de bajas emisiones.

**Hidrógeno de bajas emisiones:** el hidrógeno que se produce a partir de agua utilizando electricidad generada por energías renovables o nuclear, a partir de combustibles fósiles con mínimas emisiones de metano asociadas con el procesamiento en instalaciones equipadas para evitar las emisiones de CO<sub>2</sub>, por ejemplo, mediante CCUS con una alta tasa de captura, o a partir de bioenergía. En este informe, la demanda total de hidrógeno de bajas emisiones es mayor que el consumo final total de hidrógeno porque, además, incluye los insumos de hidrógeno para fabricar combustibles basados en el hidrógeno de bajas emisiones, producción de biocombustibles, generación de energía, refinado de petróleo e hidrógeno producido y consumido *in situ* en la industria.

**Horno de arco eléctrico:** horno que calienta material mediante un arco eléctrico. Se utiliza para la producción de acero basado en chatarra, pero también para ferroaleaciones, aluminio, fósforo o carburo de calcio.

**Industria:** el sector incluye el combustible utilizado en las industrias manufacturera y de la construcción. Las ramas industriales claves incluyen el hierro y el acero, la química y la petroquímica, el cemento, el aluminio y la pulpa y el papel. El uso por parte de las industrias para la transformación de energía en otra forma o para la producción de combustibles se excluye y se contabiliza por separado en otro sector energético. Existe una excepción en el caso de la transformación de combustibles en altos hornos y hornos de coque, que se incluyen dentro del hierro y el acero. El consumo de combustibles para el transporte de mercancías se incluye como parte del sector del transporte, mientras que el consumo de vehículos todoterreno figura como parte de la industria.

**Industrias con un alto consumo de energía:** incluyen la producción y la fabricación en las ramas del hierro y el acero, los productos químicos, los minerales no metálicos (incluido el cemento), los metales no ferrosos (incluido el aluminio) y el papel, la pulpa y la impresión.

**Industrias ligeras:** engloba las industrias sin un alto consumo de energía: alimentación y tabaco; maquinaria; minas y canteras; equipos de transporte; textiles; recolección y procesamiento de madera; y construcción.

**Industrias pesadas:** siderúrgica, química y cementera.

**Industrias sin un alto consumo de energía:** véase la definición de otras industrias.

**Integración del lado de la demanda (DSI):** consta de dos tipos de medidas, las que influyen en la forma de la carga, como la eficiencia energética y la electrificación, y las que gestionan la carga, como las medidas de respuesta del lado de la demanda.

**Inversión:** la inversión es el gasto de capital en suministro, infraestructura, uso final y eficiencia de energía. La inversión en suministro de combustibles incluye la producción, la transformación y el transporte de petróleo, gas, carbón y combustibles de bajas emisiones. La inversión en el *sector energético* comprende nuevas construcciones y remodelaciones de generación, redes eléctricas (transmisión, distribución y cargadores públicos de vehículos eléctricos) y almacenamiento en baterías. La inversión en *eficiencia energética* incluye mejoras de la eficiencia en la construcción, la industria y el transporte. La inversión en *otros usos finales* engloba compras de equipos para el uso directo de energías renovables, vehículos eléctricos, electrificación en la construcción, la industria y el transporte marítimo internacional, equipos para el uso de combustibles bajos en emisiones y CCUS en la industria y la captura directa del aire. Los datos y las previsiones reflejan el gasto durante la vida de los proyectos y se presentan en términos reales en dólares estadounidenses del año 2022 convertidos conforme a los tipos de cambio del mercado, a menos que se indique lo contrario. La inversión total registrada durante un año refleja la cantidad gastada en ese año.

**Lignito:** un tipo de carbón que se utiliza en el sector energético principalmente en regiones cercanas a las minas de lignito debido a su bajo contenido de energía y a sus altos niveles de humedad, lo que por lo general hacen que el transporte a larga distancia no sea económico. Los datos sobre el lignito que figuran en el documento *World Energy Outlook* incluyen la turba.

**Líquidos de gas natural (NGL):** hidrocarburos líquidos o licuados producidos en la fabricación, purificación y estabilización del gas natural. Los NGL son porciones de gas natural recuperadas en forma líquida en separadores, instalaciones de campo o plantas de procesamiento de gas. Los NGL incluyen, entre otros, el etano (cuando se elimina de la corriente de gas natural), el propano, el butano, el pentano, la gasolina natural y los condensados.

**Materia prima química:** vectores de energía utilizados como materia prima para producir productos químicos. Algunos ejemplos son la nafta o el etano basado en el petróleo crudo para producir etileno en los hornos de craqueo a vapor.

**Metano en capas de carbón (CBM):** categoría de gas natural no convencional que se refiere al metano presente en las vetas de carbón.

**Metano sintético:** metano de fuentes distintas al gas natural, como el metano de carbón a gas y el metano sintético de bajas emisiones.

**Minerales críticos:** una amplia gama de minerales y metales que son esenciales en las tecnologías de energías limpias y otras tecnologías modernas, y que presentan cadenas de suministro vulnerables a las interrupciones. Aunque la definición exacta y los criterios difieren entre los distintos países, los minerales críticos para las tecnologías de energías limpias generalmente incluyen el cromo, el cobalto, el cobre, el grafito, el litio, el manganeso, el molibdeno, el níquel, los metales del grupo del platino, el zinc, los elementos de tierras raras y otras materias primas, como se enumeran en el anexo del informe especial de la AIE *Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, disponible en: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>.

**Minirredes:** pequeños sistemas de redes eléctricas, no conectados a las redes principales de electricidad, que vinculan varios hogares u otros consumidores.

**Otras industrias:** categoría de ramas industriales que incluye la construcción, el procesamiento de alimentos, la maquinaria, la minería, los textiles, los equipos de transporte, el procesamiento de la madera y las industrias restantes. A veces reciben el nombre de industrias sin un alto consumo de energía.

**Otros sectores energéticos:** abarcan el uso de energía por parte de las industrias de transformación y las pérdidas de energía al convertir la energía primaria en una forma que se pueda utilizar en los sectores de consumo final. Incluyen pérdidas en la producción de hidrógeno de bajas emisiones y de combustibles basados en el hidrógeno, procesamiento de bioenergía, plantas de gas, refinerías de petróleo y transformación y licuefacción de carbón y gas. También incluyen el uso propio de energía en las minas de carbón, en la extracción de petróleo y gas, y en la producción de electricidad y calor. En esta categoría, también se incluyen las transferencias y las diferencias estadísticas. La transformación de combustibles en altos hornos y coquerías no se contabiliza en la categoría de otros sectores energéticos.

**Petróleo:** incluye la producción de petróleo convencional y no convencional. Los productos derivados del petróleo incluyen gas de refinería, etano, gas licuado de petróleo, gasolina de aviación, gasolina para motores, biocombustibles de aviación, queroseno, gasóleo o diésel, fueloil pesado, nafta, aguarrás mineral, lubricantes, betún, parafina, ceras y coque de petróleo.

**Petróleo de formaciones compactas:** petróleo producido a partir de esquisto u otras formaciones de muy baja permeabilidad, por lo general mediante fracturación hidráulica. A veces también se lo denomina petróleo de baja permeabilidad. El petróleo de formaciones compactas incluye la producción de condensados y petróleo crudo de arenas compactas, excepto en Estados Unidos, donde únicamente engloba el petróleo crudo de arenas compactas (los volúmenes de condensados de arenas compactas de EE. UU. se incluyen en los líquidos de gas natural).

**Plásticos de un solo uso (o plásticos desechables):** artículos de plástico que se utilizan solo una vez antes de desecharlos.

**Poder calorífico inferior (LHV):** calor liberado por la combustión completa de una unidad de combustible cuando se supone que el agua producida permanece en forma de vapor y el calor no se recupera.

**Residencial:** energía utilizada por los hogares, incluida la calefacción y refrigeración de espacios, el calentamiento de agua, la iluminación, los electrodomésticos, los dispositivos electrónicos y la cocina.

**Residuos no renovables:** residuos no biogénicos, como plásticos de residuos municipales o industriales.

**Residuos plásticos:** hacen referencia a todos los residuos plásticos posconsumo con una vida superior a un año.

**Respuesta del lado de la demanda (DSR):** describe medidas que pueden influir en el perfil de carga, como cambiar la curva de carga en el tiempo sin afectar a la demanda total de electricidad, o la desconexión de carga, como interrumpir la demanda por un período breve o ajustar la intensidad de la demanda durante un tiempo determinado.

**Sectores de uso final:** incluyen la industria, el transporte, las edificaciones y otros, por ejemplo la agricultura y otros usos no energéticos.

**Servicios:** un componente del sector de la construcción. Representa la energía utilizada en instalaciones comerciales, por ejemplo, oficinas, tiendas, hoteles, restaurantes y edificios institucionales, como escuelas, hospitales u oficinas públicas. El consumo de energía en los servicios incluye calefacción y refrigeración de espacios, calentamiento de agua, iluminación, electrodomésticos, cocina y desalinización.

**Servicios energéticos:** véase la definición de energía útil.

**Síntesis de Fischer-Tropsch:** proceso catalítico para producir combustibles sintéticos, por ejemplo, diésel, queroseno o nafta, normalmente a partir de mezclas de monóxido de carbono e hidrógeno (gas sintético). Los insumos para la síntesis de Fischer-Tropsch pueden ser biomasa, carbón, gas natural o hidrógeno y CO<sub>2</sub>.

