

# NE

**Nota d'Economia**

Revista d'economia catalana i de sector públic  
La transició cap a un model energètic més net i just

Número 107  
2023



Generalitat de Catalunya  
**Departament d'Economia  
i Hisenda**

## **Nota d'Economia**

Revista d'economia catalana i de sector públic  
Número 107. 2023

## **Consell de Redacció**

Directora: Marta Curto  
Secretària tècnica: Anna Monreal

Natàlia Caba  
Xavier Cuadras  
Aleix Cubells  
Marta Espasa  
Tatiana Fernandez  
Josep Maria Sánchez  
Esther Pallarols  
Miquel Puig  
Josep Maria Vilarrúbia

Coordinació editorial del número 107  
Ermengol Bertran, Anna Monreal, Maria Orriols

© **Generalitat de Catalunya.**  
**Departament d'Economia i Hisenda**



Aquesta obra està subjecta a una llicència Creative Commons del tipus reconeixement d'autoria, usos no comercials i sense obra derivada.

Resum de la llicència:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>

Llicència completa:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

## **Edició**

Direcció General d'Anàlisi i Prospectiva Econòmica  
Carrer del Foc, 57  
08038 Barcelona  
<http://economia.gencat.cat/>

## **Maquetació**

Entitat Autònoma del Diari Oficial i de Publicacions

ISSN: 2013-8709

Dipòsit legal: B 3917-1983

La revista no comparteix necessàriament les opinions dels autors.

# Sumari

---

<b>Presentació</b>	<b>5</b>
Natàlia Mas i Guix , Teresa Jordà i Roura	
<b>Resum executiu</b>	<b>8</b>
Marta Curto Grau	
<i><b>Bloc I. Model energètic català i context europeu</b></i>	
<b>La Prospectiva Energètica de Catalunya. El full de ruta de la transició energètica en l'horitzó del 2050</b>	<b>22</b>
Institut Català de l'Energia (ICAEN)	
<b>El paper de l'energia en el benestar i en el progrés econòmic i social. Visió de futur dels enginyers industrials</b>	<b>33</b>
Josep M Montagut Freixas	
<b>Transició energètica i la transformació de la indústria del petroli i el gas</b>	<b>48</b>
Mariano Marzo Carpio	
<b>L'energia eòlica, pal de paller de la transició energètica de Catalunya</b>	<b>59</b>
Jaume Morron Estradé	
<b>El desplegament de l'energia solar a Catalunya</b>	<b>72</b>
Manel Romero Molina	
<b>La segona transició d'Espanya necessita energia nuclear</b>	<b>88</b>
Alfredo García	
<b>L'excepció ibèrica: els efectes del topall al preu del gas</b>	<b>101</b>
Manuel Hidalgo-Pérez, Ramón Mateo Escobar	
<b>Afectació del preu de l'energia a la indústria</b>	<b>115</b>
Joan Vila	
<i><b>Bloc II: Fiscalitat, finançament i costos</b></i>	
<b>La fiscalitat energètico-ambiental en temps de crisi energètica i climàtica</b>	<b>125</b>
Xavier Labandeira	

---

---

Per una Catalunya descarbonitzada: inversió en fonts renovables en l'horitzó del 2022-2050	140
Joan-Ramon Rovira Homs, Jaume Martí Romero	
Efectes distributius de la transició energètica: reptes i oportunitats per a una transformació justa	153
Jacint Enrich, Mar Reguant	
Pobresa energètica: mesurament i polítiques per combatre-la	166
Elisenda Jové-Llopis, Elisa Trujillo-Baute	
La contribució dels fons de l'MRR a la transició energètica: una anàlisi de les inversions necessàries i dels plans de despesa	179
Xavier Pedrós	
<i>Bloc III: Experiències</i>	
Catalunya podrà liderar la mobilitat elèctrica?	196
Ramon Comellas, Joan Pallisé	
L'hidrogen en la transició energètica a Catalunya	222
J.R.Morante, J.R. Galan-Mascaros	
Les comunitats ciutadanes d'energia: evolució o revolució	235
Santi Martínez Farrero	
Comunitats energètiques: guanys i reptes ambientals, econòmics i socials	248
Albert Banal-Estañol	
<b>Apèndix</b>	
Resúmenes de los artículos de la revista	269
Abstracts of the articles included in this number	278

---

# Presentació

## Transformar radicalment el model energètic català per fer front a l'emergència climàtica

Vivim un moment de profundes transformacions i la transició energètica n'és un bon exemple. Les crisis energètiques viscudes al llarg de la història (des de la crisi del petroli als anys setanta fins a l'actual) han posat de manifest la vulnerabilitat del sistema energètic global i la necessitat de tenir una combinació energètica combinada i sostenible. Aquesta necessitat s'ha accentuat arran de l'**emergència climàtica** i de la **guerra a Ucraïna**, que ha evidenciat l'elevada dependència energètica europea de Rússia. Les repercussions negatives del conflicte bèl·lic sobre el preu de l'energia han empès els governs a actuar. En alguns casos, les mesures preses no han anat destinades a reduir el consum d'energia i han acabat subvencionant fonts d'energia contaminants com el petroli. Així, doncs, la urgència no ens pot fer caure en la temptació de perpetuar el model actual basat en l'ús de combustibles fòssils per generar electricitat i calor, sinó que cal aprofitar l'oportunitat per fer una **transformació radical**. No tenim cap altra alternativa si volem fer front al canvi climàtic.

I com hauria de ser el **nou sistema energètic català**? D'una banda, ha de ser més verd o, dit d'una altra manera, **estar basat en energies renovables**. La legislació europea sobre el clima estableix l'ambició objectiu de reduir les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle en almenys un 55% per al 2030, en comparació amb els nivells del 1990. Aquest objectiu no es podrà assolir sense la transició energètica, que implica un ús molt més intensiu de les energies eòlica i solar, entre d'altres. Els avenços tecnològics de les darreres dècades i la baixa representativitat de les energies renovables a Catalunya en l'actualitat (entorn del 5% de les fonts d'energia primària consumides) auguren

una forta expansió de la producció i l'ús d'aquestes fonts d'energia al nostre país. Per poder extreure'n tot el potencial, serà necessari destinar recursos a l'R+D+I per solucionar els reptes que planteja el seu emmagatzematge.

És cert que en generació de renovables hi ha molt camí per recórrer i tenim molts deures per fer. Però anem en la bona direcció i tenim un full de ruta recollit en la **Prospectiva energètica de Catalunya 2050** (PROENCAT 2050). La PROENCAT 2050 complementa la feina que s'havia anat fent els darrers anys amb la Llei 16/2017, del canvi climàtic, i amb el Pacte nacional per a la transició energètica, i facilitarà la presa de decisions sobre el nou sistema energètic català. Cal remarcar que, d'acord amb els càlculs de la PROENCAT 2050, el desplegament massiu de les energies renovables es podria fer ocupant només un 2,5% addicional del territori català. Això serà possible perquè guanyarà protagonisme la generació distribuïda d'energia elèctrica amb renovables sobre teulades i altres ubicacions.

Aquesta generació d'energia renovable en el territori, a més, permetrà guanyar **sobirania** davant la dependència actual respecte als combustibles fòssils, que hem d'importar en la pràctica totalitat. Per tant, la transició energètica també permetrà millorar la balança comercial i reduir l'impacte que els conflictes geopolítics tenen en els productes energètics.

D'altra banda, el nou sistema energètic català es caracteritzarà per una participació més activa de la ciutadania i el teixit empresarial. L'apoderament dels agents econòmics a través, per exemple, de les comunitats ciutadanes d'energia representarà un gran canvi, ja que els consumidors (fins ara agents passius) es convertiran en "**prosumidors**", en consumidors proactius que produiran i consumiran energia. D'aquesta manera, la transició energètica també contribuirà a construir una societat més justa.

Així, doncs, la transformació del model energètic implicarà un major ús d'energies renovables, més sobirania energètica i una participació més activa de la ciutadania en la presa de decisions en matèria energètica. Ara bé, no podem oblidar el paper que tindrà l'**eficiència energètica**, un dels principis vertebradors de la transició energètica. Per reduir la demanda energètica caldran inversions en edificis, sistemes de transport i processos industrials. I també és necessària la sensibilització dels consumidors perquè adoptin hàbits de consum més sostenibles i adaptats a la situació d'emergència climàtica.

Com dèiem, un canvi de model d'aquesta magnitud requereix un **important esforç inversor**, tant del sector públic com del sector privat. Els fons Next Generation EU (NGEU) actuaran de palanca, però només

cobreixen una petita part de les inversions necessàries. L'impuls de les finances sostenibles arran de l'Acord de París o de la publicació de la “taxonomia verda europea”, hauria d'animar els inversors a apostar per les energies netes i contribuir a tancar la bretxa en les necessitats d'inversió.

En resum, sobren justificacions per embarcar-nos en la transició energètica i accelerar-la. No només descarbonitzarem l'economia i millorarem els indicadors mediambientals, sinó que també reduïrem la factura energètica (ja sigui a través de preus més baixos o de més eficiència en l'ús de l'energia) i augmentarem la sobirania energètica. A més, el nou model energètic també ha de ser més sostenible des d'un punt de vista social ja que pot contribuir a reduir la **pobresa energètica**, que el 2021 afectava prop del 10% de les llars a Catalunya.

Celebrem que el número 107 de la *Nota d'Economia* s'hagi dedicat a la transició energètica, una transformació tan necessària com urgent, i agraïm als autors que hagin compartit amb nosaltres els seus coneixements. El Govern de la Generalitat està determinat a transformar de forma radical el model energètic del país sense que ningú es quedi enrere. Treballem plegats per deixar un planeta millor per a les pròximes generacions; fem-ho amb l'esperança que, tot i la magnitud del repte, la solució és a les nostres mans.

**Natàlia Mas i Guix**  
Consellera d'Economia  
i Hisenda

**Teresa Jordà i Roura**  
Consellera d'Acció Climàtica,  
Alimentació i Agenda Rural

# Resum executiu

**Marta Curto Grau**

Directora general d'anàlisi i prospectiva econòmica

Hem iniciat una revolució que transformarà de dalt a baix el model energètic que coneixíem i que va fer possible la Revolució Industrial. La humanitat viu una situació d'emergència climàtica que ha empès a fer aquest gir radical, un gir que no s'havia vist en anteriors crisis energètiques, en les quals s'havia optat per perpetuar un sistema basat en els combustibles fòssils. El model que està emergint presenta dues novetats principals. Per un costat, se substituiran els combustibles fòssils per energies renovables com a principal font primària d'energia, fet que contribuirà a reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Per un altre costat, comptarem amb un sistema més just i descentralitzat, on els consumidors deixaran de ser agents passius en les decisions en l'àmbit energètic per passar a ser el que s'anomena "prosumidors" (productors i consumidors alhora).

L'any 2021 van conjurar-se diversos factors globals que van tensar els mercats energètics. Malgrat el risc de simplificar, podem dir que el fort repunt de l'activitat econòmica després de la pandèmia va coincidir amb una oferta continguda. En aquest context, l'augment de la demanda va derivar en un increment desorbitat dels preus dels productes energètics que es va traduir en taxes d'inflació no vistes en les darreres dècades, com a mínim als països rics. Un any més tard, el 2022, s'hi va sumar la guerra a Ucraïna, que va fer escalar encara més els preus de l'energia (en especial, el del gas). A Catalunya, en el segon trimestre de 2022, gairebé la totalitat dels establiments a Catalunya constatava un increment dels preus dels consums energètics i dels béns intermedis. Inicialment, l'afectació es concentrava a les branques amb una dependència energètica més elevada, però gradualment l'impacte es va estendre a la resta de l'economia. La inflació va tocar sostre el juliol del 2022, quan la variació de l'IPC va arribar al 10,3% (dels quals, 4,5 punts corresponien a l'augment del preu dels productes energètics).



Aquesta situació, que arriba després d'anys amb taxes d'inflació molt contingudes, resta capacitat adquisitiva a la ciutadania i minva la competitivitat de les empreses catalanes.

Així doncs, si bé la crisi climàtica ha fet prendre consciència a la societat i els seus governants sobre la urgència amb la que cal fer la transició energètica, ha estat una altra crisi, l'energètica, la que ha posat de manifest la necessitat de transitar cap a un model més verd i sobirà.

L'objectiu del **número 107 de la Nota d'Economia** és contribuir al debat informat sobre quins elements calen per fer la **transició energètica** a Catalunya i assolir els objectius climàtics, així com els riscos i costos associats.

La Nota d'Economia 107 s'estructura en 3 blocs sobre: **i)** com ha de ser el nou **model energètic** que emergeixi de la transició, **ii)** quins són els **costos** de la transició (tant econòmics com socials), quin volum de **finançament** requereix i com pot incidir el **sistema tributari en la transició**; **iii)** **experiències** pràctiques sobre com es podria materialitzar (o ja s'està materialitzant) la transició energètica.

