AUN a riesgo de simplificar en exceso, e incluso de resultar provocador, creo que no es descabellado afirmar que el sistema energético global no ha sufrido cambios significativos en su configuración desde 1850. Desde la adopción masiva de la máquina de vapor o el comienzo de la explotación a gran escala del petróleo, los combustibles fósiles (primero carbón, luego petróleo y después gas natural) han dominado y siguen dominando el suministro energético global. La demanda de energía sigue utilizando masivamente estos combustibles fósiles para producir calor o electricidad, en calderas, turbinas o en motores de combustión. La introducción de la energía nuclear en la década de 1950, o la relativamente limitada contribución global de la energía hidráulica no alteran significativamente esta configuración. En 2021, los combustibles fósiles seguían aportando más de un 80 por 100 de la energía primaria global.

Incluso en el sector eléctrico, desde que en 1881 se pusiera en servicio la primera central eléctrica del mundo en el Reino Unido, y sobre todo, desde que en 1891 se comenzara a utilizar la corriente alterna para transportar la electricidad, la estructura sigue siendo muy similar: centrales de generación basadas en la energía hidráulica o en la producción de vapor (con combustibles fósiles o con energía nuclear), conectadas entre sí y con los consumidores mediante líneas de transporte de larga distancia.

Sin embargo, en los últimos años se viene anticipando una transformación radical de estos sistemas. Los avances tecnológicos de las energías renovables como la solar fotovoltaica y la eólica, y la necesidad cada vez más urgente de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, asociadas al uso de combustibles fósiles, están impulsando lo que se conoce como la transición energética o climática. Además, al contrario que otras transiciones anteriores, que como bien nos cuenta Vaclav Smil, requirieron al menos cincuenta años para materializarse sin que supusieran un cambio significativo estructural, la transición actual deberá ser muy rápida si no queremos poner en riesgo el clima actual.

**EN LOS PRÓXIMOS
AÑOS EL SISTEMA
ENERGÉTICO DEBERÁ
PASAR DE ESTAR
DOMINADO POR
LOS COMBUSTIBLES
FÓSILES A BASARSE
EN ENERGÍAS
RENOVABLES DE
CARÁCTER VARIABLE,
QUE REQUERIRÁN
TECNOLOGÍAS
COMPLEMENTARIAS
PARA SU
ALMACENAMIENTO Y
UTILIZACIÓN**

Así, en los próximos años el sistema energético deberá pasar de estar dominado por los combustibles fósiles a basarse en energías renovables de carácter variable, que requerirán tecnologías complementarias para su almacenamiento y utilización. De una configuración eminentemente centralizada en su producción, tanto de combustibles como de electricidad, a otra mucho más descentralizada y en la que los pequeños agentes tendrán un papel mucho mayor. De una demanda fundamentalmente pasiva a una más reactiva, y mucho más electrificada.

El objetivo de este número es ayudar a los lectores a entender este nuevo y futuro sector energético. Para ello hemos contado con los principales expertos españoles, que analizan las implicaciones tecnológicas y económicas del nuevo marco al que nos dirigimos, desde las perspectivas para los principales tecnologías o combustibles, a las necesidades de innovación, organización o regulación, incluyendo por supuesto cuestiones éticas como el acceso a la energía o la justicia en la transición energética.

En el primer artículo, **Antonio F. Rodríguez Matas** y **Pedro Linares Llamas** ofrecen una panorámica de los distintos futuros posibles para el sector energético en 2030 y 2050, de acuerdo con los análisis de distintas organizaciones globales y nacionales. Aunque estos ejercicios están sujetos a un elevadísimo, y cada vez mayor, grado de incertidumbre, entender los distintos escenarios posibles es fundamental para prepararnos frente a ellos, diseñando estrategias robustas y flexibles ante la incertidumbre, y en algunos casos, incluso tratar de evitarlos.

Los estudios globales dibujan dos tipos de escenarios: unos continuistas, en los que la demanda de energía, basada en combustibles fósiles aunque también con un muy importante crecimiento de las energías renovables, aumenta empujada por los países en desarrollo, con las evidentes consecuencias negativas para las emisiones de gases de efecto invernadero; y otros en los que se logra descarbonizar las economías, aunque para ello será necesario movilizar unos grandes volúmenes de inversión. Así, algunos estudios indican que puede ser preciso multiplicar por 3-5 la tasa anual de instalación de renovables, o por 25 el despliegue de baterías. También será necesario un despliegue masivo de vehículos eléctricos o bombas de calor, o de sistemas de producción de hidrógeno. Se estima que habrá que doblar la inversión actual anual en infraestructuras energéticas durante las próximas tres décadas.

