



Apuntes

Apuntes sobre la transición energética de España

ANTXON OLABE EGAÑA

Apuntes 2023/03

Febrero de 2023

fedea

*Las opiniones recogidas en este documento son las de sus autores
y no coinciden necesariamente con las de Fedea.*

Apuntes sobre la transición energética de España

Antxon Olabe Egaña

(economista ambiental)

1. Introducción

La transición energética mundial en curso es una de las transformaciones que está reconfigurando no sólo la economía sino la geopolítica global. La Unión Europea se ha posicionado al frente de la misma por razones climáticas, de competitividad (cada año desembolsa una media cercana a los 300.000 millones de euros en importaciones de petróleo y gas), así como de seguridad tras comprobar que la dependencia energética (importaciones de petróleo y gas), se convierte en una vulnerabilidad que actores externos pueden manipular.

En consecuencia, la transición de la energía, proceso al que la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA) denomina *transformación* por su alcance sistémico, en el viejo continente no sólo está en marcha, sino que según defiende la Agencia Internacional de la Energía (AIE) en su World Energy Outlook 2022, va a acelerarse en los próximos años.

En el caso de España, La mayoría de la sociedad, incluyendo la del mundo empresarial, comparte la tesis de que estamos ante una extraordinaria oportunidad que España ha de aprovechar para modernizar su economía y desarrollar su industria, generando en el camino prosperidad y empleo de calidad.

En la presente nota se aportan los datos sobre cómo ha evolucionado en años recientes dicha transición, situándola en el marco de referencia europeo e internacional en el que cobra todo su sentido.

2. Contexto

La transformación energética-climática de España quedó diseñada en dos documentos complementarios de planificación estratégica – el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, y la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) 2050-, que el Gobierno entregó a las autoridades comunitarias en 2020 y, en el segundo caso, también a las Naciones Unidas en cumplimiento de las obligaciones asumidas en el Acuerdo de París. Los objetivos principales de ambos documentos quedarían posteriormente incorporados en la importante Ley de cambio climático y transición energética, Ley 7/2021 de 20 de mayo, que ha fijado normativamente las bases de dicho proceso.

Mientras que la ELP se dirige a lograr la neutralidad climática para 2050 mediante el desarrollo de un sistema energético prácticamente 100 por cien renovable en el conjunto de la economía, el PNIEC integra esa aspiración transformadora en una detallada planificación para la presente década. En otras palabras, mientras que la ELP fija la orientación estratégica e identifica las oportunidades que dicha transformación presenta para nuestro país, el plan despliega los objetivos y las políticas en el horizonte 2030 capaces de avanzar en esa dirección. De acuerdo

con la norma de Gobernanza comunitaria¹, ambos documentos se han de renovar periódicamente, cada cinco años el plan y cada diez la estrategia. La entrega del PNIEC actualizado a las instancias europeas está prevista para mediados de 2024.

La visión que guió la elaboración de ambos documentos se basaba en una triple comprensión. En primer lugar, la crisis del clima como elemento decisivo de nuestro tiempo. A medida que sus consecuencias se hacen más graves la presión para avanzar en la descarbonización de la economía se vuelve imparable, en especial en las sociedades democráticas y ello por el papel decisivo de la opinión pública y por la presión de la comunidad científica. En consecuencia, la mitigación de emisiones pasa a ser un factor determinante en la planificación energética. En segundo lugar, la Unión Europea ha hecho de la respuesta climática un eje central no sólo de su modelo de desarrollo económico, European Green Deal², sino de su proyección exterior. El objetivo de neutralidad del continente para 2050 se ha convertido en la estrella polar que guía la política comunitaria sobre energía y clima. Finalmente, España dispone de fortalezas muy importantes que le sitúan entre los países europeos que más se pueden beneficiar de la mencionada transición. Notables recursos de sol y viento, cincuenta millones de hectáreas de territorio, tejido empresarial, industrial, tecnológico y de conocimiento de primer nivel.

De esa visión se desprendía una conclusión clara: la transformación del sistema energético como eje central sobre el que pivotar un proyecto de modernización económica y tecnológica del país en el horizonte 2020-2050. Y es que, por primera vez desde la revolución industrial, era creíble de forma pragmática que España se pudiese situar en la frontera de una importante transformación económica y tecnológica global. La ambición de ambos documentos debía reflejar esa aspiración.

El cambio previsto del modelo energético nacional a lo largo de las tres décadas comprendidas entre 2021 y 2050 afecta a la totalidad de los sectores económicos, si bien con diferentes ritmos e intensidad. En la primera, 2021-2030, el elemento central es el sector eléctrico por ser el que dispone de tecnologías más maduras y competitivas para avanzar hacia su descarbonización. Además, una vez lograda esta, la creciente electrificación de los usos finales de la energía en la movilidad y en la edificación contribuirá de forma decisiva a la descarbonización de ambos sectores. En la segunda mitad de la presente década se espera, asimismo, que los avances en mitigación de emisiones en la movilidad comiencen a ser significativos como consecuencia de la implantación y el desarrollo de las zonas de bajas emisiones en las 149 ciudades de más de cincuenta mil habitantes, así como consecuencia del despegue del vehículo eléctrico una vez alcanzada la paridad de coste con los convencionales.

