


# Sistemas **energéticos** mundiales

A stylized illustration of a globe in shades of green and yellow. The globe is curved and features various energy-related symbols: wind turbines, solar panels, a house, a sun, clouds, and flowers. The background is a solid green color.

Amat David Zuluaga Guerra  
Eusebio José Orozco  
Juan José Chamat Torres  
Gilbert José Emmanuel Albino Serpa  
Luis Alejandro Pacheco Aguirre  
Hosney Fabian Reyes Rincón  
Álvaro José Ariza Solano  
Víctor Manuel Contreras  
Marialba Ramírez Tapia  
Luisa Yanin Sarmiento Redondo

# **Sistemas energéticos mundiales**

**El dilema de la energía fósil  
y las renovables**



# **Sistemas energéticos mundiales**

## **El dilema de la energía fósil y las renovables**

**Amat David Zuluaga Guerra**

**Eusebio José Orozco**

**Juan José Chamat Torres**

**Gilbert José Emmanuel Albino Serpa**

**Luis Alejandro Pacheco Aguirre**

**Hosney Fabian Reyes Rincón**

**Álvaro José Ariza Solano**

**Víctor Manuel Contreras**

**Marialba Ramírez Tapia**

**Luisa Yanin Sarmiento Redondo**

**AREANDINA**

Fundación Universitaria del Área Andina

Zuluaga Guerra, Amat David

Sistemas energéticos mundiales: el dilema de la energía y las renovables / Amat David Zuluaga Guerra, Eusebio José Orozco, Juan José Chamat Torres, Gilbert, José Emmanuel Albino Serpa, Luis Alejandro Pacheco Aguirre, Hosney Fabian Reyes Rincón, Álvaro José Ariza Solano, Víctor Manuel Contreras, Marialba Ramírez Tapia, Luisa, Yanin Sarmiento Redondo– Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina, 2022.

ISBN (impreso) 9789585139725

ISBN (digital) 9789585139626

Incluye índice. 1. Energía eléctrica. 2. Energía eólica - 3. Energía

Catalogación en la fuente Biblioteca Fundación Universitaria del Área Andina (Bogotá)

620-scdd22

## **Sistemas energéticos mundiales. El dilema de la energía fósil y las renovables**

© Fundación Universitaria del Área Andina. Bogotá, abril de 2023

© Amat David Zuluaga Guerra, Eusebio José Orozco, Juan José Chamat Torres, Gilbert José Emmanuel Albino Serpa, Luis Alejandro Pacheco Aguirre, Hosney Fabian Reyes Rincón, Álvaro José Ariza Solano, Víctor Manuel Contreras, Marialba Ramírez Tapia, Luisa Yanin Sarmiento Redondo

ISBN (impreso): 978-958-5139-72-5

ISBN (digital): 978-958-5139-62-6

### **Fundación Universitaria Área Andina**

Calle 71 No. 13-21, Bogotá, Colombia

Correo electrónico: publicaciones@areandina.edu.co

### **Proceso editorial**

**Dirección editorial:** Omar Eduardo Peña Reina

**Coordinación editorial:** Camilo Andrés Cuéllar Mejía

**Corrección de estilo, diseño de cubierta y armada electrónica:** Proceditor Ltda.

*Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra y su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin autorización escrita de la Fundación Universitaria del Área Andina y sus autores.*

## **BANDERA INSTITUCIONAL**

Pablo Oliveros Marmolejo †  
Gustavo Eastman Vélez  
**Miembros Fundadores**

Carlos Patricio Eastman  
**Presidente de la Asamblea General y Consejo Superior**

José Leonardo Valencia Molano  
**Rector Nacional y Representante Legal**

Martha Patricia Castellanos Saavedra  
**Vicerrectora Nacional Académica**

Karol Milena Pérez Calderón  
**Vicerrectora Nacional de Crecimiento y Desarrollo**

Erika Milena Ramírez Sánchez  
**Vicerrectora Nacional Administrativa y Financiera**

Mauricio Andrés Hernández Anzola  
**Vicerrector Nacional de Experiencia y Felicidad**

Felipe Baena Botero  
**Rector - Seccional Pereira**

Gelca Patricia Gutiérrez Barranco  
**Rectora - Sede Valledupar**

María Angélica Pacheco Chica  
**Secretaria General**

Omar Eduardo Peña Reina  
**Director Nacional de Investigaciones**

Carlos Edwin Camarillo Torres  
**Decana Facultad de Ingenierías y Ciencias Básicas**

Ober Adiel Romero Arias  
**Director programa de Ingeniería Geológica  
Sede Valledupar**

Camilo Andrés Cuéllar Mejía  
**Subdirector Nacional de Publicaciones**



# Tabla de contenido

<b>Introducción</b> .....	11
<b>Capítulo 1.</b>	
<b>Evolución energética global</b> .....	13
Conclusiones.....	20
<b>Capítulo 2.</b>	
<b>Producción de energía en el ámbito mundial</b> .....	21
Conclusiones.....	29
<b>Capítulo 3.</b>	
<b>Consumo de energía en el ámbito mundial</b> .....	33
Principales países consumidores de energía .....	36
Consumo de energía primaria en el ámbito global 2020 .....	37
Acciones de energía primaria mundial.....	38
Energías renovables.....	38
Energía a carbón .....	41
Generación a gas.....	42
Petróleo .....	43
Energía nuclear .....	44
Conclusiones.....	46
<b>Capítulo 4.</b>	
<b>Transición energética y función del gas</b> .....	49
Aspectos generales del gas natural .....	51
El gas como protagonista en la transición energética.....	53
De fuente de energía a materia prima .....	55
Demanda del gas natural.....	55
Producción de gas en América Latina.....	56
Conclusiones.....	56



<b>Capítulo 5.</b>	
<b>Producción, consumo y reservas de gas natural .....</b>	<b>59</b>
Reservas mundiales.....	61
Consumo de gas .....	63
Producción de gas.....	64
<b>Capítulo 6.</b>	
<b>Producción actual y proyección de reservas de carbón.....</b>	<b>65</b>
Producción actual de carbón .....	67
Proyecciones de las reservas de carbón.....	71
Transición energética.....	71
Conclusiones .....	72
<b>Capítulo 7.</b>	
<b>Economía actual y proyección del carbón.....</b>	<b>73</b>
Conflictos alrededor del carbón.....	77
Proyecciones del carbón.....	79
Emisiones de CO <sub>2</sub> pospandemia .....	80
<b>Referencias.....</b>	<b>83</b>

# Índice de figuras

Figura 1. Producción total de energía en Mtoe (megatoneladas equivalentes de petróleo) para el año 2010 .....	16
Figura 2. Consumo de energías renovables para el 2013.....	17
Figura 3. Producción de Electricidad: 2013- 2014 .....	18
Figura 4. Producción de carbón y lignito, 2020. La producción de carbón cayó en gran medida por los efectos de la pandemia generada por el Covid-19, aunque China e India presentaron aumento en su producción .....	19
Figura 5. Producción de energía total 2010-2020 .....	25
Figura 6. Comportamiento de la producción de energía total antes de la pandemia Covid-19 .....	25
Figura 7. Producción de carbón 2015-2020.....	26
Figura 8. Producción de petróleo 2015-2020.....	27
Figura 9. Producción de gas natural 2015-2020.....	28
Figura 10. Crecimiento de la energía eólica y solar en producción de electricidad .....	29
Figura 11. Participación de la energía eólica y solar en producción de electricidad en el 2020.....	30
Figura 12. La transición energética como un problema de dilema tecnológico, una aproximación bibliográfica .....	36
Figura 13. Principales países consumidores de energía .....	37
Figura 14. Consumo mundial de gas por regiones.....	63
Figura 15. Producción mundial de carbón .....	68
Figura 16. Producción de carbón EE. UU. ....	69
Figura 17. Producción de gas natural en EE. UU.....	70
Figura 18. Producción de carbón por países en millones de toneladas .....	70



## Introducción

Los sistemas energéticos mundiales actuales permiten el desarrollo de la vida humana como la conocemos, así como la industrialización, la agricultura, la tecnología y los procesos mineros para extraer la materia prima y toda aquella actividad que requiera de un proceso industrial o de fabricación en masa de productos necesarios por la población, entre otros.

Hoy en día debatimos si los sistemas energéticos son responsables con el medio ambiente y si los nuevos sistemas planteados mundialmente, como, por ejemplo, la energía solar y eólica, son la solución ambiental que necesitamos o si son igualmente dependientes de las energías tradicionales y de la extracción de minerales que funcionan como materia prima. En este sentido, debemos analizar la dependencia mundial a las energías tradicionales y cuánto representa cada uno en la matriz energética mundial, además de analizar qué opciones de reemplazo tendrían y qué tan posible es permitirnos dejar de lado algunos energéticos fósiles para reemplazarlos por nuevas energías.

Un análisis de la producción de fósiles, ya sea carbón, gas o petróleo, nos brinda una mayor idea de cuanto se necesitaría energéticamente para reemplazarlos. Adicionalmente, una evaluación de la producción y el consumo de energía total en el ámbito mundial nos ayuda a entender nuestro crecimiento demográfico y cuánta energía consumimos no solo hoy, sino la que consumiremos en el futuro, y cuánto más debemos producir en el tiempo. Al entender el funcionamiento de la matriz energética mundial podemos entonces proyectar y concluir sobre las problemáticas energéticas actuales, nuestra dependencia de los energéticos fósiles y por qué las energías alternativas no logran reemplazar los fósiles en el corto, mediano o largo plazo. Lo anterior nos deja dos incógnitas importantes: ¿el problema energético actual es un problema de solo voluntad política?, o ¿realmente es un problema tecnológico de la humanidad que no tiene un sistema energético que no dependa de materias primas no renovables?

Este trabajo se propone brindar información base que permita al lector entender el funcionamiento del sector energético y posteriormente tomar sus propias conclusiones en cuanto a que tanto estamos preparados para hacer una transición energética alejado de los fósiles y que tan dependiente de los fósiles son las energías alternativas.

# **Capítulo 1**

## **Evolución energética global**



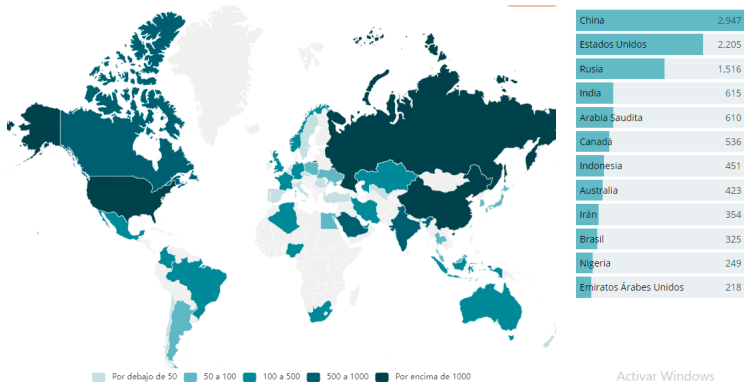
**A** lo largo de los años, la humanidad ha desarrollado exponencialmente el conocimiento en las ciencias en todas las áreas, con lo cual ha aumentado la producción de equipos, materiales, alimento, tecnologías, medicinas y un sinnúmero de productos necesarios e innecesarios para soportar nuestra forma de vida actual. El mundo se ha convertido en un dependiente de dos grandes factores: la energía y la materia prima, ambas recursos no renovables que se han convertido en la base de la economía mundial. Por esta razón, de manera globalizada, los gobiernos buscan seguir contemplando más opciones de producir energía, desde aquellos que han perdurado por años, hasta los nuevos modelos basados en fuentes naturales (p. ej., el sol, el viento, la biomasa y el agua) que a nivel del abastecimiento eléctrico han resultado exitosos. Las industrias productoras de energía han logrado avances importantes y una mayor expansión a medida que se avanza tecnológicamente (IEA, 2022).

La evolución energética no depende solo de hallar las materias primas, sino también de su transformación, de la eficiencia de los procesos de producción, los avances tecnológicos y la rápida adaptación para nuevos procesos que mantengan en aumento la eficiencia. En esta ocasión se observa la evolución energética global entre el 2010 y el 2021.

El funcionamiento de la energía renovable mantuvo un crecimiento constante a pesar de la tecnología disponible y los costos de las materias primas. La vigencia de este año mostró un gran potencial energético en energías renovables en las naciones en desarrollo, de manera que mejoró su nivel económico al dar versatilidad y efectividad a los procesos de producción. La más grande producción energética total le pertenece al conjunto de naciones asiáticas que de forma simultánea han crecido económicamente (véase la figura 1).



**Figura 1. Producción total de energía en Mtoe (megatoneladas equivalentes de petróleo) para el año 2010.**

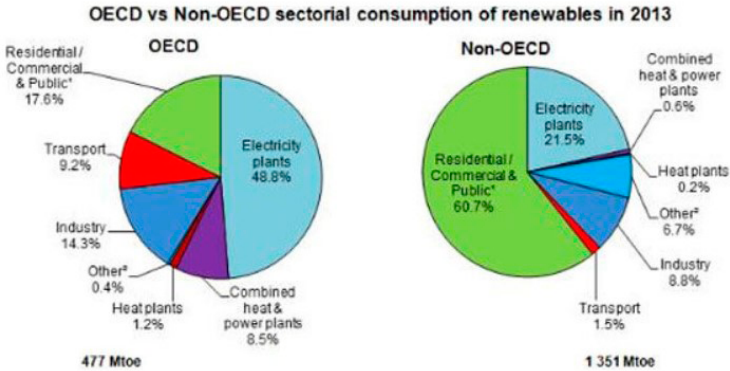


**Fuente:** Enerdata (2022).

El consumo mundial de energía primaria en el 2012 moderó su aumento, de modo que presentó una tasa de incremento del 1,8 % ante la media del 2,6 % de los últimos diez años (véase la figura 2). Las economías emergentes fueron los causantes del incremento de la demanda de la energía: China e India fueron las causantes de cerca del 90 % de aquel aumento y ocupan el 56 % del consumo mundial (BP, 2021; Navarro, 2013). Asimismo, todos los energéticos que integran la matriz mantienen sus proyecciones en aumento.

Para el 2013, la generación eléctrica desde renovables (incluye hidráulica, biomasa, solar, eólica, geotérmica) excedió al gas para transformarse en el segundo energético de generación eléctrica más usado internacionalmente, al producir el 22 % de la electricidad (5130 TWh). La energía a partir de petróleo fue liderada por países no miembros de la OCDE (véase la Figura 2). En el mismo año, la energía eléctrica (sin incluir la hidráulica) alcanzó los 1,256 TWh, lo que significó el 5,4 % de la producción eléctrica universal y sobrepasando la al *fuel-oil* por primera vez (REN21, 2013; Smartgridsinfo, 2015).

El mayor consumo de energías renovables en países que si están con la OCDE se da para plantas generadoras de electricidad, mientras que en los países que no están con la OCDE el consumo lo domina el sector residencial, comercial y el público.