Todos los escenarios apuntan a una creciente volatilidad de los precios energéticos, como estamos viviendo desgraciadamente en la actualidad. Además, ningún escenario prevé la desaparición completa de los combustibles fósiles en 2050, por lo que todavía existirá una exposición significativa a esta volatilidad. Aunque la evolución tecnológica dirigirá en gran medida la evolución del sector, los estudios apuntan también a la gran importancia de las políticas públicas y de los cambios de comportamiento de los consumidores.

También señalan los autores las diferencias que existen incluso en los escenarios de descarbonización en cuanto a las tecnologías necesarias: algunos estudios consideran que la captura y secuestro de carbono, o la energía nuclear, serán esenciales, mientras que otros se apoyan fundamentalmente en las energías renovables. También subrayan la importancia de acometer transiciones bien planificadas, comenzando lo antes posible y sin acelerones bruscos que pueden elevar los costes de la transición.

Profundizando en estos escenarios, **Jorge Blázquez** y **José M.^a Martín-Moreno** nos ofrecen una visión estructurada del papel que pueden jugar los combustibles fósiles (fundamentalmente petróleo y gas, que suponen un 60 por 100 del total de la energía primaria global) en la transición energética. Así, comienzan recordando que el IPCC prevé una reducción del consumo de petróleo del 60 por 100 y del de gas en un 45 por 100 en un escenario que limita el calentamiento global a 1,5 °C, pero solo del 30 y del 15 por 100 respectivamente si el calentamiento llega a los 2 °C. Esto tiene evidentes consecuencias sobre la necesidad de invertir en nuevas fuentes de petróleo y gas: desde estudios que señalan que no es necesaria esta inversión, hasta llamamientos a replanteárselo (en parte asociados a la crisis asociada a la invasión de Ucrania). El contexto es pues de elevadísima incertidumbre.

Los autores muestran cómo los distintos ejercicios de prospectiva tienden a mostrar una demanda estable de petróleo hasta 2030 (aunque con una cierta tendencia a la baja) para luego reducirse en un 50-75 por 100 en 2050. La mayor caída se produce en el sector del transporte rodado, por la electrificación y la mejora de eficiencia. En cambio, la aviación quizá siga utilizando un importante volumen de petróleo en 2050. Pero el principal sector demandante de petróleo en 2050 será el petroquímico, que supondrá entre un 40 y un 50 por 100 de su demanda total (salvo que se limite la utilización de plásticos).

TAMBIÉN SUBRAYAN LA IMPORTANCIA DE ACOMETER TRANSICIONES BIEN PLANIFICADAS, COMENZANDO LO ANTES POSIBLE Y SIN ACELERONES BRUSCOS QUE PUEDEN ELEVAR LOS COSTES DE LA TRANSICIÓN

EL IPCC PREVÉ UNA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE PETRÓLEO DEL 60 POR 100 Y DEL DE GAS EN UN 45 POR 100 EN UN ESCENARIO QUE LIMITA EL CALENTAMIENTO GLOBAL A 1,5 °C

EL PRINCIPAL SECTOR DEMANDANTE DE PETRÓLEO EN 2050 SERÁ EL PETROQUÍMICO, QUE SUPONDRÁ ENTRE UN 40 Y UN 50 POR 100 DE SU DEMANDA TOTAL

En cuanto al gas natural, se prevé una estabilización o incluso un crecimiento de su demanda hasta 2030, consistente con ese potencial papel del gas como «puente» en la descarbonización. Esta idea, sin embargo, es cuestionada por algunos investigadores que alegan que este papel del gas puede retrasar la reducción de emisiones. A más largo plazo, la demanda de gas también cae, pero menos que la de petróleo. La magnitud de esta caída dependerá además de la viabilidad de los procesos de captura de carbono, que son aplicables al gas natural. El gas se muestra pues más resiliente al proceso de descarbonización.

En cuanto a la producción de estos combustibles, el factor más reseñable es su concentración en los países OPEP, en particular los de la península arábiga, con menores costes de producción y menor intensidad de carbono. Por otra parte, los escenarios de precios son muy distintos según los estudios: los del IPCC muestran una tendencia creciente en términos reales, ya que las restricciones de oferta parecen jugar un papel mayor que las reducciones de la demanda. En cambio, tanto la Agencia Internacional de la Energía como BP prevén sendas descendentes de precios.

El otro gran grupo de recursos energéticos, fundamental para la transición, son las energías renovables. **Pablo del Río** y **Christoph P. Kiefer** analizan una cuestión fundamental para lograr una energía asequible en el futuro: la evolución futura de los costes de las tecnologías renovables que se prevén juegue un mayor papel en los escenarios energéticos descarbonizados. Esta evolución determinará además la rapidez de la penetración de estas tecnologías en el sector eléctrico, así como la competencia entre la electricidad y otros combustibles, algo esencial también para la descarbonización.