No obstante, el marco de referencia en el que había quedado diseñada la transición energética comunitaria y española se ha visto convulsionado por las consecuencias de la invasión rusa de Ucrania en febrero de 2022. De la noche a la mañana, el principal proveedor de petróleo y gas

¹ Reglamento (UE) 2018/ 1999 sobre la Gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

² El paquete “Fit for 55” con el que la Comisión Europea aspira a desarrollar el Acuerdo Verde Europeo supone la aprobación o actualización de hasta catorce normas distintas en los siguientes ámbitos: EU Emission Trading System for Power, Industry, Maritime and Aviation; Emissions Trading for Road Transport and Buildings; EU Forest Strategy; Land Use, Land Use Change and Forestry Regulation; Climate Social Fund; Effort Sharing Regulation; CO2 Emissions Standards for Cars and Vans; Carbon Border Adjustment Mechanism; Energy Taxation Directive; Energy Efficiency Directive; Renewable Energy Directive; Alternative Fuels Infrastructure Regulation; Fuel EU maritime Initiative; Refuel EU Aviation Initiative.

de Europa ha sacudido el tablero de la seguridad del viejo continente y la dependencia del país eslavo ha pasado a ser considerada una vulnerabilidad estratégica. En consecuencia, el sistema energético comunitario puesto en pie a lo largo de décadas ha sido reseteado. Asegurar el suministro ha pasado a ser el objetivo prioritario. El sistema debía reconfigurarse de manera urgente sin dejar de atender, al mismo tiempo, a las necesidades de las familias y las empresas, en especial las industriales. Además, Alemania, la principal economía europea, se encontraba en el centro de la crisis por su gran dependencia importadora del gas ruso. El shock de oferta de gas se ha acabado traduciendo, vía formación de precios marginalista en el sector eléctrico, en fuertes tensiones inflacionistas durante 2022, sin parangón en las cuatro últimas décadas. En definitiva, un contexto mucho más complejo, plagado de incertidumbres.

Ahora bien, uno de los errores que es necesario evitar al analizar dicha actualidad es otorgar la misma categoría explicativa a fenómenos de diferente alcance y envergadura. Es preciso discernir elementos coyunturales como las tensiones inflacionistas, de cambios estructurales (por ejemplo, los que están teniendo lugar en el sistema energético europeo), así como de aquellos procesos más profundos y duraderos como la crisis climática llamados a definir toda una época. En ese sentido, lo primero que conviene precisar frente a algunas consideraciones apresuradas es que el proceso de transición energética y acción climática de la Europa comunitaria, a pesar de las graves turbulencias, no sólo no se ha detenido sino que, según la Agencia Internacional de la Energía en su informe Energy Outlook 2022, va a conocer una fuerte aceleración en los próximos años.

Y es que, por primera vez en la historia contemporánea, confluyen tres elementos importantes en la misma dirección: la urgente necesidad de responder a la emergencia climática, el fuerte encarecimiento de los combustibles fósiles frente a unas tecnologías renovables crecientemente competitivas y, finalmente, razones de seguridad nacional y comunitaria al comprobarse que las exportaciones de petróleo y gas se utilizan como vectores de poder en manos de gobiernos sin escrúpulos. Y la solución a esa triple ecuación la ofrece un sistema energético crecientemente basado en el ahorro/ eficiencia y en las tecnologías renovables. El multimillonario paquete económico comprometido a corto plazo por las tres mayores economías mundiales – Europa, China y Estados Unidos- para fortalecer sus industrias energéticas verdes, del orden del billón de euros entre las tres, es una señal de la importancia otorgada a mantener una posición competitiva en una transición llamada a transformar en las próximas tres décadas el sistema energético mundial.

En esa dirección, estimaciones recientes de la Agencia Internacional de la Energía calculan que entre 2022 y 2027 la capacidad instalada de renovables en el mundo aumentará en torno a 400.000 MW/ año de media y supondrá alrededor del 90 por cien de la nueva capacidad en el sector de generación eléctrica. Y una de las fuerzas motrices tras esa aceleración es el plan europeo RePowerEU, aprobado por las instituciones comunitarias como respuesta a los retos energéticos derivados de la invasión de Ucrania. En la UE el objetivo de penetración de renovables sobre el consumo final de energía para 2030 se va a situar entre el 40 y el 45 por cien (el primero es el objetivo propuesto por la Comisión y por el Consejo Europeo, el segundo por el Parlamento). En consecuencia, lo más probable, vistos otros antecedentes, es que el acuerdo final se sitúe en el 42,5 por cien. Significará un aumento de diez puntos porcentuales respecto al objetivo que existía en el momento en que se redactó el PNIEC 2021-2030. Es tal la velocidad

alcanzada por el despliegue de las renovables en el sector de la generación eléctrica que la Agencia Internacional de la Energía prevé que, para 2025, habrán sobrepasado al carbón como principal fuente de generación eléctrica a nivel global. Y para 2027 la potencia instalada de solar fotovoltaica ocupará el primer lugar en el ranking mundial de las tecnologías de generación.

3. Emisiones globales y acción climática internacional

Según los datos aportados por la organización científica de referencia en este ámbito, Global Carbon Project (GCP), las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la combustión de energías fósiles y de la producción de cemento aumentaron un 1 por cien en 2022 respecto al año anterior, alcanzando un total de 36.600 millones de toneladas de CO₂.

No obstante, el total de emisiones de CO₂ en 2022 – sumando las de origen fósil más las procedentes de los cambios en los usos del suelo (por ejemplo, deforestación)- fue menor que en 2019. Lo que es más importante, dicho total ha permanecido relativamente estable desde 2015 (ver tabla 1). La razón de esa meseta en las emisiones de CO₂ es que el ligero aumento de las de origen fósil (ver tabla 2) ha quedado compensado con una modesta reducción de las procedentes de los usos del suelo.