**Sistemas autónomos:** suministro eléctrico autónomo a pequeña escala para hogares o pequeñas empresas. Generalmente se utilizan sin conexión a la red, pero también cuando el suministro de red no es fiable. Los sistemas autónomos comprenden los sistemas solares domésticos, los pequeños generadores eólicos o hidráulicos, y los generadores diésel o de gasolina. Las diferencias en comparación con las minirredes residen en la escala y en que los sistemas autónomos carecen de una red de distribución que atienda a múltiples clientes.

**Sistemas de cocina limpios:** Las soluciones de cocina que liberan contaminantes menos dañinos, son más eficientes y ambientalmente sostenibles que las opciones de cocina tradicionales que utilizan biomasa sólida (como un fuego de tres piedras), carbón o queroseno. Hace referencia a cocinas mejoradas, sistemas de biogás o biodigestores, cocinas eléctricas o cocinas de gas licuado de petróleo, gas natural o etanol.

**Sistemas sin conexión a la red:** minirredes y sistemas autónomos para hogares individuales o grupos de consumidores no conectados a una red principal.

**Sistemas solares domésticos:** sistemas autónomos fotovoltaicos y de baterías a pequeña escala, es decir, con una capacidad superior a 10 vatios pico (Wp), que suministran electricidad a hogares individuales o pequeñas empresas. Se utilizan con mayor frecuencia sin conexión a la red, pero también cuando el suministro de red no es fiable. El acceso a la electricidad en la definición de la AIE tiene en cuenta los sistemas solares domésticos desde 25 Wp en las zonas rurales y 50 Wp en las zonas urbanas. Se excluyen los sistemas solares de iluminación de menor tamaño, por ejemplo, linternas solares de menos de 11 Wp.

**Suministro total de energía (STE):** representa únicamente la demanda interna y se desglosa en generación de electricidad y calor, otros sectores energéticos y consumo final total.

**Tasa de recogida de plástico:** proporción de plásticos que se recogen para reciclaje en relación con la cantidad de residuos reciclables disponibles.

**Transporte:** combustibles y electricidad utilizados en el transporte de mercancías o personas dentro del territorio nacional con independencia del sector económico en el que se desarrolle la actividad. Engloba: combustible y electricidad destinados a vehículos que utilizan la vía pública o para su uso en vehículos ferroviarios; combustible destinado a embarcaciones para la navegación nacional; combustible destinado a aeronaves para la aviación nacional; y energía consumida en el suministro de combustibles a través de conductos. El combustible del transporte aéreo y marítimo internacional se presenta únicamente a nivel mundial y está excluido del sector del transporte a nivel nacional.

**Transporte por carretera:** incluye todo tipo de vehículos terrestres (turismos, vehículos de dos o tres ruedas, vehículos comerciales ligeros, autobuses y camiones de mercancías medianos y pesados).

**Turba:** la turba es un depósito sedimentario fósil combustible, blando, poroso o comprimido, de origen vegetal, con alto contenido de agua (hasta el 90 % en estado bruto), fácil de cortar, de color marrón claro u oscuro. La turba molida está incluida en esta categoría. No se incluye aquí la turba utilizada con fines no energéticos.

**Turismo:** vehículo motorizado de carretera, distinto de un ciclomotor o una motocicleta, destinado al transporte de pasajeros. Incluye las furgonetas diseñadas y utilizadas principalmente para el transporte de pasajeros. Quedan excluidos los vehículos comerciales ligeros, los autocares, los autobuses urbanos y los minibuses o miniautocares.

**Uso de combustibles fósiles sin medidas de mitigación:** consumo de combustibles fósiles en instalaciones sin CCUS.

**Uso no energético:** el uso de combustibles como materia prima para productos químicos que no se utilizan en aplicaciones energéticas. Algunos ejemplos de los productos resultantes son los lubricantes, las ceras de parafina, el asfalto, el betún, los alquitranes de hulla y los aceites protectores de la madera.

**Uso tradicional de la biomasa:** hace referencia al uso de biomasa sólida con tecnologías básicas, como un fuego de tres piedras o una cocina básica mejorada (ISO nivel 0-1), a menudo sin chimeneas o con chimeneas que funcionan mal. Las formas de biomasa utilizadas incluyen madera, desechos de madera, residuos agrícolas de carbón vegetal y otros combustibles de origen biológico, como el estiércol animal.

**Usos productivos:** energía utilizada con un fin económico, como la agricultura, la industria, los servicios y los usos no energéticos. Parte de la demanda de energía del sector del transporte, por ejemplo, el transporte de mercancías, podría considerarse productiva, pero se trata por separado.

**Vehículos de cero emisiones:** vehículos capaces de funcionar sin emisiones de CO<sub>2</sub> por el tubo de escape (vehículos eléctricos de batería y de pila de combustible).

**Vehículos eléctricos (VE):** Los vehículos eléctricos comprenden vehículos eléctricos con batería y vehículos híbridos enchufables.

**Vehículos ligeros (LDV):** incluye turismos y vehículos comerciales ligeros (peso bruto del vehículo <3,5 toneladas).

**Vehículos pesados (HDV):** incluyen tanto camiones de carga medianos (peso bruto de 3,5 a 15 toneladas) como camiones de carga pesados (peso bruto >15 toneladas).

## **Agrupaciones regionales y de países**

**Economías avanzadas:** agrupación regional de la OCDE y Bulgaria, Croacia, Chipre<sup>1,2</sup>, Malta y Rumanía.

**África:** agrupaciones regionales del norte de África y el África subsahariana.

**Asia y el Pacífico:** agrupación regional del sudeste asiático y Australia, Bangladesh, China Taipéi, la India, Japón, Mongolia, Nepal, Nueva Zelanda, Pakistán, la República de Corea, la República Popular China (China), la República Popular Democrática de Corea (Corea del Norte), Sri Lanka, y otros países y territorios de Asia y el Pacífico<sup>3</sup>.

**Caspio:** Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Kazajistán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán y Uzbekistán.

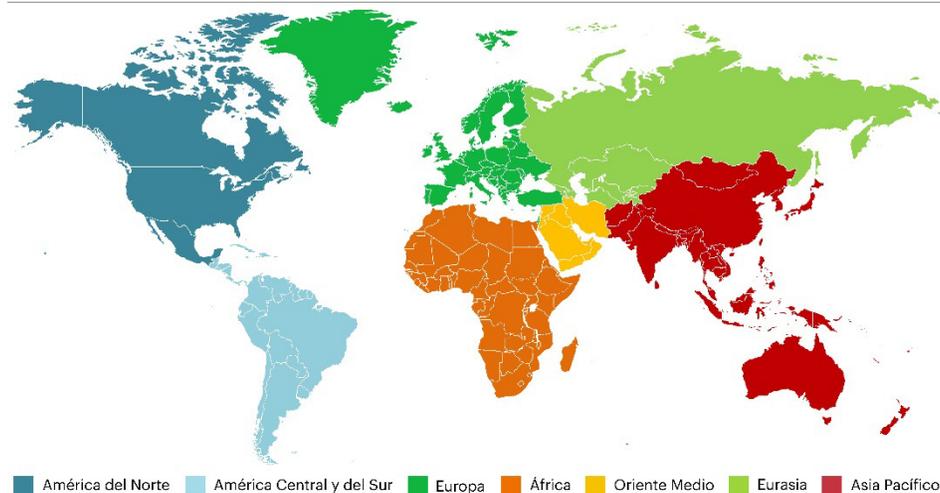
**América Central y del Sur:** Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Curazao, Ecuador, El Salvador, Estado Plurinacional de Bolivia (Bolivia), Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Bolivariana de Venezuela (Venezuela), República Dominicana, Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay y otros países y territorios de América Central y del Sur<sup>4</sup>.

**China:** incluye China (República Popular de) y Hong Kong (China).

**Países asiáticos en desarrollo:** agrupación regional de Asia y el Pacífico, sin incluir Australia, Japón, Nueva Zelanda ni la República de Corea.

**Economías de mercados emergentes y en desarrollo:** todos los demás países no incluidos en la agrupación regional de economías avanzadas.

**Figura C.1** ▶ Principales agrupaciones de países



Nota: Este mapa se entenderá sin perjuicio de la condición o soberanía de cualquier territorio, de la delimitación de las fronteras y límites internacionales, y del nombre de cualquier territorio, ciudad o área.

**Eurasia:** agrupación regional del Caspio y la Federación de Rusia (Rusia).

**Europa:** agrupación regional de la Unión Europea y Albania, Bielorrusia, Bosnia y Herzegovina, Gibraltar, Islandia, Israel<sup>5</sup>, Kosovo, Macedonia del Norte, Montenegro, Noruega, la República de Moldavia, Reino Unido, Serbia, Suiza, Turquía y Ucrania.

**Unión Europea:** Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Chipre<sup>1,2</sup>, Dinamarca, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, República Checa, República Eslovaca, Rumanía y Suecia.

**AIE (Agencia Internacional de la Energía):** agrupación regional de la OCDE que excluye a Chile, Colombia, Costa Rica, Eslovenia, Islandia, Israel y Letonia.