Obren el **primer bloc** de la revista dos articles sobre la prospectiva energètica de Catalunya. El primer exposa la visió de **l'Institut Català d'Energia (ICAEN)**, que queda sintetitzada en la Prospectiva Energètica de Catalunya en l'horitzó del 2050 (PROENCAT). Aquesta eina permet valorar els possibles escenaris futurs del sistema energètic català, en un context europeu que fixa objectius cada vegada més exigents en matèria d'energia i clima. La PROENCAT 2050 té dotze principis vertebradors, entre els quals destaquen l'assoliment la neutralitat climàtica a Catalunya el 2050, l'abandonament el model energètic fòssil-nuclear de forma progressiva, la sobirania energètica a través d'energies renovables i una ocupació mínima del territori. L'exercici de prospectiva realitzat per l'ICAEN dibuixa un escenari de creixement econòmic moderat (amb un augment del PIB entre el 2017-2050 d'un 1,5% de mitjana anual en termes constants), un lleuger increment de la població en línia amb les previsions de l'Idescat, una aposta per la reindustrialització, l'impuls a la sobirania alimentària amb una potenciació selectiva del sector primari i de la indústria agroalimentària, i una millora dels hàbits de consum, mobilitat, etc. més sostenibles. En conjunt, en l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050, el consum d'energia final es redueix un 30,7% l'any 2050 respecte del consum de l'any 2017 (equivalent a un 1,1% anual), i el consum de combustibles fòssils passaria a representar l'1,5% del consum final d'energia d'aquell any, mentre que l'energia elèctrica s'incrementa un 114,6% en aquest període, i passaria a representar el 76,6% del consum final d'energia. D'altra banda, les energies renovables augmentarien un 402,9% en el període 2017-2050. La contribució més important a la reducció del consum

final d'energia la fa el transport (amb una reducció del 50,6%), seguit del sector domèstic, que redueix el seu consum final en un 37,1%, i del sector serveis, que el redueix un 19,0%. Les previsions numèriques de l'ICAEN demostren que un sistema energètic català descarbonitzat, basat en energies renovables, autòcton, eficient i competitiu és possible.

El segon exercici de prospectiva el fa **Josep Maria Montagut**, del Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya. Segons els càlculs del Col·legi d'Enginyers, amb una demanda global continguda, un creixement del PIB de l'1,5% anual, i una reducció de la intensitat energètica entre constant i moderada, la demanda global d'energia primària a Catalunya se situaria entorn dels 213 TWh el 2050, i s'espera que el mix energètic es cobreixi amb més d'un 75 % per electricitat i hidrogen i la resta amb combustibles sintètics, biometà i biocombustibles líquids. La descarbonització requeriria actuar especialment en el camp del transport –amb mobilitat de curta distància totalment elèctrica, i més pes del ferrocarril en el transport de mercaderies de llarga distància– i també descarbonitzar el sector industrial i desplegar el biometà. La inversió que s'hauria de fer per assolir la descarbonització se situaria en 200.000 M€. Pel que fa a la generació d'energia elèctrica, les energies eòlica i solar han fet un salt tecnològic substancial i són avui dia molt competitives, tot i que encara no s'ha assolit tot el seu potencial. L'electrificació és una de les claus de la transformació del sistema energètic. Segons les estimacions del Col·legi d'Enginyers Industrials, l'any 2050 es podria electrificar el 60% del transport, el 40% de la indústria, i el 70% del sector serveis i domèstic. Per garantir el subministrament és necessari combinar les energies renovables amb tecnologies de generació/emmagatzematge amb alts índexs de potència ferma.

Unes de les principals indústries que s'estan veient reformulades arran de la transició energètica és la indústria del petroli i del gas. **Mariano Marzo** ofereix una panoràmica sobre el paper clau que han tingut els combustibles fòssils en el desenvolupament dels darrers segles, quins reptes implica l'escalfament global per a aquests combustibles i com s'està transformant la indústria del gas i el petroli per afrontar la nova realitat. El 2019, els combustibles fòssils representaven el 81% del total d'energia primària consumida al món: petroli (30,9%), gas natural (23,2%) i carbó (26,8%). Aquests combustibles intervenen en gairebé totes les cadenes de valor que ens envolten, i per això resulten elements clau de la geopolítica mundial. L'era dels hidrocarburs conclourà abans que aquests s'esgotin físicament, i vindrà determinada per limitacions en la seva extracció (siguin tecnològiques, econòmiques o mediambientals). El canvi climàtic és una d'aquestes limitacions. La transició energètica cap a un model descarbonitzat ens porta a transitar de l'extracció dels hidrocarburs a la dels minerals i això portarà a una nova geopolítica energètica. Aquesta transformació resultarà molt més complexa i costosa per als grans productors d'hidrocarburs

(situats a Amèrica del Nord, Orient Mitjà, Xina i Rússia), i el contrari succeirà amb els països que són grans consumidors i importadors. Les tecnologies disponibles actualment no són suficients per fer front al repte energètic, i és per això que l'autor considera que cal aprofitar les oportunitats que la indústria del gas i el petroli ofereixen. Les palanques de transformació d'aquesta indústria seran l'eficiència energètica, l'electrificació renovable, els combustibles renovables líquids i gasosos, l'hidrogen verd, i la captura, ús i emmagatzematge del CO<sub>2</sub>. La integració de totes aquestes tecnologies amb les activitats tradicionals suposarà la conversió de les petrolieres en companyies multienergètiques.

Com hem mencionat, les energies renovables són peces clau de la transició energètica. Entre elles destaquen l'eòlica i la solar. L'article del **Jaume Morron** se centra en l'eòlica, una energia en la qual Catalunya va ser pionera amb un tecnòleg propi, Ecotècnia, que més tard, en mans d'Alstom, es convertiria en la divisió eòlica marina de General Electric. Catalunya també va ser pionera en l'anàlisi dels recursos eòlics al territori. Una bona mostra d'això és l'Atlas eòlic de Catalunya, el primer inventari del recurs eòlic d'Espanya, elaborat a principis de la dècada dels vuitanta del segle xx. Actualment, com exposa l'autor, el recurs eòlic a Catalunya es concentra en el nord-est, el litoral sud, una àmplia zona del prelitoral sud i al sud-oest de la Depressió Central). La implantació de l'energia eòlica al territori ha passat per diferents etapes, des dels primers parcs eòlics (1984-2002), passant pel desenvolupament eòlic entre el 2002 i el 2012, la paralització derivada del Decret 147/2009, de 22 de setembre, fins a l'actualitat a partir del Decret llei 16/2019, de 26 de novembre, de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables. La PROENCAT 2050 estima que la contribució de l'energia eòlica a la descarbonització de Catalunya i a l'electrificació amb fonts d'energia renovable requereix que l'any 2050 el país disposi de 23.136 MW de potència eòlica terrestre en servei. Avui dia, Catalunya disposa de 1.271 MW de capacitat de generació d'electricitat a partir de la força del vent (un 5,5 % de les necessitats estimades per al 2050). Això significa que caldrà tramitar, autoritzar, construir i posar en servei 21.865 MW en nova potència. L'experiència demostra que la tramitació dels projectes de parcs eòlics és força lenta, i per arribar als objectius que fixa la PROENCAT 2050 caldrà anar molt més de pressa.

Una altra font d'energia neta és la fotovoltaica. **Manel Romero** valora la situació del sector fotovoltaic a Catalunya i el seu entorn més proper (Europa i Espanya). En el cas català, la implantació d'aquesta energia ha estat determinada principalment per les lleis estatals (la normativa sobre el sistema d'incentius i la Llei del Sector elèctric). Si bé l'evolució de l'energia fotovoltaica ha anat lligada a l'evolució a Espanya, el desenvolupament a Catalunya s'ha fet a una escala menor, per motius geogràfics però també socials i polítics. Això situa Catalunya amb una

potència fotovoltaica per sota de la mitjana espanyola i europea, tot i disposar de molta més radiació que molts països europeus. Amb tot, l'autor és optimista i considera que els objectius anuals plantejats són assumibles. Perquè això sigui així es necessita un marc legal estable per fomentar les inversions a mitjà i llarg termini en l'energia fotovoltaica. Encara hi ha barreres per eliminar en molts ajuntaments, que a parer de l'autor dilaten o bloquegen la implantació de panells en els seus municipis. També és important augmentar la capacitat de la xarxa elèctrica, reduir els terminis en els tràmits o formar més professionals. L'article fa una crida a la Generalitat perquè faci un lideratge efectiu per promoure instal·lacions en espais com autopistes, aparcaments públics i altres espais comuns, i informar adequadament la ciutadania sobre la situació actual i la necessitat d'acomplir els objectius. Per últim, el desplegament de l'energia solar s'ha de fer de manera endreçada i en diàleg amb el territori, però també ràpidament i decididament.

La seguretat és un dels pilars del sistema energètic. Com dèiem més amunt, garantir el subministrament implica comptar amb tecnologies de generació i emmagatzematge amb alts índexs de potencia ferma, com és l'energia nuclear. Alguns experts, entre ells **l'Alfredo García** apunten que sense l'energia nuclear la transició energètica no serà factible. Aquesta energia proporciona en l'actualitat una mica més de 10% del subministrament global d'energia elèctrica, el 18% en economies més avançades i el 27% a la Unió Europea. A més, l'energia nuclear proporciona el 50% del subministrament elèctric baix en emissions de la UE. El Grup Tècnic d'Experts sobre finançament sostenible de la Comissió Europea (CE) no va incloure l'energia nuclear a la taxonomia verda, però tampoc la va excloure, i la taxonomia verda és l'eina que serveix per identificar i classificar les inversions que ajuden a reduir les emissions de diòxid de carboni d'una forma sostenible. El febrer del 2022 la CE va presentar públicament l'Acte Delegat Complementari a la taxonomia climàtica, una proposta d'annex on es proposava als estats membres que l'energia nuclear pogués optar al finançament comunitari. La decisió presa no obliga cap país a autoritzar la construcció de nous reactors nuclears ni suposa partides de pressupostos comunitaris, però és important perquè crea un marc estable que pot influir en les decisions dels inversors. En paral·lel, l'Agència Internacional de l'Energia suggereix reconsiderar la utilitat d'aquesta energia també per a aplicacions no elèctriques, com la generació de calor industrial i la producció d'hidrogen per ajudar a aconseguir la neutralitat de carboni el 2050.

Per tancar el primer bloc, s'han inclòs dos articles que analitzen les repercussions econòmiques que ha tingut l'alça dels preus energètics viscuda el darrer any. El sistema marginalista en què es basa el mercat elèctric espanyol trasllada de seguida i totalment les variacions internacionals del preu del gas als preus elèctrics. A més genera, sense

estar justificat, beneficis extraordinaris i transferències de rendes dels consumidors als productors. Per reduir la factura elèctrica, el 15 de juny del 2022 es va introduir l'*excepció ibèrica*, una mesura que imposava un topall al preu del gas incorporat en l'estructura de costos de les empreses de cicles combinats. Aquest topall ha tingut importants efectes que analitzen **Manuel Hidalgo i Ramón Mateo**. Segons les estimacions dels autors, obtingudes amb models econòmics que aproximen l'evolució històrica dels preus cap al passat, la introducció de l'excepcionalitat ibèrica va reduir la factura mitjana dels consumidors amb PVPC en un 24 % entre la data d'entrada en vigor de la mesura i el 31 d'agost del 2022, respecte a la factura que haurien pagat si no s'hagués aplicat el topall. En termes econòmics, l'estalvi es valora en 700 milions d'euros. Ara bé, un altre efecte observat durant el període analitzat, és que va augmentar significativament l'ús de centrals de cicle combinat a costa d'un ús inferior de la hidràulica (no emissora de CO<sub>2</sub>) i de les centrals de cogeneració (més eficients). Els autors conclouen que hi ha un dilema insalvable entre mirar de reduir el preu del gas a curt termini i mantenir els incentius tant per reduir-ne el consum com per impulsar la descarbonització.

L'augment del preu de l'energia que hem mencionat en el punt anterior ha afectat especialment una part de la indústria, l'electrointensiva, com ara la siderúrgia, la química, el paper, el vidre, el ciment, la ceràmica i el tèxtil d'aigua. Com posa de manifest **Joan Vila**, en alguns d'aquests sectors (p .ex. la siderúrgia), l'energia pot arribar a representar un 40% del cost. Aquest escenari es va traduir en marges empresarials més reduïts, sobretot a l'inici del període inflacionista, quan les empreses tenien poca capacitat per augmentar els preus. Més tard, però, no es va poder evitar la repercussió dels costos energètics en els preus finals per garantir la viabilitat dels negocis. Un clar exemple d'aquesta evolució s'observa en la branca del tissú. Més enllà d'analitzar el que ha passat durant la crisi energètica, l'autor també fa hipòtesis sobre l'escenari que tindrem els propers mesos i anys, en el qual s'espera que el preu del CO<sub>2</sub> acabi repercutint en tots els sectors (no només en els electrointensius). La situació que viu l'economia avui és la prevista per al 2050, quan el preu del carboni havia d'arribar als 400 €/tCO<sub>2</sub>, i el cost del gas als 90-110 €/MWh. L'economia podrà aguantar aquesta situació si l'Administració actua de manera ràpida i decidida, accelerant les inversions i els tràmits per desplegar, entre d'altres, la generació fotovoltaica que permetria tenir uns preus de l'electricitat molt baixos durant les hores solars. Per concloure, l'autor remarca que si Catalunya no inverteix en la transició energètica i aprofita l'oportunitat, la seva economia tindrà una pèrdua substancial de pes. Caldrà substituir la química orgànica del petroli per una de nova amb hidrogen, reciclar el 70% del plàstic (el percentatge actual és del 20 %), fabricar els productes amb menys material i canviar l'estructura del transport, amb menys trans-

port aeri i més tren. Les millores de productivitat seran en eficiència i amb menys consum de recursos.