Para ello realizan una revisión sistemática de la literatura, identificando los rangos más probables de costes normalizados (*LCOE*, *levelized electricity cost*). Aunque la utilización de este indicador presenta algunos problemas, su amplia utilización y transparencia lo ha convertido en la métrica más popular para evaluar costes de las tecnologías de generación eléctrica. Los autores han consultado cuatro tipos de estudios: basados en curvas de aprendizaje, en encuestas a expertos, en evaluaciones ingenieriles, y en resultados de subastas, describiendo las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, concluyendo que lo mejor es combinarlos para tener estimaciones más robustas (aunque en general señalan que todos los métodos suelen subestimar el efecto del progreso tecnológico).

Como resultado de esta revisión los autores presentan unas curvas de evolución del coste normalizado de la solar fotovoltaica, eólica terrestre y marina, y solar termoeléctrica. Los rangos de costes en 2030 se sitúan para la eólica terrestre entre 16 y 129 €/MWh, entre 43 y 178 €/MWh para la eólica marina, entre 31 y 152 €/MWh para la solar fotovoltaica de techo y entre 14 y 117 €/MWh para suelo y de entre 44 y 105 €/MWh para la solar termoeléctrica. Los rangos de costes a 2050 serían menores, y a un nivel inferior, de entre 15 y 40 €/MWh para la eólica terrestre, de entre 25 y 80 €/MWh para la eólica marina, de entre 9 y 83 €/MWh para la solar fotovoltaica y de entre 45 y 101 €/MWh para la solar termoeléctrica. Todas las tecnologías experimentarán reducciones significativas en sus costes, en particular la eólica marina y la solar termoeléctrica. Por supuesto, también subrayan la gran incertidumbre a la que están sometidas estas estimaciones.

**TODAS LAS
TECNOLOGÍAS
EXPERIMENTARÁN
REDUCCIONES
SIGNIFICATIVAS EN
SUS COSTES, EN
PARTICULAR LA EÓLICA
MARINA Y LA SOLAR
TERMOELÉCTRICA**

Para terminar con la revisión de las tecnologías y recursos de producción de energía, y como ya se ha señalado anteriormente, un vector energético que puede jugar un papel muy relevante en el futuro del sector energético es el hidrógeno. **Santiago Serna, Timo Gerres**, y **Rafael Cossent** repasan las distintas estrategias nacionales sobre el hidrógeno, tratando de identificar elementos comunes de diseño y extraer conclusiones que puedan ayudar a comprender mejor el contexto internacional y evaluar las implicaciones del uso del hidrógeno.

En general, las estrategias analizadas consideran que el hidrógeno verde (producido con energías renovables) será el predominante, aunque en algunas fases el hidrógeno azul (obtenido del gas natural, con captura de carbono) podría ser mayoritario, sobre todo en aquellos países con abundantes recursos de gas, como Australia, Canadá, Colombia o Sudáfrica, o en los que no cuentan con recursos renovables suficientes, como Japón o Corea del Sur. En cuanto a sus usos prioritarios a medio plazo, las hojas de ruta apuntan a la producción de amoníaco, o a la sustitución del hidrógeno gris actual. La mayoría de las estrategias también incluyen su uso para la producción de acero (aunque curiosamente no así en el caso de Corea del Sur, un importante productor de este material), o para producción de combustibles sintéticos para transporte marítimo o aéreo. El uso para calefacción o con fines térmicos, o para el sector eléctrico, es mucho más variable en las distintas estrategias.

**EN LAS PRIMERAS
FASES EL USO DEL
HIDRÓGENO SERÁ
LOCAL Y POR TANTO
NO REQUERIRÁ
DESPLIEGUE DE
INFRAESTRUCTURAS
DE TRANSPORTE**

Su análisis también concluye que en las primeras fases el uso del hidrógeno será local y por tanto no requerirá despliegue de infraestructuras de transporte, aunque por otra parte todas las estrategias mencionan la posibilidad de reutilizar las redes de gas existentes a medio y largo plazo. También contemplan la existencia de mercados globales de hidrógeno, y de hecho muchos países contemplan la posibilidad de convertirse en grandes exportadores de hidrógeno (Canadá, Chile o Marruecos) hacia Europa o Asia. Por último, todas las estrategias identifican distintas políticas de apoyo para impulsar el hidrógeno. Las más populares son la financiación de la I+D y los marcos regulatorios y de normalización. También se mencionan los impuestos al carbono, las garantías de origen, o los incentivos fiscales.