Tabla 1. Emisiones globales de CO₂ (fósiles, cemento y usos del suelo). Millones de toneladas

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Emisiones	40.200	39.300	39.700	40.200	40.900	38.500	40.200	40.500

Fuente: Elaboración propia con datos de Global Carbon Project (Global Carbon Budget, 2022)

Tabla2. Emisiones de CO₂ de origen fósil, 2015-2022. Grandes emisores (MtCO₂)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
China	9.900	9.800	10.000	10.400	10.700	11.000	11.500	11.400
USA	5.400	5.300	5.200	5.400	5.300	4.700	5.000	5.100
India	2.300	2.400	2.400	2.600	2.600	2.400	2.700	2.900
UE-27	3.100	3.100	3.100	3.000	2.900	2.600	2.800	2.800
Resto mundo	15.000	15.000	15.300	15.400	15.500	14.500	15.100	15.400
Total	35.700	35.600	36.000	36.800	37.000	35.200	37.100	37.600

Fuente: Global Carbon Project (Global Carbon Budget, 2022)

Ahora bien, la estabilización de las emisiones del principal gas de efecto invernadero, CO₂, no es ni mucho menos suficiente. Se necesitan urgentes y masivas reducciones para alcanzar los objetivos acordados en París.

El 40 por cien de las emisiones de dióxido de carbono de origen fósil las genera la combustión de carbón, en especial en la generación de electricidad; el 32 por cien el petróleo, mientras que el gas es responsable del 21 por cien y la fabricación de cemento del 4 por cien. Por lo tanto, la medida más eficaz y eficiente para avanzar hacia los objetivos acordados en París es el *phase out* generalizado del carbón, en particular en la generación eléctrica.

Global Carbon Project calcula que al ritmo actual de emisiones hacia 2031 se habrá agotado el presupuesto de carbono disponible para evitar un incremento de la temperatura de 1.5º C con

una probabilidad del 66 por cien. Eso significa que se precisarán emisiones netas negativas durante un período prolongado de tiempo al objeto de preservar la viabilidad de limitar a 1.5º C el incremento de la temperatura a finales de este siglo XXI.

Es importante mantener el objetivo de 1,5º C a pesar de las obvias dificultades para lograrlo. Cada décima de grado que se consiga evitar importa y mucho. Significa reducir impactos muy negativos sobre centenares de millones de personas en forma de eventos climáticos extremos, así como a través de su acceso a recursos básicos alimentarios y de agua, imprescindibles para su supervivencia y bienestar. En ese sentido, Armstrong McKey y otros han publicado en *Science* en noviembre de 2022 el artículo titulado *Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points* en el que alertan sobre el peligro de activar diversos puntos de inflexión en el sistema climático en ámbitos críticos como Groenlandia, el Oeste de la Antártida, o los bosques boreales siberianos, incluso para incrementos medios de la temperatura media de la superficie de la Tierra de 1,5º C.

El objetivo ha de ser, por tanto, preservar el objetivo de 1.5º C a finales de este siglo, incluso aunque se produzca un exceso temporal (*overshooting*) del mismo durante la próxima década, algo que el IPCC considera ya inevitable. El elemento clave es alcanzar la neutralidad mundial en carbono a mediados de este siglo y la del resto de gases de efecto invernadero poco después.

Por lo que respecta a la respuesta de la comunidad internacional a la crisis del clima es frecuente escuchar o leer opiniones poco matizadas. Si bien es cierto que la misma no ha estado a la altura de las demandas de la ciencia del clima, no lo es que la misma no haya progresado estos últimos años. Veamos los datos.

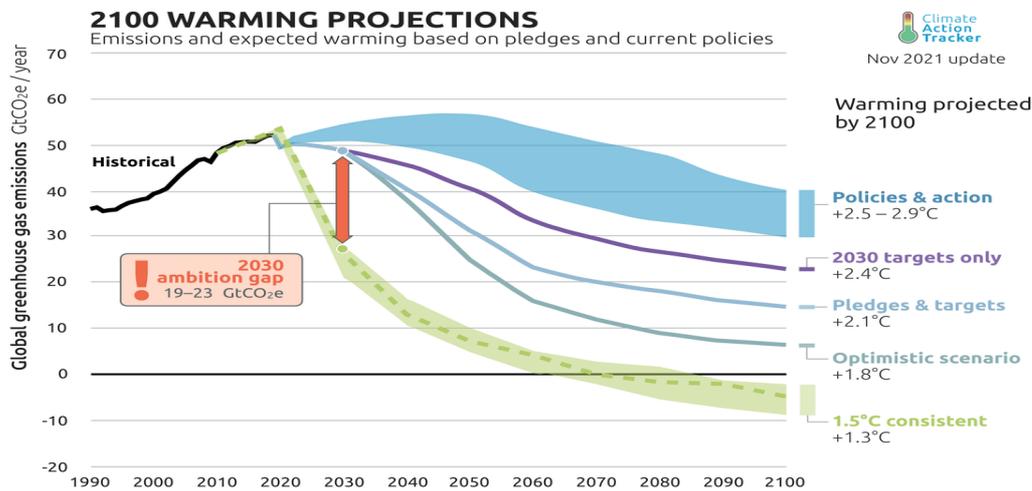
Hace una década, antes del Acuerdo de París (2015), la modelización del escenario *business as usual* de las emisiones globales conducía a un incremento de la temperatura media de la atmósfera a finales de este siglo de 4.5 o 5º C. Tal y como se observa en la gráfica 1 de Climate Action Tracker, referente internacional en este campo, la proyección de la trayectoria de la emisiones que surge de las acciones y las políticas que ya han sido adoptadas hoy día por los gobiernos conduce a un incremento de la temperatura media a finales del siglo XXI entre 2.5 y 2.9º C que, sin dejar de ser un escenario muy negativo, expresa una notable diferencia respecto al existente antes de París.

La gráfica indica, asimismo, que si además de las acciones y las políticas ya aprobadas y puestas en acción se añaden los objetivos a 2030 presentados a las NN.UU por los diversos países en sus *Nationally Determined Contributions* (NDCs) (*targets* en la figura), así como los objetivos de neutralidad climática y/ o en carbono para mediados de siglo aprobados por ochenta y ocho países que representan alrededor del 80 por cien de las emisiones mundiales³, el resultado es un incremento de la temperatura a finales de este siglo entre 2.1 y 1.8º C, siempre y cuando las medidas correspondientes se ejecuten de forma adecuada.