La transició cap a un model de zero emissions tindrà costos importants i requerirà finançament i altres tipus d'incentius per dur-la a terme. Això és el que s'analitza en el **segon bloc de la Nota d'Economia**, que comença abordant com la fiscalitat energètico-ambiental pot ajudar a abordar els grans reptes causats pel sector energètic. **Xabier Labandeira** analitza el potencial d'aquests instruments per afectar la demanda, és a dir, modificar comportaments i promoure entre consumidors i productors alternatives netes. Per exemple, el gravamen de les emissions de carboni afavorirà el desenvolupament i la implantació de tecnologies netes, perquè les fa relativament més barates. També cal remarcar que es tracta d'impostos amb una elevada capacitat recaptatòria perquè s'apliquen a béns de baixa elasticitat, encara que aquest efecte no sigui la principal motivació per introduir aquest tipus de fiscalitat. Tot i les bondats d'aquests impostos, la seva aplicació és molt inferior a la desitjable per la impopularitat entre els ciutadans i l'acció de diversos grups d'interès. L'aplicació d'aquests impostos és especialment baixa en el cas espanyol, per això es proposen actuacions que haurien de ser prioritàries, seguint les recomanacions del recent llibre blanc per a la reforma del sistema fiscal. En concret, cal reduir les barreres fiscals a l'electrificació (renovable) i intensificar el gravamen de consums i tecnologies fòssils (sobretot relacionats amb el transport). L'autor suggereix aprofitar les futures baixades dels preus dels combustibles per elevar-ne la fiscalitat. També alerta de la necessitat de comptar amb programes per mitigar els impactes distributius generats per les polítiques correctores. En aquest sentit, es recomana dissenyar un sistema compensatori sòlid i durador que inclogui transferències no vinculades a preus inferiors dels combustibles fòssils i focalitzades a les llars per sota un determinat llindar de renda. Les compensacions s'han de complementar amb programes no generalitzats que accelerin canvis d'equipament cap a tecnologies netes.

Com ja anticipava algun article mencionat anteriorment, la transició energètica requereix un volum molt gran de finançament. **Joan-Ramon Rovira i Jaume Martí**, del gabinet d'estudis econòmics de la Cambra de Comerç de Barcelona, ofereixen una quantificació i periodificació de la inversió necessària en fonts renovables a Catalunya que permetria el compliment dels compromisos climàtics de cara al 2030 i 2050. En concret, la Generalitat fixa l'objectiu de reducció dels gasos d'efecte hivernacle (GEH) del 27 % l'any 2030 en comparació amb els nivells del 1990, mentre que per al 2050, l'objectiu de referència és del 90 % (el marcat pel govern estatal). A més, els autors apliquen la hipòtesi que el procés de descarbonització a Catalunya seguirà una trajectòria lineal entre el 2030 i el 2050, amb un objectiu intermedi de reducció de les emissions del 58,5 % l'any 2040 en comparació amb

el 1990. En termes absoluts, les emissions a Catalunya s'haurien de situar en els 28,4 milions de TECO<sub>2</sub> i 3,9 milions de TECO<sub>2</sub> el 2030 i el 2050, respectivament (el 1990 eren 38,4). Si Catalunya mantingués la tendència històrica (1990-2019) de reducció de les emissions *per capita* (-0,4 % de mitjana anual) durant les tres dècades vinents, s'estaria lluny d'assolir els objectius climàtics. Els supòsits que fa l'estudi són que en el període 2020-2050 el PIB *per capita* creixeria un 1,1 % de mitjana anual i hi hauria una disminució anual mitjana del 2 % de la intensitat energètica i una reducció anual mitjana del 7,0 % de la ràtio d'emissions de GEH per unitat de consum d'energia. En aquest escenari, la inversió necessària en energies renovables que caldria per complir amb els objectius de neutralitat climàtica seria de 59.024M€ durant el període 2022-2050, fet que li permetria disposar de 62.980 MW addicionals de potència elèctrica en energies renovables el 2050 respecte als 4.092 MW de l'any 2020. En altres paraules, Catalunya hauria de dedicar, en mitjana, el 0,67% del PIB cada any fins al 2050 per aconseguir un sistema elèctric 100% renovable. Ara bé, la inversió no seria lineal al llarg del temps.

Per primer cop, com expliquen **Jacint Enrich i Mar Reguant**, vivim una situació d'emergència climàtica i de crisi energètica que ofereix l'oportunitat d'actuar en el curt termini sense demorar més la descarbonització de l'economia. El 2021 només el 17 % de la demanda d'electricitat a Catalunya provenia de fonts renovables, lluny del 42% al conjunt de l'Estat espanyol. Això s'explica pel pes elevat de l'energia nuclear a Catalunya, però no pot obviar el fet que s'hagi invertit molt poc en renovables els darrers anys. En l'actualitat, invertir en renovables ja és més rendible que seguir instal·lant nous projectes basats en la producció d'electricitat a partir del gas, i això serà determinant en la transició energètica que, a Catalunya, requerirà una inversió en les diferents tecnologies estimada en 12.000 milions d'euros. Si volem no només accelerar la transició, sinó que també sigui justa, hem de tenir en compte que l'impacte desigual en les llars en funció de la seva renda. De mitjana, a finals del 2021, la factura energètica va suposar el 19,5 % de la renda total disponible per a les llars més pobres (un 40 % més que a finals del 2020). També varia en funció de la renda la capacitat d'invertir en actius clau per a la transició energètica, com el cotxe elèctric o els panells solars; només les llars amb ingressos alts poden permetre-s'ho. Això fa que les subvencions a aquest tipus de béns duradors acabin beneficiant més als quintils més alts i, per tant, acabin sent regressives. Una solució passaria per condicionar els subsidis a un nivell d'ingressos determinat. Entre les recomanacions incloses en l'article, també apareix la necessitat d'augmentar la inversió en transport públic (per exemple, en la xarxa de Rodalies), la qual es podria fer si s'incrementés l'execució de la inversió estatal, que és molt inferior a la pressupostada. En definitiva, segons els autors, per avançar és urgent un gran pacte polític i social que prioritzi la transició energètica.

La pujada dels preus dels productes energètics el 2021, i especialment el 2022, ha agreujat la situació de moltes llars que ja patien una situació de pobresa energètica. Entendre i quantificar aquest fenomen és cabdal per dissenyar polítiques per fer-hi front. Però com expliquen **Elisenda Jové-Llopis i Elisa Trujillo-Baute**, no comptem amb una definició europea comuna de la pobresa energètica. Les autores ofereixen una panoràmica de diverses formes de mesurar la pobresa i ofereix xifres per a Catalunya i l'entorn proper. Una d'aquestes mesures és l'indicador LIHC, segons el qual una llar és identificada com a pobra energètica si té uns ingressos per sota del llindar de pobresa (60 % de la mediana equivalent) i una despesa energètica que se situa per sobre d'un llindar energètic (mediana equivalent de la despesa en energia calculada sobre el total de les llars). D'acord amb aquest índex, Catalunya s'ha mantingut amb unes taxes de pobresa energètica lleugerament per sota de la mitjana espanyola, exceptuant l'any 2021, quan la taxa de pobresa energètica va arribar al 10,22 %. A l'altre extrem, al voltant de la Comunitat de Madrid hi ha un anell persistent d'alta pobresa energètica. L'article identifica diferències importants en funció de les característiques de l'habitatge, la composició de les llars o variables socioeconòmiques. Per exemple, les àrees rurals o amb menys densitat de població mostren un nombre més alt de llars en situació de pobresa energètica i quatre de cada cinc llars catalanes en pobresa energètica estan en edificis que tenen més de 25 anys d'antiguitat. En la darrera part de l'article es presenten mecanismes per abordar la pobresa energètica, que requereixen la col·laboració entre diferents actors. Les autores assenyalen que les polítiques *top-down* implantades fins ara pel Govern espanyol no arriben a tots els col·lectius vulnerables i també recomanen complementar les mesures pal·liatives amb mesures de prevenció que redueixin la despesa energètica.

La transició energètica requereix una forta inversió pública i privada per descarbonitzar el sistema energètic, tant per influir sobre l'oferta com la demanda energètica. Pel costat de l'oferta, les inversions han de servir per instal·lar més capacitat de producció d'energia renovable, així com ampliar la xarxa elèctrica. Pel costat de la demanda, el sector residencial i el productiu ha d'invertir en eficiència energètica i electrificació. La Unió Europea compta amb una eina per impulsar la transició: els fons NextGenerationEU (NGEU), pensats per accelerar la transformació digital i verda d'Europa. L'objectiu europeu situa la reducció d'emissions de CO<sub>2</sub> en el 55% l'any 2030 (comparat amb els nivells del 1990). En el darrer article d'aquest bloc, **Xavier Pedrós** discuteix les inversions necessàries, en la dècada 2021-2030, per arribar a l'objectiu europeu i fins a quin punt el Mecanisme de Recuperació i Resiliència (MRR) –la pedra angular dels NGEU– està alineat amb la transició energètica. Pel que fa al volum d'inversió, la Comissió Europea estima que, en el conjunt de la UE, es requereix una inversió d'1,1 bilions d'euros anuals en el període 2021-2030 (de mitjana, un 7,6 % del PIB en tot



el període). Això implica fer una inversió addicional anual de 420.000 milions d'euros (respecte la inversió feta la darrera dècada), que representa un 2,8 % del PIB. On hi ha més necessitat d'inversió és en modificar la demanda energètica (sobretot la descarbonització dels sectors del transport i residencial). Quant a l'enfocament de l'MRR, el 36 % dels fons (180.000 milions d'euros) es destina a projectes per descarbonitzar el sistema energètic. Geogràficament, s'observa un major esforç inversor (en relació amb el PIB) a l'est i el sud d'Europa, en línia amb unes necessitats d'inversió més altes en aquests països. L'article posa de manifest que la inversió pública mobilitzada per l'MRR, tot i que imprescindible, no és suficient per cobrir les necessitats d'inversió ja que només cobreix el 5 % de la bretxa d'inversió. Per això és imprescindible sumar-hi l'esforç del sector privat i el de l'administració (a través de fons que complementin el MRR).

El **darrer bloc** de la revista inclou quatre aplicacions pràctiques que ajuden a visualitzar com es materialitza la transició energètica a casa nostra. L'economia catalana té una llarga tradició industrial i una de les branques de més pes és l'automoció. També és una de les branques que afronta majors reptes, des de l'escassetat de semiconductors per produir els vehicles del segle XXI fins al canvi cap al vehicle elèctric que permeti reduir les emissions. **Ramon Comellas i Joan Pallisé** examinen com està posicionada Catalunya per liderar la mobilitat elèctrica en aquest context de reptes complexos. Segons l'Agència Europea del Medi Ambient el transport és l'únic sector en què les emissions de GEH han augmentat en les darreres tres dècades, amb un increment del 33,5 % entre el 1990 i el 2019. A més, és el sector amb més pes en les emissions globals de GEH el 2020 (un 27 %), seguit de la indústria. El transport representa prop del 45 % de l'energia final consumida a Catalunya i emet un total de 39,94 MTECO<sub>2</sub>, de les quals un 29,2 % corresponen a les emissions del transport per carretera. Una dècada enrere la reducció de la demanda i la dependència del petroli semblava gairebé impossible. Però l'electromobilitat, que ha crescut de forma exponencial arreu del món, obre la possibilitat de trencar la dependència que la mobilitat i el transport tenen dels carburants; l'electricitat de procedència renovable n'és el complement ideal. Ara bé, a Catalunya els avenços en el desplegament de les energies renovables no han estat al ritme desitjable, com diversos autors han apuntat. On sí que hi ha hagut progressos notables és en l'eficiència dels vehicles: un vehicle de combustió interna de tipus mitjà consumeix 7-10 l / 100 km (equivalent a 70-100 kWh / 100 km), mentre que un vehicle elèctric similar tan sols consumirà entre 15 i 35 kWh, la qual cosa significa triplicar l'eficiència. L'electromobilitat, a més, ofereix la possibilitat de renovar el parc automobilístic (un dels més envellits en l'entorn europeu). Tot i els avenços tecnològics, encara hi ha molt recorregut perquè els vehicles elèctrics tinguin preus més reduïts i millors prestacions. Els autors recomanen que, mentrestant, se segueixi facilitant l'adquisició

de vehicles elèctrics i la instal·lació de punts de recàrrega, molt especialment en els sectors que han de liderar la reconversió, com les flotes d'autobusos i taxis, els vehicles empresarials, els vehicles oficials, etc. A més, és necessari dissenyar i homogeneïtzar una xarxa d'electrolineres que cobreixin tot el territori, començant per les vies principals.