**América Latina y el Caribe (ALC):** agrupación regional de América Central y del Sur y México.

**Medio Oriente:** Arabia Saudí, Baréin, Catar, Emiratos Árabes Unidos, Irak, Jordania, Kuwait, Líbano, Omán, República Árabe Siria (Siria), República Islámica del Irán (Irán) y Yemen.

**No pertenecientes a la OCDE:** todos los demás países no incluidos en el grupo regional de la OCDE.

**No pertenecientes a la OPEP:** todos los demás países no incluidos en la agrupación regional de la OPEP.

**Norte de África:** Argelia, Egipto, Libia, Marruecos y Túnez.

**América del Norte:** Canadá, México y Estados Unidos.

**OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos):** Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Dinamarca, Eslovenia, España, Estados Unidos,

Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Japón, Letonia, Lituania, Luxemburgo, México, Nueva Zelanda, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República de Corea, República Eslovaca, Suecia, Suiza y Turquía.

**OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo):** Arabia Saudí, Argelia, Angola, Emiratos Árabes Unidos, Guinea Ecuatorial, Gabón, Irak, Kuwait, Libia, Nigeria, República Bolivariana de Venezuela (Venezuela), República del Congo (Congo) y República Islámica del Irán (Irán).

**OPEP+:** grupo de la OPEP más Azerbaiyán, Baréin, Brunéi Darusalam, Federación de Rusia (Rusia), Kazajistán, Malasia, México, Omán, Sudán y Sudán del Sur.

**Sudeste asiático:** Birmania, Brunéi darusalam, Camboya, Filipinas, Indonesia, Malasia, República Democrática Popular Lao, Singapur, Tailandia y Vietnam. Todos estos países son miembros de la Asociación de Naciones de Asia Sudoriental (ASEAN).

**África subsahariana:** Angola, Benín, Botsuana, Camerún, Costa de Marfil, Guinea Ecuatorial, Eritrea, Etiopía, Gabón, Ghana, Kenia, Madagascar, Mauricio, Mozambique, Namibia, Níger, Nigeria, Reino de Eswatini, República del Congo (Congo), República Democrática del Congo, República Unida de Tanzania (Tanzania), Ruanda, Senegal, Sudáfrica, Sudán, Sudán del Sur, Togo, Uganda, Zambia, Zimbabue y otros países y territorios africanos<sup>6</sup>.

### *Notas de países*

<sup>1</sup> Nota de la República de Turquía: La información contenida en este documento con referencia a «Chipre» se refiere a la parte sur de la isla. No existe una autoridad única que represente a los chipriotas griegos y turcos en la isla. Turquía reconoce la República Turca del Norte de Chipre (TRNC). Hasta que se encuentre una solución duradera y equitativa en el contexto de las Naciones Unidas, Turquía mantendrá su posición respecto a la «cuestión de Chipre».

<sup>2</sup> Nota de todos los Estados miembros de la OCDE y de la Unión Europea: La República de Chipre está reconocida por todos los miembros de las Naciones Unidas a excepción de Turquía. La información contenida en este documento hace referencia al área bajo el control efectivo del Gobierno de la República de Chipre.

<sup>3</sup> No existen datos individuales disponibles, por lo que se estiman de manera conjunta, en los casos siguientes: Afganistán, Bután, Fiji, Islas Cook, Islas Salomón, Kiribati, Macao (China), Maldivas, Nueva Caledonia, Palau, Papúa Nueva Guinea, Polinesia Francesa, Samoa, Timor Oriental, Tonga y Vanuatu.

<sup>4</sup> No existen datos individuales disponibles, por lo que se estiman de manera conjunta, en los casos siguientes: Anguila, Antigua y Barbuda, Aruba, Bahamas, Barbados, Belice, Bermuda, Bonaire, Dominica, Granada, Islas Caimán, Islas Malvinas, Islas Turcas y Caicos, Islas Vírgenes Británicas, Montserrat, San Cristóbal y Nieves, San Eustaquio y Saba, San Pedro y Miquelón, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía y San Martín (parte holandesa).

<sup>5</sup> Los datos estadísticos de Israel los proporcionan las autoridades israelíes pertinentes bajo su responsabilidad. El uso de dichos datos por parte de la OCDE o la AIE se realiza sin perjuicio del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en Cisjordania según los términos del derecho internacional.

<sup>6</sup> No existen datos individuales disponibles, por lo que se estiman de manera conjunta, en los casos siguientes: Burkina Faso, Burundi, Cabo Verde, Chad, Comoras, Djibouti, Gambia, Guinea, Guinea-Bisáu, Lesotho, Liberia, Malawi, Mali, Mauritania, República Centroafricana, Santo Tomé y Príncipe, Seychelles, Sierra Leona y Somalia.

## Siglas y acrónimos

<b>ACEEE</b>	American Council for an Energy Efficient Economy
<b>ADME</b>	Administración del Mercado Eléctrico
<b>AIE</b>	Agencia Internacional de la Energía (IEA)
<b>ALC</b>	América Latina y el Caribe
<b>ANEEL</b>	Agência Nacional de Energia Elétrica (Agencia Nacional de Energía Eléctrica, Brasil)
<b>APS</b>	Escenario de Compromisos Anunciados
<b>ARI</b>	Iniciativa de Revitalización de Activos
<b>ASEAN</b>	Asociación de Naciones de Asia Sudoriental
<b>ASTM</b>	Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
<b>ATJ</b>	alcohol-to-jet (combustible de reactor a partir de alcohol)
<b>BECCS</b>	bioenergía equipada con CCUS
<b>BEV</b>	vehículos eléctricos de batería
<b>BGR</b>	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales, Alemania)
<b>BP</b>	Beyond Petroleum
<b>CAF</b>	Corporación Andina de Fomento (Banco de Desarrollo de América Latina)
<b>CAN</b>	Comunidad Andina
<b>CARICOM</b>	Comunidad del Caribe
<b>CCUS</b>	captura, utilización y almacenamiento de carbono
<b>CDN</b>	contribución determinada a nivel nacional
<b>CEE</b>	Certificados de Eficiencia Energética
<b>CFR</b>	Coste y flete
<b>CFT</b>	consumo final total (TFC)
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CHP</b>	energía térmica y eléctrica combinadas; a veces se utiliza el término cogeneración
<b>CIER</b>	Comisión de Integración Energética Regional
<b>CLASP</b>	Collaborative Labelling and Appliance Standards Program
<b>CNG</b>	gas natural comprimido
<b>CO<sub>2</sub></b>	dióxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	equivalente de dióxido de carbono
<b>CONICET</b>	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina
<b>COP</b>	Conferencia de las Partes (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático)
<b>CORFO</b>	Corporación de Fomento de la Producción (Chile)
<b>CPI</b>	índice de percepción de la corrupción

<b>DIPEME</b>	Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos (División de Proyectos Especiales y Minerales Estratégicos)
<b>DRI</b>	hierro de reducción directa
<b>EAU</b>	Emiratos Árabes Unidos
<b>ECI</b>	índice de complejidad económica
<b>ECLAC</b>	(CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe)
<b>EE. UU.</b>	Estados Unidos
<b>EIA</b>	Administración de Información Energética de Estados Unidos
<b>EMDE</b>	economías de mercados emergentes y en desarrollo
<b>EPE</b>	Empresa de Pesquisa Energética (Brasil)
<b>EPM</b>	Empresas Públicas de Medellín
<b>ESG</b>	ambiental, social y de gobernanza
<b>EU</b>	Unión Europea (UE)
<b>FAME</b>	éster metílico de ácido graso
<b>FDI</b>	inversión extranjera directa
<b>FV</b>	fotovoltaico
<b>GEC</b>	Modelo Global de Energía y Clima
<b>GEI</b>	gases de efecto invernadero
<b>GLP</b>	gas licuado de petróleo
<b>GNL</b>	gas natural licuado
<b>H<sub>2</sub></b>	hidrógeno
<b>HEFA</b>	ésteres y ácidos grasos hidrogenados
<b>I+D</b>	investigación y desarrollo
<b>I+D+D</b>	investigación, desarrollo y demostración
<b>IATA</b>	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
<b>ICAO</b>	Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)
<b>ICE</b>	motor de combustión interna
<b>IDB</b>	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
<b>IE</b>	Clasificación Internacional de Eficiencia
<b>IFA</b>	International Fertilizer Association
<b>IIASA</b>	Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados
<b>ILO</b>	Organización Internacional del Trabajo (OIT)
<b>IMF</b>	Fondo Monetario Internacional (FMI)
<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
<b>KOMIS</b>	Servicios de Información sobre Recursos Minerales de la República de Corea
<b>LCOE</b>	costo nivelado de la electricidad
<b>LCOH</b>	costo nivelado del hidrógeno