³ Veintiún países (entre ellos España) han aprobado mediante ley su objetivo de neutralidad climática; otros cuarenta y siete lo han hecho mediante sus documentos NDCs presentados a las Naciones Unidas o en sus estrategias de descarbonización a largo plazo; finalmente, veinte países lo han anunciado mediante comunicados oficiales del gobierno. En este grupo de ochenta y ocho países se encuentran todas las grandes economías.

En otras palabras, a pesar de contradicciones, retrocesos y demoras el proceso de París avanza, si bien de forma mucho más lenta de lo demandado por la ciencia del clima. En todo caso, es preciso ser prudentes con la interpretación de los datos ya que en la mayoría de países queda un largo recorrido hasta que los objetivos mencionados queden formalmente aprobados en normas nacionales de obligado cumplimiento y presentadas como tales a las Naciones Unidas.

Figura 1. Proyecciones de aumento de la temperatura a finales de este siglo.



Fuente: Climate Action Tracker (Warming Projections Global Update, November 2021)

Al mismo tiempo, es preciso analizar la geografía de las emisiones globales si se aspira a comprender la complejidad en la que se mueve la respuesta de la comunidad internacional. En ese sentido, un dato significativo que se desprende del informe de 2022 *Emission Gap Report* de las Naciones Unidas (ver figura 2, así como la tabla 2) es que la suma de las emisiones de gases de efecto invernadero de China (14,1 miles de millones de toneladas de CO₂ equivalente en 2021), USA, India, la UE, Indonesia, Rusia y Brasil (más la aviación internacional), supuso en 2021 el 55 por cien de las emisiones mundiales. Es decir, un puñado de actores geopolíticos tiene en gran medida la llave de las decisiones que permitirán, o no, reconducir las emisiones globales y por tanto evitar las peores consecuencias de la crisis climática.

China es con diferencia el mayor emisor mundial, responsable del 27 por cien de las emisiones anuales. Si bien ha sobrepasado ya el millón de MW de potencia instalada en renovables, su producción anual de carbón alcanzó en 2021 su máximo histórico ya que la seguridad del suministro eléctrico continúa siendo la prioridad política y China dispone de grandes reservas de dicho combustible. Dado que su Contribución Nacional Determinada contempla 2030 como el año en el que, como tarde, se producirá el punto de inflexión en su trayectoria de emisiones, las estimaciones de Climate Action Tracker señalan que, en esa fecha, serán sólo un poco menores que las del año 2021, entre 13,4 y 13,9 GtCO₂-eq.

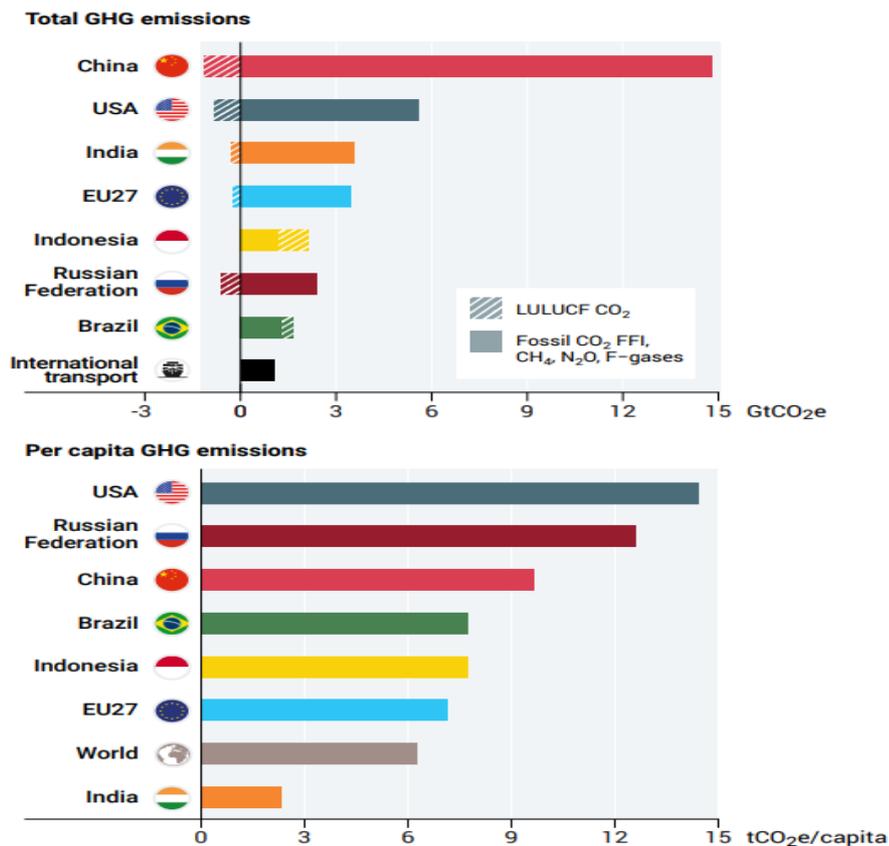
Por su parte, Estados Unidos ha aprobado en agosto de 2022 la norma más importante de su historia en relación a la acción climática y la transición energética, la *Inflation Reduction Act*. Está dirigida a situar la trayectoria del país en una dirección compatible con el importante objetivo de mitigación de emisiones aprobado para 2030, reducción del 50 por cien respecto a 2005. La ley prevé un fuerte impulso a la producción de tecnologías como la solar, la fotovoltaica,

las baterías, los vehículos eléctricos, las bombas de calor y las medidas de eficiencia. Asimismo, apoyar las actuaciones necesarias para escalar la producción de hidrógeno renovable, capturar y almacenar el carbono, así como medidas para reducir la huella climática de las industrias más intensivas en carbono.