**Figura 2. Consumo de energías renovables para el 2013.**

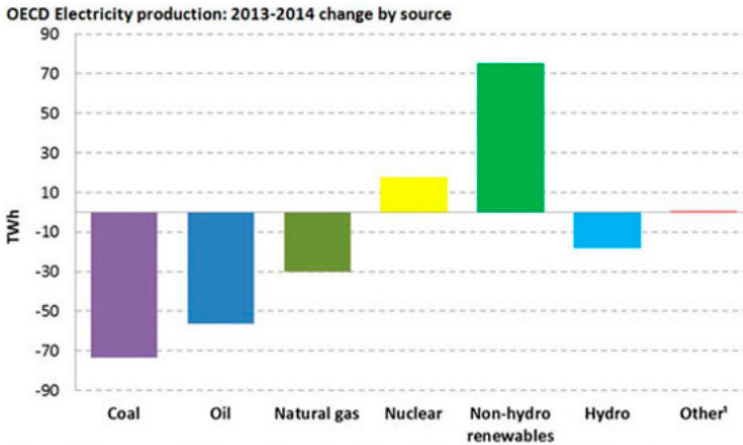
Fuente: Smartgridsinfo (2015).

Luego, con base al registro de la OCDE, en el 2014 la producción de electricidad para este año registró una caída leve del 0,8 %; esto se debió a una bajada en los combustibles fósiles y la energía hidráulica que fue parcialmente compensada por el aumento de energías renovables no procedentes de la hidráulica, con un aumento del 8,5 %, y la energía nuclear que incrementó un 0,9 %. De igual modo, las energías renovables no hidráulicas tuvieron un crecimiento importante que las llevó a transformarse en la segunda más grande fuente de energía eléctrica en las naciones de Europa de la OCDE con una tasa del 17,3 % (véase la figura 3).

El 2015 ha sido un año histórico con relación a la capacidad renovable instalada, primordialmente eólica y solar. La capacidad instalada a fines de año era suficiente para surtir un 23,7 % de la demanda eléctrica (16,6 % con energía hidroeléctrica, 3,7 % eólica y 1,2 % fotovoltaica). China (15 GW), Japón (11GW) y EE. UU (7 GW) fueron las naciones que instalaron más capacidad solar fotovoltaica en el 2015.

Según la Irena, la biomasa representa el primer renglón energético en la calefacción y para cocinar en las zonas rurales en las naciones en vía de desarrollo, con una representación en torno al 9,1 %. Adicionalmente, se apoya en un 10,2 % de energías renovables (Robles y Rodríguez, 2018).

**Figura 3. Producción de Electricidad: 2013- 2014.**



1. Includes non-renewable wastes, electricity from chemical heat and other sources (e.g. fuels cells).

**Fuente:** Smartgridsinfo (2015).

Para el 2017, la capacidad de generación de las energías renovables alcanzó los 2179 GW en todo el mundo. Asia siguió representando la mayoría del incremento en bioenergía, con incrementos de 2,1 GW en China, 510 MW en India y 430 MW en Tailandia. Del mismo modo aumentó la capacidad solar a 72 GW.

Solo China representó bastante más de la mitad de toda la nueva capacidad solar instalada en el 2017. Otros territorios que instalaron bastante más de 1 GW de energía solar en el 2017 fueron EE. UU., Turquía, Alemania, Australia, Corea del Sur y Brasil (Irena, 2018).

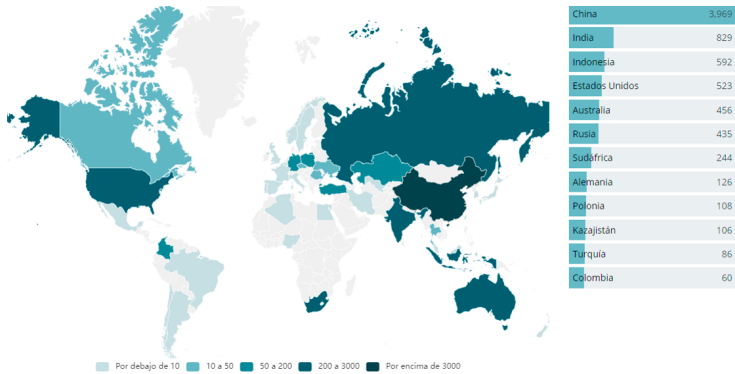
Al igual que en los últimos años, en el 2018 las energías renovables —encabezadas por la hidráulica— son la cuarta fuente en consumo de energía primaria en el planeta. El consumo total de energía en el planeta creció un 2,9 %.

El consumo de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) predomina en el consumo de fuentes de energías primarias, representa un 84,7 %, mientras las energías renovables representan un 10,8 % y la energía nuclear un 4,4 %.

En el 2020 La producción mundial de carbón cayó un 4,5 %, a pesar del incremento de la producción en China e India (véase la figura 4). La producción de carbón creció un 1,4 % en China, el más grande productor de carbón (49 % de la producción mundial) por cuarto año consecutivo.

Después de tres años de crecimiento, la producción mundial de carbón volvió a disminuir en el 2020, ya que la desaceleración del consumo de electricidad debida a la pandemia del Covid-19 redujo la demanda de carbón (Enerdata, 2020).

**Figura 4. Producción de carbón y lignito, 2020.**



**Fuente: Enerdata (2022). La producción de carbón cayó en gran medida por los efectos de la pandemia generada por el Covid-19, aunque China e India presentaron aumento en su producción.**

Para el 2020, debido a la pandemia generada por el Covid-19, el mercado del petróleo crudo cayó más de un tercio, sin embargo, el gas tuvo una menor afectación de solo cerca del 2,5 %. Adicionalmente, la electricidad también tuvo un impacto negativo debido a la reducción de su consumo del 0,6 %, aunado a una disminución en el año anterior por condiciones meteorológicas y una disminución en el crecimiento económico global. En el mismo año se logró un aumento importante (6 %) en la generación de energías a partir de fuentes renovables debido al gran impulso y a la inversión en fuentes solares, eólicas e hidroeléctricas. Esta última aporte cerca del 16 % de la energía mundial (Enerdata, 2020).

La generación de renovables siguió creciendo a un ritmo acelerado mientras que la generación de energía térmica —en especial, la derivada del carbón— y nuclear disminuyó (Enerdata, 2020).

## Conclusiones

La evolución energética global es un tema que ha tenido gran importancia en los avances de la calidad de vida de la humanidad, ya que representa un progreso en la lucha contra el deterioro ambiental y adelantos en el desarrollo sostenible.

En el 2020, la pandemia mundial y los confinamientos provocaron la peor crisis económica de los últimos años, lo cual se ha sentido en todos los niveles económicos en el ámbito mundial. Allí el mundo vio una oportunidad de aumentar su potencial en producción de energías renovables mediante la creación de nuevas capacidades en energía eólica y solar fotovoltaica. Muchos proyectos alrededor del planeta cobraron importancia nacional y se tornó muy relevante la inversión y el desarrollo de las energías renovables como otra alternativa energética. No obstante, en las previsiones efectuadas para el 2021 no se contempló de manera relevante el desabastecimiento energético debido al clima que esperaban países europeos para el invierno, lo cual aumentó la demanda de carbón con fines de producción de electricidad y demostró la poca confiabilidad energética de los sistemas renovables.

Para el 2022 el panorama es mucho más desalentador al iniciarse la guerra en Ucrania. Teniendo en cuenta que los países europeos son fósiles-dependientes rusos y que la Unión Europea inició sanciones económicas a Rusia por la invasión a Ucrania, muchos países entraron nuevamente a los mercados a buscar proveedores que puedan reemplazar el gas y el carbón proveniente de Rusia. Esto disparó los precios a niveles nunca vistos, afectó directamente sus economías y puso en riesgo su autosuficiencia energética. A su vez, las energías renovables no cumplieron el papel de soporte energético, sino que contrariamente demostraron no ser suficientes aún para reemplazar los fósiles, además de no ser energéticos de rápida respuesta.

## **Capítulo 2**

# **Producción de energía en el ámbito mundial**



La disponibilidad de diversas fuentes de energías renovables y no renovables es un punto a favor para el bienestar de las nuevas generaciones. La garantía de una transición energética real que no sea fósil o mineral dependiente es mucho más compleja. En la actualidad, todas las fuentes de energías —a diferencia de la biomasa tradicional— dependen de materia prima u otras fuentes de energías no renovables. Así, por ejemplo, los paneles solares dependen de minerales extraídos por procesos mineros y de la energía del carbón o gas que se usa en las termoeléctricas para poner en funcionamiento las fábricas de paneles.

El mercado energético es de los más importantes en cualquier actividad de la vida moderna, por lo que se vuelve estratégico para todas las naciones contar con autosuficiencia energética suficiente, oportuna y en línea con el medio ambiente (Turrini, 2009). Muchos países han planteado una transición energética enfocada en energías principalmente solar y eólica, sin embargo, esto es insuficiente. Estas energías representan solo el 10 % de la energía eléctrica mundial (Enerdata, 2020; Statista, 2020), lo que significa solo un 2,8 % de la energía eléctrica total, por tanto, el 0,38 % de la energía total mundial. Estos son datos muy poco alentadores para una transición real y que lleva a pensar una situación más allá de la disponibilidad y el acceso a energías renovables, de modo que se empieza a descartar que sea una cuestión de voluntad política, sino más bien una deficiencia tecnológica.

Las principales fuentes aportantes a la matriz energética global se enlistan a continuación.

- *Carbón*. Es la fuente más grande de energía para generar electricidad en todo el mundo. Ha aumentado su producción y consumo en Asia debido al incremento de la industria siderúrgica, la producción de paneles solares, turbinas eólicas y productos para todos los usos de exportación.

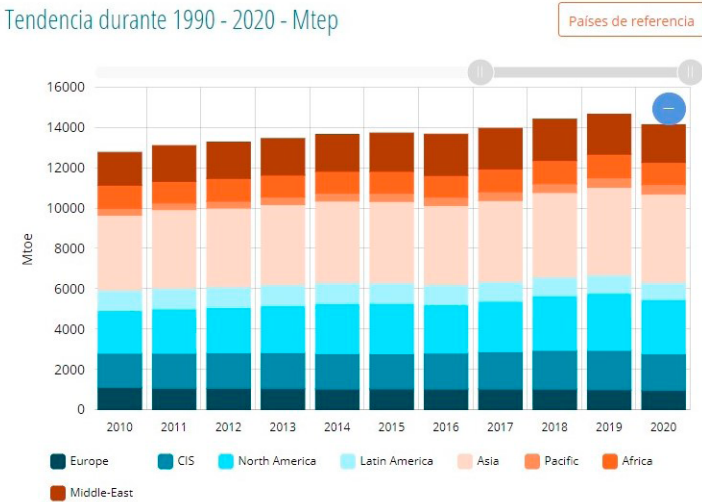


- *Petróleo*. Su poder industrial es de gran magnitud porque es la principal fuente de energía industrial. El diésel y la gasolina se utilizan como principal fuente de energía para vehículos de transporte.
- *Gas natural*. Es considerado energético de transición y se usa como generador de electricidad para la cocina de alimentos y mover motores; es menos contaminante que los dos anteriores una vez sufre combustión.
- *Hidráulica*. Es la energía de las corrientes de los ríos o del oleaje marino transformado en energía gracias a turbinas construidas de minerales y procesos industriales.
- *Energía eólica*. Es el viento transformado en energía a partir de aerogeneradores construidos de acero, concreto, otros minerales y derivados del petróleo. Pueden ser ubicados en una zona específica en el mar en tierra.
- *Energía solar fotovoltaica*. Hace referencia a la energía obtenida por la radiación solar, a través de paneles solares construidos a partir de minerales y energía fósil.
- *Biomasa*. Energía generada a partir de la biodegradación de los residuos orgánicos. Las actividades de podas, corte de capa vegetal con la limpieza de pastos, los residuos de actividades de la industria de alimentos y ganadera son fuentes de la biomasa.

En los últimos años, la producción mundial de energía total ha mantenido un crecimiento constante (véase la Figura 5). Para el 2017 se incrementó hasta llegar a cerca de los 14000 Mtoe; Norte América y Asia fueron los que marcaron la diferencia en el aumento de la producción de energía total, así como lo hicieron en el periodo 2018-2019 al aumentar la producción energética en una cifra cercana a las 15000 Mtoe.

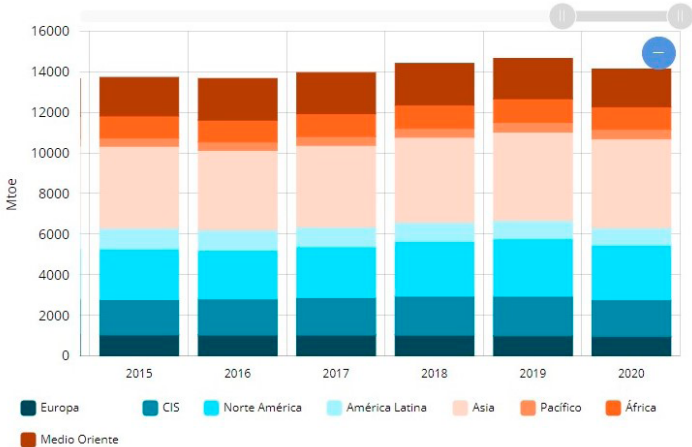
Para el 2020, con la aparición de la crisis sanitaria generada por el virus del SARS-CoV-2, hubo un decrecimiento en la producción de energía total en el ámbito mundial, debido en gran parte al cese de actividades de algunas plantas generadoras de energía que interrumpieron sus funciones por los aislamientos que implicaron las cuarentenas (véase la figura 6). A pesar de la crisis en China por la propagación del virus, Asia se mantuvo más o menos estable en su producción.

**Figura 5. Producción de energía total 2010-2020**



Fuente: Enerdata (2022).

**Figura 6. Comportamiento de la producción de energía total antes de la pandemia Covid-19.**

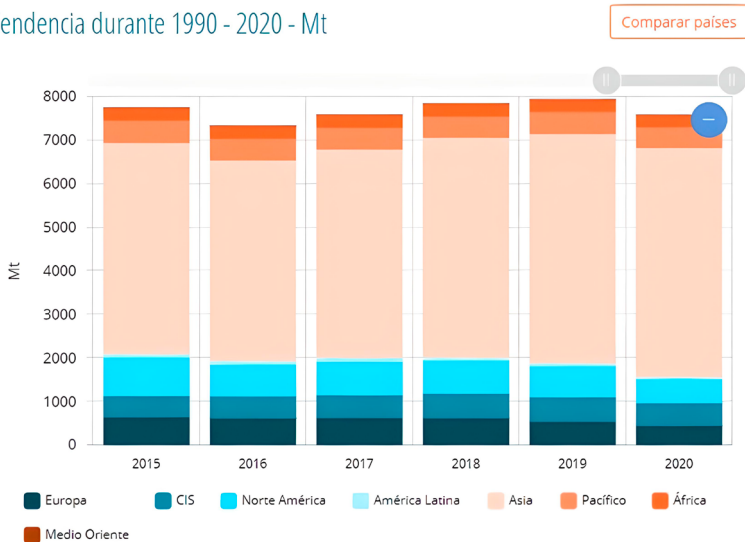


Fuente: Enerdata (2022).

Con respecto al carbón, podemos analizar que los años 2018 y 2019 alcanzaron, aproximadamente, un volumen en totalidad de la producción de carbón de 8000 Mt extraídas (véase la figura 7. Contrario a lo sucedido en el 2016, cuando se dio una reducción de la producción de carbón en el mundo: desde el 2014 comenzó un declive en su uso, principalmente a causa de la baja en la demanda en China y Estados Unidos. El consumo mundial de carbón, responsable de casi la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético, entró en una fase de estancamiento, según lo afirma la Agencia Internacional de la energía (AIE).