Recentment, s'ha creat el concepte de la Vall de l'Hidrogen de Catalunya (VHC), que actua com a centre de coordinació de tots els actors públics i privats a fi de promocionar sinergies per al desplegament de les tecnologies de l'hidrogen, un altre dels elements clau en la transició energètica. **J.R. Morante i J.R. Galan-Mascarós** presenten els reptes d'aquest sector i el paper que jugarà la VHC. Com apunten els autors, qualsevol nou vector energètic ha de complir diverses condicions: ha de tenir alta densitat energètica, no produir emissions de CO<sub>2</sub> ni altres contaminacions, basar-se en fonts abundants i tecnologies madures per a la producció i tenir uns costos competitius i facilitat d'emmagatzematge i transport. L'hidrogen verd, produït a partir d'energies renovables, compleix totes aquestes condicions i la UE l'ha inclòs dins de l'estratègia REPowerEU per al 2030. Actualment, l'hidrogen s'utilitza com a matèria primera en molts sectors industrials, però, actualment, l'hidrogen d'ús industrial prové majoritàriament de la combustió del gas natural amb aigua, que provoca grans emissions de CO<sub>2</sub> (és l'anomenat hidrogen gris). A Catalunya, la petroquímica de Tarragona és a hores d'ara la principal consumidora d'aquest tipus d'hidrogen i, per tant, una mesura eficaç que contribuiria a descarbonitzar seria afegir producció verda al primer consumidor d'hidrogen industrial. Més enllà de la petroquímica, la metal·lúrgia i el transport no lleuger serien altres grans consumidors d'hidrogen. Per al desplegament eficient de les tecnologies de l'hidrogen cal coordinació entre les infraestructures del país. Entre d'altres, s'han de desplegar energies renovables i una xarxa de "benzineres d'hidrogen". A més, es necessita un full de ruta ben definit perquè tota la cadena de valor de les tecnologies de l'hidrogen (que inclou, entre d'altres, la fabricació d'electrolitzadors, la producció de piles de combustibles, etc.) estigui ben coberta. Aquest full de ruta ha de tenir en compte que la disponibilitat de fonts d'energia renovable a Catalunya és limitada. Posar en marxa el full de ruta requereix una inversió elevada que, en una primera fase (el 2030), es xifra per sobre dels 7.500 milions d'euros, que cobririen electrolitzadors, instal·lacions i fonts renovables associades. Tot i les limitacions, els autors consideren que l'hidrogen verd podria aportar molt valor afegit a la indústria catalana.

Els dos darrers articles de la Nota d'Economia 107 aborden el nou paradigma que representen les comunitats energètiques. D'una banda, **Santi Martínez** aborda aquesta temàtica des d'un punt de vista legislatiu. La definició de les comunitats ciutadanes d'energia queda recollida en la Directiva 2019/944 de normes comunes per al mercat

elèctric intern del Paquet d'Energia Neta per a Tots els Europeus. L'autor defineix les comunitats ciutadanes d'energia com una eina de què disposa la ciutadania per canviar el model energètic, no només tecnològicament sinó també socialment, modificant l'*statu quo* dels últims 120 anys, basat en grans inversions i sistemes centralitzats de generació i xarxes de transport en què la ciutadania no ha pogut influir. La directiva mencionada permet imaginar fins on poden arribar les comunitats ciutadanes d'energia, però, com tota directiva, té cert marge per a la interpretació a l'hora de transposar-la a la legislació nacional. Per tant, l'aplicació final dependrà de com es transposi a la normativa espanyola. Fins ara s'han aprovat diverses normes jurídiques per transposar les directives europees a Espanya. Si bé es manté l'esperit de la directiva europea, els detalls de la normativa espanyola aprovada porten a seguir excloent les grans empreses, només s'accepten els projectes d'energies renovables i s'evita parlar de la distribució d'electricitat i altres capacitats, limitant-se a la generació, l'eficiència energètica i la mobilitat sostenible. A parer de l'autor, és important pressionar les institucions de l'Estat perquè les transposicions de la directiva europea siguin àmplies i generoses, i que facilitin la implantació de tot tipus de comunitats energètiques. Pel que fa a Catalunya, la Llei 16/2017 del canvi climàtic de la Generalitat de Catalunya no fa cap menció de les comunitats energètiques, ja que és prèvia a la directiva europea mencionada.

D'una altra banda, per complementar l'anàlisi jurídica de les comunitats energètiques, **Albert Banal-Estañol**, analitza els guanys i reptes ambientals econòmics i socials de les comunitats energètiques. El nou model energètic –descarbonitzat i dependent de fonts renovables– permetrà que, tant la ciutadania com les institucions privades i públiques, puguin impulsar iniciatives energètiques col·lectives i formar *comunitats energètiques* destinades, entre d'altres, a produir les necessitats energètiques dels seus membres utilitzant energies renovables. L'article fa un repàs del desenvolupament de les comunitats energètiques a Europa. Els primers exemples de generació d'energia basada en la comunitat es van desenvolupar a Dinamarca a finals del segle xx. L'any 2020, Europa tenia unes 3.500 cooperatives d'energies renovables, amb una forta presència a Alemanya, que es troba a gran distància d'Espanya. Les comunitats energètiques ofereixen nombrosos beneficis. Entre d'altres, acceleren la transició energètica, proporcionen guanys econòmics, eficiència energètica i seguretat de subministrament i aborden el problema del NIMBY («al pati de casa meva, no»). A més, la literatura acadèmica troba que les comunitats energètiques poden ajudar a democratitzar el sistema energètic i, per tant, contribueixen a que la transició energètica sigui més justa, tal com demana la UE. També són positives des d'un punt d'equitat i justícia: les comunitats energètiques locals poden, per exemple, abordar la pobresa energètica oferint tarifes més baixes als més vulnerables o ajudant-los a ser més eficients energèticament. Tot i els beneficis mencionats, tam-

bé hi ha barreres importants per al desenvolupament de les comunitats energètiques que cal conèixer, com les incerteses jurídiques, les barreres tècniques i tecnològiques, els aspectes organitzatius i els riscos financers. A més, tot i que les comunitats energètiques locals tenen el potencial d'empoderar les persones vulnerables perquè hi participin, aquest col·lectiu es troba amb barreres que fan que estigui infrarepresentat. En qualsevol cas, l'autor conclou que la participació ciutadana en la presa de decisions és l'*única* opció si la descarbonització s'ha de produir d'una manera justa i inclusiva.

Esperem que la Nota d'Economia 107 hagi ajudat els lectors a entendre millor els canvis que implicarà la transició energètica i quins seran els principals elements del nou model energètic que necessitem per descarbonitzar l'economia i protegir el nostre planeta.

# Bloc I. Model energètic català i context europeu

# La Prospectiva Energètica de Catalunya. El full de ruta de la transició energètica en l'horitzó del 2050

**Institut Català de l'Energia (ICAEN)**  
**Generalitat de Catalunya**

## 1. Context de la transició energètica

L'energia és segurament el tema de què, en els darrers mesos, tothom parla. Nou marc energètic i climàtic europeu, noves normatives per reduir energia en tots els sectors, objectius en matèria d'energies renovables cada vegada més ambiciosos, etc. A més, la conjuntura actual, que ha fet evidents importants aspectes de seguretat del subministrament energètic i amb preus de l'energia molt volàtils, ha posat de manifest la feblesa del nostre model energètic davant les externalitats i aporta més motius per fer realitat, amb urgència, la transició cap a una economia descarbonitzada. L'energia és un recurs bàsic per al desenvolupament de la societat i, per tant, preocupa i se'n parla en tots els nivells (estratègic, d'impacte sobre el territori, d'impacte climàtic, de costos, de seguretat de subministrament, etc.).

En un context de canvi continu (geopolític, normatiu, social, digital i tecnològic) i en què les conseqüències del canvi climàtic ja són conegudes per tothom, és lògic que l'energia esdevingui un aspecte clau per afrontar aquestes conseqüències i que les administracions públiques i els governs dissenyin i planifiquin estratègies de futur sobre el model energètic a què aspiren a arribar. En aquest sentit, la UE s'ha anat situant com a líder estratègic en la lluita contra el canvi climàtic i de la transició energètica, apostant per un model socialment just, més competitiu, de qualitat, de creixement sostenible i eficient en l'ús de recursos. Per aconseguir-ho, ha establert l'ambiciosa fita d'assolir la neutralitat climàtica l'any 2050.

Seguint el camí de la UE i sent coherents amb els objectius climàtics internacionals i estatals, el Govern de la Generalitat de Catalunya va aprovar la Llei 16/2017 del canvi climàtic i el Pacte Nacional per a la Transició Energètica (PNTE), que afavoreixen una transició cap a una

economia neutra en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, competitiva, innovadora i eficient en l'ús dels recursos. Aquests dos documents estableixen les estratègies per assolir aquesta transició cap a un nou model energètic net, competitiu, descentralitzat i distribuït, participatiu, democràtic i socialment inclusiu i basat al 100 % en energies renovables l'any 2050.

A partir de la Llei 16/2017 i del PNTE, el febrer del 2022 es presenta la Prospectiva Energètica de Catalunya 2050 (PROENCAT 2050).<sup>1</sup> La PROENCAT 2050 és l'eina estratègica indispensable que defineix els aspectes clau del nou sistema energètic de Catalunya a llarg termini i estableix les estratègies que caldrà seguir per aconseguir l'objectiu fixat de la neutralitat climàtica l'any 2050. Ho fa a través d'una previsió numèrica de l'oferta i de la demanda energètiques, avaluant-ne l'impacte econòmic, social i mediambiental. La PROENCAT 2050 també és una eina per valorar diferents rutes de la transició energètica a Catalunya i analitzar els avantatges i inconvenients de les diferents opcions, a fi d'ajudar a la presa de decisions.

## 2. Principis vertebradors de la PROENCAT 2050

L'escenari objectiu de la PROENCAT 2050 es basa en l'aplicació d'uns principis vertebradors que s'han fixat a partir del context normatiu europeu, espanyol i català i dels documents i estudis prospectius que s'han elaborat anteriorment a l'ICAEN. Els principis vertebradors de la PROENCAT 2050 són els següents:

- **Assolir la neutralitat climàtica a Catalunya el 2050.** És el principal objectiu de la PROENCAT 2050. Per aconseguir-lo, les emissions de CO<sub>2</sub> de Catalunya associades al cicle energètic l'any 2050 hauran de ser gairebé nul·les: s'hauran de reduir en un 99,8 % respecte a les del 1990. Arribar a un valor tan reduït permetrà reservar la pràctica totalitat de la capacitat d'absorció natural de CO<sub>2</sub> per compensar les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) de la resta de sectors (emissions no associades a l'energia dels processos industrials, agricultura, ramaderia i residus), facilitant així la neutralitat climàtica de Catalunya.
- **Abandonar el model energètic fòssil-nuclear** de manera progressiva, tal com ja s'establia al PNTE i a la Llei 16/2017 del canvi climàtic. Per assolir la neutralitat climàtica, és evident que cal utilitzar fonts energètiques que no emetin CO<sub>2</sub> o altres GEH. La PROENCAT 2050 ha confirmat la viabilitat tècnica i econòmica d'aquest objectiu.

<sup>1</sup> Aquest article és una síntesi de la PROENCAT 2050, que encara no s'havia publicat en el moment de l'aparició de la *Nota d'Economia*, 107.

- **Aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables.** Catalunya, actualment, té una dependència energètica de l'exterior molt elevada i està exposada a les decisions estratègiques d'altres països i actors que l'afecten. L'abandonament de les energies fòssils i nuclear i l'aposta per la sobirania energètica amb energies renovables eliminaran aquesta dependència energètica exterior i mitigaran els efectes dels conflictes geoestratègics relacionats amb l'energia, cada vegada més freqüents i més intensos. En aquest sentit, els estudis sobre els potencials de les energies renovables a Catalunya mostren que es donen les condicions per fer una aposta radical pel desenvolupament de les energies renovables autòctones a Catalunya, fonamentalment les lligades a la producció d'energia elèctrica.
- **Minimitzar l'ocupació del territori.** El desplegament d'energies renovables que es requerirà per aconseguir els objectius tindrà molta transcendència pel que fa a l'ocupació del territori. Es podria haver optat per fer una transició energètica basada en la importació d'energies renovables, solució que no incrementaria l'ocupació del territori, però que no reduiria la dependència energètica de Catalunya del model fòssil-nuclear que tenim avui. Assumint l'impacte sobre el territori de les energies renovables, caldrà prendre les decisions adequades per minimitzar l'ocupació d'aquest territori per a la generació renovable, i caldrà encaixar totes les activitats que es duen a terme al territori tenint en compte les seves prioritats i aplicant diversos principis, com ara aconseguir la sobirania alimentària, evitar concentracions excessives, mitigar l'impacte paisatgístic, preservar la biodiversitat, reduir els impactes mediambientals, etc.
- **Empoderar ciutadans i empreses i impulsar la transformació social.** La transició energètica suposa una transformació social que implicarà canvis en la vida diària de les persones i en la presa de decisions a les empreses. Perquè aquests canvis es produeixin, cal que els ciutadans i les empreses s'empoderin i se sentin realment protagonistes de la transformació. En aquest sentit, la necessitat que el paper dels consumidors en el sistema energètic sigui més actiu s'ha anat incorporant al marc legislatiu de la Unió Europea i a les normatives catalanes.
- **Desenvolupar una economia pròspera, moderna, competitiva i circular.** La transició cap a la neutralitat climàtica ha d'anar acompanyada del desenvolupament d'una economia moderna, eficient en l'ús dels materials, competitiva i amb un consum d'energia inferior. A més, la transició ha de protegir la salut i el benestar dels ciutadans i ha de ser justa i integradora. Catalunya aposta per una reindustrialització de la seva economia, fortament circular, aprofitant bona part dels residus i subproductes i procurant que tots els productes es puguin reutilitzar, reparar o reciclar.