Da una idea de la importancia que la Casa Blanca otorga a la carrera tecnológica-económica de la transición energética el hecho de que el presidente Biden haya autorizado el uso de la *Production Defense Act* para favorecer la producción doméstica en ese ámbito, lo que ha dado pie a una airada respuesta de las instituciones comunitarias, de Francia y de Alemania, al considerar que la competencia ha quedado vulnerada. En aplicación de dicha norma (vinculada a la seguridad nacional), Estados Unidos busca proteger la producción de materiales críticos para la fabricación de baterías y vehículos eléctricos como el manganeso, el litio, el cobalto, el grafito y el níquel. Asimismo, proteger la producción nacional de los segmentos más valiosos en las cadenas de valor de la red de transporte y distribución eléctrica. En definitiva, sectores clave como la generación eléctrica y el transporte/ movilidad han quedado bajo el paraguas proteccionista del Estado.

Figura 2. Emisiones totales y per capita de los países grandes emisores

Total and per capita GHG emissions of major emitters in 2020, including inventory-based LULUCF



Fuente: UNEP Naciones Unidas (Emissions Gap Report, 2022)

La Unión Europea se encuentra inmersa en plena reconfiguración de su modelo energético. Tal y como se ha señalado, la invasión de Ucrania ha alterado las bases de un modelo puesto a punto

a lo largo de muchas décadas, en el que Rusia figuraba como proveedor decisivo de petróleo y gas. Las sacudidas generadas por ese terremoto geopolítico han reconfigurado el enfoque estratégico no sólo hacia la energía, sino hacia la industria, la alimentación y la defensa, ya que las preocupaciones de seguridad han pasado a ocupar el primer plano.

Respecto a la acción climática comunitaria, tal y como puede verse en la Figura 2, las emisiones de la Unión Europea en cifras absolutas son ya menores que las de India, representando el 7 por cien mundial. Lo que es aún más significativo, sus emisiones por persona son ya menores que las de China, Brasil e Indonesia y se aproximan a la media mundial. Es un dato muy relevante que refleja la descarbonización protagonizada por el continente europeo en los últimos treinta años, en los que ha reducido sus emisiones un 30 por cien al tiempo que su economía ha crecido en términos reales alrededor del 65 por cien.

Señalar, finalmente, que la Europa comunitaria ha sido la primera potencia en formular el objetivo de neutralidad climática para 2050, abriendo un camino en el que, como se ha señalado, se han adentrado posteriormente el resto de potencias. El liderazgo climático europeo es hoy día incuestionable.

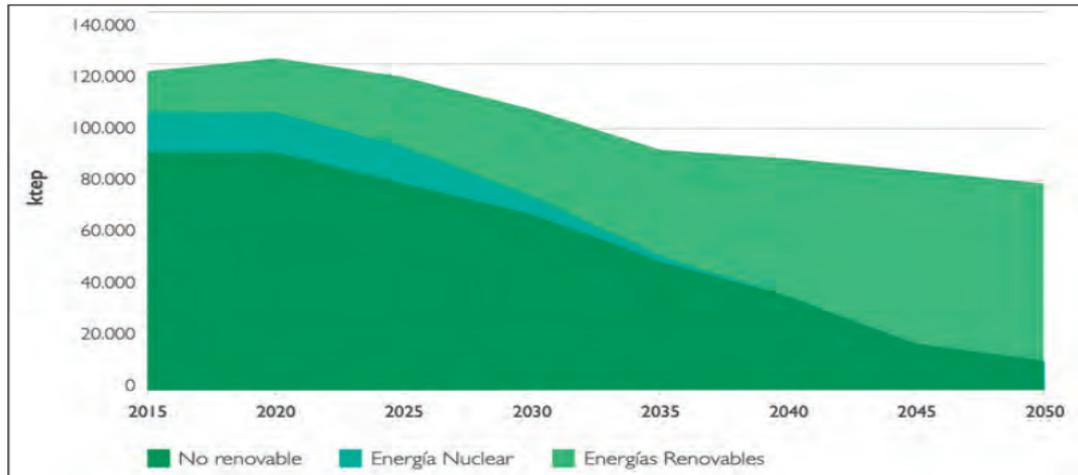
4. España, una transición en marcha en el sector eléctrico, todavía no visible en el resto

Tal y como destaca el informe de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, *Spain 2021*), el marco de referencia sobre energía y clima de nuestro país se basa en el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en 2050 y lograr un sistema basado en un 97 por cien en fuentes renovables en el conjunto del mix energético. Lograrlo precisa el despliegue masivo de dichas tecnologías, avances importantes en eficiencia energética, electrificación creciente de la economía (por encima del 50 por cien a mediados de siglo) y fuerte desarrollo del hidrógeno verde⁴.

En ese sentido, la Figura 3 muestra la descarbonización prevista del sistema energético nacional mediante la salida ordenada de los combustibles fósiles en un proceso que se prolongará tres décadas. Al mismo tiempo, las diferentes tecnologías renovables se irán incorporando a los diversos sectores de la economía con ritmos marcados por sus respectivos niveles de madurez y competitividad.

⁴ Dada la complejidad de la transformación del sistema energético se han aprobado recientemente diversas hojas de ruta tecnológicas entre las que cabe mencionar la del hidrógeno, la del biogás, la eólica marina, la del autoconsumo, así como la estrategia de almacenamiento energético.