**Figura 7. Producción de carbón 2015-2020.**

Tendencia durante 1990 - 2020 - Mt



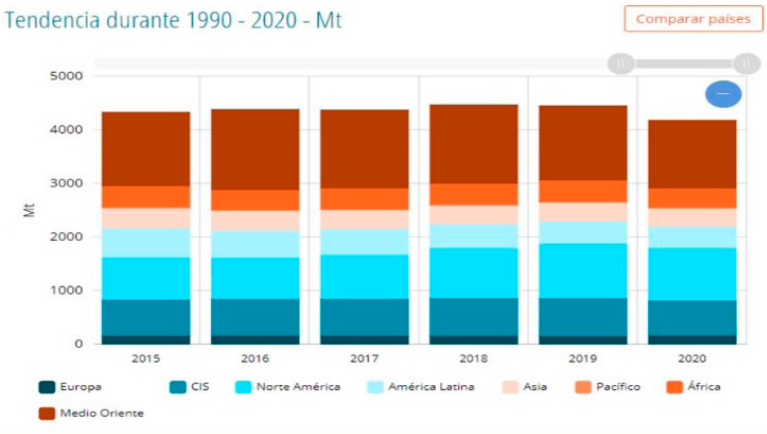
**Fuente: Enerdata (2022).**

Sin embargo, para finales del 2021, el crudo invierno que preveía Europa, sumado a la disminución de la capacidad energética de las fuentes renovables debida al mismo clima, llevó a Europa a buscar proveedores con miras a aumentar la producción de energía con base en carbón, lo que disparó los precios y puso nuevamente al carbón en el radar mundial. Finalmente, en el 2022, el inicio de la guerra ruso-ucraniana y las sanciones impuestas a Rusia por parte de la unión europea causaron

mayor preocupación por un posible desabastecimiento energético en Europa, lo que aumentó la necesidad de carbón, gas y petróleo para sostener sus actividades industriales, de transporte y domésticas, etc.

En el caso del petróleo, encontramos que Medio Oriente, junto con EE. UU., lograron la mayor producción de petróleo; sin embargo, la producción no aumenta significativamente hasta el 2020 cuando disminuye debido a efectos de la pandemia (véase la figura 8).

**Figura 8. Producción de petróleo 2015-2020.**

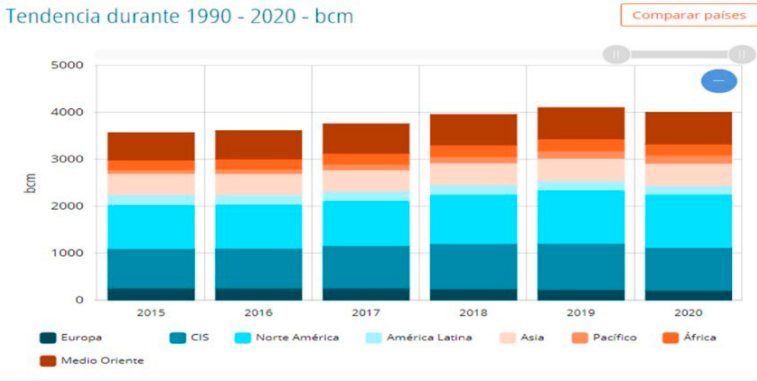


**Fuente: Enerdata (2022).**

Como se mencionó, los precios internacionales del petróleo sufrieron una caída de más de un tercio en el 2020 debido a la disminución de la demanda mundial, en gran parte a causa de la desaceleración económica que dejó la pandemia generada por el Covid-19 y las medidas tomadas por los gobiernos. A partir de esto, la OPEP+ redujo 9,7 MB/d de su producción total de crudo en los meses de mayo, junio y julio como medida dirigida a reducir la sobreoferta y tratar de normalizar los mercados (Enerdata, 2021). En el 2022, el petróleo también tomó protagonismo por la sobredemanda energética europea debido a la guerra ruso-ucraniana y hoy se impone con precios por encima de los 100 USD/barril.

A pesar de que el 2020 fue un año con altos y bajos, la producción de gas se mantuvo por encima de los años 2015, 2016 y 2017; el 2018 estuvo parejo en la producción que se dio en el 2020, solo superada por el 2019 (véase la figura 9), Este es indicador claro de que el consumo de energía proveniente del gas fue vital durante la pandemia.

**Figura 9. Producción de gas natural 2015-2020.**



**Fuente: Enerdata (2022).**

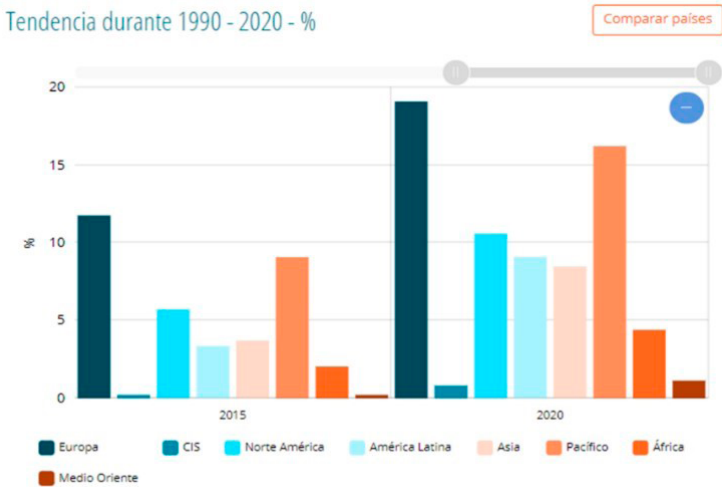
La revolución del gas *shale* en los Estados Unidos les ha permitido disminuir su consumo y producción de carbón para fines energéticos, así como una importante reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> sin afectar la demanda energética del país. Actualmente, el gas —al igual que los demás energéticos fósiles— están en sobredemanda y mantiene precios récords.

Las energías eólica y solar tienen un gran auge en Europa y han incrementado su producción de electricidad, por ejemplo, tuvieron un incremento que pasó del 11,7 % en el 2015 a un 19,1 % en el 2020 (véase la figura 10).

Sin embargo, al revisar cuánto es el aporte de estas a la matriz energética total encontramos que el porcentaje de electricidad producida a través de las fuentes eólicas y solares solo corresponden al 6 % y 3 %, respectivamente, de la energía renovable producida en el 2020 (véase la figura 11). Adicionalmente, las fuentes renovables actualmente

aportan, según Enerdata (2022), un 28 % de la energía eléctrica producida, por tanto, la cantidad de energía producida por fuentes eólicas y solares no sobrepasa el 1,3 % de la energía total mundial producida.

**Figura 10. Crecimiento de la energía eólica y solar en producción de electricidad.**



**Fuente:** Enerdata (2022).

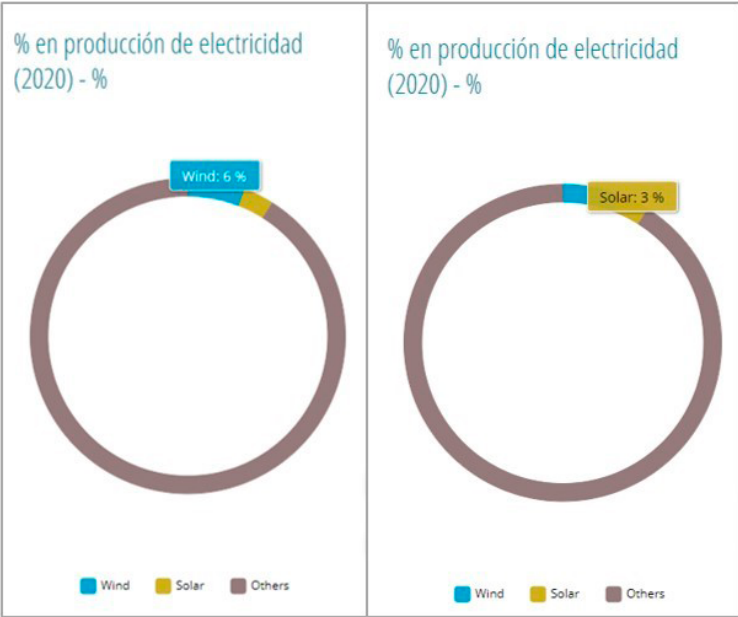
La producción de energía va ligada al aumento poblacional. Cada año, a medida que incrementa el número de personas en el mundo, incrementa la producción de energía, de manera que las grandes industrias se ven obligadas a solventar la demanda de los seres humanos. El crecimiento de la producción de energía con respecto a los años anteriores solo se vio afectada por la pandemia, cuando hubo un pequeño decrecimiento.

## Conclusiones

Las condiciones para la calidad de vida han evolucionado tecnológicamente y la población ha crecido, lo que ha grandes rasgos lleva a un aumento en el consumo de energía. Por tanto, podemos afirmar que, debido al constante crecimiento de la demanda energética, cada vez más se les apuesta a las fuentes de energía renovables. Sin embargo,

la guerra ruso-ucraniana ha dejado expuesto la incapacidad de estas nuevas fuentes de energías de reemplazar los fósiles; además, dependen directamente del minado, la refinación y el procesamiento de materia prima mineral y de la energía fósil.

**Figura 11. Participación de la energía eólica y solar en producción de electricidad en el 2020.**



Fuente: Enerdata (2022).

El agotamiento en los combustibles fósiles presenta un escenario en el que los distintos procesos de producción de energía son más costosos, la afectación al medio ambiente y el calentamiento global son temas de preocupación y un filtro para inversiones de nuevas empresas. No obstante, las limitaciones tecnológicas no nos han permitido encontrar un energético que no sea fósil y mineral dependiente que pueda satisfacer la demanda energética mundial y sea amigable con el medio ambiente.

La evolución en la producción de la energía eléctrica en el ámbito mundial es una tarea de todos los involucrados: consumidores, productores e inversores. Es un tema que abarca ámbitos culturales, económicos, ambientales y educativos, pues el uso eficiente de los recursos es el único mecanismo actual para mitigar el cambio climático, ya que por más que se avancen en los procesos de producción, si existe un alto grado de consumismo, cualquier acción tomada sería en vano, entendiendo que todas las fuentes de energías actuales son minerales y/o fósiles-dependientes.

Finalmente, las energías renovables tienen la ventaja de llegar a muchos territorios en los que el acceso es complicado. Las fuentes de energías eólica y solares, así como de biomasa, pueden ser la solución para muchas personas que no cuentan con el suministro básico o se encuentran en zonas no interconectadas.





# **Capítulo 3**

## **Consumo de energía en el ámbito mundial**



La especulación que plantea la salida de las fuentes energéticas no renovables del *mix* energético están dadas debido a las preocupaciones medioambientales impulsadas por corrientes políticas y ambientales agresivas que buscan reducir las emisiones de carbono. Sin embargo, los combustibles fósiles son considerados la fuente energética más importante en el ámbito global, ya que representan, aproximadamente, el 82 % del consumo de energía primaria en el mundo, del cual el petróleo representa el 30 %, el gas natural aporta un 24 %, el carbón representa el 27 % del consumo de la energía primaria mundial y la energía nuclear aporta un 5 % (Enerdata, 2022; Statista, 2022). Por otro lado, las energías renovables a lo largo de los años se han cotizado en bolsa superando índices bursátiles y al sector energético en general, lo que demuestra el gran interés mundial. Países como China y Estados Unidos han sido los principales impulsores debido a la demanda energética y el desarrollo sostenible, además de que también supone un campo en el que existen intereses económicos.

La energía influye en la inflación en los precios de las materias primas, en la anulación de algunos proyectos, en el precio del transporte (marítimo, aéreo, terrestre), que a su vez influye en los precios de cada producto, puesto que estos deben ser transportados hacia el consumidor final. Incluso, puede frenar proyectos de energías renovables tales como parques eólicos o solares debido al aumento de los precios de la materia prima y de la energía fósil, pues el precio de fabricación de los paneles y las turbinas está directamente relacionado con los precios de los combustibles fósiles y de las materias primas minerales, y a que la extracción de estos minerales es a su vez también dependiente de los combustibles fósiles, lo que crea una cadena energética difícil de independizar tecnológicamente.

A pesar de lo anterior, el planeta ha debatido la salida de los combustibles fósiles, de manera que existen partidarios que propugnan relegar totalmente las fuentes de energía no renovables, mientras otros con-

sideran que no es posible sostener el consumo energético del planeta a partir de fuentes renovables porque estas son también mineral y fósil-dependientes (véase la figura 12).

### **Figura 12. La transición energética como un problema de dilema tecnológico, una aproximación bibliográfica.**

- ✓ **Youngquist, W.** (1999) mostró cómo “La agricultura mundial ahora depende en gran medida del petróleo y el gas natural para fertilizantes y pesticidas. Sin estos, la productividad agrícola disminuiría notablemente. Como base para la producción de estos materiales, el petróleo y el gas natural son insustituibles.”.
- ✓ **Frumkin, Howard et al.** (2009) mostraron la causalidad con el nivel de salud pública, crecimiento de expectativas y calidad de vida, de los hidrocarburos, y como el progreso ha dependido del uso intensivo de energía, en gran parte de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural en los últimos años.
- ✓ **Zabel** (2009) mostró cómo hipotéticamente, en un mundo basado únicamente en la biomasa, es factible sustentar una magnitud de mil millones de personas, lo que ha determinado una interrelación entre el crecimiento demográfico y los recursos energéticos.
- ✓ **National Bureau of Economic Research US** (2017) mostró que un aumento del 0,88% en el uso de energías renovables ha llevado a un aumento del 1% en el uso de gas natural y cómo la integración de energías renovables hasta ahora ha sido posible gracias a la presencia de tecnologías basadas en combustibles fósiles, actuando como capacidad de respaldo.
- ✓ **U.S. Bureau of Labor Statistics** (2020). “El petróleo crudo es un insumo fundamental, tanto directa como indirectamente, para la producción agrícola, lo que significa que los precios del petróleo crudo son otro factor importante que vincula los precios del maíz, la soja y el trigo. Con el tiempo, los productores han utilizado cantidades cada vez mayores de energía para producir estos alimentos básicos agrícolas. La producción agrícola usa energía directamente (combustible para equipos de energía y productos de transporte) e indirectamente a través de “insumos intensivos en energía”, incluidos pesticidas y fertilizantes.
- ✓ **De Lima et al** (2021) mostró que: “es importante reconocer que las políticas públicas de estímulo incondicional y sin restricciones a la inversión en sistemas fotovoltaicos pueden no ayudar a reducir las emisiones netas globales cuando los sistemas fotovoltaicos se instalan en países con una matriz eléctrica baja en carbono. .”.
- ✓ **De Lima et al** (2021) concluyeron además que “es probable que en un futuro próximo, la compensación neta de carbono real lograda por los sistemas fotovoltaicos a nivel mundial se defina en gran medida por los procedimientos de fabricación y la intensidad de carbono de la producción en el país de origen del producto. paneles fotovoltaicos”. En general, instalar estos equipos sin tecnologías propias o empresas fabricantes locales es transferir emisiones, no reducirlas para países con redes eléctricas de bajas emisiones como Colombia o Brasil.
- ✓ **Mills** (2022) mostró cómo “los planes actuales para descarbonizar los sistemas energéticos globales, que se centran en una expansión masiva en el uso de tecnologías solares, eólicas y de baterías, deben tener en cuenta mejor los altos costos ambientales y económicos de los materiales y minerales”.