- **Posar en primer lloc l'eficiència energètica**, com a principi general que cal tenir en compte en tots els sectors. L'oferta limitada de formes d'energia renovable porta a la necessitat d'utilitzar l'energia amb eficiència, en dos aspectes clau. En primer lloc, cal reduir la demanda d'energies útils, disminuint les necessitats de mobilitat, calefacció, refrigeració, etc. En segon lloc, cal cobrir aquestes demandes d'energia útil amb les tecnologies d'ús final que tinguin el màxim nivell d'eficiència.
- **No deixar ningú enrere.** La transició energètica cap a la neutralitat climàtica ha d'assegurar que tots els ciutadans puguin exercir el seu dret a disposar d'un subministrament d'energia, posant un especial èmfasi en la lluita contra la pobresa energètica. La transició també ha de ser justa. S'han d'aprofitar totes les oportunitats que ofereix la mateixa transició energètica per millorar i assegurar els llocs de treball dels sectors econòmics que es veuran afectats per la transició energètica i no deixar ningú enrere.
- **Aplicar el principi de neutralitat tecnològica cost-eficient**, apostant per les tecnologies que tenen unes millors prestacions des del punt de vista dels àmbits de l'energia, el medi ambient i els materials, de manera simultània. És per això que s'ha apostat per una electrificació elevada de l'economia, per utilitzar les renovables tèrmiques on tinguin més valor, per usar selectivament l'hidrogen verd renovable i per considerar que els combustibles i els materials sintètics no són una opció estratègica per a Catalunya.
- **Assegurar un subministrament energètic assequible i segur** per als ciutadans i les empreses. L'energia és un factor de cost per a l'economia i, per tant, com més se'n redueixi el cost, millor. L'aposta per les energies renovables contribueix a assegurar aquest desenvolupament sostenible, perquè aquestes tecnologies ja són les més econòmiques avui en dia i encara seran més competitives en el futur. En aquest sentit, el mix elèctric previst a la PROENCAT 2050 comporta un preu mitjà de generació elèctrica (en termes de *levelized cost of energy*, LCOE) de 51,69 €/MWh per a l'any 2050.
- **Dissenyar un nou sistema elèctric i el seu funcionament.** Donat que es preveu una elevada electrificació de l'economia, caldrà construir un sistema elèctric completament nou, tant pel que fa al disseny com a la implantació territorial i al funcionament. Les xarxes elèctriques hauran de ser intel·ligents per permetre la gestió de la demanda i la generació distribuïda de proximitat i per facilitar el desenvolupament de les comunitats d'energies renovables i les comunitats ciutadanes d'energia. Caldrà implantar l'emmagatzematge d'electricitat en quatre nivells (consumidor individual, comunitats locals, associat a xarxes de distribució i transport i grans sistemes

singulars –bombament hidroelèctric, centrals hidroelèctriques de regulació, etc.–) i una elevada cooperació amb els sistemes elèctrics veïns, per gestionar els desajustos diaris, setmanals i estacionals entre la generació i la demanda.

- **Apostar decididament per la recerca, el desenvolupament i la innovació.** Bona part de les possibilitats d'èxit en la consecució de la neutralitat climàtica del cicle energètic l'any 2050 es basen en la disponibilitat de tecnologies que permetin reduir les necessitats d'energia, utilitzar electricitat renovable o energies renovables tèrmiques i, en general, disminuir o capturar les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle. Algunes d'aquestes tecnologies ja són madures avui en dia, però n'hi ha d'altres que són molt incipients.

### 3.

#### Estratègies en l'àmbit energètic

Aquests principis vertebradors constitueixen el marc en què s'han desenvolupat les estratègies necessàries per assolir els objectius marcats i que, a la vegada, seran la base i la guia per elaborar una previsió numèrica de l'oferta i de la demanda energètiques i avaluar-ne l'impacte econòmic, social i mediambiental.

Les estratègies que s'han considerat són les següents:

Estratègies d'entorn associades directament a principis vertebradors

- Impulsar l'economia circular i fomentar la bioeconomia
- Empoderar els ciutadans i les empreses com a protagonistes del sistema energètic
- Lluitar contra la pobresa energètica i defensar el consumidor vulnerable
- Assegurar una transició justa i inclusiva
- Minimitzar l'ús de territori per a usos energètics i preservar els usos de més valor

Estratègies operatives transversals

- Reduir el consum d'energia sense reduir el benestar i el creixement econòmic
- Electrificar l'economia
- Fer un ús selectiu de l'hidrogen renovable
- Aprofitar la transició energètica per al desenvolupament empresarial i la creació de llocs de treball de qualitat
- Establir el finançament i la fiscalitat adequats per a la transició energètica
- Orientar la recerca, el desenvolupament i la innovació en l'àmbit energètic cap a la transició energètica

#### Estratègies operatives sectorials: demanda

- Descarbonitzar el sector primari
- Implantar una mobilitat neta, segura i connectada
- Descarbonitzar el sector industrial
- Descarbonitzar els edificis i els serveis no associats a edificis.

Edificis de consum gairebé nul (NZEB) i edificis de zero emissions.

Rehabilitació generalitzada del parc d'edificis existents

#### Estratègies operatives sectorials: oferta

- Desplegar les energies renovables a gran escala
- Apostar per l'autoconsum i la generació de proximitat
- Preservar la utilització de la biomassa per a usos tèrmics i com a matèria primera

#### Estratègies operatives sectorials: sector energètic

- Redissenyar el sistema elèctric. Protagonisme de la xarxa de distribució. Suport mutu entre els sistemes veïns
- Impulsar l'emmagatzematge d'electricitat (bombament i bateries)

## 4.

### Resum dels principals resultats i previsions energètics

L'objectiu de la descarbonització en l'horitzó del 2050 implica transformar tot un conjunt de sectors afectats. El repte consisteix a descarbonitzar el sistema de generació elèctrica, però també el consum d'energia final dels diferents consumidors (indústria, transport, domèstic, serveis i primari), així com el sector de producció de combustibles.

En primer lloc, es formula una primera hipòtesi sobre l'entorn socio-econòmic de Catalunya a llarg termini. Aquesta primera hipòtesi estableix un creixement econòmic moderat (creixement del PIB entre el 2017-2050 en termes constants del 62,1 %, un 1,5 % de mitjana anual, coherent amb les previsions de la UE i Espanya), un lleuger increment de la població (en línia amb les previsions de l'Idescat), una aposta per la reindustrialització, l'impuls a la sobirania alimentària amb una potenciació selectiva del sector primari i la indústria agroalimentària, i una millora dels hàbits de consum, mobilitat, alimentació, etc., més saludables i sostenibles i que afavoreixin la lluita contra el canvi climàtic.

Respecte a la previsió de la futura demanda d'energia, la PROENCAT 2050 ha considerat una evolució en el canvi d'hàbits dels propers anys, com ara la reducció de les necessitats de béns i serveis associada a aquest canvi d'hàbits (transport, treball, alimentació...), la implantació generalitzada de l'economia circular en els sectors productius i l'impuls del transport públic col·lectiu o el transport de mercaderies en tren.

A més a més d'aquest esforç en eficiència energètica, la tendència majoritària en la demanda serà l'electrificació, i això comportarà, com a conseqüència, una important reducció del consum energètic. Cada vegada més consums passaran a ser elèctrics, amb l'objectiu d'aprofitar la flexibilitat més gran del sistema elèctric per introduir energies renovables i reduir emissions contaminants. És a dir, es passarà dels motors de combustió a una mobilitat elèctrica, d'una climatització amb ús de calderes de gas natural a edificis dotats de sistemes de bomba de calor, o a l'electrificació d'una part dels processos industrials que avui en dia són, majoritàriament, tèrmics.

Aquesta alta electrificació s'acompanyarà d'una utilització selectiva de combustibles renovables i gasos d'origen renovable, incloent-hi l'hidrogen. Aquests combustibles d'origen renovable seran estratègicament importants en determinats sectors específics que tenen una demanda de combustibles difícilment substituïbles per l'energia elèctrica (aviaió, transport pesant per carretera, tractors, pesca, transport marítim de cabotatge i internacional i determinats processos industrials).

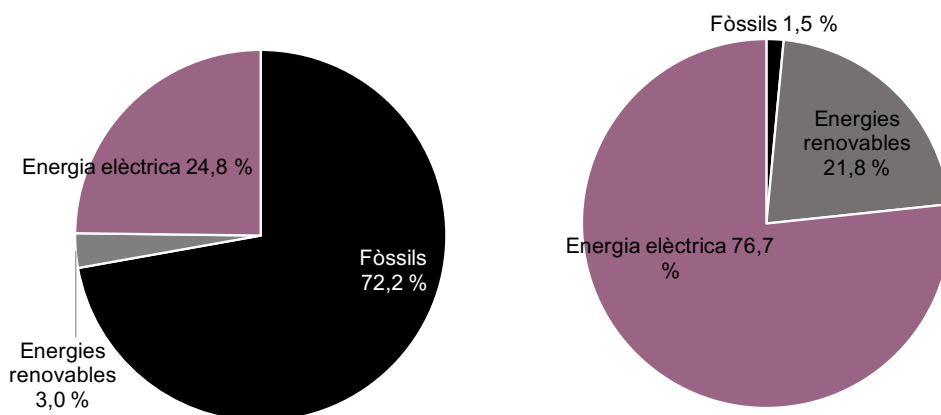
En conjunt, en l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050, el consum d'energia final es redueix en un 30,7 % l'any 2050 respecte al consum de l'any 2017 (equivalent a un 1,1 % anual) (quadre 1). En aquest escenari, cal destacar la pràctica eliminació del consum de combustibles fòssils (només representa l'1,5 % del consum final d'energia de l'any 2050) (gràfic 1), mentre que l'energia elèctrica s'incrementa en un 114,6 % en aquest període (passa a representar el 76,6 % del consum final d'energia). D'altra banda, les energies renovables augmentarien en un 402,9 % en aquest període 2017-2050.

**Quadre 1. Variacions previstes en el consum d'energia, en els principals factors desencadenants del consum d'energia (PIB, VAB, habitatges principals) i en la intensitat energètica per als diferents sectors de consum d'energia final**

Sector	Consum d'energia	Factors (PIB/VAB/habitatges)		Intensitat energètica
Primari	-6,1 %	42,3 %	VAB sectorial	-34 %
Indústria	-9,3 %	91,6 %	VAB sectorial	-52,7 %
Transport	-50,6 %	62,1 %	PIB	-69,5 %
Serveis	-19 %	59,8 %	VAB sectorial	-49,3 %
Domèstic	-37,1 %	24,9 %	Habitatges principals	-49,6 %
<b>Total</b>	<b>-30,7 %</b>	<b>62,1 %</b>	<b>PIB</b>	<b>-57,2 %</b>

Font: elaboració pròpia, a partir de la PROENCAT 2050.

**Gràfic 1. Repartiment del consum d'energia final per formes d'energia (anys 2017 i 2050)**



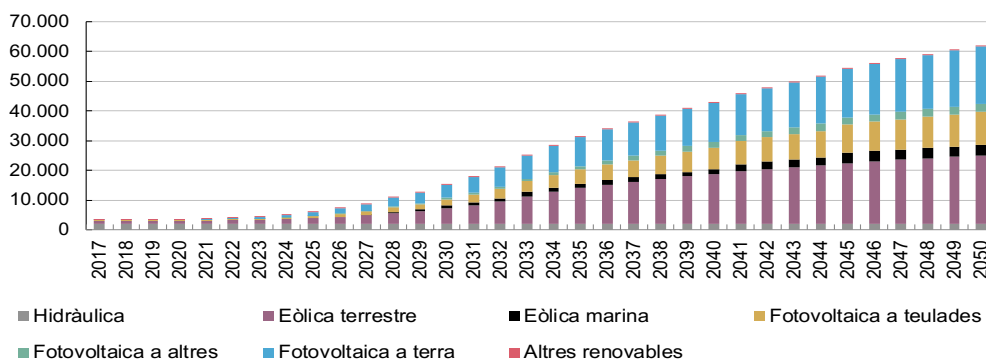
Font: elaboració pròpia a partir de la PROENCAT 2050.

Aquesta important reducció del consum d'energia final, que s'assoleix malgrat un increment global del PIB del 62,1 %, és deguda fonamentalment a la millora de l'eficiència energètica, que, com ja s'ha esmentat, és un dels principis vertebradors de la PROENCAT 2050. L'evolució de la intensitat energètica, que millora en un 57,2 % en el període 2017-2050, mostra com es desacobla el creixement econòmic de l'evolució del consum d'energia final en tots els sectors consumidors.