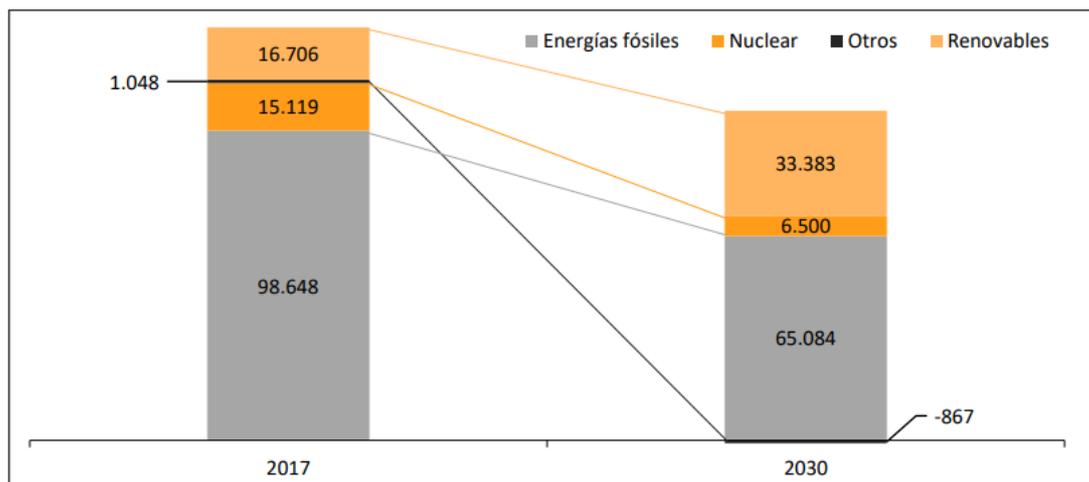
Figura 3. Descarbonización prevista de la economía nacional 2015-2050. Consumo de energía primaria, ktep.



Fuente: Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo de España (MITECO), 2020

En el marco de esa transformación a largo plazo, el PNIEC contempla la reducción del consumo de energía primaria desde los 123.000 ktep en el año 2017 a 104.000 ktep en 2030 (figura 4). Dado que esa disminución se prevé que tenga lugar mientras la economía continúa creciendo, el resultado esperado es una mejora de la eficiencia energética de la misma estimada en un 3,5 por cien de media anual. La reducción en la energía primaria se produce gracias a una disminución del consumo de todas las fuentes energéticas salvo las renovables, que crecen hasta alcanzar en 2030 un nivel que aproximadamente dobla el de 2017.

Figura 4. Evolución del mix de energía primaria nacional, 2017-2030, ktep.



Fuente. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (MITECO), 2020.

Sector eléctrico: Despeque de las renovables y salida del carbón

A la hora de seleccionar el año inicial de los indicadores se ha elegido 2015 por ser el que se aprobó el Acuerdo de París. Dicho acuerdo marcó un punto de inflexión en la respuesta internacional a la crisis del clima al diseñar una arquitectura institucional renovada y fijar ambiciosos objetivos para limitar el aumento de la temperatura media. Dichos objetivos implican, de manera implícita, la necesidad de transitar hacia un modelo energético global alejado de los combustibles fósiles, proceso que hemos denominado hacia un nuevo orden de la energía (Olabe, Ribera y González-Eguino, 2017).

Según la planificación prevista, el sector eléctrico nacional dispondrá de 161.000 MW de potencia instalada en 2030, cuya composición se apoyará principalmente en la instalación masiva de energía eólica y solar fotovoltaica, además de tecnologías de almacenamiento (como el bombeo hidráulico o las baterías), que deberían aportar una potencia adicional de 6.000 MW, dando mayor capacidad de gestión a la generación.

La descarbonización de la generación eléctrica mediante la progresiva retirada de las centrales térmicas de carbón y la penetración creciente de las tecnologías renovables, en especial la eólica y la solar fotovoltaica, son aspectos clave de la transición prevista para esta década. Avanzar hacia un sistema de generación más distribuido, con mayor participación de las empresas y las familias mediante el autoconsumo, es otro de los pilares del nuevo modelo.

Tabla 3. Potencia eléctrica instalada (MW), 2015-2022

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ciclos combinados	26.636	26.636	26.636	26.250	26.250	26.250	26,250	26.250
Nuclear	7.573	7.573	7.117	7.117	7.117	7.117	7.117	7.117
Hidráulica	17.042	17.050	17.054	17.064	17.099	17.098	17.094	17.094
Fotovoltaica	4.683	4.688	4.691	4.771	8.746	11.692	15.285	19.113
Eólica	22.918	22.969	23.062	23.427	25.678	27.591	28.594	29.779
Carbón	10.962	10.030	10.030	10.030	9.683	5.733	3.764	3.464
TOTAL	105.657	104.557	104.041	104.102	109.993	110.926	113.524	118.150

Elaboración propia con datos de Red Eléctrica de España (Redeia)

Tabla 4. Generación eléctrica por tecnologías (GWh) y porcentaje de generación renovable versus no renovable, 2015-2022

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ciclos combinados	29.027	29.006	36.066	30.044	55.242	44.023	44.500	68.138
Nuclear	54.662	56.022	55.539	53.198	55.824	55.758	54.041	55.984
Hidráulica	28.383	36.115	18.451	34.117	24.719	30.632	29.625	17.863
Fotovoltaica	8.244	7.977	8.398	7.766	9.252	15.302	20.981	27.864

Eólica	48.118	47.697	47.907	49.581	54.245	54.906	60.526	61.176
Carbón	28.383	36.115	45.019	37.277	12.671	5.021	4.983	7.765
Todas las tecnologías	267.454	261.836	262.306	260.982	260.829	251.399	260.011	276.315
Renov (%)	35,2	38,6	32,3	38,4	37,5	44,0	46,7	42,2
No renov (%)	64,8	61,4	67,7	61,6	62,5	56,0	53,3	57,8

Elaboración propia con datos de Red Eléctrica de España (Redeia)

Tabla 5. Emisiones de gases de efecto invernadero en el sector eléctrico (M tCO₂-eq), 2015-2022

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Emisiones	77,6	63,5	74,9	64,9	50,0	36,1	35,9	44,4

Elaboración propia con datos de Red Eléctrica de España (Redeia)

Tabla 6. Potencia instalada en autoconsumo (MW), 2018-2022

	2018	2019	2020	2021	2022
Autoconsumo	165	408	623	1.151	2.400

Elaboración propia con datos del Observatorio para la Transición Energética y la Acción Climática OTEA (BC3). El de 2022 procede de la Unión Española Fotovoltaica (UNEF).