**Fuente: elaboración propia.**

## **Principales países consumidores de energía**

China es el mayor consumidor de energía primaria del mundo, utilizando unos 3652 millones de toneladas de petróleo equivalentes (Mtoe) en el 2020 (véase la figura 13). Esto es cercano a un 40 % más de lo que consumió Estados Unidos, que ocupa el segundo lugar. La mayoría de la energía primaria aún se derivan de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Sin embargo, en el 2020 las energías renovables fueron la única fuente de energía primaria que experimentó un aumento en el consumo.

**Figura 13. Principales países consumidores de energía**

Unidad: Mtoe

China	3,652
Estados Unidos	2,123
India	927
Rusia	811
Japón	400
Brasil	308
Corea del Sur	298
Canadá	289
Alemania	286
Irán	274
Francia	235
Indonesia	226

**Fuente:** Enerdata (2022).

La combinación de energía primaria de China ha pasado de un uso predominante del carbón a un aumento del gas natural y las fuentes renovables. Desde el 2009, la participación de las energías renovables en el consumo total de energía ha crecido al 15,3. En general, el consumo mundial de energía primaria ha aumentado durante la última década.

## Consumo de energía primaria en el ámbito global 2020

La energía primaria es la energía que es inherente a recursos naturales tales como el petróleo crudo, el carbón y el viento antes de cualquier transformación posterior. Por ejemplo, el petróleo crudo se puede refinar en un combustible secundario, como gasolina o diésel, mien-

tras que el viento se aprovecha para generar electricidad, una fuente secundaria de energía. El suministro total de energía primaria de un país es una medida de sus recursos de energía primaria. La energía de uso final, por otro lado, es la energía consumida directamente por los usuarios e incluye combustibles primarios (p. ej., el gas natural), así como fuentes secundarias como la electricidad y la gasolina (Sönnichsen, 2021).

Desde el 2009 no se veía un decrecimiento en el consumo de energía primaria como el ocurrido en el 2020, impulsado por las medidas de confinamiento mundiales (la disminución fue del 4,5 %). El decrecimiento se dio para los combustibles fósiles, principalmente el petróleo (9,7 %), mientras las energías renovables aumentaron de manera importante. Las regiones que más disminuyeron su consumo están relacionadas con los países con mayor consumo de energía como Norte América y Europa (con -8 % y -7,8 %, respectivamente). Sin embargo, China tuvo un crecimiento del 2,1 %, el único país que logró aumentar su consumo energético.

## **Acciones de energía primaria mundial**

Según Sönnichsen (2021), el petróleo mantiene la mayor parte de la matriz energética (31,2 %), lo preside el carbón con el 27,2 %. A pesar de esto, el gas natural aumentó su participación en la matriz (24,7 %) y las energías renovables subió (5,7 %), superando a la energía nuclear que se mantiene en un 4,3 %. La participación de energía hidroeléctrica aumentó en 0,4 puntos porcentuales el año pasado a 6,9 %, el primer aumento desde el 2014.

### **Energías renovables**

A pesar de las incertidumbres económicas que se avecinan, el interés de inversión por las energías renovables mantiene en aumento. Durante el 2020, la capacidad de generación de energía renovable fue de un 15 %, superior a la del año inmediatamente anterior. Asimismo, las empresas fabricantes de la infraestructura y los equipos renovables superaron sus índices bursátiles, e incluso el crecimiento de las empresas de energías tradicionales. Esto se debe a las expectativas de buen crecimiento financiero y comercial en el mediano plazo. Para octubre

del 2020, el valor de las acciones de las empresas solares de todo el mundo se había duplicado en comparación con diciembre del 2019 (IEA, 2020).

Gracias al impulso de China y Estados Unidos se podría aumentar en un 4 % la capacidad renovable neta instalada en todo el mundo en el 2020 hasta casi 200 GW. El aumento de las adiciones de energía hidroeléctrica y eólica está impulsando las adiciones de capacidad renovable a niveles récords, lo que representa un aumento de casi el 90 % en la capacidad total de electricidad en todo el mundo. Se proyecta que el aumento en la producción de parques solares fotovoltaicos se mantuviera constante a medida que la expansión más rápida de los proyectos a gran escala reduzca las tasas de adición de techos debido a la reorientación de la inversión solar individual y corporativa. Las incorporaciones de energía eólica y solar aumentarían un 30 % en la República Popular China y los Estados Unidos, ya que los desarrolladores se apresurarían a completar los proyectos antes de que entren en vigor los cambios de política (IEA, 2020).

El aumento en la capacidad renovable se proyectaba a expandirse cerca del 10 % en el 2021. Esto, gracias a la ejecución de proyectos que estaban retrasados por factores externos constructivos y de suministros que fueron destrabados por aumento de plazos para la ejecución por los gobiernos de países con mercados clave. Por otra parte, se esperaba el aumento de mercado en países con capital sólido que optimizaron los procesos y disminuyeron costos, además de que contaban con el apoyo de políticas claras que apuntaban a la transición energética.

Se esperaba que India fuera el principal colaborador al auge de las energías alternativas en el 2021, ya que venía duplicando la capacidad de generación en el año anterior.

En la Unión Europea, se preveía que las adiciones de capacidad aumentarían en el 2021. Esto se debería, principalmente, a la puesta en marcha de proyectos solares fotovoltaicos y eólicos a gran escala subastados anteriormente en Francia y Alemania. Un crecimiento sostenido por políticas que tienen como objetivo descarbonizar la matriz energética y aumentar la capacidad renovable al 2030 y financiado, además, por el Fondo de Recuperación de la UE que a su vez propor-



ciona subvenciones de bajo costo. En países árabes, incluido el Norte de África y América Latina, se esperaba un aumento en energías renovables debido a proyectos ya adjudicados (IEA, 2020), sin embargo, muchos de estos proyectos han sido aplazados por el alto costo del carbón, el gas y el petróleo, que ha impactado directamente en la fabricación de equipos y generado altos costos de transporte.

### ***Los proyectos solares fotovoltaicos del 2022***

La inflación de los precios de los *commodities* impulsada por el aumento de la demanda de la energía y, por consiguiente, de los precios de los energéticos fósiles y los estancamientos en la cadena de suministro, han generado el aplazamiento —y en algunos casos la cancelación— de muchos proyectos renovables, algo que incide directamente en los precios de la energía fotovoltaica. Se estimaban 90 gigavatios de nueva energía solar ingresada al sistema en todo el mundo, sin embargo, se cree que el 56 % de esos proyectos están en riesgo debido al aumento de los precios y la inviabilidad de ejecutarlos. Por ejemplo, los paneles solares han aumentado casi un 50 % su valor, lo que afecta de manera importante —en términos financieros— los nuevos proyectos (World Energy Trade, 2021).

#### *Cadena de suministro marítimo*

Además del aumento de los precios de la materia prima, el transporte marítimo también se ve afectado por el aumento del precio en los energéticos, de modo que traslada esos valores al consumidor final. Según World Energy Trade (2021), antes del 2021 el transporte de los equipos de energía fotovoltaica no afectaba los proyectos financieramente por su costo mínimo. Sin embargo, el estancamiento en el transporte de productos aumentó el valor cercano al 500 %, desde 0,005 dólares por Wp (Vatio pico) en septiembre del 2019 hasta 0,03 dólares por Wp en octubre del 2021. Este mismo autor añade que los paneles y sus costos de envío están entre un 25 % y un 33 % del capex total del proyecto, de modo que representan la mayor partida del costo de un proyecto.

Rystad Energy logró determinar el costo nivelado de la electricidad (LCOE) para diferentes tamaños de planta, al comparar los costos de los

páneles y del transporte del 2020 con los costos actuales. Como resultado el LCOE de los nuevos proyectos incrementó entre un 10 % y un 15 %, un aumento importante que podría ser determinante en la viabilidad de los proyectos previstos para el 2022 (World Energy Trade, 2021).

## **Energía a carbón**

Con la disminución del 3 % en la generación de energía a base de carbón en el 2019, en el 2020 la generación global a carbón volvió a caer un 4,6 %. Varios factores impulsaron la caída en la generación a carbón: los precios más bajos de la gasolina en el 2020 impulsaron un cambio significativo del combustible del carbón, particularmente en los Estados Unidos (donde la generación a carbón cayó un 20 %) y la Unión Europea (donde cayó un 17 %); también, gran parte de esta disminución se concentró en los primeros meses del 2020 debido a la pandemia generada por el Covid-19, sin embargo, a finales de año, la demanda había aumentado por encima de los niveles anteriores a la pandemia, impulsada por Asia, donde las economías se estaban recuperando rápidamente y diciembre fue particularmente frío (IEA , 2021). Otro factor que ha influido en la disminución del consumo ha sido el incentivo de países y las políticas ambientales para el uso de energías renovables.

### ***Repunte con fuerza en el 2021***

La generación a carbón muestra una fuerte recuperación en el 2021. En comparación con la primera mitad del 2020, el aumento de la generación a carbón durante los primeros seis meses del 2021 fue un 15 % mayor. China, India y Estados Unidos mostraron aumentos del 21 %, el 13 % y el 35 % en la generación de energía a base de carbón durante el primer trimestre del 2021.

Desde finales del 2020 hasta principios del 2021, la participación del carbón en la combinación de generación china se recuperó de los mínimos históricos de principios del 2020. El repunte se vio reforzado por la menor disponibilidad de energía hidroeléctrica en el periodo seco del invierno y el rápido crecimiento de la demanda. La participación de carbón de China se ha expandido desde noviembre del 2020, manteniéndose por encima del 64 % (IEA, 2021).

## ***Subida de precio***

A raíz de la escasez de esta materia prima, los precios del carbón han desarrollado un constante aumento pasando de 100 dólares por tonelada métrica en junio a más de 130 dólares a mediados de julio, por encima de los 300 dólares por tonelada a finales del 2021, para finalizar en 240 dólares por tonelada en la actualidad. La cantidad de electricidad generada en todo el mundo a partir del carbón está aumentando hacia un récord anual en el 2021. Esto ha socavado los esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y potencialmente ha puesto la demanda mundial de carbón en camino a un máximo histórico el próximo año, predecía la IEA (2021). El repunte es estimulado por la rápida recuperación económica de este año, que ha impulsado la demanda de electricidad mucho más rápido de lo que pueden mantener las nuevas energías. El aumento en los precios del gas ha incidido en la demanda de carbón al hacerla más competitiva en costos. La demanda global de carbón podría alcanzar nuevos picos en el 2022 y permanecer con precios altos durante los dos años siguientes (IEA, 2021). Sin embargo, para el 2022 con el estallido de la guerra Rusia-Ucrania se aumentó la demanda del carbón, ya que las energías renovables no pueden aumentar su capacidad productiva de manera rápida para reemplazar los fósiles que esperan dejar de recibir de Rusia debido a las sanciones, lo que trae consigo un repunte mundial de los precios.

## ***Generación a gas***

La generación de energía a partir de gas natural disminuyó un 2 % en el 2020. En los Estados Unidos, la participación de la generación a gas en la combinación de energía se redujo desde su pico del 44 % en julio del 2020 al 35 % a fines del 2020, producido por el cambio a carbón a medida que los precios del gas se recuperaron después de sus mínimos de Covid-19 de menos de USD 2/MBtu en julio del 2020. Una mayor generación basada en energías renovables también contribuyó a la disminución.

## ***Recuperación en el 2021***

Según la International Energy Agency (IEA, 2021), el consumo mundial de gas natural se recuperó un 4,6 % en el 2021, más del doble de la

caída observada en el 2020. El fuerte crecimiento de la demanda en el 2021 fue impulsado por la recuperación económica que siguió a los cierres del año anterior y por una sucesión de fenómenos meteorológicos extremos. La oferta no mantuvo el ritmo, lo que, combinado con interrupciones inesperadas, llevó a mercados ajustados y fuertes aumentos de precios, frenando el crecimiento de la demanda en la segunda mitad del 2021. Este fue especialmente el caso en Europa, donde la flexibilidad limitada del suministro de gasoductos rusos y los niveles de inventario de almacenamiento subterráneo por debajo del promedio provocó ansiedad adicional desde el comienzo de la temporada de calefacción (IEA, 2021).

### ***Subida de precio***

El 2021 se abrió con olas de frío que provocaron picos de precios en Asia en enero y en América del Norte en febrero. El año finalizó con precios de gas natural máximos históricos en los principales mercados importadores de Europa y Asia. Debido a un crecimiento de la demanda y un suministro inferior, los precios llegaron a alrededor de 160 euros por megavatio hora (IEA, 2021). Los precios del gas natural han seguido las variaciones de temperatura, ya que las necesidades de calefacción de los clientes residenciales y comerciales en los principales mercados del hemisferio norte impulsan la demanda de gas. En el presente año el precio del gas tuvo una nueva subida debido a la guerra Rusia-Ucrania y la baja disponibilidad del gas para temas energéticos en el sector doméstico, industrial y de transporte.

### **Petróleo**

La demanda de petróleo desafió las expectativas a finales del 2021 al aumentar en 1,1 mb/d a 99 mb/d. Se preveía una disminución de la demanda, provocada por más teletrabajo y menos viajes aéreos. Sin embargo, la historia fue muy diferente al existir una demanda global de 200k b/d para el 2021 y el 2022, lo que resultó en un crecimiento de 5,5 mb/d y 3,3 mb/d (IEA, 2022). Adicionalmente, la guerra llevó al petróleo nuevamente aumentar su demanda y aumentar su precio.

## **Precios del petróleo**

Los precios del crudo tuvieron problemas debido a las incertidumbres de la demanda en diciembre antes de un vigoroso repunte posterior a las vacaciones. En la actualidad, brent cotiza a unos 107,89 dólares/ bbl y el WTI a 103,77 dólares/ bbl. La sólida demanda, los cortes de suministro no programados y las fuertes caídas de existencias en diciembre llevaron los precios del petróleo de referencia a máximos de siete años (IEA, 2022).

Se pronostica que el suministro mundial de petróleo seguirá creciendo considerablemente este año, al igual que se mantendrán precios altos debido a la guerra. Estados Unidos, Canadá y Brasil se encuentran listos para bombear a sus niveles anuales más altos. Se pronostica que la producción de petróleo de EE. UU. aumente de 1 mb/d, en promedio, a 17,7 mb/d, ya que los operadores responden a los precios más altos poniendo a trabajar más plataformas.

Además, Ecuador, Libia y Nigeria ya están recuperándose. Finalmente, Arabia Saudita y Rusia podrían establecer récords si los recortes restantes de la OPEP+ se deshacen por completo. En este caso, el suministro global se dispararía en 6,2 mb/d, en promedio, en el 2022, en comparación con un aumento de 1,5 mb/d en el 2021 (IEA, 2022).

Los combustibles fósiles, incluyendo al petróleo, serán aún de suma importancia para la evolución y la recuperación económica mundial.

## **Energía nuclear**

Históricamente, la energía nuclear ha sido uno de los mayores contribuyentes mundiales de electricidad libre de carbono y, si bien enfrenta desafíos importantes en algunos países, tiene un potencial significativo para contribuir a la descarbonización del sector eléctrico.

La energía nuclear representa alrededor del 10 % de la generación de electricidad en el ámbito mundial, llegando a casi el 20 % en las economías avanzadas. Sin embargo, se enfrenta a un futuro contrastado a pesar de su capacidad de producir energía libre de emisiones.