Como acabamos de mencionar, el uso del hidrógeno para el sector eléctrico está sujeto a numerosas incertidumbres, dado que existen distintas tecnologías que se pueden utilizar para almacenar la electricidad, que se necesitarán en distinta medida en función de la evolución de la configuración de los distintos sistemas eléctricos. **Juan José Valentín Vírveda, José Pablo Chaves Ávila, Pedro Linares Llamas, y Andrés Ramos Galán**, analizan las necesidades de almacenamiento del sistema eléctrico peninsular en España en el horizonte 2030, un sistema y escenario que proporciona una buena referencia para otros sistemas similares.

**CUANDO SE DA
FLEXIBILIDAD DE
OPERACIÓN A
LA HIDRÁULICA,
Y SE ACTIVA LA
PARTICIPACIÓN DE
LA DEMANDA, LAS
NECESIDADES DE
ALMACENAMIENTO
SON RELATIVAMENTE
MODESTAS**

Los autores, mediante un modelado de la inversión y la operación del sistema eléctrico español, y asumiendo un porcentaje de penetración muy elevado de energías renovables variables, estiman que será necesario invertir en baterías y en nuevas centrales de bombeo hidráulico para poder mantener la seguridad de suministro eléctrico en el sistema español. Sin embargo, esto dependerá, en particular, del papel que jueguen dos opciones de gran importancia en el sistema español: la energía hidráulica regulable y la gestión de la demanda. Cuando se da flexibilidad de operación a la hidráulica, y se activa la participación de la demanda, las necesidades de almacenamiento son relativamente modestas. Sin embargo, si la hidráulica se opera de forma convencional, o si no se logra activar a la demanda, los ciclos combinados de gas deberán ser los que aseguren el suministro.

Otra conclusión de gran interés del estudio es que, si se invierte en el almacenamiento suficiente para asegurar la seguridad de suministro en un escenario pesimista (un año de baja producción hidráulica), este almacenamiento no podrá recuperar sus costes en un año me-

dio, por lo que serán necesarios mecanismos de apoyo específicos para asegurar la fiabilidad del sistema, que deberían ser tecnológicamente neutros a la vista de las incertidumbres aún existentes para las distintas tecnologías.

Una vez analizadas las tecnologías de generación y almacenamiento de energía, es preciso entender el papel que puedan jugar las redes eléctricas en un modelo energético más distribuido y variable. **Miguel Ángel Sánchez Fornié, Javier Matanza y Rafael Cossent** explican la transformación que deberán experimentar las redes actuales para adaptarse a este nuevo contexto, y que pasará fundamentalmente por una digitalización de todos los sistemas relacionados con las redes.

Esta digitalización permitirá a su vez transformar los modelos de negocio de producción y consumo de electricidad. De un paradigma históricamente lineal y jerarquizado se pasará a otro mucho más descentralizado y horizontal. Los autores describen los nuevos elementos que se conectarán a la red de distribución, como la generación distribuida, el almacenamiento y los vehículos eléctricos; y también los nuevos actores y modelos de negocio para la gestión de recursos tanto de generación, demanda o almacenamiento, con objeto de ofrecer nuevos servicios tanto a los usuarios finales como a los gestores del sistema: comunidades energéticas, mercados de flexibilidad local, o agregadores.

Los autores identifican los cambios regulatorios necesarios para que estos modelos de negocio puedan establecerse en el sistema, y para que la operación y la planificación de las redes pueda adaptarse al nuevo paradigma. Fundamentalmente, será necesario modificar los marcos retributivos, las directrices sobre planificación, y poner en marcha los bancos de pruebas regulatorios. También indican los elementos de innovación que deben acompañar a todo el proceso de transformación, y los sistemas de formación necesarios.

Como ya se ha mencionado en varios de los artículos anteriores, muchas de las soluciones planteadas requerirán que existan mercados de energía y de electricidad capaces de trasladar las señales adecuadas a productores y consumidores. **Pablo Rodilla y Tomás Gómez San Román** repasan las tendencias en el diseño de mercados mayoristas y minoristas de electricidad en la Unión Europea, y los elementos necesarios para asegurar un suministro fiable y asequible en la transición hacia un sistema eléctrico descarbonizado.