<b>LCOP</b>	costo nivelado de producción
<b>LDV</b>	vehículo ligero
<b>UTCUTS</b>	uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura
<b>MEPS</b>	estándares mínimos de rendimiento energético
<b>MERCOSUR</b>	Mercado Común del Sur
<b>N<sub>2</sub>O</b>	óxido nitroso
<b>NGV</b>	vehículo a gas natural
<b>NO<sub>x</sub></b>	óxidos de nitrógeno
<b>NZE</b>	escenario de emisiones netas cero para 2050
<b>ODS</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas)
<b>OECD</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)
<b>OGJ</b>	Oil and Gas Journal
<b>OPEC</b>	Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP)
<b>PAN</b>	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles, Brasil)
<b>PHEV</b>	vehículos eléctricos híbridos enchufables
<b>PIB</b>	producto interno bruto
<b>PLDV</b>	vehículo ligero de pasajeros
<b>PM</b>	material particulado
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	material particulado fino
<b>PPA</b>	paridad del poder adquisitivo
<b>PYME</b>	pequeñas y medianas empresas
<b>REDD+</b>	reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo. El signo «+» hace referencia a otras actividades relacionadas con los bosques que protegen el clima.
<b>SAF</b>	combustibles de aviación sostenibles
<b>SEAD</b>	Iniciativa sobre la Utilización de Equipos y Electrodomésticos Supereficientes
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía, México
<b>SLB</b>	deuda vinculada a la sostenibilidad
<b>SO<sub>2</sub></b>	dióxido de azufre
<b>STE</b>	suministro total de energía
<b>STEPS</b>	Escenario de Políticas Declaradas
<b>T&amp;D</b>	transmisión y distribución
<b>TCAC</b>	tasa de crecimiento anual promedio compuesta (CAAGR)
<b>TCM</b>	tipo de cambio del mercado (MER)
<b>TRL</b>	nivel de madurez de la tecnología
<b>UN</b>	Organización de las Naciones Unidas

<b>UN DESA</b>	Departamento de las Naciones Unidas de Asuntos Económicos y Sociales (DAES)
<b>UN FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)
<b>UNCTAD</b>	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
<b>UNDP</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
<b>UNEP</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)
<b>UNFCCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)
<b>US DOE</b>	Departamento de Energía de Estados Unidos
<b>USGS</b>	Servicio Geológico de Estados Unidos
<b>VE</b>	vehículo eléctrico
<b>VRE</b>	energía renovable variable
<b>WEO</b>	World Energy Outlook
<b>WHO</b>	Organización Mundial de la Salud (OMS)
<b>WRI</b>	World Resources Institute

## Referencias

**Capítulo 1: Situación actual**

BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe/Federal Institute for Geosciences and Natural Resources). (2021). Energiestudie: Daten und Entwicklungen der deutschen und globalen Energieversorgung [Energy Study: Data and developments in Germany and global energy supply].

[https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/energiestudie\\_2021.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/energiestudie_2021.html)

Boston University Global Development Policy Center. (2022). China's Global Energy Finance (database) accessed March 2023. <https://www.bu.edu/cgef/#/intro>

Boulton, C. A., Lenton, T. M., and Boers, N. (2022). Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. *Nature Climate Change*, pp. 271–278.

<https://www.nature.com/articles/s41558-022-01287-8>

BP (Beyond Petroleum). (2022). Statistical Review of World Energy.

<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Burunciuc, L. (2022). Clean Energy in the Caribbean: A triple win.

<https://blogs.worldbank.org/latinamerica/clean-energy-caribbean-triple-win>

CEDIGAZ. (2022). Country Indicators (database) accessed July 2023.

<https://www.cedigaz.org/databases/>

Climate Watch. (2023). Historical GHG Emissions. World Resources Institute (database) accessed July 2023. <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>

Copper Alliance. (2023). Copper Mining, Water and the United Nations' SDGs.

<https://copperalliance.org/resource/copper-mining-water-and-the-united-nations-sdgs/>

Demographia. (2023). Demographia World Urban Areas 19th Annual: 202308.

<http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>

ECLAC (United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean). (2023a). ECLAC Proposes Cluster Policies to Escape the Current Low-Growth Trap in Latin America and the Caribbean. <https://www.cepal.org/en/pressreleases/eclac-proposes-cluster-policies-escape-current-low-growth-trap-latin-america-and>

ECLAC. (2023b). Tasa de crecimiento anual del índice de precios al consumidor diciembre a diciembre [Annual growth rate of the consumer price index December to December].

<https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?theme=2&lang=es>

ECLAC. (2023c). La inversión extranjera en América Latina y el Caribe 2023 [Foreign investment in Latin America and the Caribbean 2023].

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/9a7cc765-ac4e-40dc-b69d-4ffe3cc4508e/content>

Economist Intelligence. (2023). Democracy Index 2022.

<https://www.eiu.com/n/campaigns/democracy-index-2022/>

EPE (Empresa de Pesquisa Energética/Brazilian Energy Research Company). (2023). Consumo Residencial de Energia Elétrica por Classes de Renda [Residential Electricity Consumption by Income Classes]. [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-729/FactSheetConsumoPorClassesDeRenda\\_Final09032023.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-729/FactSheetConsumoPorClassesDeRenda_Final09032023.pdf)

Flessa, A. (2023). Decarbonizing the Energy System of Non-Interconnected Islands: The Case of Mayotte. *Energies*. <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/6/2931>

Global Petrol Prices. (2023). Global Petrol Prices (database) accessed April 2023.

[https://www.globalpetrolprices.com/gasoline\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/)

Haar, J. (2023). Latin America Must Prioritize Infrastructure to Spur Economic Growth. Wilson Center: <https://www.wilsoncenter.org/article/latin-america-must-prioritize-infrastructure-spur-economic-growth>

Harvard University. (2023). Atlas of Economic Complexity. <https://atlas.cid.harvard.edu/>

IDB (Interamerican Development Bank). (2020). Sustainable Energy Paths for the Caribbean.

<https://publications.iadb.org/en/sustainable-energy-paths-caribbean>

IEA (International Energy Agency). (2023a). World Energy Balances. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances>

IEA. (2023b). World Energy Outlook 2023.

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

IEA. (2023c). Government Energy Spending Tracker. <https://www.iea.org/reports/government-energy-spending-tracker-2>

IEA. (2023d). Cost of Capital Observatory.

<https://www.iea.org/reports/cost-of-capital-observatory>

IEA. (2023e). SDG7: Data and Projections.

<https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/overview#abstract>

IEA. (2023f). Did affordability measures help tame energy price spikes for consumers in major economies? <https://www.iea.org/commentaries/did-affordability-measures-help-tame-energy-price-spikes-for-consumers-in-major-economies>

IEA. (2023g). Energy Prices.

<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-prices>

IEA. (2023h). Fossil Fuels Consumption Subsidies 2022.

<https://www.iea.org/reports/fossil-fuels-consumption-subsidies-2022>

IEA. (2023i). The world's top 1% of emitters produce over 1 000 times more CO<sub>2</sub> than the bottom 1%. <https://www.iea.org/commentaries/the-world-s-top-1-of-emitters-produce-over-1000-times-more-co2-than-the-bottom-1>

IEA. (2023j). Recommendations of the Global Commission on People-Centred Clean Energy Transitions. <https://www.iea.org/reports/recommendations-of-the-global-commission-on-people-centred-clean-energy-transitions>

IEA. (2022). World Energy Outlook 2022. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

IEA. (2021). The cost of capital in clean energy transitions. <https://www.iea.org/articles/the-cost-of-capital-in-clean-energy-transitions>

IFA (International Fertilizer Association). (2023). International Fertilizer Association. <https://www.ifastat.org/>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Inter-American Institute for Co-operation on Agriculture). (2023). Full supply of fertilizers and energy through public-private partnerships and greater investment in agricultural innovation are key to maintaining food production in the Americas. <https://iica.int/en/press/news/full-supply-fertilizers-and-energy-through-public-private-partnerships-and-greater>

IMF (International Monetary Fund). (2023a). World Economic Outlook July Update. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/07/10/world-economic-outlook-update-july-2023>

IMF. (2023b). Regional Economic Outlook Western Hemisphere. <https://www.imf.org/en/Publications/REO/WH/Issues/2023/04/13/regional-economic-outlook-western-hemisphere-april-2023>

IMF. (2023c). World Economic Outlook 2023: A rocky recovery. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Sixth Assessment Report. Climate Change 2021: The Physical Science Basis: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Kersey, J., Blechinger, P. and Shirley, R. (2021). A panel data analysis of policy effectiveness for renewable energy expansion on Caribbean islands. Energy Policy. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521100210X>

Mohan, P. S. (2022). Climate finance to support Caribbean Small Island Developing States efforts in achieving their Nationally Determined Contributions in the energy sector. Energy Policy. <https://ideas.repec.org/a/eee/enepol/v169y2022ics0301421522004281.html>

OGJ (Oil and Gas Journal). (2022). Worldwide look at reserves and production. Oil and Gas Journal: <https://www.ogj.com/ogj-survey-downloads/worldwide-production/document/17299726/worldwide-look-at-reserves-and-production>

OLADE (Organización Latinoamericana de Energía/Latin American Energy Organization). (2022). Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe [Energy Information System of Latin America and the Caribbean]. <https://sielac.olade.org/>