Aunque algunos países retiran gradualmente las plantas nucleares debido a la oposición pública y a problemas de seguridad, otros están en proceso de construir nuevas instalaciones nucleares a principios del 2021. Sin embargo, la energía nuclear tiene problemas con algunas jurisdicciones para competir con alternativas más económicas y más rápidas de instalar, como, por ejemplo, el gas natural o las energías renovables modernas. La implementación de plantas modulares más pequeñas podría inclinar la balanza a favor de la energía nuclear.

La generación mundial de energía nuclear creció un 3,5 % en el 2021 en comparación con el 2020, recuperándose de una caída de casi el 4 % en el 2020. Impulsada por China, donde creció alrededor de un 11 % en el 2021, tras un crecimiento del 5 % en el 2020. En la Unión Europea, la energía nuclear pudo recuperarse de su caída de casi un 11 % en el 2020, causada por una menor demanda de electricidad como consecuencia de la crisis generada por el Covid-19 y la reducción de la disponibilidad del reactor, de manera que incrementó un 7,8 % para el 2021. La generación nuclear se mantiene por debajo del nivel del 2019 (IEA, 2022).

Se mantiene el peor panorama en Estados Unidos, donde disminuye por segunda vez consecutiva en el 2021 (un 1,5 % menos) posterior a su caída de 2,4 % en el 2020, y alcanza así el nivel más bajo desde el 2012 (IEA, 2022).

Por otra parte, la energía nuclear ha evitado alrededor de 55 Gt de emisiones de CO<sub>2</sub> en los últimos cincuenta años, casi lo equivalente a dos años de emisiones globales de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción de energía. Aunque hubo contribución de la energía nuclear y un crecimiento exponencial de las energías renovables, las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía alcanzaron un récord en el 2021, ya que el crecimiento de la demanda de electricidad superó los aumentos de la energía baja en carbono (IEA, 2021).

En el 2020 se conectaron a la red 6 GW de capacidad nuclear adicional y se cerraron permanentemente 5,4 GW, lo que elevó la capacidad global a 415 GW. Sin embargo, mientras que la energía nuclear es aún la segunda fuente de electricidad con bajas emisiones de carbono

más importante del mundo, la nueva construcción nuclear no va por buen camino con el Escenario de Emisiones Netas Cero para 2050 (IEA, 2022).

De acuerdo con las tendencias actuales y los objetivos políticos, la capacidad nuclear en el 2040 ascenderá a 582 GW, muy por debajo del nivel de 730 GW requerido en el escenario de emisiones netas cero para el 2050. Por tanto, se requiere una operación a largo plazo de la flota nuclear existente y casi el doble de la tasa anual de adiciones de capacidad (IEA, 2022).

## Conclusiones

El 2020 fue un año bastante caótico en el tema energético. La mayor parte de las fuentes energéticas presentaron grandes caídas producto de la duración y la rigurosidad de las medidas tomadas por los gobiernos para frenar el avance de la pandemia ocasionada por el virus del Covid-19. Los combustibles fósiles fueron los más afectados, liderados por el petróleo y el carbón. Por otra parte, las energías renovables (eólica y solar) presentaron crecimiento positivo en su producción, aproximadamente del 9,7 %, acompañadas de un crecimiento del 1 % en la energía hidráulica. La llegada de la pandemia favoreció a fuentes de energía bajas en carbono, lo que generó expectativas de continuidad en el aumento de su participación en el *mix* energético global, mientras que otras fuentes de energía como el carbón y el gas natural se veían cada vez más presionadas por la baja demanda y el aumento en la producción de energía renovables. Sin embargo, este panorama positivo para las energías renovables no se mantuvo durante los siguientes años, ya que para el 2022 una gran cantidad de los proyectos solares fue aplazada a causa de la inflación de los precios en las materias primas y los cuellos de botella en la cadena de suministro, además del disgusto social en rechazo a algunos de estos proyectos. Adicionalmente, durante el 2021 en Alemania la falta de viento de primavera provocó que el porcentaje de energía eólica cayera un 21 %. Esto llevó a que la proporción de energía eólica inyectada a la red eléctrica alemana pasara del 29,1 % al 22,1 %, generando poca confiabilidad en estos sistemas energéticos.

Durante la primera mitad del 2021 las fuentes energéticas no renovables mostraron una fuerte recuperación producto de la salida de las restricciones impuestas por la pandemia y la reactivación del sector industrial, lideradas por el carbón. En este periodo la generación de energía con base de este *commodity* se recuperó un 15 % en comparación con los valores mostrados en el 2020, una recuperación liderada por China, India y Estados Unidos, donde la producción presentó un incremento del 21 %, el 13 % y el 35 %, respectivamente.

Frente a una crisis energética sin precedentes y a fallos en la producción de energía con renovables, Europa tuvo que recurrir al carbón para llenar el vacío energético dejado. La constante demanda generada por economías importantes ha llevado al precio del carbón a máximos históricos. Por otra parte, el petróleo muestra una fuerte recuperación. La demanda global fue de 200k b/d para el 2021 y el 2022, lo que resultó en un crecimiento de 5,5 mb/d y 3,3 mb/d, respectivamente, debido a las restricciones más suaves de Covid-19.

La recuperación del carbón y el petróleo, el retorno de Europa al carbón y la posición de China frente a los costos elevados del carbón evidencia cómo, en contra de lo que popularmente se cree, muchas economías importantes del mundo mantienen mayoritariamente dependencia energética de las fuentes no renovables. Esta dependencia, además, mantiene una relación directamente proporcional con el desarrollo económico. La reducción de la producción de energía a base de fuentes tradicionales (no renovables) puso un freno en el desarrollo del sector industrial, lo que hace poco probable la salida de las fuentes de energía no renovables del *mix* energético global, no solo por la falta de capacidad de las fuentes renovables para suplir la demanda energética, sino porque siguen siendo energías que dependen de la energía fósil y de la minería como materia prima.





# **Capítulo 4**

## **Transición energética y función del gas**



**A**ctualmente, el mundo ha impulsado la necesidad de iniciar un proceso de transición energética con el fin de reducir las emisiones que generan gases de efecto invernadero y aumentan la temperatura del planeta. Esto ha planteado la utilización de fuentes de energías alternativas tales como la energía eólica, la biomasa, la energía solar, hidráulica o mareomotriz, entre otras, pero al mismo tiempo no se ha logrado encontrar fuentes de energía que no necesiten de los fósiles para su fabricación y no sean muy demandantes de materias primas minerales. Esto mantiene aún muy fuerte como fuente energética principal a las energías no renovables como el petróleo, el gas y el carbón, además del uranio que se emplea como insumo en la generación de energía nuclear. El consumo de distintas fuentes de energías primarias renovables y no renovables en un tiempo determinado son representados por medio de una matriz energética.

En el 2016, el consumo de energía en el mundo provenía de energía primaria con un total de 85,5 % de los combustibles fósiles y un 14,6 % procedente de energías renovables y nuclear. Para el 2021, la baraja se mantiene muy similar, a pesar de que se ha agregado más capacidad de generación de energías solar y eólica, además de que el repunte de las energías fósiles —nuevamente—logró nivelar la balanza.

## **Aspectos generales del gas natural**

Una de las fuentes de energía primaria más utilizadas es el gas natural, considerado también una herramienta en la transición energética para hacer del planeta un lugar más sostenible. El gas natural emite menos gases contaminantes cuando es quemado en comparación con otros combustibles fósiles como el petróleo o el carbón. Sin embargo, no deja de ser un combustible fósil, por tanto, su consumo y producción también causan impactos medioambientales (Ferreira *et al.*, 2017). No obstante, funciona muy bien para un proceso transicional energético, puesto que el gas tiene un poder calorífico alto que nos permite reemplazar más fácilmente el petróleo y el carbón, es económico, es un

energético de rápida respuesta y además es confiable en el sentido que no depende del clima para producir energía. Es decir, cuenta con las condiciones ideales para hacer una transición que nos permita encontrar energéticos más limpios sin tener que sufrir desabastecimientos de energía.

En la actualidad, el gas natural es una de las fuentes de energía con mayor uso y una herramienta fundamental para favorecer la transición energética. La Agencia Internacional de la Energía indica que el uso del gas natural representó casi un tercio del crecimiento total de la demanda de energía durante los últimos diez años, y se espera que siga creciendo con fuerza en los tiempos próximos. Según Catalán (2020), el desarrollo de los países es directamente proporcional a su consumo de energía, y un aumento en la producción de energía lleva a un aumento en el PIB, por lo que la importancia de transitar de fuentes fósiles de mayor contaminación a fuentes fósiles o de otro tipo con menor contaminación es necesario, pero sin perder la capacidad de generación de energía, pues perderla significaría también una desaceleración económica.

La utilización del gas natural brinda muchas ventajas. Una de ellas es la menor emisión de gases contaminantes al hacerle combustión, en comparación con otros combustibles fósiles. El gas natural tiene menor contenido en carbono, no emite partículas sólidas ni está conformado por azufre. Esto contribuye al mejoramiento de la calidad del aire en las ciudades al sustituir al diésel y la gasolina, y este sector ocupa, en promedio, el 35 % (Olade, 2022) del consumo de energía mundial. Aunque el gas natural es mucho más amigable con el medio ambiente, no quiere decir que no cause algún impacto en el medio ambiente. Mardones y Fuentes (2017) indican que algunas de las fases que pueden generar mayor impacto ambiental están relacionadas con el proceso de extracción y distribución, al generar fugas de metano. Según el estudio *Driving Down Methane Leaks from the Oil and Gas Industry*, de la IEA, cada año se emiten a la atmósfera 72 millones de toneladas de metano por escapes y sistemas de extracción y distribución de gas natural y petróleo en mal estado. No obstante, este problema se puede con el uso de las nuevas tecnologías, las cuales son cada vez es más eficientes y hacen posible la reducción de las fugas de gas. Es necesario tener en cuenta que si la extracción de este producto se lleva correcta y controladamente, es posible impedir que esto suceda, y

es en este sentido entra en juego la voluntad de impedirlo por temas medioambientales, económicos y de normatividad (Morales y Guachillo, 2019). Vega *et al.*, (2019) manifiestan que la primera medida que se debe implementar dirigida a acabar con estas fugas es detectar su ubicación, para lo cual se debe hacer realizar una monitorización con satélites desde el espacio y vigilancia con drones y helicópteros de los gasoductos. Teniendo en cuenta lo anterior, se debe precisar que una de las desventajas del gas natural es su densidad energética, la cual es mucho más baja que la de otros combustibles fósiles como, por ejemplo, el petróleo. Esto causa problemas a la hora de transportarlo, por lo que muchas empresas han decidido comprimirlo o licuarlo, lo que permite reducir hasta seiscientos veces su volumen. En la actualidad, este problema se resuelve por medio de los sistemas de almacenamiento y distribución, que en España forman redes de más de 80.000 kilómetros, una infraestructura que puede ser fácilmente comparable con la electrificación.

## **El gas como protagonista en la transición energética**

De acuerdo con Smil (2021) y la fundación Naturgy, en su informe “El gas natural en el nuevo mundo energético”, se determinó que con las reservas de gas natural que hay actualmente se puede garantizar entre 48 y 65 años de consumo. De igual manera, el avance de la tecnología permite el descubrimiento de nuevos yacimientos y explotar algunos con mayor complejidad. No obstante, esta actividad impacta considerablemente el medioambiente, toda vez que amenaza los ecosistemas al aumentar la contaminación. Sin embargo, no existe actividad humana que no cause impactos en nuestro entorno, por lo que mediante la ciencia se busca generar el menor impacto posible y mantener las condiciones de vida actuales.

No parece que el problema vaya a ser el agotamiento de las reservas de gas natural, aunque el objetivo actual es garantizar la transición energética y descarbonizar la energía. Es entonces que entra en juego otra de las ventajas del gas natural a causa de su versatilidad, ya que puede funcionar como energético de cualquier tipo, por ejemplo, en la generación de energías a partir de motores en el sector transporte, para mantener equipos, plantas, fábricas y maquinaria en el sector in-

dustrial, o electricidad en el sector doméstico. La generación de electricidad con gas natural es trascendental en el desarrollo de las renovables, ya que estas son las encargadas de los sistemas de “backup” de los parques solares y eólicos que en caso de variabilidad climática no favorable dan confianza al sistema eléctrico y lo complementan durante la transición. Así se busca la circularidad del sistema con miras a favorecer las consideraciones energéticas cada vez más como un conjunto. No tiene sentido hablar del sistema eléctrico, del gas y del petróleo. A lo que se debe propender es a la consecución de la suma más eficiente de todos ellos para sostener el sistema. En este sentido, Koop (2022) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) establecen que el gas, para el año 2030, podría superar a la energía hidroeléctrica y convertirse en fuente principal de generación de electricidad en los países latinoamericanos, pero es una encrucijada porque para cumplir con los compromisos ambientales las reservas no se pueden explotar. Si nos enfocamos en América Latina, la importancia del gas ha incrementado continuamente hasta representar el 31 % del suministro total de energía primaria de la región en el 2020, de acuerdo con el Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe (sieLAC). Dicha cifra en el 2000 correspondía al 24 % y ese crecimiento se ha hecho más evidente en países como Bolivia, Argentina, Colombia, México, Perú y, principalmente, Venezuela.

Europa, a inicios del 2022, declaró al gas y la energía nuclear como energías sostenibles con el fin no desacelerar la economía, mantener a flote la industria y sostener la demanda energética de la población. Para gobiernos de América Latina, el gas natural es considerado una apuesta a futuro. De hecho, la Organización Latinoamericana de Energía (Olade) y ministros de energía de la región definieron el gas como una opción confiable, asequible y viable para acelerar el proceso de descarbonización. Países como Argentina son de los más importantes productores de gas natural en el continente latinoamericano al contar con la segunda reserva de gas no convencional más grande del mundo en el área de Vaca Muerta. Este elemento representa el 55 % de la energía primaria del país y se espera que siga su crecimiento, con un proyecto de construcción de un gasoducto para conectar la Vaca Muerta con los principales centros de consumo. En Centroamérica, en países como México, el 60 % de la generación eléctrica tiene dependencia del gas natural, cifra que crece de forma constante. Sin embar-

go, el país aún depende de importaciones de Estados Unidos, por lo que el Gobierno implementa estrategias para revertir esta situación con la generación de nuevos pozos e infraestructura.

Uno de los países más representativos en esta transición energética es Perú, pues cuenta con Camisea, una de las mayores reservas de gas natural de América del Sur, aunque su operación se ve afectada por dificultades geográficas y logísticas. El Gobierno de este país busca terminar el proyecto de construcción de un gasoducto que extienda el gas al sur del país, luego de que las obras fueran suspendidas en el 2017. Uno de los casos más prometedores es el de Brasil, donde el Gobierno estableció un nuevo marco legal para el gas natural, con el propósito de abrir el mercado a más empresas por fuera de Petrobras y aumentar las inversiones. El gas actualmente representa el 12 % de la generación de energía en ese país, donde su fuente principal de electricidad se debe a la producción por hidroeléctricas.

### **De fuente de energía a materia prima**

Uno de los combustibles fósiles con menor generación de gases de efecto invernadero es el gas natural. Esta fuente de energía está compuesta, fundamentalmente, por metano ( $\text{CH}_4$ ), y emite menos dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y contaminantes del aire que el carbón. Así, se ha convertido en una herramienta fundamental en la transición energética (Barragán *et al.*, 2018). Aparte de cumplir una función energética, el gas natural es la materia prima en la producción de diversos componentes como el hidrogeno; se tiene que el  $\text{CH}_4$  es el combustible típico en la producción de hidrógeno, que a su vez tiene un peso importantísimo en la creación de amoníaco, un compuesto fundamental en la fabricación de fertilizantes y, por tanto, para la industria de alimentos (Luyan, 2017).