**ESTA DIGITALIZACIÓN
PERMITIRÁ A SU
VEZ TRANSFORMAR
LOS MODELOS
DE NEGOCIO DE
PRODUCCIÓN Y
CONSUMO DE
ELECTRICIDAD**

LOS MERCADOS A PLAZO, COMPONENTE ESENCIAL DE LO ANTERIOR, NO ESTÁN SUFICIENTEMENTE DESARROLLADOS EN EUROPA

Los autores parten de dos pilares que consideran fundamentales: permitir que todos los recursos vendan en competencia los productos que tienen valor para el sistema, y que las señales de precio sean lo más eficientes posibles para incentivar respuestas adecuadas de los agentes. En ese contexto, nos recuerdan que actualmente los mercados a plazo, componente esencial de lo anterior, no están suficientemente desarrollados en Europa, para lo que proponen una serie de acciones que permitan contar con estos mercados, fundamentales para sistemas con alta penetración de energías renovables. Los mercados de capacidad desplegados hasta ahora en algunos países europeos pueden ser una referencia, aunque con elementos mejorables. Los autores también repasan las características actuales y las posibles mejoras de los mercados de corto plazo.

En cuanto a los mercados minoristas, observan que el nivel de armonización a escala europea es muy inferior, y su dinámica (medida por la tasa de cambio de proveedor) más baja de lo deseado, lo que en parte explica un mayor nivel de intervención pública. A este respecto, los autores discuten en profundidad las distintas opciones para la cobertura de riesgos de los consumidores, concluyendo que las opciones de fiabilidad y las opciones de asequibilidad son las que presentan mejores características. Finalmente, también analizan el diseño de la tarifa y los mercados locales de flexibilidad, planteando los principios fundamentales a seguir y los retos regulatorios para su correcta implantación.

Por supuesto, los mercados por sí mismos no serán capaces de enviar las señales económicas adecuadas si no recogen las numerosas externalidades presentes. El papel de la fiscalidad energética y ambiental es esencial, tal como se defiende en el reciente Libro Blanco para la reforma fiscal en España, cuyos contenidos en el ámbito de la energía y el medio ambiente nos resumen **Marta Villar** y **Xavier Labandeira Villot**. En su artículo, los autores defienden que la fiscalidad medioambiental y de la energía es esencial para lograr los ambiciosos objetivos fijados en las normas españolas y europeas.

Desgraciadamente, su diagnóstico de la situación actual no es positivo: el sistema fiscal actual no contribuye eficazmente al logro de los compromisos españoles en el ámbito medioambiental asociados al cambio climático, la transición energética y la descarbonización, acuciantes temporalmente. Las razones están en un reducido peso de estos impuestos, una regulación compleja y asistemática, y poca

EL SISTEMA FISCAL ACTUAL NO CONTRIBUYE EFICAZMENTE AL LOGRO DE LOS COMPROMISOS ESPAÑOLES EN EL ÁMBITO MEDIOAMBIENTAL ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO, LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y LA DESCARBONIZACIÓN

coordinación territorial. Frente a esta situación, formulan dos mensajes principales: proteger el medioambiente es un reto para la humanidad ligado a los objetivos de desarrollo sostenible y fuente de diversos compromisos internacionales para España, y la fiscalidad tiene un papel esencial como lo tiene también la realización efectiva del principio de «quien contamina paga» en el contexto de las políticas medioambientales. Es preciso actuar, además, con gradualismo y atención a la coyuntura socio-económica, compensando a los colectivos afectados por sus efectos y protegiendo la competitividad.

Para lograrlo, formulan diecinueve propuestas, acompañadas de simulaciones ilustrativas de su impacto. Y todo ello en el marco de un decálogo de directrices para la fiscalidad ambiental, que deben cubrir aspectos como respetar el principio de «quien contamina paga», asegurar su coordinación con otros instrumentos, respetar los niveles competenciales, ser gradual en su implantación, o establecer medidas compensatorias para colectivos vulnerables. También subrayan la importancia de aprovechar las experiencias adquiridas en otros países.

Las áreas prioritarias de actuación de la reforma fiscal serían el fomento de la electrificación y la movilidad sostenible. Respecto a la primera, los autores proponen una reducción de la carga fiscal general actualmente soportada por la electricidad, que tendría un efecto progresivo, y cuyos impactos recaudatorios y medioambientales negativos podrían compensarse con medidas aplicadas en otros sectores. Para favorecer la movilidad sostenible sería necesario la reforma de la tributación de los combustibles de aviación, marítimos y agrarios; el establecimiento de un impuesto sobre los billetes de avión; la igualación y elevación de los impuestos que se aplican sobre gasolina y diésel de automoción; la reforma del IEDMT para favorecer una flota de vehículos sostenible; la modificación del IVTM para penalizar a las tecnologías que más contaminan; la creación de impuestos municipales sobre la congestión en determinadas ciudades; la consideración de impuestos por uso de determinadas infraestructuras viarias; y, más a medio plazo, el establecimiento de un impuesto sobre el uso del vehículo que sustituya a la mayoría de los impuestos existentes.