De las tablas anteriores se desprenden las siguientes conclusiones:

Primera, en la serie temporal se distingue dos etapas. En la primera, 2015-2018, el sector mantiene relativamente constantes sus principales magnitudes, tanto en el mix de potencia instalada como en generación. En ese período apenas hay nueva inversión en renovables. Sin embargo, en la segunda etapa, 2019-2022, el sector se adentra en un acelerado proceso de transformación.

Segunda, la retirada del carbón es ya una realidad. La tecnología más emisora y contaminante ha quedado en gran medida neutralizada antes de lo que preveía el propio PNIEC. Al finalizar el año 2022, la potencia instalada era de 3.464 MW, mientras que la existente en 2015 era de 10.962 MW. Lo que es aún más importante, la generación de electricidad mediante la combustión de carbón en los tres últimos años de la serie (2020, 2021 y 2022) ha sido de media el 2,25 por cien del total, una aportación marginal.

Tercera, la implantación de las tecnologías renovables más consolidadas, eólica y solar fotovoltaica, ha despegado con fuerza, hasta el punto de que en el último año España ha sido el país europeo con mayor potencia renovable añadida a su mix. Destaca en especial el desarrollo de la solar fotovoltaica, ya que al finalizar el año 2022 alcanzaba una potencia instalada de 19.113 MW, cuando en 2015 era de 4.683. En los últimos cuatro años la fotovoltaica ha incrementado su potencia una media de 3.585 MW/ año. La eólica al partir de una base mayor no ha conocido ese ritmo de crecimiento. No obstante, al finalizar 2022 la potencia instalada alcanzaba los 29.779 MW, un incremento de 6.861 MW respecto a 2015. En los últimos cuatro años la eólica se ha incrementado en una media de 1.500 MW/ año. En definitiva, el sector eléctrico ha añadido de media cada uno de los últimos cuatro años 5.000 MW de potencia

renovable (solar más eólica). La transición de la energía en el mencionado sector es ya una realidad vibrante.

Cuarta, la media de generación eléctrica procedente de las centrales de ciclo combinado de gas en los tres últimos años (2020, 2021 y 2022), se ha incrementado en un 80 por cien respecto al año 2015. La salida del carbón del sistema de generación ha requerido no sólo de creciente generación renovable, sino de una fuerte aportación del gas. Este dato confirma, una vez más, el importante activo que aporta al mix de generación el parque de centrales de ciclo combinado. La contribución de las mismas será decisiva para garantizar la estabilidad y la seguridad del suministro en el horizonte 2027-2035, período en el que está prevista la salida ordenada del parque nuclear, una vez finalizado asimismo el *phase out* del carbón.

Quinta, el autoconsumo eléctrico ha despegado con fuerza los dos últimos años por un doble motivo. En primer lugar, reflejando las mejoras normativas realizadas para favorecer su desarrollo, así como las ayudas económicas dispuestas. En segundo lugar, como respuesta del consumidor al fuerte encarecimiento de los precios de la electricidad. El objetivo más ambicioso fijado por la hoja de ruta del autoconsumo, 14.000 megavatios de potencia instalada en 2030, parece alcanzable visto el ritmo actual.

Finalmente, las emisiones medias de gases de efecto invernadero procedentes de la generación eléctrica a lo largo de los tres últimos años (2020, 2021 y 2022) se han reducido en un 50 por cien respecto a las del año 2015, si bien en el año 2022 han aumentado de forma notable respecto al anterior. Tal y como se preveía en el PNIEC, el sector eléctrico está mitigando sus emisiones de forma importante contribuyendo a reducir la huella climática nacional.

Otros indicadores de la transición energética

Las tablas que se presentan a continuación hacen referencia a indicadores no circunscritos al ámbito del sector eléctrico. La mayoría finalizan en 2021 por no estar todavía disponibles los datos de 2022.

Tabla 7. Consumo de energía primaria (ktep)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Energía primaria	122.506	123.509	129.845	129.530	125.981	110.830	117.526
Carbón	13.583	10.836	12.908	11.522	5.072	3.100	3.097
Petróleo	52.478	54.180	57.300	57.512	56.162	45.690	50.271
Gas	24.539	25.040	27.267	27.081	30.897	27.915	29.417
Nuclear	14.903	15.273	15.131	14.479	15.218	15.174	14.714
Renovables	16.601	16.982	15.978	17.434	17.516	18.129	19.437
Otros	402	1.228	1.261	1.502	1.116	822	590

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Energético de España, 1990-2021 (MITECO)

Tabla 8. Porcentaje de renovables sobre el consumo de energía final (%)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Renovables	16,26	17,42	17,56	17,45	18,36	21,22	20,69

Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio para la Transición Energética y la Acción Climática (OTEA), del Basque Center for Climate Change, BC3.

Tabla 9 Dependencia energética del exterior (%)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Dependencia	72,80	71,32	73,72	73,45	74,96	67,34	68,51

Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio para la Transición Energética y la Acción Climática (OTEA), del Basque Center for Climate Change, BC3.

Del análisis de las tres últimas tablas se desprenden las siguientes conclusiones:

Primera, el consumo medio de energía primaria a lo largo de los tres últimos años (2019, 2020 y 2021) ha sido un 5 por cien menor que en 2015 (un 10 por cien menor que en 2018). Esta disminución se ha debido a la mencionada salida del carbón del sistema, ya que el consumo medio de petróleo durante ese tiempo apenas ha descendido respecto a 2015 y el de gas, de hecho, ha aumentado (tabla 7).