### **Demanda del gas natural**

Conforme crece la transición a una matriz energética global baja en carbono, la demanda de gas natural crece continuamente. En este sentido, Latinoamérica no es la excepción, por lo que se estima que el



consumo de combustibles fósiles en este continente crezca a una tasa promedio anual de 0,6 % entre el 2021 y el 2025 con el impulso de los sectores termoeléctrico e industrial.

## Producción de gas en América Latina

García y Arguello (2021), basado en los informes de la Cepal, reporta información sobre la producción de energía primaria y secundaria en los países latinoamericanos. La producción de gas natural en la región la lideran países como Argentina, Venezuela y Brasil, aunque la producción de GLP es liderada por Brasil y Argentina. A pesar de los niveles de producción de los países latinoamericanos, estos son también importadores de GLP. AILGP (2020) indica que la importación se lleva a cabo en algunos países por empresas privadas y, en otros, por empresas de economía mixta que tienen el monopolio “de hecho” del abastecimiento primario.

En América Latina, México es el mayor productor de gas natural, por encima de países como Argentina y Venezuela, mientras que Chile es el productor más pequeño del continente. De igual manera, Colombia ocupa el quinto lugar entre los países productores de gas natural. Brasil es el mayor productor de gas licuado, seguido de México y Argentina. De igual manera, se observa que Colombia ocupa el sexto lugar y Uruguay es el menor productor de GLP en el continente.

## Conclusiones

La necesidad e importancia de la transición energética basada en el gas natural es mucho más realista y alcanzable, teniendo en cuenta su disponibilidad, su capacidad de sostener la demanda de energías tanto para combustión como para energía eléctrica, moverse en toda la cadena de suministro y ser un energético de reacción inmediata. De igual manera, el gas es menos contaminante que los combustibles más tradicionales como el carbón y el petróleo.

En el caso de Colombia es necesario desarrollar normativas que permitan dar viabilidad a los proyectos de exploración y explotación de los yacimientos de gas, toda vez que esto representaría una oportunidad económica, ambiental y social para los colombianos, no solo en rela-

ción con la satisfacción de las necesidades energéticas, sino también con la generación de empleo, la disminución del impacto ambiental y el desarrollo socioeconómico de los territorios donde se ejecuten estos proyectos.



# **Capítulo 5**

## **Producción, consumo y reservas de gas natural**



**E**l gas natural es importante para muchos países e industrias. EE. UU. logró ser exportador y reducir la importación de gas gracias a la revolución del gas *shale*. En Europa el gas es un energético hoy día irremplazable y juega un papel fundamental, incluso para las energías renovables, puesto que funciona como *back up* ante cambios climáticos que reduzcan su producción. Existe una tendencia mundial a la exploración de gas por su disminuido impacto ambiental comparado con el petróleo o el carbón; la Unión Europea lo ha catalogado como energía sostenible.

Las reservas probadas de gas natural en el mundo y las que se han identificado prospectivas muestran un panorama alentador en cuanto a la sostenibilidad energética en el mediano y largo plazo del gas. Medio Oriente es la región con mayores reservas de gas natural del mundo, pues cuenta con un 43 % de estas. Países como Irán, con un 18 %, y Qatar, con un 13 %, son las grandes potencias de gas en esta región. Adicionalmente, Rusia, Arabia Saudita y Estados Unidos completan la baraja de los países con mayores reservas. En el ámbito mundial, a 2017 se estimaban 188,1 trillones de metros cúbicos de gas considerados reservas probadas (BP, 2021). La abundancia de las reservas indica capacidad de oferta que podría mantenerse por muchos años. Los avances tecnológicos han permitido enfrentar los costos de producción, principalmente al lograr licuar el gas ha facilitado el transporte.

## Reservas mundiales

Para abordar el tema de las reservas mundiales debemos tener en cuenta los siguientes aspectos. Desde un análisis económico estricto se esperaría que los bienes o servicios que impliquen escasez futura, como se supone son los recursos naturales no renovables, tengan precios continuamente en ascenso. Este no es el caso real, dado que los yacimientos de hidrocarburos están sujetos inexorablemente a las características que planteo Hotelling (1931):

- tienen un tamaño fijo que no se puede aumentar con el tiempo, y
- los activos *in-situ* son improductivos.

Al ser claramente los recursos en el subsuelo improductivos, las evaluaciones de recursos se deben enfocar en aquellas cantidades que potencialmente pueden ser recuperadas y comercializadas mediante proyectos comerciales. Dado que los proyectos comerciales son los que determinan la oferta en superficie, es necesario para entender este capítulo considerar también las definiciones del SPE-PRMS 2018 que se enlistan a continuación.

- “Petróleo Total Inicialmente En Sitio (PIIP, por sus siglas en inglés) es la cantidad de petróleo que se estima existe originalmente en acumulaciones naturales, descubiertas y no descubiertas, antes de la producción”.
- “Reservas son aquellas cantidades de petróleo anticipadas a ser comercialmente recuperables, mediante la aplicación de proyectos de desarrollo, en acumulaciones conocidas, a partir de una fecha dada en adelante bajo condiciones definidas. Las reservas deben satisfacer cuatro criterios: descubiertas, recuperables, comerciales y remanentes (a partir de la fecha efectiva de evaluación) basadas en el(los) proyecto(s) de desarrollo aplicado(s)”.
- Las reservas son estrictamente volúmenes comerciales y son una fracción de los recursos originales descubiertos; SPE-PRMS 1.2.0.1 destaca:

El proceso de evaluación de recursos consiste en identificar un proyecto o proyectos de recuperación asociados con una o más acumulaciones de petróleo, estimando las cantidades de Petróleo Total Inicialmente En Sitio, estimando la porción de esas cantidades en sitio que pueden ser recuperadas por cada proyecto y clasificando el(los) proyecto(s) con base en el estado de madurez o con el chance de comercialidad.

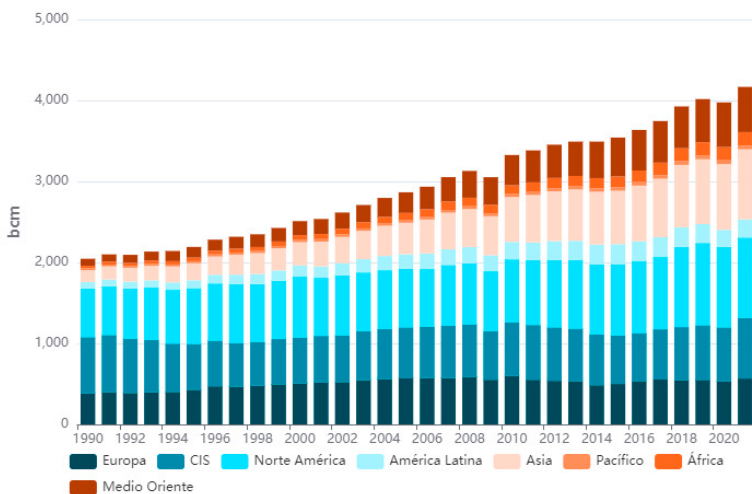
Las reservas mundiales de gas natural se han visto en constante aumento en los últimos veinte años (por descubrimientos geográficos y desarrollos tecnológicos), superando en un 62 % las reservas de petró-

leo, en la misma instancia de tiempo. Por otra parte, en 1984 las reservas mundiales de la cual se tenía certeza eran de 96,2 trillones de m<sup>3</sup>, al 1 de enero del 2000. Según *Oil & Gas Journal*, las reservas de gas en el mundo eran de 145.7 trillones de m<sup>3</sup>. En los últimos veinte años, las reservas estimadas han crecido exponencialmente en la antigua Unión Soviética y en los países subdesarrollados del Medio Oriente, América Central y América del Sur. Rusia encabeza la lista con 37,4 billones de m<sup>3</sup>, seguido por Irán con 32,1, Catar con 24,7, Turkmenistán con 13,6, y en quinto lugar Estados Unidos, con 12,6 (Statista, 2020).

## Consumo de gas

El petróleo (38 %), el carbón (28,4 %) y el gas natural (23,6 %) abastecían el 91 % del consumo energético mundial a mediados de 1990: las proyecciones estimaban que entre 1995 y el 2020 continuaría el mismo patrón (OCDE, 1995). Aunque las energías alternativas han ganado espacio en la matriz energética, la demanda de los fósiles seguirá en aumento, aunque el gas crecerá a un ritmo superior con relación al carbón y el petróleo, con tasas de 2,4 %, 2,1 % y 0,8 %, respectivamente.

**Figura 14. Consumo mundial de gas por regiones**



**Fuente: Enerdata (2022).**



La figura 14 nos muestra el crecimiento que ha tenido el gas en el tiempo, aumentando importantemente en Asia, Medio Oriente y Norteamérica, principalmente porque los países asiáticos se han industrializado exponencialmente y EE. UU. ha transformado su matriz energética, reduciendo el consumo de carbón y reemplazándolo con gas.

## **Producción de gas**

Para la Agencia Internacional de Energía (IEA), el gas natural ha representado casi un tercio del crecimiento total de la demanda de energía en estos últimos diez años, de manera que ha influido más que cualquier otro combustible —por encima del 23 %— en la demanda mundial de energía primaria.

Estados Unidos y Rusia son los más grandes productores de gas natural. La producción mundial ha aumentado de manera constante desde la crisis financiera de Estados Unidos en EL 2008, impulsada por el progreso del fracking en los EE. UU. (BP, 2020).

La producción de gas desde el 2008 hasta el 2020 ha sido incremental hasta el 2019, con una pequeña disminución en el 2020 en la producción debido a la pandemia generada por el Covid-19 que afectó la producción y, posteriormente, el consumo. A finales del 2021 la producción de gas mejoró a causa de las reactivaciones de las industrias que utilizan el gas natural ya sea para uso industrial, uso energético o para el uso cotidiano de las personas.

El mercado actual nos ha mostrado la importancia del gas en las economías mundiales, en la soberanía y la autosuficiencia energética de muchos países y que es el mejor energético en términos de capacidad de generación y menor impacto al medio ambiente.

# **Capítulo 6**

## **Producción actual y proyección de reservas de carbón**



**E**l carbón es uno de los combustibles fósiles más usados en el mundo para la generación de energía. Según los datos estadísticos de energía de la IEA para el 2020, el carbón representó el 35,2 % de la producción de energía mundial, por lo que se necesitan grandes cantidades de esta roca sedimentaria. El incremento poblacional es otro factor que impulsa el constante crecimiento de la producción y el consumo de carbón, así como de otros combustibles fósiles.

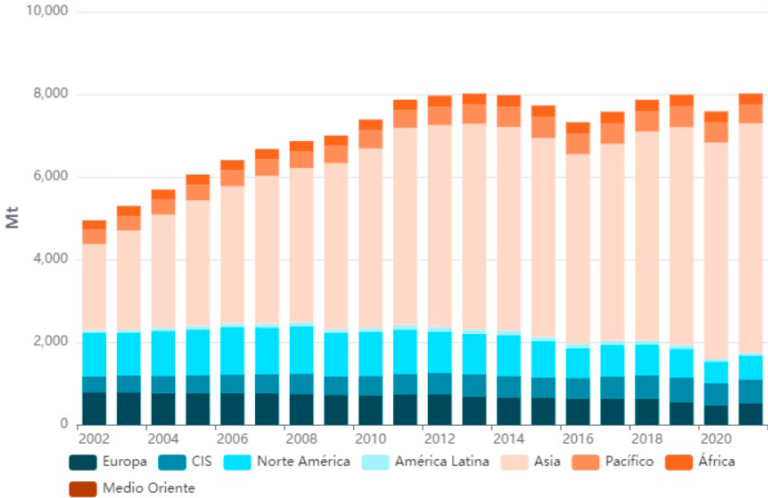
La generación del carbón mundial se ha recuperado con fuerza en el 2021, impulsada por el aumento de los precios del gas en los Estados Unidos y Europa, y el aumento de la actividad económica en China. En comparación con la primera mitad del 2020, el aumento de la generación de carbón en la primera mitad de 2021 se estima en casi un 15 % (IEA, 2021). Como señala la Agencia Internacional de Energía, China es de los pocos países que su producción y consumo de carbón nunca disminuyó, ya que su economía en cuanto a este combustible es muy sólida. En el mundo se lleva a cabo una transición energética, que no es más que la búsqueda o el intento de reemplazar los combustibles fósiles por energías a partir de fuentes renovables y que causen menor afectación al medio ambiente.

## Producción actual de carbón

El carbón es una de las materias primas más importantes en el mundo, ya que a partir de este se genera un porcentaje importante de energía en el ámbito mundial. En los últimos años, la producción de este mineral se ha visto disminuida por distintos factores, entre los cuales se encuentran la transición energética, las políticas de descarbonización y la disminución de gases de efecto invernadero generados por la combustión. Además, la pandemia generada por el Covid-19 influyó también en la disminución del consumo de carbón. Como podemos observar en la figura 15, la producción de carbón venía en aumento constante desde el 2016 hasta 2020. La producción de carbón tuvo una reducción importante a causa de la pandemia, pero, en países

como China e India la producción no se vio afectada, tanto que por el contrario cuando el mundo bajo su producción de carbón estos la siguieron aumentando. En el caso de China, para el 2019 produjo un aproximado de 3691 millones de toneladas de carbón, y para el 2020 un aproximado de 3743 millones de toneladas lo que la sitúa como el mayor productor de carbón en el mundo con, aproximadamente, el 49 % de la producción mundial.

**Figura 15. Producción mundial de carbón.**



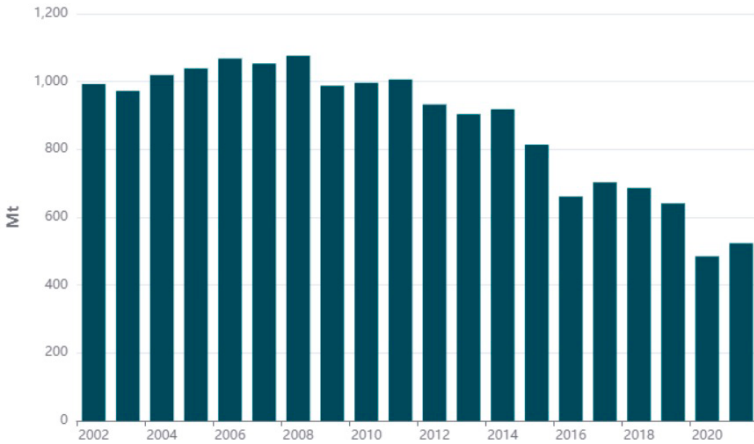
**Fuente:** Enerdata (2022).

Al momento de hablar de la producción de carbón en el mundo debemos detenernos a hablar de Estados Unidos, uno de los países con la transición energética más avanzada. Esto es evidente en su producción y consumo de carbón (figura 16), ya que llevan implementando nuevas leyes que regulan la cantidad de emisión de carbono que generan y, por consiguiente, las empresas deben buscar otro tipo de energía alternativa que pueda suplir la demanda energética que les brindaba el carbón en primer lugar.