La contribució més important a la disminució del consum final d'energia en l'escenari objectiu la fa el sector del transport, que redueix el seu consum d'energia en un 50,6 % en el període 2017-2050, seguit del sector domèstic, que disminueix el seu consum final en un 37,1 %, i del sector serveis, que el redueix en un 19,0 %.

Pel que fa a la producció d'energia elèctrica, la PROENCAT 2050 preveu que tindrà un creixement important en tot el període 2017-2050, impulsada per la demanda creixent d'energia elèctrica que s'ha indicat anteriorment. Per cobrir aquesta demanda d'energia elèctrica, es preveu una transformació total del sistema elèctric català i la implantació massiva de sistemes de generació d'energia elèctrica d'origen renovable (gràfic 2).

**Gràfic 2. Evolució de la potència renovable instal·lada (període 2017-2050)**



Font: elaboració pròpia a partir de la PROENCAT 2050.

En conjunt, la potència instal·lada es multiplica per més de cinc, passant d'11.286,5 MW l'any 2017 (sense tenir en compte les centrals hidroelèctriques de bombament) a 61.861,8 MW l'any 2050 (quadre 2). La producció bruta d'energia elèctrica es multiplica per 2,5, passant de 46.910,3 GWh l'any 2017 (sense tenir en compte les centrals hidroelèctriques de bombament) a 117.472,9 GWh l'any 2050, i dependrà del nombre d'hores de funcionament de les instal·lacions eòliques i solars fotovoltaïques previstes, que estan limitades per la disponibilitat dels recursos naturals (radiació solar i vent).

**Quadre 2. Potència elèctrica instal·lada (MW) en l'escenari objectiu (període 2017-2050)**

	Escenari objectiu de la PROENCAT 2050			
	2017	2030	2040	2050
Total (sense emmagatzematge)	11.286,5	21.757,8	44.667,1	61.861,8
Energies no renovables	7.809,1	6.349,5	1.699,9	0,0
Cicles combinats	3.714,2	3.714,2	1.699,9	0,0
Cogeneració no renovable	826,0	470,2	0,0	0,0
Altres no renovables	122,2	50,7	0,0	0,0
Nuclear	3.146,9	2.114,4	0,0	0,0
Energies renovables	3.477,4	15.408,4	42.967,2	61.861,8
Hidràulica	1.825,5	1.825,8	1.825,8	1.825,8
Residus sòlids urbans (RSU) renovables	26,2	26,2	26,2	0,0
Cogeneració renovable	0,0	72,0	122,4	122,4
Biogàs	60,1	65,4	68,4	75,0
Biomassa forestal i agrícola	4,0	4,0	4,0	0,0
Eòlica	1.268,7	6.234,2	18.439,0	26.636,0
Terrestre	1.268,7	5.234,2	16.939,0	23.136,0
Marina	0,0	1.000,0	1.500,0	3.500,0
Fotovoltaïca	268,6	7.156,5	22.431,5	33.152,7
Teulades	181,5	2.185,2	7.275,9	11.144,4
Altres	0,0	512,6	2.026,6	2.614,0
Terra	87,2	4.458,8	13.129,0	19.394,3
Solar termoelèctrica	24,3	24,3	50,0	50,0
Emmagatzematge	534,0	2.234,0	4.034,0	7.234,0
Hidràulica de bombament	534,0	2.034,0	3.534,0	3.734,0
Bateries	0,0	200,0	500,0	3.500,0

Font: elaboració pròpia a partir de la PROENCAT 2050.

En l'escenari objectiu, d'acord amb els principis vertebradors de la PROENCAT 2050, es considera que no s'instal·larà cap nova central nuclear durant el període d'anàlisi i que els tres grups nuclears actualment existents a Catalunya es tancaran d'acord amb el calendari pactat entre el Govern espanyol i els propietaris de les centrals. També es preveu que les centrals de cicle combinat de gas natural actualment existents tanquin una vegada finalitzada la seva vida útil, que s'ha estimat

en trenta anys. D'acord amb aquest criteri, durant el període analitzat, estarien disponibles nou grups de generació el 2030, quatre el 2040 i cap grup l'any 2050. Igualment, es considera que no s'instal·larà en el futur més potència d'aquesta tecnologia. Respecte a les instal·lacions de cogeneració amb combustibles fòssils, es preveu que una part s'aculli a plans Renove, i entre aquestes instal·lacions, una part significativa es reconvertirà a la cogeneració basada en combustibles renovables.

Les instal·lacions de producció d'energia elèctrica amb energies renovables no gestionables (eòlica i solar fotovoltaica) constituïran la part més important del mix elèctric del futur. Així, l'any 2050, el 95,4 % de la producció d'energia elèctrica provindrà de parcs eòlics i instal·lacions solars fotovoltaïques no gestionables, mentre que actualment aquest percentatge arriba escassament al 7,1 %. A partir d'aquest mix, en l'escenari objectiu es considera que l'any 2050 el sistema elèctric català disposi de 33,2 GW d'energia solar fotovoltaica i de 26,6 GW d'energia eòlica.

Un criteri bàsic de la PROENCAT 2050 és minimitzar l'ocupació del territori. Per aquest motiu, s'ha prioritzat, en funció del potencial existent i de les característiques de la demanda elèctrica, la instal·lació de solar fotovoltaica en teulades i en espais antropitzats associats a infraestructures viàries, embassaments, etc. Així, en l'escenari objectiu, l'any 2050 es preveu que hi hagi instal·lats 11,1 GW solars fotovoltaics en teulades i 2,6 GW en espais antropitzats. L'objectiu d'implantació d'energia solar fotovoltaica en teulades (11,1 GW) representa el 60 % del potencial existent, un percentatge molt elevat, donada l'existència d'edificis on serà difícil ubicar aquestes instal·lacions a la pràctica (edificis desocupats, ruïnosa, etc.). D'altra banda, s'ha avaluat que l'ocupació addicional de territori deguda al desplegament de la generació elèctrica amb energia eòlica i solar fotovoltaica a terra serà d'un 2,5 % del territori de Catalunya.

L'emmagatzematge tindrà un paper fonamental aportant valor a qualsevol punt de la cadena de subministrament elèctric. D'una banda, es necessitarà emmagatzematge diari per equilibrar la demanda i l'oferta elèctriques en el cicle dia-nit, que serà aportat per les centrals hidroelèctriques de bombament (actuals i noves) i les bateries. D'altra banda, a una escala diferent, els sistemes elèctrics 100 % renovables han de considerar l'emmagatzematge estacional per poder traspasar l'energia elèctrica sobrant en els mesos d'estiu als mesos d'hivern. En aquest sentit, la producció elèctrica de les centrals hidroelèctriques de regulació (centrals amb embassament) exercirà un paper important.

Pel que fa a la resta del sector energètic, es preveu una transformació radical del sector energètic català en l'àmbit de les refineries i les

plantes d'olefines, basada en la bioeconomia i la utilització de residus i subproductes renovables.

Finalment, quant a les emissions de CO<sub>2</sub> associades al sistema energètic, la PROENCAT 2050 preveu que es vagin reduint gradualment de l'any 2017 al 2050, fins que arribin a un valor pràcticament nul. L'any 2050, el sistema energètic català s'haurà descarbonitzat gairebé del tot, a partir, fonamentalment, d'una millora molt significativa de l'eficiència energètica i del canvi a les energies renovables.

En definitiva, tot i que en les darreres dècades el sistema energètic català ha millorat els seus indicadors d'eficiència i sostenibilitat, en els propers anys cal continuar treballant intensament, destinant els recursos necessaris, per fer realitat la transició energètica cap a una economia totalment descarbonitzada, competitiva, eficient energèticament i que estigui basada en fonts energètiques renovables, i per contribuir al repte gegantí de la lluita contra el canvi climàtic. La PROENCAT 2050 és el full de ruta català que defineix el camí per avançar cap a aquest nou model energètic.

## 5. Bibliografia

GENERALITAT DE CATALUNYA. *Prospectiva Energètica de Catalunya (PROENCAT 2050)*. Publicació durant l'any 2023.

### Paraules clau

energia, transició energètica, eficiència energètica, energies renovables, descarbonització.



# El paper de l'energia en el benestar i en el progrés econòmic i social.

## Visió de futur dels enginyers industrials

**Josep M Montagut Freixas**

Enginyer Industrial

Vicepresident de la Comissió d'Energia del Col·legi/Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya

Vicepresident de la Comissió d'Energia del Col·legi/Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya En successives cimeres anuals de l'Organització de les Nacions Unides (ONU), els científics i la comunitat internacional han anat demanant mesures serioses per aturar l'escalfament del planeta. Europa s'ha fet ressò d'aquestes peticions i va anunciar que volia liderar el procés mundial de descarbonització. La guerra d'Ucraïna, però, amb restriccions de proveïment de gas natural i petroli, ha posat de manifest que Europa no havia preparat ni dissenyat bé la transició energètica cap a les energies renovables i que, potser, no podrà ser mai sobirana energèticament.

En aquest article exposaré una visió que tenim des de l'enginyeria sobre el repte que significarà la descarbonització per a Catalunya, com a part d'aquesta Europa que, amb dificultats, vol assolir el 2050 la completa descarbonització. Entenem que és important donar una visió general de la tasca gegantina que suposa canviar el model de l'economia productiva, que s'ha sustentat en els darrers 250 anys en l'extracció dels recursos energètics acumulats a la Terra al llarg de milions d'anys. A l'article faré referència sovint a l'estudi general *La transició energètica a Catalunya*, publicat per l'Associació/Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya (EIC) ([https://www.eic.cat/sites/default/files/Estudi\\_Transicio\\_Energetica\\_Catalunya\\_2022\\_CAT\\_V5.pdf](https://www.eic.cat/sites/default/files/Estudi_Transicio_Energetica_Catalunya_2022_CAT_V5.pdf)), al qual d'ara endavant em referiré com a *Estudi transició EIC*.

## 1.

### Què suposa la descarbonització de l'economia i en quines condicions s'ha de fer

#### 1.1.

##### Generar energia amb fonts renovables

Per descarbonitzar l'economia, ineludiblement s'ha de descarbonitzar el sector energètic, i s'ha de fer tenint en compte tres pilars:

1. **La seguretat del subministrament energètic:** gestió eficaç de les energies primàries, fiabilitat de les infraestructures i capacitat de les empreses energètiques per satisfer la demanda actual i futura.
2. **L'economia energètica:** accessibilitat i assequibilitat del subministrament d'energia a tota la població, amb el millor preu possible i amb oferta i mercats competitius.
3. **La sostenibilitat mediambiental:** arribar a zero emissions en la generació, el transport i l'ús de l'energia.

Un punt favorable és que la generació d'energia elèctrica renovable per satisfer la totalitat de la demanda d'aquest vector energètic podria ser tecnològicament factible a mitjà termini, tot i que caldrà resoldre els temes de gestió i d'emmagatzematge. Trobar alternatives renovables als combustibles fòssils, encara que és possible, requerirà encara avenços tecnològics, com es veurà més endavant.

#### 1.2.

##### Estalvi i eficiència energètica

La descarbonització ha d'anar acompanyada per una reducció constant de la intensitat energètica de l'economia, desacoblant el creixement econòmic i industrial del diferencial anual de la intensitat energètica. Aquesta és una condició bàsica i transversal a tota l'activitat econòmica. S'ha d'abordar la transformació de tots els sectors, en especial el transport i el productiu, per aconseguir una contenció moderada de la demanda energètica.

D'acord amb les estimacions de l'*Estudi transició EIC*, la demanda energètica tindria la distribució en quatre àmbits que figura al quadre 1, dins d'uns escenaris de creixement i eficiència. El treball conclou que, amb una demanda global continguda, i mantenint un creixement del PIB de l'1,5 % anual i una reducció de la intensitat energètica entre constant i moderada, la demanda global d'energia primària a Catalunya se situaria entorn dels 213 TWh el 2050.

## Quadre 1. Distribució en percentatges de la demanda d'energia primària a Catalunya (2050)

(escenari decreixent moderat de la intensitat energètica)

		Electricitat	Hidrogen	Combustibles sintètics	Biocombustibles líquids	Biometà
Transport	45 %	60	20	10	10	
Indústria	26 %	40	60			
Domèstic	15 %	70				30
Serveis i primari	15 %	80		10	5	5
<b>Total %</b>	<b>100 %</b>	<b>40,4 %</b>	<b>37,1 %</b>	<b>14,3 %</b>	<b>4,1 %</b>	<b>4,1 %</b>
<b>Total TWh</b>	<b>213,00</b>	<b>86,10</b>	<b>79,00</b>	<b>30,50</b>	<b>8,50</b>	<b>8,70</b>

Font: *La transició energètica a Catalunya* (EIC, abril 2022) i elaboració pròpia.

La demanda futura d'energia, en una economia descarbonitzada amb zero emissions netes, en què s'inclou la transformació dels sectors productius, es preveu que tingui una complexitat i un cost molt elevats. Els autors de l'estudi dels EIC han avaluat el cost en valors necessaris d'inversió que se situen en els 200.000 M€. És evident que hi ha atractius molt importants que podran mobilitzar aquest volum inversor. Catalunya, seguint la seva tradició de pol atractiu per a la inversió productiva, té una nova oportunitat, en aquest cas en els sectors que seran necessaris per a la descarbonització de la producció energètica i en els nous *drivers* que els canvis estan generant.