- Oxford Economics. (2023a). Global Economic Model.  
<https://www.oxfordeconomics.com/service/subscription-services/macro/global-economic-model/>
- Oxford Economics. (2023b). Global Data Workstation, Latin American Cities (database) accessed September 2023. <https://data.oxfordeconomics.com/>
- Ray, R., and Myers, M. (2023). Chinese Loans to Latin America and Caribbean (database) accessed July 2023. [https://www.thedialogue.org/map\\_list/](https://www.thedialogue.org/map_list/)
- Refinitiv. (2023). Government and corporate bonds (database) accessed September 2023. [www.refinitiv.com](http://www.refinitiv.com)
- Republic of Panama Cabinet Council. (2020). Resolución de Gabinete 93 [Cabinet Resolution 93]. [https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29163\\_B/81944.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29163_B/81944.pdf)
- Ritchie, H., Roser, M., and Rosado, P. (2020). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
- SLOCAT. (2022). Latin America and the Caribbean Regional Overview. <https://tcc-gsr.com/global-overview/latin-america-and-the-caribbean/>
- Swiegart, E. (n.d.). ODEBRECHT's Unfinished Business. Americas Quarterly: <https://www.americasquarterly.org/fullwidthpage/a-graphic-look-at-odebrechts-unfinished-projects/#>
- The Economist. (2023). Agricultores denuncian incremento de 300% en precios de fertilizantes [Farmers denounce a 300% increase in fertilizer prices]. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Agricultores-denuncian-incremento-de-300-en-precios-de-fertilizantes-20220329-0063.html>
- Transparency International. (2023). Corruption Perception Index. <https://www.transparency.org/en/cpi/2022>
- Ugarteche, O., de Leon, C., and Garcia, J. (2023). China and the Energy Matrix in Latin America: Governance and Geopolitical Perspective. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421523000204>
- UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). (2022). World Population Prospects. <https://population.un.org/wpp/>
- UN FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2023a). The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. <https://www.fao.org/documents/card/en?details=cc3017en>
- UN FAO. (2023b). Putting a Number on Hunger. <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-security-nutrition/en/>
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). (2022). UNCTAD-STAT. [https://unctadstat0.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS\\_referer=&sCS\\_ChosenLang=en](https://unctadstat0.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_referer=&sCS_ChosenLang=en)

- UNDP (United Nations Development Programme). (2023). Human Development Index. <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). (2021). Glasgow Leaders' Declaration on Forests and Land Use (COP 26). Glasgow: United Kingdom National Archives. <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20230418175226/https://ukcop26.org/glasgow-leaders-declaration-on-forests-and-land-use/>
- US DOE/EIA (United States Department of Energy/ Energy Information Administration). (2015). World Shale Resource Assessment. <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas>
- US DOE/EIA. (2013). Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf>
- US DOE/EIA/ARI (United States Department of Energy/Energy Information Administration/Asset Revitalization Initiative). (2015). World Shale Resource Assessment. <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas>
- USGS (United States Geological Survey). (2012a). An Estimate of Undiscovered Conventional Oil and Gas Resources of the World. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/fs20123042>
- USGS. (2012b). Assessment of Potential Additions to Conventional Oil and Gas Resources of the World (outside the United States) from Reserve Growth. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/fs20123042>
- WHO (World Health Organization). (2023). Household Energy (Database) accessed June 2023. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/who-household-energy-db>
- World Bank. (2023a). Inflación, precios al consumidor (% anual) [Inflation, consumer prices, annual %]. <https://datos.bancomundial.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG?end=2022&locations=JL-ZG&start=1967&view=chart>
- World Bank. (2023b). World Development Indicators. <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- World Bank. (2022). World Development Indicators: Structure of value added. <https://wdi.worldbank.org/table/4.2>
- World Bank. (2019). Las lenguas indígenas de la Amazonia tienen claves para la conservación de la región [The indigenous languages of the Amazon hold keys to the conservation of the region]. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/08/08/the-amazons-indigenous-languages-hold-the-key-to-its-conservation-an-interview-with-martin-von-hildebrand>
- World Steel Association. (2023). World Steel Association. <https://worldsteel.org/>

## Capítulo 2: *Prospectivas de la energía y las emisiones*

Bloomberg. (2023). Brazil's Beloved Sugar-Cane Cars Are Slowing EV Adoption.

<https://www.bloomberg.com/news/features/2023-07-19/why-brazil-is-falling-behind-in-the-electric-car-transition>

C40 Cities. (2021). Clean Construction Accelerator.

<https://www.c40.org/accelerators/clean-construction/>

Climate Investment Funds. (2023). Industry Decarbonization.

<https://www.cif.org/industry-decarbonization>

EPM (Empresas Públicas de Medellín/Public Companies of Medellín). (2022). Crece el Distrito Térmico La Alpujarra: Edificio EPM y la Universidad Digital se conectan [The La Alpujarra Thermal District Grows: EPM Building and the Digital University connect].

<https://cu.epm.com.co/institucional/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/internacional/crece-el-distrito-termico-la-alpujarra-edificio-epm-y-la-universidad-digital-se-conectan>

Exxon. (2023). Guyana Project Overview. ExxonMobil:

<https://corporate.exxonmobil.com/locations/guyana/guyana-project-overview#DiscoveriesintheStabroekBlock>

Government of Mexico. (2023). El Sistema Eléctrico Nacional garantiza el suministro eléctrico a todo México [The National Electric System guarantees the electricity supply to all of Mexico].

<https://www.gob.mx/cenace/prensa/el-sistema-electrico-nacional-garantiza-el-suministro-electrico-a-todo-mexico-339355?idiom=es>

IEA (International Energy Agency). (2023a). Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach. <https://iea.li/netzero>

IEA. (2023b). Global Energy and Climate Model Documentation.

<https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model>

IEA. (2022). Climate Resilience for Energy Security.

<https://www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-security>

IEA. (2021). Climate Impacts on Latin American Hydropower.

<https://www.iea.org/reports/climate-impacts-on-latin-american-hydropower>

IMF (International Monetary Fund). (2023). World Economic Outlook: July 2023 Update.

<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/April>

Ministry of Planning and Development Trinidad and Tobago. (2022). Launch of District Cooling Pilot Sites To Save \$\$\$ in Cooling Costs.

<https://www.planning.gov.tt/content/launch-district-cooling-pilot-sites-save-cooling-costs#:~:text=December%2012%2C%202022%3A%20The%20Ministry,Service%20in%20Trinidad%20and%20Tobago.>

Oxford Economics. (2023). Global Economic Model, accessed September 2023.  
<https://www.oxfordeconomics.com/service/subscription-services/macro/global-economic-model/>

The Wallstreet Journal. (2021). Brazil's Drought Pressures Power Grid, Boosting Case for Renewables—and Fossil Fuels. <https://www.wsj.com/articles/brazils-drought-pressures-power-grid-boosting-case-for-renewablesand-fossil-fuels-11633946401>

UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). (2022). World Population Prospects. [https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022\\_summary\\_of\\_results.pdf](https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf)

UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs) (2018). Revision of World Urbanization Prospects.  
<https://www.un.org/en/desa/2018-revision-world-urbanization-prospects>

World Bank. (2023). World Development Indicators.  
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>

### **Capítulo 3: Ámbitos clave para la adopción de políticas**

Aburrá Valley Metropolitan Area. (2009). Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá [Mobility Master Plan for the Metropolitan Region of the Aburrá Valley]. <https://www.medellin.gov.co/es/wp-content/uploads/2023/01/3.9-Plan-Maestro-de-Movilidad-AMVA-Regional.pdf>

ADME (Administración del Mercado Eléctrico/Administration of the Electricity Market). (2021). Informe Anual MMEE [Annual Report MMEE]. <https://adme.com.uy/mmee/infannual.php>

Airbus. (2023). Airbus' most popular aircraft takes to the skies with 100% sustainable aviation fuel. <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2023-03-airbus-most-popular-aircraft-takes-to-the-skies-with-100-sustainable>

Anapolsky, S. (2020). ¿Cómo nos movemos en el AMBA? [How do we move in the AMBA?]. <https://www.unsam.edu.ar/institutos/transporte/publicaciones/Documento%2018%20Comono%20movemos%20en%20el%20AMBA%20-%20Anapolsky.pdf>

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis/Brazilian National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels). (2021). Resolução ANP nº 856, de 22 de Outubro de 2021 - DOU de 25.10.2021 [ANP resolution No. 856, of October 22, 2021 - DOU of 10/25/2021]. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-856-de-22-de-outubro-de-2021-354349404>

BA Data (Buenos Aires Data). (2018). Encuesta de Movilidad Domiciliaria 2018 [Home Mobility Survey 2018].  
<https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/encuesta-movilidad-domiciliaria>

Beck, H. et al. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. Scientific Data, 5. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

Belo Horizonte City Hall. (2022). Balanço anual da mobilidade urbana de Belo Horizonte [Annual balance of urban mobility in Belo Horizonte]. [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/bhtrans/2022/Balanço%20da%20Mobilidade%202022%20\(ano%20base%202021\)%20Versão%2018.10.2022.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/bhtrans/2022/Balanço%20da%20Mobilidade%202022%20(ano%20base%202021)%20Versão%2018.10.2022.pdf)

BHP. (2021). BHP operations in Chile start to operate with renewable energies. <https://www.bhp.com/news/media-centre/releases/2021/08/bhp-operations-in-chile-start-to-operate-with-renewable-energies>

Bioenergy International. (2023). Raízen starts world's largest cellulosic ethanol plant. <https://bioenergyinternational.com/raizen-starts-worlds-largest-cellulosic-ethanol-plant/>

Biofuels International. (2022). Shell and Raízen sign 3.2 billion litre cellulosic ethanol deal. <https://biofuels-news.com/news/shell-and-raizen-sign-large-cellulosic-ethanol-deal/>

BMO Capital Markets. (2023). Q2 Metals and Bulk Commodity Price Update. <https://capitalmarkets.bmo.com/en/>