Como se observa, desde el 2009 la producción de carbón en Estados Unidos solo ha disminuido, y esto se da gracias a varias causas. Una de las más importantes fue la implementación de la ley de aire limpio en

contenido de azufre, lo que llevó a disminuir su consumo de carbón, además de empezar una transición hacia el gas, lo cual desincentivó el consumo y al mismo tiempo la producción.

**Figura 16. Producción de carbón EE. UU.**

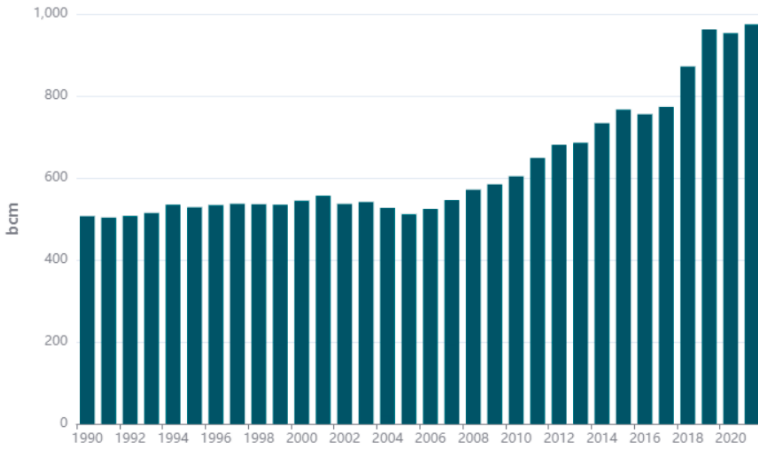


**Fuente: Enerdata (2022).**

La pandemia afectó a todos los países en cuanto a su producción y consumo de carbón, ya que muchas empresas a base de carbón dejaron de funcionar durante un tiempo extenso, lo que hizo que la demanda a nivel mundial disminuyera y todos los países productores se vieran obligados a disminuir su producción, como fue el caso de EE. UU. Las exportaciones de carbón de este país fueron un 26 % más bajas en el 2020 con relación al 2019 (Roca, 2021). La producción fue negativa en un alto porcentaje en el 2020, pero en el 2021 tuvo una tendencia mayor en comparación y aumentó un 9,5% de producción; se estima que este crecimiento de la producción continúe en el 2022 por la alta demanda de carbón en los países europeos y asiáticos.

Estados Unidos ha podido realizar esta transición energética gracias al aumento de la producción de gas natural y de electricidad a base de otras fuentes diferentes del carbón, ya que la demanda energética del país no disminuyó en el 2020, pero se apoyó en el gas natural a fin de abastecer la demanda (Figura 17).

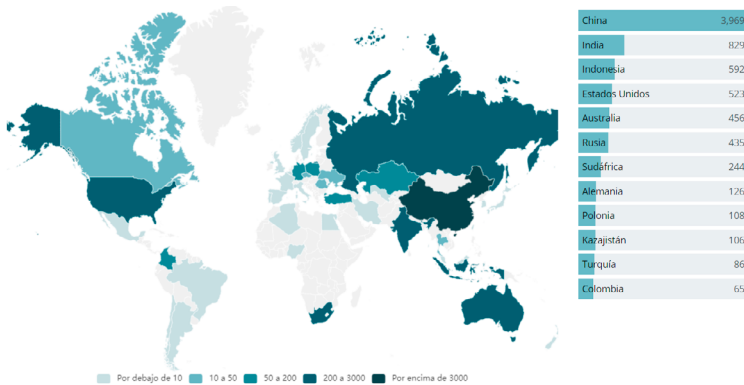
**Figura 17. Producción de gas natural en EE. UU.**



Fuente: Enerdata (2022).

La Figura 18 nos muestra la capacidad de los doce países más productores de carbón en mundo. Colombia ocupa el puesto 12, con una producción de 65 MT en el 2020 en comparación con el mayor productor del mundo que es China que produjo 3743 MT en 2020.

**Figura 18. Producción de carbón por países en millones de toneladas.**



Fuente: Enerdata (2022).

## Proyecciones de las reservas de carbón

La importancia del carbón data de la Revolución Industrial, en razón al alto poder energético de este combustible fósil que permitía impulsar las máquinas de vapor, importancia que se ha mantenido hasta la actualidad, ya que es todavía la fuente de energía más utilizada en el ámbito mundial con un 38 % de la cuota total en el 2019.

Para evaluar las proyecciones de las reservas de carbón se debe primero analizar los países con las mayores reservas actuales. Estados Unidos es el país número uno, con las mayores reservas de carbón en el mundo, con 249.000 millones de toneladas, lo que equivale al 23 % de las reservas mundiales; sin embargo, la producción disminuye por los distintos factores mencionados, y se espera que la producción continúe así por el cambio energético en este país. Le sigue Rusia con 162.000 millones de toneladas, Australia con 149.000 millones de toneladas, China con 142.000 millones de toneladas y, por último, India, con 106.000 millones de toneladas. China, a pesar de ser el cuarto país en cuanto a reservas de carbón, es el mayor productor y también el mayor consumidor con el 50 % de la producción y el consumo en el ámbito mundial, aunque todos los países han empezado a aumentar su producción (EIA, 2017).

Las reservas mundiales se ven afectadas por los factores modificadores que cambian de forma constante; uno de los más importantes es el precio del carbón y las políticas de transición energética.

## Transición energética

En noviembre del 2021, la Conferencia de Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas (COP26) culminó con un llamado a todos los países a “abandonar” el consumo de combustibles fósiles, principalmente el carbón, considerado el mayor productor de CO<sub>2</sub> en el planeta, a fin de reducir el calentamiento global en 1,5 grados centígrados. Sin embargo, contrariamente a lo planteado, las estadísticas muestran que el consumo del carbón tuvo un alza en el 2021 del 9 %, y que países como China e India, que tienen una demanda de las dos terceras partes de esta energía, mantienen su tendencia al alza. Frente a esta realidad, se encuentra el consumo del carbón en las centrales eléctricas, como combustible, en la producción y refinación del ace-



ro, papel, aluminio, en productos químicos y productos como aceite, plástico, nylon, colorantes, etc. Así, al proyectar en paralelo todas estas realidades, resulta difícil prever una disminución del uso del carbón en un corto plazo, más cuando la industria no puede detenerse a esperar la puesta en marcha de las energías renovables.

## Conclusiones

La producción de carbón presenta un repunte a causa de los precios actuales del carbón, lo que permite que las empresas vuelvan a sus producciones normales y ayuda a la reactivación económica después de la pandemia. Muchos países disminuyen su huella de carbono al reemplazar las fuentes de energía de combustibles fósiles con fuentes de energía renovables. Sin embargo, estas, además de no ser lo suficiente para suplir la demanda energética en el ámbito mundial, son también dependientes del carbón para su fabricación (los paneles solares en China se fabrican a partir de energía proveniente de plantas de generación térmica a base de carbón), por lo cual el carbón no dejará de ser consumido.

Los países con las mayores reservas mundiales también son, por ende, los mayores productores, pero están todavía lejos de alcanzar a China, el mayor productor de carbón del mundo, aunque tiene menos reservas de carbón. Estados Unidos ha disminuido su consumo a causa de la transición energética que realiza a gas natural, ya que la producción de gas no ha parado de aumentar en los últimos años, de manera que este el único país que podría hacerle frente a China en cuanto a consumo y producción, aunque cada año disminuye.

# **Capítulo 7**

## **Economía actual y proyección del carbón**



**A** lo largo de la historia de la humanidad la búsqueda de materias primas fue la tarea fundamental para el avance de todas las tecnologías y con miras a suplir las necesidades de los humanos:

De acuerdo con la Junta de Castilla y León (2016),

En 1670 se descubrió que al calentar carbón se obtenía un gas luminoso. Un siglo después William Murdock iluminaba su casa con gas obtenido de la destilación del carbón. Pero el carbón alcanzó importancia cuando Abraham Darby descubrió en los primeros años del siglo XVIII el proceso que permite obtener coque a partir del carbón.

Hace unos siglos se encontró la verdadera funcionalidad del carbón como elemento combustible de gran poder. James Watt lo empleó como combustible de la mayoría de las máquinas de vapor en la gran Revolución Industrial, pues se comparó el carbón con otros materiales y se supo que este permitía crear máquinas más eficientes, ya que generaba mucha más energía.

El carbón es la fuente de energía principal en todo el mundo. Ocupa el 35 % de toda la energía producida, por lo cual tiene una gran importancia en el ámbito de la minería. El precio de cualquier mineral está sujeto a la cantidad de oferta y demanda que tienen todos los países, pues a medida que la demanda aumenta y la cantidad de oferta que hay no supla las necesidades de todos los compradores, el precio del aumenta. A lo largo de la historia el carbón ha tenido muchas fluctuaciones en su economía por diferentes factores modificadores, de modo que el aumento de su demanda ha llegado a mínimos inferiores a los 30 USD la tonelada (Villanueva, 2018), hasta su máximo histórico alcanzado en el 2022 con 440 USD la tonelada del carbón.

Según la AEI (2021),

La demanda global de carbón, que se redujo por la crisis menos de lo que se había anticipado el pasado año, va a recuperar con creces en 2021 el terreno perdido, con un aumento del 6 %, y desde 2022 se situará en niveles récord que hacen casi imposible cumplir con los objetivos para limitar el cambio climático.

La Agencia Internacional de Energía había previsto a finales del 2021 todos los cambios drásticos que iba a tener la economía del carbón en el mundo, a causa del aumento de la demanda en la mayoría de las capitales mundiales por la reactivación luego de un largo periodo de crisis generado por la pandemia. En el informe plantean que los grandes países asiáticos, liderados principalmente por China e India, fueron de los pocos países que no disminuyeron la producción ni el consumo de carbón en todo el 2020, cuando se vio afectado directamente el carbón con sus precios mínimos por la poca demanda de este combustible fósil; en comparación, China aumentó la demanda de carbón en estos años y se pronostica que va a tener un aumento sostenido de más del 1 % anual.

Como se puede observar, el carbón tuvo fluctuaciones fuertes en el 2020 en el momento en que el Covid-19 golpea fuertemente a todos los países del mundo, ya que muchos de estos pararon por completo la producción de muchas plantas y de comercios que se impulsan principalmente de carbón, a fin de cumplir las normas de bioseguridad.

Las variaciones en los precios del carbón se explican de varias maneras. Como se mencionó, la disminución de la demanda en la pandemia hizo que cayeran los precios, pero el aumento del precio del carbón a mediados del 2021 se dio por los conflictos entre China y Australia, dos grandes exportadores y consumidores de carbón del mundo, ya que el Gobierno australiano propuso que se realizara una investigación a China por el origen del coronavirus; en respuesta, el Gobierno chino cortó todo tipo de relaciones con este país, incluyendo todo el carbón que consumían de Australia, lo que provocó el aumento de los precios y una nueva búsqueda de proveedores de carbón como Indonesia, India, Rusia y Colombia (Rincón, 2021).

Entre mayo del 2020 y septiembre del 2021 se alcanzaron los mínimos y máximos históricos del precio del carbón en poco más de un año, pero luego de los conflictos entre China y Australia se presenta probablemente el mayor causante del aumento de los precios del carbón: la reactivación económica luego de la crisis generada por el Covid-19, sumado a un invierno más fuerte en Europa y luego detonado por la guerra ruso-ucraniana.

Muchos países entraron en la competencia de comprar carbón para producción de energía a fin de alimentar su sector industrial y suplir demanda de electricidad debido a las fallas de las energías renovables por la variación climática. Este aumento en la demanda llevó el precio a su máximo histórico de más de 440 USD la tonelada de carbón.

Al alcanzar precios tan elevados toda la industria que depende energéticamente del carbón se vio afectada, ya que los precios de la materia prima aumentaron y, por ende, los precios de los productos, y en muchos casos el fracaso de muchas compañías. La AIE (2021) reveló todas sus proyecciones de los precios del carbón hasta el 2024, y se pronostica que los precios elevados del carbón se mantengan hasta ese año, y después de este el precio vuelva a la normalidad. Muchos países dependen directamente del carbón para reactivar su economía; países del sur de Asia, así como Colombia, el cual se piensa que va a aumentar su producción de carbón y sus exportaciones en el 2022.

El carbón, como todos los productos que se comercializan en el ámbito mundial, se ve afectados por conflictos entre países, o como el caso actual por una crisis mundial como la pandemia que afectó la economía global. Los factores modificadores que toman papel en las exportaciones de los minerales también se ven afectados por los conflictos, así como por las fluctuaciones de los precios, a fin de saber cuándo es mejor aumentar la producción o cuándo es mejor disminuir la producción.

## **Conflictos alrededor del carbón**

El gobierno australiano tiene conflictos con China desde el 2017 por políticas internas impuestas en el país sobre la emisión de gases que afectan la comercialización de Beijing con el carbón de Australia. En el

2020 Australia pidió una investigación a China sobre el origen del virus que afectó a todo el mundo, lo cual llevó a que China cortara todo tipo de negociaciones con este país, incluyendo las exportaciones de carbón a Beijing.

La gran mayoría de las exportaciones de Australia a China son materias primas como mineral de hierro, carbón, oro y lana, para alimentar el rápido crecimiento económico del país, mientras que importa grandes cantidades de bienes de consumo y componentes técnicos. (Westcott, 2020)

Gran parte de la economía australiana depende del comercio chino, por lo que intenta realizar negociaciones independientes con Beijing, pero el Gobierno chino no está de acuerdo, lo que ha llevado al escalamiento del conflicto entre estos dos países.

Mientras que China no consuma ningún tipo de mineral de Australia —como lo hacía anteriormente—, este se ve en la obligación de buscar otro tipo de vendedores que le brinden exactamente la misma calidad del carbón térmico australiano. China es el consumidor más grande de carbón del mundo, por lo que su demanda afecta directamente la economía y el precio del carbón en todos los países, lo que ha llevado el precio a los altos históricos actuales que tiene.

Por otra parte, el Conflicto actual que tiene conmocionado a todos los países no es más que un conflicto por energía. Rusia es el mayor exportador de gas natural en todo el mundo, el cual cumple un papel muy importante en la economía de dicho país. Los gasoductos con los que cuenta Rusia para transportar el gas a todos los países europeos fueron construidos en la época de la Unión Soviética, en la cual Ucrania y Rusia hacían parte de un mismo país, en Ucrania (Colás, 2014). En este país también existe una gran cantidad de reservas de gas, pero no cuentan con los recursos suficientes para explotarlo a gran escala como lo hace Rusia, por lo que buscaban negociaciones con empresas extranjeras para producir gas directamente en Ucrania. El gobierno ruso decidió tomar cartas en el asunto e invadió Ucrania en el 2014, en lo que se conoció como la Crisis de Crimea, para luego llegar a la

actualidad y ver las alianzas que buscaba Ucrania con la OTAN, la cual podía defenderlos de cualquier posible ataque futuro, por lo que Putin decide invadir de nuevo este país en el 2022.

Rusia es uno de los países con más reservas de carbón en el mundo, con aproximadamente el 16 % de reservas mundiales. Una de las sanciones que la UE le impuso por la invasión a Ucrania es la comercialización del carbón ruso con los países europeos, lo que afecta directamente la economía del carbón mundial, ya que muchos países tienen dependencia de Rusia en el nivel energético, así como en gas y en carbón, y al no tener posibilidad de comercializar estos productos con Rusia les toca buscar otros horizontes que les brinden las mismas características energéticas de este carbón. Esto lleva a un aumento de la demanda de los países europeos: "Solamente el año pasado, la UE pagó 99.000 millones de euros por energía a Moscú, 74.000 millones fueron para petróleo, 17.300 millones para gas y 5.400 millones para carbón" (Hurtado, 2022). La UE le impuso sanciones que los afectan directamente, pero deben frenar de algún modo los actos del gobierno ruso, y una de las formas es atacándolos económicamente.