Segunda, el porcentaje de las tecnologías renovables sobre el consumo final de energía progresa lentamente (tabla 8). El ritmo actual no es suficiente para alcanzar el objetivo del 42 por cien para 2030 previsto en el PNIEC. Si bien la penetración de las tecnologías renovables en el sector de la generación eléctrica avanza al ritmo previsto, en los otros sectores de la economía (en especial edificación y movilidad) los avances logrados son de momento muy reducidos.

Tercera, la dependencia energética media del exterior en los tres últimos años de la serie (2019, 2020 y 2021) ha disminuido dos puntos y medio porcentuales respecto al 2015, reflejando en última instancia la menor importación de carbón y la mayor presencia de las renovables (autóctonas) en el sector de la generación eléctrica. Dado que el objetivo del PNIEC para 2030 es situarla en el 61 por cien, parece factible alcanzarlo al ritmo actual.

La evolución de las emisiones totales en el conjunto de la economía española

Tabla 10 Emisiones brutas totales de gases de efecto invernadero en España. Millones de toneladas de CO2 equivalente

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Emisiones	338	327	340	334	314	275	288	299

Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio para la Transición Energética y la Acción Climática (OTEA), del Basque Center for Climate Change, BC3.

La transición energética diseñada en nuestro país, así como la de la Europa comunitaria, pivota en buena medida en torno a la descarbonización de la economía. En consecuencia, el indicador de la evolución de las emisiones totales reviste una importancia especial.

La media de las emisiones de gases de efecto invernadero de los tres últimos años – 2020, 2021 y 2022- (tabla 10) ha disminuido un 15 por cien respecto a 2015. No obstante, el dato de 2022 es claramente negativo ya que supone un aumento del 3,8 por cien respecto a 2021, rompiendo

una tendencia favorable que se venía observando desde 2017 (con la excepción del esperado rebote económico post-Covid de 2021 y su incidencia en las emisiones).

El contexto de la situación europea con la guerra de Ucrania explica en parte ese retroceso ya que las urgencias del abastecimiento energético, la inflación y sus consecuencias sociales demandaban toda la atención política. Además, nuestro país ha debido exportar electricidad a Francia como consecuencia de que su parque nuclear ha estado en gran medida paralizado y lo ha hecho aumentando la generación gasista. Las emisiones de CO₂ del sector eléctrico han aumentado nueve millones de toneladas en 2022 (tabla 5) contribuyendo al mal dato de las emisiones totales en el conjunto de la economía. Las emisiones brutas totales de 2022 han sido un 3,5 por cien superiores a las del año de referencia 1990 (299 MtCO₂-eq frente a 289 MtCO₂-eq). El objetivo del PNIEC de lograr una reducción del 23 por cien en 2030 sigue siendo, no obstante, plenamente factible.

Ahora bien, se ha vuelto más difícil aumentar la ambición climática (en la próxima revisión del PNIEC) en la proporción que le hubiese correspondido a nuestro país para igualar el aumento europeo. La elaboración del PNIEC tuvo lugar cuando el objetivo de la UE-27 era alcanzar un 40 por cien de mitigación en 2030 respecto a 1990 y con posterioridad lo ha elevado al 55 por cien. Los Estados miembros han de actualizar sus planes de clima y energía en coherencia con ese nuevo objetivo. Según el análisis publicado en el Real Instituto Elcano (Olabe, 2022) a nuestro país le correspondería aumentar su objetivo desde el 23 por cien al 34 o 35 por cien (respecto a 1990) para mantenerse alineado con el incremento en el objetivo de mitigación de la UE-27. Sin embargo, el dato de 2022 hace más difícil mantener esa aspiración pues supondría un ritmo de mitigación entre 2023 y 2030 extraordinariamente elevado y, por tanto, poco creíble. En consecuencia, parece más realista que en la próxima revisión del PNIEC nuestro país formule un objetivo de reducción de sus emisiones brutas totales cercana al 30 por cien en 2030 respecto a 1990, objetivo que implica un importante ritmo de reducción media anual de las emisiones totales, aproximadamente el 5 por cien.

Referencias

Armstrong McKay, DI; Staal, A; Abrams, JF; y otros, 2022: "Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points". *Science* vol 377, nº 6611.

Climate Action Tracker, 2021: *Warming Projections Global Update*.

Climate Action Tracker y otros, 2022: *State of Climate Action*.

European Environment Agency, 2022: *Trends and Projections in Europe 2022*. EEA Report, nº 10/2022.

European Commission, 2022: *Accelerating the transition to climate neutrality for Europe's security and prosperity. EU climate action progress report*. COM (2022) 514 Final.

European Commission, 2022: *RePowerEU*. COM (2022) 230 Final.

Global Carbon Project, 2022: *Global Carbon Budget 2022*.

International Energy Agency, 2021: *Spain 2021. Energy Policy Review*.

International Energy Agency, 2022: *World Energy Outlook, 2022*.

Comisión Europea, 2022: *Estado de la Unión de la Energía*. COM (2022) 547 Final

MITECO, 2020: *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, 2021-2030*.

MITECO, 2020: *Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo, 2050*.

Olabe Antxon, Ribera Teresa y González-Eguino Mikel, 2017: "Hacia un nuevo orden mundial de la energía". Real Instituto Elcano, Documento de Trabajo, noviembre 2017.

Olabe Antxon, 2022: "Aumentar la ambición climática: seguridad energética, competitividad y liderazgo", Real Instituto Elcano, julio 2022.

Olabe Antxon, 2022: "Respuesta climática: eppur si muove". Política Exterior, marzo 2022.

Observatorio de la Acción Climática y la Transición Energética (OTEA), 2023:

<http://otea.info/bdd/C3/C31>

United Nation Environment Programme (UNEP) (2022): *The Closing Window. Climate Crisis Calls for Rapid Transformation of Societies. Emissions Gap Report*.