Bogota City Hall. (2019). Encuesta de movilidad 2019 [Mobility survey 2019] [http://ieu.unal.edu.co/images/Resultados\\_Preliminares\\_EncuestaMovilidad\\_2019.pdf](http://ieu.unal.edu.co/images/Resultados_Preliminares_EncuestaMovilidad_2019.pdf)

Business & Human Rights Resource Centre. (2023). Transition Minerals Tracker. <https://www.business-humanrights.org/en/from-us/transition-minerals-tracker/>

CAF (Corporacion Andina de Fomento/ Andean Development Corporation). (2017). Encuesta de movilidad del área metropolitana de Montevideo [Mobility survey of the metropolitan area of Montevideo]. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1078>

CEFIM (Clean Energy Finance and Investment Mobilisation). (2023). Energy Savings Insurance: International Focus Group Discussion. <https://www.oecd.org/environment/cc/cefim/cross-cutting-analysis/Discussion-paper-first-energy-savings-insurance-international-focus-group-discussion.pdf>

CELAC (Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños/Community of Latin American and Caribbean States). (2023). Declaración de Buenos Aires [Buenos Aires Declaration]. <https://www.sela.org/media/3226666/vii-cumbre-celac-declaracion-de-buenos-aires.pdf>

CIER (Comisión de Integración Energética Regional/Regional Energy Integration Commission). (2022). Interconexiones Internacionales [International Interconnections]. <https://www.cier.org/es-uy/Paginas/Publicaciones.aspx>

CLASP (Collaborative Labeling and Appliance Standards Program). (2023). Water and Energy Justice in the Favelas. <https://www.clasp.ngo/research/all/water-and-energy-justice-in-the-favelas/>

CLASP. (2021). SEAD Initiative Launches Product Efficiency Call to Action Ahead of COP26. <https://www.clasp.ngo/updates/sead-initiative-launches-product-efficiency-call-to-action-in-the-lead-up-to-cop26/>

COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre/Chilean Copper Commission). (2023). Anuario Cochilco [Cochilco yearbook]. <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Publicaciones/Anuario.aspx>

Codatu. (2019). Panorama do Sistema de Transporte de Passageiros no Rio de Janeiro [Panorama of the Passenger Transport System in Rio de Janeiro]. <https://www.codatu.org/pt/panorama-do-sistema-de-transporte-de-passageiros-no-rio-de-janeiro/>

CONICET (Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas/National Council for Scientific and Technical Research). (2020). Más de 30 empresas ya son parte de la plataforma colaborativa para el desarrollo de la Economía del Hidrógeno, H2ar [More than 30 companies are already part of the collaborative platform for the development of the Hydrogen Economy, H2ar]. <https://www.conicet.gov.ar/mas-de-30-empresas-ya-son-parte-de-la-plataforma-colaborativa-para-el-desarrollo-de-la-economia-del-hidrogeno-h2ar/>

CORFO (Corporación de Fomento de la Producción/Production Promotion Corporation). (2023). Comité de Hidrógeno Verde de Corfo recibió nueve declaraciones de interés para la instalación de fábricas de electrolizadores en Chile [Corfo's Green Hydrogen Committee received nine declarations of interest for the installation of electrolyser factories in Chile]. [https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala\\_de\\_prensa/nacional/17\\_07\\_2023\\_electrolizadores;jsessionid=-\\_5k7rdErbY9pMjIUtmKQHxQxQlxBWu2BYTsZESCTLmhCfi0YsK6Kl-1188845896!-564714040](https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/nacional/17_07_2023_electrolizadores;jsessionid=-_5k7rdErbY9pMjIUtmKQHxQxQlxBWu2BYTsZESCTLmhCfi0YsK6Kl-1188845896!-564714040)

ECLAC (Economic Commission for Latin America and the Caribbean). (2023). Lithium Extraction and Industrialization: Opportunities and challenges for Latin America and the Caribbean. <https://repositorio.cepal.org/items/8894db33-cdd4-41ce-b1ec-37d34f0e288b>

ECLAC. (2021). Cities and Housing Provide an Opportunity to Transform Latin America and the Caribbean's Development Model into a More Inclusive, Egalitarian and Sustainable One. <https://www.cepal.org/en/news/cities-and-housing-provide-opportunity-transform-latin-america-and-caribbeans-development-model>

ECLAC and ILO (International Labour Organization). (2023). Employment Situation in Latin America and the Caribbean: Towards the creation of better jobs in the post-pandemic era. <https://www.cepal.org/en/publications/48988-employment-situation-latin-america-and-caribbean-towards-creation-better-jobs>

Ecopetrol. (2022). El Grupo Ecopetrol inició la producción de hidrógeno verde en Colombia [The Ecopetrol Group began the production of green hydrogen in Colombia]. <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/noticias/detalle/Noticias+2021/el-grupo-ecopetrol-inicip-la-produccion-de-hidrogeno-verde-en-colombia#:~:text=Con%20una%20inversi%C3%B3n%20anual%20promedio,%20y%203%20al%202050>

Energy Green Map. (2023). RenovAR. <https://www.energygreenmap.org/renovar>

ENGIE. (2022). ENGIE y el Grupo Enaex viabilizarán la primera producción de hidrógeno verde en el Perú [ENGIE and the Enaex Group will enable the first production of green hydrogen in Peru]. <https://engie-energia.pe/notas-de-prensa/engie-y-el-grupo-enaex-viabilizaran-la-primera-produccion-de-hidrogeno-verde-en-el-peru>

EEA (European Environment Agency). (2019). Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

European Parliament. (2023). ReFuelEU Aviation initiative: Sustainable aviation fuels and the Fit for 55 Package. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS\\_BRI\(2022\)698900](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)698900)

Government of Argentina. (2023). Resolución 409/2023 [Resolution 409/2023]. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/287139/20230524>

Government of Argentina. (2021a). Plan Estratégico para el Desarrollo Minero Argentino [Strategic Plan for Argentine Mining Development]. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan\\_estrategico\\_para\\_el\\_desarrollo\\_minero\\_argentino.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estrategico_para_el_desarrollo_minero_argentino.pdf)

Government of Argentina. (2021b). Marco Regulatorio de Biocombustibles, Ley 27640 [Regulatory Framework for Biofuels, Law 27640]. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27640-352587/texto>

Government of Bolivia. (2018). Ley 1098 [Law 1098]. <http://gacetaoficialdebolivia.gob.bo/normas/buscar/1098>

Government of Brazil. (2023). Diário oficial da união [Official diary of the union]. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-473383252>

Government of Brazil. (2021). RenovaBio. <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/renovabio-1>

Government of Brazil. (1997). Lei 9478 [Law 9478]. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9478.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9478.htm)

Government of Chile. (2001). Encuesta Origen-Destino: Santiago [Origin-Destination Survey: Santiago]. [http://www.subtrans.gob.cl/subtrans/doc/estadisticas-EOD2001\\_Informe\\_Difusion.pdf](http://www.subtrans.gob.cl/subtrans/doc/estadisticas-EOD2001_Informe_Difusion.pdf)

Government of Colombia. (2021). Resolución 40111 [Resolution 40111]. [https://www.minenergia.gov.co/documents/3040/48895-Res\\_40111\\_\\_MezclasBios\\_B12\\_042021.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/3040/48895-Res_40111__MezclasBios_B12_042021.pdf)

Government of Costa Rica. (2012). Reglamento de Biocombustibles [Biofuels Regulation]. [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=65073&nValor3=107515&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=65073&nValor3=107515&strTipM=TC)

Government of Ecuador. (2012). Decreto 1303 [Decree 1303]. [https://ocaru.org.ec/wp-content/uploads/2020/03/decreto\\_1303.pdf](https://ocaru.org.ec/wp-content/uploads/2020/03/decreto_1303.pdf)

Government of Mexico. (2022). Proyecto Nacional de Eficiencia Energetica en Alumbrado Público Municipal National [Energy Efficiency Project in Municipal Public Lighting]. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/719325/Informe\\_de\\_Labores\\_Proj\\_Nal\\_de\\_EE\\_en\\_APM\\_2010-2021\\_V200422\\_VF.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/719325/Informe_de_Labores_Proj_Nal_de_EE_en_APM_2010-2021_V200422_VF.pdf)