## Proyecciones del carbón

El carbón, como otras fuentes de energía, juegan en la actualidad un papel muy importante en la economía mundial en razón a la evolución de los precios en los últimos años.

Bruselas es quien más empuja a una descarbonización de la economía, mientras que China y EE. UU. arrastran los pies. Pero, paradójicamente, y ante la escasez y carestía del gas, lo que se está produciendo es un aumento de la demanda de carbón en Europa para la generación de energía. (Sánchez, 2021)

Muchos países quieren llegar a una descarbonización o disminuir su huella de carbono mediante la adopción de energías limpias que son fabricadas en países asiáticos, los cuales, a su vez, aunque presentan la mayor contaminación el mundo, siguen aumentando el consumo del carbón, como China que ha aumentado constantemente el consumo de este combustible desde el inicio de la pandemia; es decir, Europa reduce sus emisiones a costa de trasladarlas hacia países asiáticos.



El precio del carbón —como el de todas las otras energías— lleva una tendencia ascendente en los movimientos de los últimos años, luego de la crisis energética provocada por la pandemia. El carbón es un recurso natural que cotiza en la bolsa de valores, por lo que sus movimientos son iguales a los de otras acciones en las que se puede invertir. Muchos autores concuerdan en que el precio del carbón se va a mantener elevado mientras todos los conflictos y las problemáticas que existen alrededor de todas las energías se solucione.

## **Emisiones de CO<sub>2</sub> pospandemia**

Las emisiones globales de CO<sub>2</sub> generadas con la producción de energía aumentaron un 6 % en el 2021 (AIE, 2022), en un nivel récord a pesar del año de pandemia. La recuperación económica posterior al Covid-19 dependió en gran medida del carbón, el cual propulsó la industria a fin de mantener la demanda energética mundial. Para impulsar ese crecimiento, la AIE señaló:

El carbón representó más del 40 % del crecimiento general de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en 2021, alcanzando un máximo histórico de 15.300 millones de toneladas. Las emisiones de CO<sub>2</sub> del gas natural se recuperaron muy por encima de sus niveles de 2019 a 7.500 millones de toneladas. Con 10.700 millones de toneladas, las emisiones de CO<sub>2</sub> del petróleo se mantuvieron significativamente por debajo de los niveles previos a la pandemia debido a la recuperación limitada de la actividad de transporte mundial en 2021, principalmente en el sector de la aviación. A pesar del repunte en el uso del carbón, las fuentes de energía renovable y la energía nuclear proporcionaron una mayor proporción de la generación de electricidad mundial que el carbón en 2021.

La producción de carbón del país no se desajusta con sus emisiones netas, del inventario nacional y departamental de Gases efecto invernadero (2016): “Las emisiones GEI de Colombia corresponden aproximadamente al 0,4 % del total de emisiones mundiales, dentro de la lista de emisores GEI per cápita mundiales, Colombia se ubica en la posición 105 de mayor a menor (Ministerio de Ambiente, 2016).

Finalmente, la necesidad de exportaciones de carbón de Colombia es innegable. Por una parte, es necesaria en el contexto actual para mitigar los problemas de Europa, por otra, es una de las mejores fuentes de divisas y regalías regionales, además de que no es incompatible con los compromisos de bajar emisiones, en un país donde la mayor fuente de emisiones es la deforestación. A esto hay que añadirle que no tenemos una década o dos para hacer transición, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena): “La transición energética es un camino hacia la transformación del sector energético global de *energía fósil a cero carbono para la segunda mitad de este siglo*. En el centro está la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía para limitar el cambio climático”.

Irena destaca que la transición energética es una acción urgente a escala mundial y las medidas de energía renovable y eficiencia energética no pueden completamente alcanzar potencialmente a reducir las emisiones de carbono requeridas.



# Referencias

- Asociación Internacional de Gas Licuado de Petróleo. (AIGLP). (2020). Benchmark del mercado de GLP envasado en América Latina. [https://aiglp.org/src/uploads/2020/11/aiglp\\_espanhol\\_site.pdf](https://aiglp.org/src/uploads/2020/11/aiglp_espanhol_site.pdf)
- British Petroleum (BP). (2021). *Statistical Review of World Energy*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
- British Petroleum (BP). Informe estadístico de la energía Mundial 2013. <http://large.stanford.edu/courses/2013/ph240/lim1/docs/bpreview.pdf>
- Camp, K. (2019). The Relationship Between Crude Oil Prices and Export Prices of Major Agricultural Commodities. *Beyond the Numbers: Global Economy*, 8(7). <https://www.bls.gov/opub/btn/volume-8/the-relationship-between-crude-oil-and-export-prices-of-major-agricultural-commodities.htm>
- Catalán, H. (2021). Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México. *Revista Problemas del Desarrollo*, 52(204), 59-83.
- Colás, X. (2014, marzo 18). Putin sentencia que Crimea es 'parte fundamental de Rusia'. *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/internacional/2014/03/18/53282b93268e3e122a8b4570.html>
- Efxto. (2012, abril 12). Canal alcista. <https://efxto.com/diccionario/canal-alcista>
- International Energy Agency (IEA). (2017). *International Energy Outlook 2017*. [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2017).pdf)
- International Energy Agency (IEA). (2020). *Renewable*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2020?mode=overview>
- International Energy Agency (IEA). (2022, enero). *Electricity Market Report-January 2022*. <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-january-2022>
- International Energy Agency (IEA). (2021). *Gas Market Report, Q4 2021*. <https://www.iea.org/reports/gas-market-report-q4-2021>
- International Energy Agency (IEA). (2022). *Nuclear*. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/nuclear>
- International Energy Agency (IEA). (2021, noviembre). *Natural Gas-Fired Power*. <https://www.iea.org/reports/natural-gas-fired-power>
- International Energy Agency (IEA). (2021, noviembre). *Nuclear Power*. <https://www.iea.org/reports/nuclear-power>

- International Energy Agency (IEA). (2022). Oil Market Report. <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-january-2022>
- International Energy Agency (IEA). (2022). Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021, IEA, Paris, <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>
- Enerdata (2020). Tendencias Energéticas Mundiales 2020. <https://es.enerdata.net/publicaciones/informes-energeticos/2020-estadisticas-energeticas.html>
- Enerdata. (2022) Total Energy World Production. <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-energy-production.html>
- Enerdata. (2021). Research on energy efficiency, CO2 emissions, energy consumption, forecast. <https://yearbook.enerdata.net/>
- Energía y Sociedad. (s. f.). Reservas, extracción y producción. (s. f.). <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/3-2-reservas-extraccion-y-produccion/>
- Ferreira, W., Campos, L., Moya, J. y Cabral, J. (2017). Impacto económico y ambiental del uso del gas natural en la generación de electricidad en El Amazonas: estudio de caso. *Dyna*, 82(190), 89-95.
- García, N. y Arguello, S. (2021). *Mercado del gas en América Latina*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Asesoría Técnica Parlamentaria.
- Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137-175. <http://www.jstor.org/stable/1822328>
- Frumkin, H., Hess, J. y Vindigni, S. (2009). Energy and Public Health: The Challenge of Peak Petroleum. *Public Health Reports*, 124(1), 5-19. doi: <https://doi.org/10.1177/003335490912400103>
- Hurtado, J. (2022, abril 8). La Unión Europea prohibió las importaciones de carbón procedentes de Rusia. *France 24*. <https://www.france24.com/es/programas/econom%C3%ADa/20220408-economia-carbon-rusia-union-europea>
- IRENA. (2018), Renewable Energy Statistics 2018, The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Junta de Castilla y León. (2016). Historia del carbón. <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/historia-carbon.html>
- Koop, F. (2022). El rol del gas natural en la transición energética de América Latina. <https://dialogochino.net/es/sin-categorizar/50409-rol-gas-natural-transicion-energetica-america-latina/>

- Lima, G. C., Toledo, A. L. L. y Bourikas, L. (2021). The Role of National Energy Policies and Life Cycle Emissions of PV Systems in Reducing Global Net Emissions of Greenhouse Gases. *Energies*, 14, 961. doi: <https://doi.org/10.3390/en14040961>
- Luyan, R. (2017). El futuro del gas natural al 2030 como fuente energética para el desarrollo sostenible de Lima Metropolitana. *Revista Industrial Data*, 20(2), 107-113.
- Mardones, C. y Fuentes, J. (2017). Regulaciones para reducir emisiones de mp 2.5 y externalidades sobre sus precursores cuando existe disponibilidad de un combustible limpio. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3).
- Mills, M. P. (2022, enero 27). The Hard Math of Minerals. *Issues in Science and Technology*.
- Ministerio de Ambiente. (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero-Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*.
- Morales, F. y Guachillo, L. (2019). *Desarrollo de un sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas (GLP) para uso doméstico*. Universidad Israel.
- Navarro, R. M. (2013). Consumo energético mundial en el año 2012. Energía y sostenibilidad [entrada de blog]. *Madrimasd.org*. <https://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2013/07/26/132137>
- Organización Latinoamericana de Energía (Olade). (2022). *Participación del consumo por energético y sectores*. Olade. <https://sielac.olade.org/Web-Forms/Reportes/InforamaParticipacionConsumoEnergeticoSectores.aspx?or=603&ss=2&v=3>
- REN21. (2013). Renewables Global Futures report. [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/06/REN21\\_GFR\\_2013.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/06/REN21_GFR_2013.pdf)
- Retema. (2022). Las emisiones globales de CO2 alcanzaron su nivel más alto en la historia en 2021-Aclima. <https://aclima.eus/las-emisiones-globales-de-co2-alcanzaron-su-nivel-mas-alto-en-la-historia-en-2021/>
- Revista Energía Positiva*. (2018). Transición energética y empleo. [https://issuu.com/noticiaspositivas/docs/energia\\_positiva\\_abril2018\\_\\_5\\_\\_fina](https://issuu.com/noticiaspositivas/docs/energia_positiva_abril2018__5__fina)
- Rincón, N. (2021). El precio del carbón supera niveles históricos. *Anal dex.com*. <https://www.anal dex.org/2021/09/21/el-precio-del-carbon-supera-niveles-historicos/>
- Robles, C. y Rodríguez, O. (2018). Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia. *Revista Espacios*, 39. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/18393410.html#iden2>

- Roca, J. A. (2021). La producción de carbón de EEUU en 2020 cayó a su nivel más bajo desde 1965. *El Periódico de la Energía*. <https://elperiodicodelaenergia.com/la-produccion-de-carbon-de-eeuu-en-2020-cayo-a-su-nivel-mas-bajo-desde-1965/>
- Sánchez, C. (2021, September 29). Tormenta perfecta: petróleo, luz, gas y carbón ponen en jaque la economía mundial. *El Confidencial*. [https://www.elconfidencial.com/economia/2021-09-29/tormenta-perfecta-petroleo-luz-gas-carbon-jaque-economia-mundial\\_3297787/](https://www.elconfidencial.com/economia/2021-09-29/tormenta-perfecta-petroleo-luz-gas-carbon-jaque-economia-mundial_3297787/)
- Smartgridsinfo. (2014). Generación de energía eléctrica en el mundo durante 2014. <https://www.smartgridsinfo.es/2015/09/07/generacion-de-energia-electrica-en-el-mundo-durante-2014>
- Smil, V. (2021). *El gas natural en el nuevo mundo energético*. Fundación Naturgy.
- Sönnichsen. (2021, julio 14). Global primary energy consumption by country 2020. Statista. <https://www.statista.com/statistics/263455/primary-energy-consumption-of-selected-countries/>
- SPE-PRMS (2018). *Petroleum Resources Management System*. Society of Petroleum Engineers.
- Statista. (2022, 11 de agosto). Gas natural: reservas mundiales 2000-2020. <https://es.statista.com/estadisticas/636164/reservas-de-gas-natural-a-nivel-global/>
- Turrini, E. (2006). *El camino del sol*. Editorial Cuba Solar. <https://vdocuments.pub/el-camino-del-sol.html?page=4>
- Vega, J., Lagos, M., Salgado, G. y Tapia, V. (2019). Monitor de alerta de fugas de gas. *Revista Pistas Educativas*, 112.
- Verdolini, E., Vona, F. y Popp, D. (2016). *Bridging the Gap: Do Fast Reacting Fossil Technologies Facilitate Renewable Energy Diffusion?* (Working paper 22454). doi: 10.3386/w22454
- Villanueva, T. (2018). Carbón León vr. 4.1: ¡energía nuclear. *Siemcalisa.com*. <https://www.siemcalisa.com/images/pdf/El%20Carbon.pdf>
- Westcott, B. (2020). Australia enfureció a China al pedir una investigación sobre el coronavirus; ahora Beijing pone en la mira a sus exportaciones. *CNNespañol*. <https://cnnespanol.cnn.com/2020/05/27/australia-enfurecio-a-china-al-pedir-una-investigacion-sobre-el-coronavirus-ahora-beijing-pone-en-la-mira-a-sus-exportaciones/>
- World Energy Trade. (2020). Los cinco principales países con las mayores reservas de carbón del mundo. <https://www.worldenergytrade.com/metales/mineria/los-cinco-principales-paises-con-las-mayores-reservas-de-carbon-del-mundo>

- World Energy Trade. (2021). La demanda de petróleo en China alcanzará su máximo antes de 2030, según CNPC. <https://www.worldenergytrade.com/oil-gas/general/la-demanda-de-petroleo-en-china-alcanzara-su-maximo-antes-de-2030-segun-cnpc>
- World Energy Trade. (2021). La mayoría de los proyectos solares de 2022 están en riesgo por el aumento de costos de materiales y transporte. <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-solar/la-mayoria-de-los-proyectos-solares-de-2022-estan-en-riesgo-por-el-aumento-de-costos-de-materiales-y-transporte>
- Youngquist, W. (1999): The Post-Petroleum Paradigm-and Population. *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*, 20(4).<http://www.dieoff.org/page171.htm>



Este libro tiene como propósito mostrar las condiciones energéticas actuales y las proyecciones a futuro. En la actualidad se habla mucho de transición energética, pero no se tiene claro cuánta energía es necesaria para reemplazar las energías fósiles, por lo que las decisiones políticas se basan en premisas idealizadas de la transición y no en la capacidad de generación de las nuevas energías. Es así como en este libro, se recorren los nuevos sistemas energéticos alternativos y se revisan diferentes sistemas energéticos fósiles como el carbón, el petróleo y el gas desde su consumo y producción.

La información recopilada nos permite entender que una transición energética requiere mucho más que buenas intenciones políticas, y que existe una probabilidad muy baja de eliminar el uso de combustibles fósiles en la primera mitad del siglo. Finalmente, el desarrollo de las energías renovables dependerá de las reservas minerales que tenga el planeta y de la cantidad de carbón o gas que se pueda necesitar para la fabricación de los equipos, pero estas fuentes son agotables. Esto nos permite pensar en las nuevas energías como una eslabón más en la cadena de los fósiles, puesto que el escenario de no más fósiles también afectaría la producción de energías renovables.

ISBN: 978-958-5139-72-5



9 789585 139725

**AREANDINA**  
Fundación Universitaria del Área Andina