Uno de los objetivos de los mercados y señales económicas descritas en los artículos anteriores es el promover un nivel adecuado de eficiencia energética por parte de los consumidores. **Ibon Galarraga, Elena López-Bernabé, Cristina Ojeda, María del Mar Solà, y Amaia de Ayala** nos presentan la evidencia reciente para España en

LAS ÁREAS PRIORITARIAS DE ACTUACIÓN DE LA REFORMA FISCAL SERÍAN EL FOMENTO DE LA ELECTRIFICACIÓN Y LA MOVILIDAD SOSTENIBLE

cuanto a las distintas barreras a las que se enfrenta el ahorro energético, y también revisan los instrumentos de política pública que serían necesarios para superar las citadas barreras.

A partir de la constatación de los ambiciosos objetivos de la Unión Europea para reducir su consumo de energía final, y de la llamada paradoja de la eficiencia energética (el hecho de que la inversión en eficiencia sea inferior a lo que correspondería de acuerdo con sus beneficios económicos y ambientales), los autores identifican las principales barreras y factores que explican dicha paradoja, y ofrecen un cuadro resumen de gran utilidad en el que enumeran las distintas políticas que se pueden utilizar para superar las barreras, y los impactos mostrados por la literatura internacional. El cuadro muestra que los impactos logrados por las políticas no siempre son positivos, lo que apunta a la importancia de un buen diseño de las mismas.

CONCLUYEN QUE LA EFICIENCIA NO ES EL ATRIBUTO MÁS IMPORTANTE EN LA DECISIÓN DE COMPRA, Y QUE SERÁ NECESARIO COMBINAR DISTINTOS INSTRUMENTOS PARA REFORZAR LOS IMPACTOS POSITIVOS DE LAS MISMAS

A continuación, los autores ofrecen algunas lecciones respecto al diseño de políticas, obtenido a partir de distintos trabajos de investigación realizados en España que estudian elementos cuantitativos y cualitativos relacionados con la adopción de distintas tecnologías de ahorro energético. En particular, analizan el papel que las percepciones de los agentes pueden jugar a la hora de aceptar y responder a distintas políticas, y concluyen que la eficiencia no es el atributo más importante en la decisión de compra, y que será necesario combinar distintos instrumentos para reforzar los impactos positivos de las mismas. Por ejemplo, combinando impuestos con ayudas focalizadas y con estándares. Otra de las lecciones aprendidas es el importante desconocimiento de los consumidores sobre los ahorros energéticos y monetarios que podrían lograr, y que podría corregirse con un mejor diseño de las etiquetas energéticas o con otros instrumentos de información. La tercera lección es la importancia de la heterogeneidad de los agentes, que puede requerir actuaciones distintas en función de sus características o su localización geográfica.

Uno de los entornos fundamentales para que la transición energética tenga lugar son las ciudades, en las que se consume el 65 por 100 de la energía mundial. Y una de las áreas fundamentales en las que incidir en la eficiencia energética son los edificios, no solo por las mejoras en términos de energía o emisiones, sino también por los co-beneficios que pueden lograrse en términos de empleo o de calidad de vida (véase también el artículo de Viñuales *et al.*). El artículo de **Julio Lumberras, Valentina Oquendo-Di Cosola, Nayla**

Saniour, Jaime Moreno-Serna, Martín Sanz, Tomás Conde y Luis López-Cózar, explora el diseño de un programa de rehabilitación energética masiva en España, como un ejemplo de innovación para la transformación urbana, en el contexto de la Misión europea para lograr que 100 ciudades sean climáticamente neutras e inteligentes antes de 2030.

El artículo plantea la necesidad de evolucionar hacia modelos de negocio y de colaboración que permitan movilizar de forma masiva la financiación público-privada en las ciudades a través de enfoques multiactor y multinivel. Las estimaciones indican que la transformación urbana necesaria para alcanzar ciudades climáticamente neutras requiere una inversión de entre 10.000 y 30.000 euros por habitante en los próximos ocho años, que se sitúa muy por encima de los presupuestos municipales habituales. Será necesario poner en marcha soluciones transformadoras desde un punto de vista social, económico y medioambiental, que se materialicen en modelos de negocio tangibles, capaces de compensar la falta de recursos públicos y de involucrar a inversores privados con distintos intereses en términos de riesgo e impacto, y todo ello con una visión de largo plazo.

Los autores identifican las principales barreras para la rehabilitación masiva de edificios, y plantean posibles actuaciones para superarlas. En particular, proponen involucrar a la ciudadanía de forma masiva; crear marcos estratégicos para las actuaciones; o diseñar mecanismos innovadores de financiación. Frente a ello, plantean un programa de rehabilitación energética masiva en ocho ciudades españolas, estructurado a partir de una hoja de ruta que orienta el trabajo en fases evolutivas y que debe ser adaptada a cada ciudad, y cuyos elementos fundamentales se describen en el artículo.