- Government of Panama. (2023). Ley 355 [Law 355].  
[https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29712\\_B/GacetaNo\\_29712b\\_20230131.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29712_B/GacetaNo_29712b_20230131.pdf)
- Government of Panama. (2011). Ley 42 [Law 42].  
<http://www.momentofiscal.com/leyes/CAMBIOS%20CODIGO%20FISCAL/2011%20-%20Ley%2042.pdf>
- Government of Paraguay. (2020). Decreto 3500 [Decree number 3500].  
<https://bacn.gov.py/archivos/9250/DECRETO3500+LEY+6389.pdf>
- Government of Paraguay. (2018). Resolución 294 [Resolution number 294].  
<https://informacionpublica.paraguay.gov.py/public/1414428-3852018CApdf-385.2018C.A.pdf>
- Government of Peru. (2007). Decree number 021-2007-EM.  
<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Legislacion/Biocombustibles/Dcreto%20Supremo%20No%20021-2007-EM.pdf>
- Government of the State of Rio de Janeiro. (2017). Plano Diretor de Transporte da Região metropolitana do estado do Rio de Janeiro [Transport Master Plan for the metropolitan region of the state of Rio de Janeiro].  
[https://setrerj.org.br/wp-content/uploads/2017/07/175\\_pdtu.pdf](https://setrerj.org.br/wp-content/uploads/2017/07/175_pdtu.pdf)
- Government of Uruguay. (2007). Ley 18195 [Law 18195].  
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18195-2007/6>
- Government of Trinidad and Tobago. (2023). National Accounts, Central Statistical Office.  
[https://cso.gov.tt/subjects/national-accounts/#:~:text=Latest%20Release,over%202021\)%20was%2022.6%25](https://cso.gov.tt/subjects/national-accounts/#:~:text=Latest%20Release,over%202021)%20was%2022.6%25)
- Gutierrez, A. (2020). Encuesta de Movilidad Domiciliaria 2009-2010: Área Metropolitana de Buenos Aires [Home Mobility Survey 2009-2010: Buenos Aires Metropolitan Area].  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/159255>
- IATA (International Air Transport Association). (2021). Our Commitment to Fly Net Zero by 2050.  
<https://www.iata.org/en/programs/environment/flynetzero/>
- ICAO (International Civil Aviation Organization). (2022). Long term global aspirational goal for international aviation.  
<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/LTAG.aspx>
- IDB (Inter-American Development Bank). (2023). ¿Cómo es la participación de mujeres en energía renovable en América Latina? [What is the participation of women in renewable energy in Latin America?]. [https://blogs.iadb.org/energia/es/strongcomo-es-la-participacion-de-mujeres-en-energia-renovable-en-america-latina-strong/#\\_ftn2](https://blogs.iadb.org/energia/es/strongcomo-es-la-participacion-de-mujeres-en-energia-renovable-en-america-latina-strong/#_ftn2)
- IDB. (2022). Hechos estilizados de la movilidad urbana en América Latina y el Caribe [Stylized facts of urban mobility in Latin America and the Caribbean].  
<https://publications.iadb.org/es/hechos-estilizados-de-la-movilidad-urbana-en-america-latina-y-el-caribe>

IDB. (2021). La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe [The infrastructure gap in Latin America and the Caribbean]. <https://publications.iadb.org/es/la-brecha-de-infraestructura-en-america-latina-y-el-caribe-estimacion-de-las-necesidades-de>

IDB. (2017a). Central American Electricity Integration: Central American Electrical Interconnection System. <https://publications.iadb.org/en/central-american-electricity-integration-central-american-electrical-interconnection-system>

IDB. (2017b). La Red del Futuro: Desarrollo de una red eléctrica limpia y sostenible para América Latina [The Network of the Future: Development of a clean and sustainable electrical network for Latin America]. <http://dx.doi.org/10.18235/0000937>

IEA (International Energy Agency). (forthcoming). The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions.

IEA. (2023a). Boosting Efficiency: Delivering affordability, security and jobs in Latin America. <https://www.iea.org/reports/boosting-efficiency-in-latin-america>

IEA. (2023b). Net Zero Roadmap: A global pathway to keep the 1.5 °C goal in reach. <https://iea.li/netzero>

IEA. (2023c). Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity. <https://www.iea.org/reports/towards-hydrogen-definitions-based-on-their-emissions-intensity>

IEA. (2023d). Hydrogen Projects (database) accessed September 2023. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-projects-database>

IEA. (2023e). A Vision for Clean Cooking Access for All. <https://www.iea.org/reports/a-vision-for-clean-cooking-access-for-all>

IEA. (2023f). Managing Seasonal and Interannual Variability of Renewables. <https://www.iea.org/reports/managing-seasonal-and-interannual-variability-of-renewables>

IEA. (2023h). World Energy Investment 2023. <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2023>

IEA. (2023i). Scaling up private finance for clean energy in emerging and developing economies. <https://www.iea.org/reports/scaling-up-private-finance-for-clean-energy-in-emerging-and-developing-economies>

IEA. (2021a). Hydrogen in Latin America: From near-term opportunities to large-scale deployment. <https://www.iea.org/reports/hydrogen-in-latin-america>

IEA. (2021b). Recommendations of the Global Commission on People-Centred Clean Energy Transitions. <https://www.iea.org/reports/recommendations-of-the-global-commission-on-people-centred-clean-energy-transitions>

IEA. (2021c). Climate Impacts on Latin American Hydropower. <https://www.iea.org/reports/climate-impacts-on-latin-american-hydropower>

IEA. (2021d). Financing Clean Energy Transitions in Emerging and Developing Economies. <https://www.iea.org/reports/financing-clean-energy-transitions-in-emerging-and-developing-economies>

- IEA. (2019a). Integrating Power Systems Across Borders. <https://www.iea.org/reports/integrating-power-systems-across-borders>
- IEA. (2019b). Establishing Multilateral Power Trade in ASEAN. <https://www.iea.org/reports/establishing-multilateral-power-trade-in-asean>
- IMF (International Monetary Fund). (2023a). Export Diversification in Colombia: A Way Forward and Implications for Energy Transition. <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2023/121/article-A003-en.xml>
- IMF (2023b). Domestic credit to private sector (% of GDP) (database) accessed July 2023. <https://data.worldbank.org/indicator/FS.AST.PRVT.GD.ZS>
- INRIX. (2022). Global Traffic Scorecard. <https://inrix.com/scorecard/#form-download-the-full-report>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Sixth Assessment Report. Climate Change 2021: The Physical Science Basis: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- IPCC. (2014). Fifth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>
- IQAir. (2022). World's most polluted cities (historical data 2017-2022). <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities?continent=59af929e3e70001c1bd78e50&country=&state=&sort=-rank&page=1&perPage=50&cities=>
- J.P. Morgan. (2022). Agro-Tech en América Latina: ¿Cómo es la disrupción tecnológica del campo? [Agro-Tech in Latin America: What is the technological disruption of the field like?]. <https://privatebank.jpmorgan.com/latam/es/insights/markets-and-investing/agtech-in-latin-america-small-scale-solutions-in-a-large-scale-transformation>
- KOMIS (Korea Mineral Resource Information Service). (2022). Minor Metals price. <https://www.komis.or.kr/komis/price/mineralprice/minorMetals/pricetrend/minorMetals.do>
- Metropolitan Regional Government of Santiago. (2010). El Plan Maestro de Ciclo Rutas del Bicentenario [The Bicentennial Cycle Routes Master Plan]. <https://www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2019/10/El-Plan-Maestro-de-Ciclo-Rutas-del-Bicentenario-PDF.pdf>
- Ministry of Industry, Energy and Mining of Uruguay. (2023). Uruguay da importante paso hacia el desarrollo del hidrógeno verde con la concreción del primer proyecto piloto [Uruguay takes an important step towards the development of green hydrogen with the completion of the first pilot project]. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/uruguay-da-importante-paso-hacia-desarrollo-del-hidrogeno-verde-concrecion>
- Ministry of Mines and Energy of Brazil. (2023). Transição Energética e Planejamento: Políticas de Eficiência Energética no Brasil [Energy Transition and Planning: Energy Efficiency Policies in Brazil]. [https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/apresentacoes-em-eventos/apresentacoes-de-convidados-em-2023/27-06-2023-politicas-de-eficiencia-energetica-no-brasil/1\\_MME.pdf](https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/apresentacoes-em-eventos/apresentacoes-de-convidados-em-2023/27-06-2023-politicas-de-eficiencia-energetica-no-brasil/1_MME.pdf)

Ministry of Transport and Telecommunications of Chile. (2014). Encuesta Origen-Destino. De Viajes Santiago [Origin-Destination Survey from Travel Santiago].

<https://www.mtt.gob.cl/archivos/10194>

Ministry of Transportation and Public Works of Uruguay. (2017). Datos sobre movilidad a nivel metropolitano [Data on mobility at the metropolitan level]. <https://www.gub.uy/ministerio-transporte-obras-publicas/comunicacion/noticias/datos-sobre-movilidad-nivel-metropolitano>

NREL (National Renewable Energy Laboratory, United States). (2020). Jamaican Domestic Ethanol Fuel Feasibility and Benefits Analysis.

[https://afdc.energy.gov/files/u/publication/jamaican\\_ethanol\\_analysis.pdf](https://afdc.energy.gov/files/u/publication/jamaican_ethanol_analysis.pdf)

Ochoa, C., Dyrner, I., and Franco, C. J. (2013). Simulating power integration in Latin America to assess challenges, opportunities and threats. *Energy Policy*, pp. 267-273.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.029>

OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries). (2023). Annual Statistical Bulletin 2023. [https://www.opec.org/opec\\_web/en/publications/202.htm](https://www.opec.org/opec_web/en/publications/202.htm)

OPPCM (Observatorio de Políticas Públicas del Concejo de Medellín/Observatory of Public Policies of the Council of Medellín). (2018). Transporte público colectivo de Medellín en el contexto metropolitano [Collective public transportation of Medellín in the metropolitan context]. <http://oppcm.concejodemedellin.gov.co/sites/oppcm/files/transporte%20publico%20colectivo%20de%20medellin%202018.pdf>

OECD and FAO (Organization for Economic Co-operation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2019). OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028 [OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028]. [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2019-2028\\_7b2e8ba3-es](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2019-2028_7b2e8ba3-es)

Portal Movilidad. (2021). Costa Rica aumentará la provisión de hidrógeno verde en su estación de Guanacaste [Costa Rica will increase the supply of green hydrogen at its Guanacaste station].