## 2.

### Actuacions necessàries per a la descarbonització de l'economia catalana el 2050

**El transport** ha d'evolucionar cap a un mix, amb mobilitat de curta distància totalment elèctrica i guanyant pes el ferrocarril en el transport de mercaderies de llarga distància. El vehicle elèctric a l'entorn urbà està en clara expansió i creixerà si les infraestructures de recàrrega es generalitzen arreu. L'objectiu seria electrificar el 60 % del transport el 2050.

La resta s'hauria de subministrar amb hidrogen (transport pesant per carretera) o els seus derivats, com l'amoníac (sector marítim); combustibles sintètics (aviació), i biocombustibles. En aquesta línia, estan creixent les iniciatives d'utilització de piles de combustible d'hidrogen en vehicles privats, transport públic urbà i ferrocarrils.

**La descarbonització del sector industrial** requereix electrificar tots els processos que permetin substituir els combustibles fòssils per aquest vector. Malauradament, la majoria de processos industrials necessiten elevades entalpies que, en l'actualitat, són satisfetes per

combustibles fòssils i, en bona part, per gas natural. L'alternativa en processos d'elevada entalpia hauria de ser l'hidrogen, que també és necessari per al sector petroquímic, que s'haurà de produir mitjançant processos no emissors de CO<sub>2</sub> i que formarà part del futur arbre productiu que substitueixi els productes petrolífers com a matèria primera. En un futur, els residus orgànics, greixos, polisacàrids, sucres, residus de conreus i lignocel·lulòsics, olis, etc., junt amb l'hidrogen, sotmesos a múltiples processos, podran produir combustibles sintètics que permetran posar al mercat substituïts de derivats del petroli i tota una gamma de biomaterials, polímers, fertilitzants, etc., respectuosos amb el medi ambient. Un exemple de l'interès per repensar els processos actuals del sector petroquímic, força important a Catalunya, és la constitució del consorci europeu Cracker of the Future.

**La demanda urbana i del sector primari.** En aquest cas, l'electrificació ha d'anar acompanyada pel desplegament del biometà, amb un potencial de producció pròpia molt elevat i que permetria satisfer la totalitat de la demanda actual de gas natural.

### 3.

#### **La viabilitat de les tecnologies disponibles per a la transició energètica. L'energia eòlica i la fotovoltaica**

Un dels motors de la transició energètica és la transformació del sector de generació d'energia elèctrica. En la darrera dècada (2010-2020) s'ha produït un canvi tecnològic i econòmic substancial que ha transformat en competitives l'energia fotovoltaica i l'eòlica. El preu W/pic dels panells fotovoltaics s'ha reduït de 3,5 dòlars a 0,4 dòlars, i les bateries de liti han passat de 1.160 \$/kWh a 176 \$/kWh. Segons l'Agència Internacional de les Energies Renovables (IRENA), els costos de l'energia eòlica s'han reduït en un 24 %, en el cas de l'eòlica terrestre, i en un 35 %, en el cas de la marina. Encara, però, hi ha perspectives de millora. Per exemple, la potència instal·lada dels aerogeneradors a Catalunya ha variat poc en la darrera dècada i es correspon amb una tecnologia d'aerogeneradors que proporcionen una utilització productiva de 2.075 hores/any. Les noves generacions de parcs eòlics, amb menys aerogeneradors, però més potents, obtenen una capacitat de funcionament de 3.100 hores/any, dins de condicions mínimes de velocitat del vent.

El mercat actual de producció d'aerogeneradors està liderat per empreses europees que permeten fer instal·lacions de parcs a costos ja inferiors a 1,4 M€/MW. Caldrà veure l'impacte en aquest mercat de la producció anunciada de fabricants xinesos que podrien presentar ofertes d'aerogeneradors a 0,7 M€/MW. La confluència de l'evolució de preus del mercat elèctric, amb valors superiors als 100 €/MWh, i de

l'evolució tecnològica i la caiguda de costos és un atractiu inversor per al desenvolupament del sector eòlic de generació elèctrica, particularment l'eòlica marina flotant.

Tot seguit es presenta el potencial de producció d'energia renovable de Catalunya.

### 3.1.

#### Energia eòlica

El potencial de l'energia eòlica a Catalunya està limitat, en primer lloc, a les zones on, a 100 metres d'altitud, es registren vents superiors, de mitjana, als 6 m/s i també per la compatibilitat amb els espais protegits. L'estudi dels EIC considera que es podria disposar, com a màxim tècnic, de 750 km<sup>2</sup> útils terrestres i 200 km<sup>2</sup> útils marins. Amb la tecnologia actual de separació d'aerogeneradors, es pot assolir una potència de 18,75 MW/km<sup>2</sup>.

### 3.2.

#### Energia fotovoltaica

L'energia fotovoltaica és un recurs de baixa densitat energètica, però present arreu. Amb la tecnologia actual, s'aconsegueixen uns 0,14 kWp/m<sup>2</sup>. A efectes pràctics, aquests valors són vàlids a tot Catalunya, perquè el recurs és a tot arreu. Aquesta característica, la ubiqüitat, la converteix en el principal recurs renovable.

L'*Estudi transició EIC* ha calculat els potencials eòlics i de capacitat d'instal·lació fotovoltaica en sostres industrials i domèstics, com es recull al quadre 2.

#### Quadre 2. Potencial eòlic i fotovoltaic en teulades de Catalunya

<b>Potencial eòlic de Catalunya</b>	<b>km2</b>	<b>MWh/km2</b>	<b>GW</b>
Eòlica terrestre (superfície útil)	750	18,75	14,1
Eòlica marina	200,0	18,8	3,8
Existents / en curs			1,4
Potència màxima instal·lable			19,2
Energia eòlica tècnicament disponible (TWh/any)			65,2
<b>Potencial fotovoltaic en teulades</b>	<b>No industrials</b>	<b>Industrials</b>	<b>Total</b>
Sostre tècnicament disponible (ha)	5.836	5.780	11.616
Potència FV instal·lable en teulades (MWp)	8.338	8.258	16.596
Energia estimada en teulades (TWh/any)	10,80	10,70	21,50

Font: *La transició energètica a Catalunya* (EIC, abril 2022) i elaboració pròpia.

## 4.

### Les energies de la transició no elèctrica

#### 4.1.

##### El biometà i els biocombustibles

La producció de gasos renovables a partir del tractament de residus urbans, agrícoles i ramaders i dels recursos forestals està inclosa dins dels objectius del paquet del REPowerEU. Els països d'Europa central ens porten avantatge en aquestes aplicacions que permeten evitar emissions a l'atmosfera de gas metà, que té efectes climàtics més adversos que el CO<sub>2</sub>. Per produir el biogàs, s'utilitza la digestió anaeròbica de residus i subproductes orgànics biodegradables que es depuren, i amb un procés de *upgrading*, s'obté el biometà, de puresa similar al gas natural i, per tant, susceptible d'incorporar-se a la xarxa.

Per produir el *syngas*, un gas de síntesi, es gasifiquen residus forestals i agrícoles lignocel·lulòsics i, segons el procés utilitzat, s'obté biometà o metà sintètic. D'altra banda, hi ha tecnologies en desenvolupament per produir biocombustibles avançats, com ara biodièsel, biojet, bionafta i biopropà, que es podran fer servir en avions i automòbils i seran compatibles amb els motors actuals. En alguns països, hi ha plantes operatives que ja abasteixen els mercats.

#### 4.2.

##### L'hidrogen i la demanda tèrmica

Les energies fòssils poden ser substituïdes en els processos de generació d'electricitat. Això no és tan simple en els casos del transport de llarga distància, la indústria petroquímica i la indústria pesant intensiva amb energia tèrmica d'alta temperatura. Hi ha un consens internacional en el fet que l'hidrogen, un cop produït a partir de fonts renovables o procediments neutres en emissions, serà tant un vector susceptible de portar energia com una matèria primera industrial (quadre 3). Hi ha diversos procediments per obtenir hidrogen. Fins ara el procediment més econòmic era el de l'anomenat *hidrogen gris*. El creixement de la demanda d'hidrogen no gris, a partir de procediments no emissors de CO<sub>2</sub>, serà clau en el desenvolupament de les solucions per a ús industrial, el transport de llarga distància, etc., i una alternativa al gas natural en la producció d'energia elèctrica, amb equips que dotin de potència ferma el sistema. D'altra banda, l'hidrogen serà una matèria primera clau per descarbonitzar la petroquímica i els fertilitzants.

### Quadre 3. Tipus d'hidrogen i usos

Tipus de producció d'hidrogen				Usos de l'hidrogen	
	Procediment de producció	Emissió de CO <sub>2</sub>	Subproductes	Pila de combustible	Transport de mitjà i gran tonatge
Hidrogen gris	Reformació del metà	Sí	CO <sub>2</sub>	Generació elèctrica	Turbines de cicles combinats
Hidrogen blau	Reformació del metà i captura o emmagatzematge del CO <sub>2</sub>	No	CO <sub>2</sub>	Matèria primera	Biorefineries / gasos sintètics
Hidrogen turquesa	Piròlisi del metà	No	Carbó sòlid	Combustible	Processos tèrmics industrials
Hidrogen verd	Electròlisi de l'aigua	No	Oxigen	Emmagatzematge	Reserva energètica
Hidrogen rosa	Electròlisi de l'aigua en plantes nuclears	No	Oxigen	Xarxes de gas natural	Reaprofitament d'infraestructures

Font: elaboració pròpia.

## 5. La cobertura energètica a Catalunya

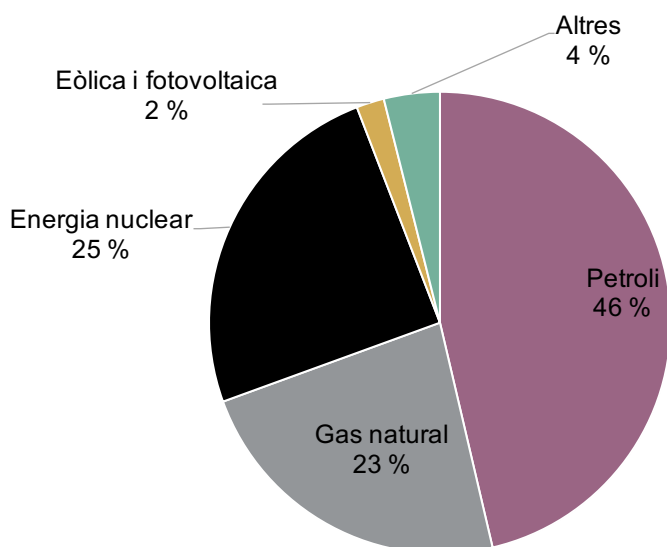
### 5.1.

#### El mix actual d'energia primària a Catalunya

El mix actual d'energia primària a Catalunya es fonamenta en tres pilars: petroli, gas natural i energia nuclear (gràfic 1). És una estructura segura amb fonts de proveïment diversificades. El procés de descarbonització per al 2050 pressuposa canviar dues terceres parts de les fonts primàries per components renovables o mediambientalment neutres.

El grau de dependència de l'energia primària de Catalunya, tenint en compte que el mercat d'urani és prou diversificat per no considerar-lo dependent, ha oscil·lat històricament entre el 60 % i el 75 %. Amb l'absència de la producció nuclear, la dependència dels recursos de producció exterior d'energia se situaria entre el 90 % i el 95 %, atès el poc pes que la producció d'energia primària per fonts renovables té a Catalunya (5,4 % el 2019).

**Gràfic 1. Consum d'energia primària el 2019 (TWh)**



Font: ICAEN, Balanç energètic de Catalunya 2019.

## 5.2.

### Les hipòtesis de cobertura de la demanda energètica futura

La cobertura de la demanda futura d'energia el 2050, si considerem les dades aportades per l'*Estudi transició EIC*, en un escenari de reducció moderada de la demanda energètica, de manteniment de l'activitat industrial i de descarbonització completa de l'economia, es resoldria amb només cinc pilars energètics fonamentals: electricitat, hidrogen, combustibles sintètics, biocombustibles líquids i biometà.

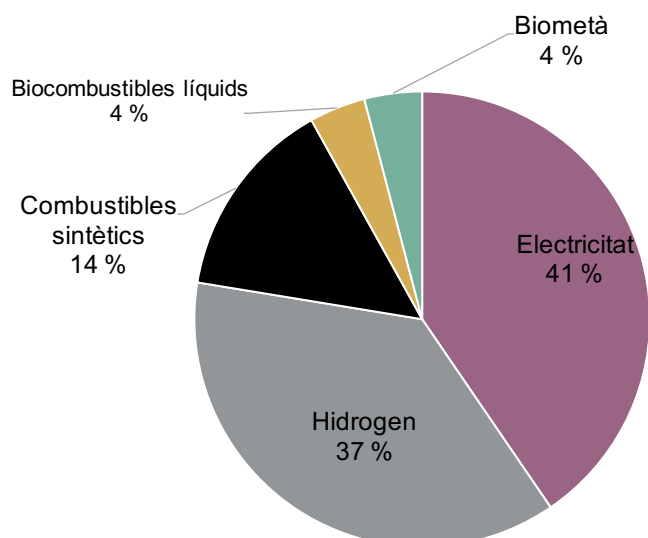
#### 5.2.1.