Ahora bien, todas las propuestas de actuación formuladas por los distintos artículos recogidos hasta el momento solo podrán tener lugar si la sociedad las acepta. Y para ello es fundamental asegurar que la transición energética sea justa y sea vista como tal, tal como nos explican **Víctor Viñuales Edo, Cecilia Foronda Diez, Carlos Pesqué Castillo y Javier Tobías González**. Los autores defienden que esto es particularmente complejo dada la urgencia de las actuaciones necesarias, el cortoplacismo electoral generalizado, y la búsqueda de resultados a corto plazo.

LA TRANSFORMACIÓN URBANA NECESARIA PARA ALCANZAR CIUDADES CLIMÁTICAMENTE NEUTRAS REQUIERE UNA INVERSIÓN DE ENTRE 10.000 Y 30.000 EUROS POR HABITANTE EN LOS PRÓXIMOS 8 AÑOS, QUE SE SITÚA MUY POR ENCIMA DE LOS PRESUPUESTOS MUNICIPALES HABITUALES

SE DEBEN ESTABLECER NUEVAS MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS COLECTIVOS EN SITUACIÓN DE POBREZA ENERGÉTICA Y PRIORIZARLES EN LAS AYUDAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS Y EL AUTOCONSUMO PARA GARANTIZAR QUE LA TRANSICIÓN A UN MODELO DESCARBONIZADO NO DEJE A NADIE ATRÁS

En este contexto, profundizan en tres de los grandes temas de la transición justa en países como el nuestro: la pobreza energética, la rehabilitación de viviendas, y el desarrollo de las comunidades energéticas locales. Los autores consideran necesario llevar a cabo una reforma del sistema eléctrico y de la conformación de nuestra factura, que facilite y permita la aceptación cultural de la electrificación. Además, se deben establecer nuevas medidas para la protección de los colectivos en situación de pobreza energética y priorizarles en las ayudas de rehabilitación energética de viviendas y el autoconsumo para garantizar que la transición a un modelo descarbonizado no deje a nadie atrás. Algunas de estas cuestiones, como el diseño del mercado eléctrico o de la tarifa, o las comunidades energéticas, ya han sido discutidas también en artículos anteriores, a veces con planteamientos aparentemente divergentes.

Los autores proponen tratar de convertir los importantes retos sociales asociados a la transición energética en oportunidades no solo para reducir nuestras emisiones, sino también para fomentar la comunidad, el uso razonable de la energía, el desarrollo rural, el reconocimiento del derecho a la energía y la calidad democrática.

Los elementos descritos anteriormente son de aplicación fundamentalmente a países desarrollados. Pero la transición energética justa a nivel global también debe tener en cuenta la situación de los países en desarrollo, en muchos de los cuales el primer reto es lograr un acceso universal a formas avanzadas de energía. **Eduardo Sánchez Jacob, Santos J. Díaz Pastor, Pablo Dueñas Martínez, Julio Eisman Valdés, Fernando de Cuadra García, Andrés González García e Ignacio Pérez Arriaga**, examinan la evolución y perspectivas del acceso a la energía, prestando particular atención al África Subsahariana, identificando las principales barreras a superar, y las medidas que se deben poner en marcha para acelerar un proceso que va más lento de lo deseado.

Respecto a las barreras a superar en el ámbito eléctrico, se describen las áreas con menor acceso —que incluyen las zonas rurales, remotas y poco pobladas, los asentamientos urbanos precarios, y los campos de refugiados—, así como los colectivos más vulnerables por tener un bajo poder adquisitivo o sufrir un desplazamiento forzoso. Se señalan como elementos críticos mejorar el funcionamiento del segmento de la distribución eléctrica y aumentar la inversión privada en redes de distribución. En el ámbito del cocinado moderno, se abor-

dan las barreras relacionadas con el nivel económico, las estrategias poco acertadas de promoción de «cocinas mejoradas» (*ICS, improved cookstoves*), gas licuado del petróleo y tecnologías de bajo potencial, la falta de un enfoque multitecnología en el hogar, la ausencia de una planificación rigurosa a nivel nacional, y la dificultad de las mujeres para influir en la agenda pública.