<https://portalmovilidad.com/costa-rica-aumentara-la-provision-de-hidrogeno-verde-en-su-estacion-de-guanacaste/>

Reuters. (2022). Focus: Latin America emerging as hot spot for more climate-friendly jet fuel.

<https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/latin-america-emerging-hot-spot-more-climate-friendly-jet-fuel-2022-12-16/>

S&P Global. (2023a). S&P Global Market Intelligence. Capital IQ Platform:

<https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/>

S&P Global. (2023b). Commodity Price Chart. <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/>

S&P Global. (2023c). Brazil's Lula launches “Fuel of the Future” program to reduce emissions.

<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/oil/091523-brazils-lula-launches-fuel-of-the-future-program-to-reduce-emissions>

S&P Global. (2022). Latin American national oil companies continue to emphasize emissions reduction strategies, but to varying degrees.

<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/latin-american-national-oil-companies-continue-to-emphasize-em.html>

São Paulo Metro. (2017). Pesquisa Origem Destino 2017 [Origin Destination Survey 2017].

[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/2019\\_07\\_30\\_OD2017\\_UMAPAZ\\_1.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/2019_07_30_OD2017_UMAPAZ_1.pdf)

São Paulo State Government. (2012). Pesquisa de mobilidade da região metropolitana de São Paulo [Mobility survey of the São Paulo metropolitan region].

<https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/pesquisa-de-mobilidade-da-rmsp-20121.pdf>

Toyota. (2023). Toyota do Brasil firma parceria com Shell Brasil, Raízen, Hytron, USP e Senai para testes de hidrogênio renovável a partir de etanol em projeto de Pesquisa e Desenvolvimento [Toyota do Brasil partners with Shell Brasil, Raízen, Hytron, USP and Senai to test renewable hydrogen from ethanol in a Research and Development Project].

<https://www.toyotacomunica.com.br/toyota-do-brasil-firma-parceria-com-shell-brasil-raizen-hytron-usp-e-senai-para-testes-de-hidrogenio-renovavel-a-partir-de-etanol-em-projeto-de-pesquisa-e-desenvolvimento/>

Transmilenio. (2023). Conoce El primer bus a hidrógeno verde ensamblado en el país [Meet the first green hydrogen bus assembled in the country].

<https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/153402/conoce-el-primer-bus-a-hidrogeno-verde-ensamblado-en-el-pais/>

UNEP (United Nations Environment Program). (2021). Used Vehicles and the Environment - Progress and Updates 2021. <https://www.unep.org/resources/report/used-vehicles-and-environment-progress-and-updates-2021>

Wood Mackenzie. (2023). Wood Mackenzie - Graphite Databook March 2023.

<https://www.woodmac.com/industry/metals-and-mining/>

World Bank (2023). Market capitalization of listed domestic companies.

<https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/CM.MKT.LCAP.GD.ZS>

World Bank. (2022). The Global Health Cost of PM<sub>2.5</sub> Air Pollution: A Case for Action Beyond 2021. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/09/13/smoke-from-tortilla-making-in-central-america>

World Bank. (2021a). How Better Transport Will Help Latin America Get Ahead of the Climate Crisis. <https://blogs.worldbank.org/transport/how-better-transport-will-help-latin-america-get-ahead-climate-crisis>

World Bank. (2021b). How Much Does Latin America Gain from Enhanced Cross-Border Electricity Trade in the Short Run? <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/39f2c9d5-ed66-52e7-9227-ad86063853bd/content>

World Federation of Exchanges database. (2023). <https://www.world-exchanges.org/our-work/statistics>, (accessed July 2023)

WHO (World Health Organization). (2021). Global air quality guidelines. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

## **Capítulo 4: Implicaciones para las transiciones a nivel global y la seguridad energética**

Armstrong McKay, D. et al. (2022). Exceeding 1.5 °C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science* vol.377. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abn7950>

Barlow, J. et al. (2018). The future of hyperdiverse tropical ecosystems. *Nature* Vol.559, 517-526. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30046075/>

Global Forest Watch. (2023). Global Forest Watch Map: Tree Cover Loss 2001-2022. <https://www.globalforestwatch.org/map/?map=eyJjZW50ZXIiOmsibGF0IjotMjYyMzc1NzY3Njc4MjA1MTc1LClJsbmciOi01Mi41NDg0NTA2NTYzNDI4NDR9LClJ6b29tIj00LjM2Njc3MzA5MDk0NDExOCwiY2FuQm91bmQiOmZhbHNlfQ%3D%3D&menu=eyJkYXRhc2V0Q2F0ZWdvcnkiOiJmb3Jlc3RDaGFuZ2UiLCJtZW51U2VjdG>

Global Forest Watch. (2022). Tree Cover Loss. <https://data.globalforestwatch.org/documents/gfw::tree-cover-loss/about>

Global Water Intelligence. (2023). GWI DesalData. <https://www.desaldata.com/>

Government of Chile. (2022). Ley 21.455: Ley Marco de Cambio Climático [Law 21.455: Climate Change Framework Law]. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1177286&idParte=10341110&idVersion=2022-06-13>

Government of Colombia. (2020). <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4021.pdf>

IEA (International Energy Agency). (2023a). Hydrogen Projects Database. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-production-and-infrastructure-projects-database>

IEA. (2023b). Global Hydrogen Review 2023. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>

IEA. (2023c) Energy Technology Perspectives 2023. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023>

IEA. (2023d). Critical Minerals Market Review. <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-market-review-2023>

International Action for Primary Forest. (2017). Fact Sheet no. 4 Primary Forests and Carbon. <https://primaryforest.org/wp-content/uploads/2017/12/Fact-sheet-4-Primary-Forests-and-Carbon.pdf>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Sixth Assessment Report, Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Keith, H. et al. (2014). Managing temperate forests for carbon storage: Impacts of logging versus forest protection on carbon stocks. *Ecosphere* Vol. 5, p. 75. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/ES14-00051.1>

OECD and FAO (Organization for Economic Co-operation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2022). OECD-FAO Agricultural Outlook (Edition 2022). OECD Agriculture Statistics. [https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd\\_bv\\_id=agr-data-en&doi=13d66b76-en](https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=agr-data-en&doi=13d66b76-en)

Ritchie, H., and Roser, M. (2023). Water Use and Stress. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/water-use-stress>

SIRENE (Sistema de Registro Nacional de Emissões/National Emissions Registration System) (2023). Emissões de GEE por Setor [GHG Emissions by Sector]. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/emissoes/emissoes-de-gee-por-setor-1>

United Kingdom Government. (2021). Glasgow Leaders' Declaration on Forests and Land Use. The National Archives: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20230418175226/https://ukcop26.org/glasgow-leaders-declaration-on-forests-and-land-use/>

United Nations Comtrade Database (2023). United Nations Commodity Trade Statistics (database) accessed June 2023. <https://comtradeplus.un.org/>, (accessed September 2023).

WRI (World Resources Institute) (2023). Aqueduct Water Risk Atlas (database) accessed July 2023. [https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=w\\_awr\\_def\\_tot\\_cat&lat=30&lng=-80&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&threshold&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3](https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=w_awr_def_tot_cat&lat=30&lng=-80&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&threshold&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3)

## International Energy Agency (IEA)

Spanish translation of *Latin America Energy Outlook (Full report)*

El presente documento fue publicado originalmente en inglés. Aunque la AIE no ha escatimado esfuerzos para asegurar que su traducción al español constituya un reflejo fiel del texto original, se pueden encontrar ligeras diferencias.

This work reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of the IEA's individual member countries or of any particular funder or collaborator. The work does not constitute professional advice on any specific issue or situation. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the work's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the work.



Subject to the IEA's Notice for CC-licensed Content, this work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence.

Annex A is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Licence.

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

IEA Publications  
International Energy Agency  
Website: [www.iea.org](http://www.iea.org)  
Contact information: [www.iea.org/contact](http://www.iea.org/contact)

Typeset in France by IEA - March 2024  
Printed in France by IEA/OECD - April 2024  
Cover design: IEA  
Photo credits: © Gettyimages

## **Latin America Energy Outlook 2023**

### **World Energy Outlook Special Report**

América Latina y el Caribe es una región que destaca en el sector energético global. Cuenta con unos recursos naturales extraordinarios (tanto combustibles fósiles como energías renovables) y una proporción significativa de los minerales críticos del mundo. También posee un historial de formulación de políticas ambiciosas, encaminadas a fortalecer la seguridad energética y la sostenibilidad, y que ha construido una de las matrices energéticas más limpias del planeta. A medida que la región emerge de un período de lento crecimiento económico, los países de América Latina y el Caribe pueden aprovechar esos recursos para revitalizar sus economías y mejorar la seguridad y sostenibilidad de la energía en todo el mundo.

La publicación *Latin America Energy Outlook*, la primera evaluación exhaustiva e integral de América Latina y el Caribe realizada por la Agencia Internacional de Energía, se basa en décadas de colaboración con los socios. En apoyo de los objetivos energéticos de la región, el informe explora las oportunidades y los desafíos venideros. Proporciona información sobre el modo en que las perspectivas de la región y las principales tendencias energéticas mundiales se encuentran profundamente entrelazadas, además de recomendaciones sobre políticas que podrían permitir a América Latina y el Caribe aprovechar plenamente su gran potencial.