La sección dedicada a las propuestas empieza con una breve descripción de los principales actores que participan en este sector, los principales consensos internacionales y algunos planteamientos prometedores. En el ámbito eléctrico, se presenta el Marco Integrado para la Distribución (*Integrated Distribution Framework, IDF*), un enfoque reciente que da respuesta a los retos de la distribución de electricidad «en la última milla», se establecen los principios necesarios para el éxito de la electrificación, se explica el potencial de las concesiones para garantizar la universalidad en los programas de electrificación, y finalmente se propone una taxonomía para medir el éxito de estos programas. En el ámbito del cocinado moderno o «cocinado limpio», se destaca la necesidad de una nueva visión sobre el cocinado, de un mayor liderazgo del sector energético en la resolución del problema, de una apuesta decidida por el uso de la electricidad para cocinar, y de una planificación integrada a nivel nacional.

Entre las principales conclusiones del trabajo destaca la necesidad de un mayor compromiso político en cada país, y en particular del sector de la energía, que permita desarrollar nuevos instrumentos adaptados a las necesidades reales. Se propone el enfoque del *Integrated Distribution Framework* para la electricidad, y una nueva visión del cocinado que considere la biomasa como una fuente transitoria que debe desaparecer en el medio y largo plazo, y que apueste decididamente por el uso de la electricidad. La estrategia tiene que abordar de manera consistente aspectos técnicos, regulatorios, financieros y sociales: es necesaria una planificación geoespacial integrada, un modelo de negocio y un marco regulatorio favorables, un plan financiero que muestre su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo, y asegurarse de que el proceso de electrificación y el cocinado moderno responden a las necesidades reales de las comunidades.

Para concluir el número, **Lara Lázaro Touza y Gonzalo Escribano Francés** analizan el contexto europeo en el que se ha planteado y en el que se tendrá que desarrollar la transición energética. En un contexto de incertidumbre radical y deterioro de las expectativas econó-

EN EL ÁMBITO DEL COCINADO MODERNO O «COCINADO LIMPIO», SE DESTACA LA NECESIDAD DE UNA NUEVA VISIÓN SOBRE EL COCINADO, DE UN MAYOR LIDERAZGO DEL SECTOR ENERGÉTICO EN LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA, DE UNA APUESTA DECIDIDA POR EL USO DE LA ELECTRICIDAD PARA COCINAR, Y DE UNA PLANIFICACIÓN INTEGRADA A NIVEL NACIONAL

micas, la Unión Europea mantiene su compromiso de liderar la transición hacia una economía baja en carbono. Sin embargo, para ello se enfrenta a numerosos retos: asegurar la seguridad del suministro, diversificar fuentes energéticas y proveedores, reducir la dependencia energética de Rusia, adaptarse a la volatilidad de los precios de la energía y asegurar la aceptación de las políticas de descarbonización.

Tras repasar las distintas fases históricas de la política energética y climática de la Unión Europea, y su contribución a las negociaciones climáticas internacionales, los autores detallan las características del Pacto Verde Europeo, que marca el futuro de la acción europea en materia de energía y clima, y será el que guíe el nuevo modelo de desarrollo de la UE en el s. XXI así como, en parte, sus relaciones externas. A continuación describen el paquete de medidas *Fit for 55*, actualmente en fase de negociación, diseñado para responder a los objetivos del Plan Verde, y que incluye cambios en el mercado europeo de emisiones, políticas de transporte, energías renovables, eficiencia energética, fiscalidad, y también un fondo social para compensar a los perdedores de la transición. Finalmente, describen el plan de recuperación pos-COVID-19, *NextGenerationEU*, así como el *REPowerEU*, el conjunto de medidas diseñadas en respuesta a la invasión rusa de Ucrania y a la necesidad de prescindir de los combustibles de origen ruso.

LOS AUTORES NOS RECUERDAN QUE LA INVASIÓN RUSA DE UCRANIA PROPORCIONA EL EMPUJE POLÍTICO –AL MENOS EN LAS NARRATIVAS–, EL APOYO SOCIAL Y, COMO CONSECUENCIA, LA VENTANA DE OPORTUNIDAD PARA ABORDAR LOS OBJETIVOS ENERGÉTICO-CLIMÁTICOS CON UNA URGENCIA INÉDITA

A este respecto, los autores nos recuerdan que la invasión rusa de Ucrania proporciona el empuje político –al menos en las narrativas–, el apoyo social y, como consecuencia, la ventana de oportunidad para abordar los objetivos energético-climáticos con una urgencia inédita. No obstante, el complicado contexto, determinadas políticas macroeconómicas y los impactos asimétricos de la transición energética pueden desacelerar la marcha hacia un modelo de desarrollo hipocarbónico.

Por último, me gustaría agradecer a Funcas su confianza a la hora de editar este número, y a los autores su generosidad en compartir sus abundantes conocimientos y su tiempo. Animo a todos los lectores a aprovechar esta oportunidad para conocer mejor el futuro energético que nos espera.