##### L'electrificació de l'economia

Electrificar l'economia és un primer pas, simultàniament amb el canvi en la generació elèctrica, amb predomini de les fonts no emissores de CO<sub>2</sub>. Segons les estimacions de l'*Estudi transició EIC*, l'any 2050 es podria electrificar el 60 % del transport, el 40 % de la indústria i el 70 % del sector serveis i domèstic. L'estudi preveu que, en els diversos escenaris d'evolució de la demanda en un context de creixement moderat de l'economia, i preferiblement en escenaris de demanda global decreixent d'energia primària, el mix energètic es cobreixi el 2050 amb més d'un 75 % per electricitat i hidrogen i la resta amb combustibles sintètics, biometà i biocombustibles líquids (gràfic 2).



**Gràfic 2. Demanda de vectors energètics i combustibles per al 2050 (% ktep)**



Font: *La transició energètica a Catalunya* (EIC, abril 2022).

### 5.2.2.

#### La producció d'hidrogen

Per assolir aquesta transformació, l'*Estudi transició EIC* considera que la producció local d'hidrogen, el 100 % a partir d'electrolitzadors, obligaria que la potència elèctrica que s'hi dediqués fos superior a la de la demanda de la resta del sistema elèctric, equilibri difícilment gestionable. Es pressuposa que el 50 % de l'hidrogen necessari s'importarà. Alternativament (l'estudi no entra en aquest aspecte), l'hidrogen podria produir-se per altres tecnologies, més enllà de l'electròlisi de l'aigua. Aquest supòsit de l'*Estudi transició EIC* comporta que el grau de producció d'energia primària superaria el 70 % de la demanda.

### 5.2.3.

#### Els combustibles sintètics, els biocombustibles i el biometà

El biometà fins ara s'ha utilitzat a Catalunya en instal·lacions tancades, per al subministrament a vehicles de transport o per a la generació local d'electricitat. Actualment, ja s'ha iniciat la injecció de biometà a la xarxa de gas natural: la primera de Catalunya, procedent de residus d'abocadors, s'ha fet a Cerdanyola del Vallès.

Les estimacions de producció potencial de biometà que fa la UE xifren per a l'Estat espanyol un sostre de producció de 125 TWh/any, just per sota de França (180 TWh/any) i Alemanya (130 TWh/any). Les estimacions a Catalunya ens situarien en una producció potencial que, amb

totes les cauteles –podria necessitar-se l’aportació complementària d’hidrogen verd–, podria assolir un sostre de 25 TWh/any.

## 6. La potència ferma

Teòricament, com s’ha posat de manifest, la capacitat de produir energia renovable de Catalunya podria abastir la major part de les necessitats energètiques. El que cal garantir és la potència ferma d’energia elèctrica, és a dir, aquella que en qualsevol moment està disponible per donar garantia de subministrament.

En els propers anys, el desplegament de les renovables anirà guanyant quota de mercat en la producció d’energia elèctrica i, en proporció al seu predomini, guanyarà importància el paper de les tecnologies que proporcionen potència ferma al sistema. La garantia de subministrament no es pot aconseguir sense el binomi renovables + tecnologies de generació/emmagatzematge amb alts índexs de potència ferma, superiors al 70 % de disponibilitat, que garanteixen la potència del sistema en els períodes d’absència de generació renovable nit/dia o en períodes anticiclònics amb poc vent.

Al quadre 4 hi ha una estimació amb els condicionants de potència ferma necessaris per cobrir la demanda energètica de Catalunya, on únicament s’importaria el 50 % de les necessitats d’hidrogen. La potència ferma ha de ser superior al pic de demanda del sistema.

**Quadre 4. Cobertura de la demanda energètica de Catalunya 2050. Potència ferma.**

“Cobertura de la demanda (escenari amb un lleuger decreixement de la intensitat energètica)”		Tecnologia	Factor de potència ferma en %
	MW instal·lats		
Potència elèctrica renovable	77.750	Hidràulica	44 %
Eòlica	20.000	Eòlica	7 %
Fotovoltaica	57.750	Fotovoltaica	0 %
Potència elèctrica ferma	17.500	Solar termoelèctrica	12 %
Cicles combinats hidrogen	4.500	Residus renovables	55 %
Bateries	7.750	Nuclear	92 %
Bombament	5.250	Cicles combinats gas natural	92 %
Interconnexions elèctriques	10.000	Cogeneració	92 %
Biometà	3.000	Cicles combinats H2	92 %
	Hidrogen	Residus no renovables	55 %
Necessitats H2 en Mt	2,16	Bateries	77 %
Importació H2 en Mt	1,08	Bombament	77 %

Font: *La transició energètica a Catalunya* (EIC, abril 2022).

## 6.1.

### L'energia nuclear

Cal destacar el paper que exerceix actualment l'energia nuclear en la potència ferma descarbonitzada. A l'annex 4 de l'*Estudi transició EIC*, es posa de manifest el paper que en el context actual desenvolupen els 3 GW instal·lats d'energia nuclear, que equivalen a 13 GW de fotovoltàica.

L'*Estudi transició EIC*, tancat amb anterioritat a la crisi derivada de la guerra d'Ucraïna, ja recollia considerar mesures de contingència, en el supòsit de no assolir nivells suficients d'implantació de les renovables i de la persistent inestabilitat dels mercats d'energies fòssils de què malauradament encara depenem. Seria raonable aplicar ara una mesura de contingència com és l'allargament de la vida útil de les centrals nuclears, dins del període previst pel reglament de taxonomia, i seguint la prudència que altres països estan mostrant. L'allargament hauria de complir les mesures complementàries requerides per l'organisme regulador (CSN).

Un tema per seguir són les noves tecnologies nuclears dels SMR (*small modular reactor*): reactors petits de fissió d'uns 300 MW, premuntats a la fàbrica i embarcats fins al lloc d'operació. Es redueixen el temps de construcció i els costos d'inversió i operatius; augmenta la seguretat passiva, i poden dedicar-se a generar electricitat, alimentar desalinitzadores i petroquímiques o produir conjuntament electricitat i hidrogen rosa. Els primers models estaran disponibles abans del 2030 i França i el Regne Unit aposten clarament per aquesta nova generació. Caldrà estar atents als resultats. Es tracta d'un motiu més per allargar amb prudència les centrals operatives actualment. Ara hi ha 5 SMR en funcionament, 4 en construcció i 17 en estat de desenvolupament avançat (7 als EUA, 3 a Rússia, 2 al Canadà, 2 a Corea del Sud, 1 a Dinamarca, 1 al Regne Unit i 1 a la Xina).

## 6.2.

### Les centrals hidràuliques reversibles

Les centrals hidràuliques reversibles són una tecnologia que proporciona garantia de potència ferma al sistema elèctric i una solució respectuosa amb el medi. Catalunya, per la seva orografia, en disposa d'un alt potencial: vegeu l'annex 1 de l'*Estudi transició EIC*, que el xifra en 14 GW de potència. Aconseguir més de 4,5 GW de potència de bombament és un objectiu assolible el 2050 i ja hauríem de disposar d'1,8 GW el 2030. Cal recordar que aquest tipus de projectes requereixen períodes de tramitació llargs. Convindria donar prioritat als projectes amb més possibilitats immediates, per recreixement d'embassaments

existents o de zones on la ràtio d'aprofitament del salt fos elevada, a fi que els primers poguessin estar operatius a començaments de la propera dècada.

### 6.3.

#### **Les interconnexions**

La xarxa elèctrica europea sincronitzada és la més gran del món, amb més de 400 milions de clients. És una xarxa altament robusta que com més mercats de generació integri, amb més actors en competència, donarà més seguretat en situacions de contingència, i reduirà la dependència dels combustibles fòssils en la mesura que incrementi la generació renovable. La UE va fixar-se com a objectiu que el 10 % de la potència instal·lada pogués transitar per interconnexions l'any 2015 i assolir el 15 % el 2030. L'aïllament del sistema elèctric peninsular respecte d'Europa és una anomalia que té una difícil explicació i afecta la seguretat i la competitivitat. La interconnexió de Catalunya, ben connectada amb la Península, amb la xarxa europea hauria d'assolir els 10 GW el 2050.

Igualment, pel que fa a les xarxes de gas natural, i per idèntics motius de seguretat i de transparència del mercat, cal ampliar les interconnexions pensant, a més, en la integració i l'evolució d'aquestes cap a xarxes de gasos sintètics, d'hidrogen o de barreges d'aquests productes. Les xarxes han de donar l'oportunitat d'accedir al consum i també a la futura competència de producció de gasos i hidrogen a partir de tecnologies diverses (piròlisi, termòlisi, fotoelectròlisi, hidrogen vermell...), que estan actualment en procés de demostració.

## 7.

### **Punts clau. Visió de futur**

#### 7.1.

#### **L'estalvi i l'eficiència i el desplegament de les energies renovables**

Les mesures d'aplicació de la millora i l'eficiència energètiques han de tenir continuïtat per reduir la intensitat energètica de l'activitat econòmica en la mesura del possible. L'informe dels EIC és prudent, en aquest sentit, en les seves previsions, però caldrà preservar l'activitat econòmica i industrial evitant que el creixement de l'activitat arrossegui a l'alça el consum energètic. També s'ha fet evident que prioritzar als mercats la generació renovable ha estat la mesura més eficient per impulsar la «destrucció creativa» (\*) de les tecnologies que afecten el canvi climàtic. Els incentius a la implantació i a la inversió en les

energies renovables se centren en el progrés tecnològic i la competitivitat de les solucions tècniques. Que s'implantin més ràpidament ja depèn tan sols de dos factors: les facilitats de resolució de la problemàtica que comporta la seva compatibilitat amb la implantació territorial i la llibertat d'accés i connexió per evacuació d'energia a les xarxes.

És una tasca fonamental de les administracions fer un acompanyament neutral als inversors per tal d'assegurar que l'augment d'actors al sector energètic millori la competitivitat d'un sector tan transcendent.

## 7.2.

### **La seguretat del subministrament**

El futur model de mix energètic, com hem vist, presenta incògnites. Tecnologies encara no plenament madures, nous processos industrials descarbonitzats encara en fases de demostració i el caràcter volàtil de la nova generació renovable estan posant en relleu que no s'ha tingut present la garantia de subministrament amb tot el seu valor.

Cal revisar decisions:

- No es pot anunciar el tancament de centrals nuclears mentre els sistemes energètics no assoleixin la robustesa necessària en potència ferma alternativa.
- Les interconnexions energètiques dels mercats previstes per la UE han de ser una decisió de política europea. La circulació d'energia ha de preveure que en el futur una part transcendental del consum energètic continuarà depenent dels combustibles gasosos. Com hem vist a Catalunya, l'hidrogen i el biometà representarien més del 40 % d'energies per cobrir la demanda.
- S'han de posar en marxa plans d'implantació del turbinat i el bombament, tecnologies madures, prioritzant les de mínima incidència mediambiental.

## 7.3.

### **L'hidrogen i la bioenergia**

El paper de l'hidrogen en el futur mix ha de ser rellevant i cal incentivar-ne el desenvolupament del mercat, amb mesures regulatòries que obliguin a introduir progressivament a les xarxes de gas natural percentatges significatius d'hidrogen no gris. Ha de ser prioritari

l'impuls del mercat com a eina tractora per desenvolupar les tecnologies de producció massiva dels diferents tipus no contaminants d'hidrogen.

Cal no deixar de banda el paper dels biocombustibles, de rellevància en l'economia circular i d'impacte en el sector primari i en el transport. Les tecnologies estan disponibles i calen mesures d'estímul que ja s'han provat amb èxit en països centreeuropeus.

#### 7.4.

#### **Les regles del mercat energètic**

Cal una revisió de l'algoritme Euphemia, comú per a tota la UE, que s'encarrega de gestionar la formació de preus per a l'electricitat majorista al mercat diari i que està vigent al mercat ibèric de l'electricitat des del 2014. Ha estat una bona eina, que ha permès, durant més d'una dècada, uns mercats competitius de l'energia. Per al nou context energètic i l'evolució tecnològica futura, es necessiten a mitjà termini nous mecanismes que s'ajustin a les noves realitats de generació renovable. Això no és contradictori amb el fet que, a curt termini i en el context de guerra i crisi de subministraments, s'adoptin mesures necessàries i contundents d'intervenció per a la salvaguarda industrial d'Europa.

#### 7.5.

#### **Observació tecnològica**

L'estudi dels EIC recull dos aspectes estratègics de la transició energètica als quals caldrà dedicar recursos: el nou mix de materials crítics estratègics (terres rares i d'altres) i les tecnologies en desenvolupament com ara la captura de CO<sub>2</sub>. L'abast d'aquest article no permet entrar en detalls, però sí que cal considerar-los com a punts clau i serà interessant seguir-ne l'evolució.

### 8.

#### **Bibliografia**

AGHION, Philippe [et al.]. *El poder de la destrucció creativa: ¿Qué impulsa el crecimiento económico?* Deusto, 2021.

EUROPEAN COMMISSION. *A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe*. 2020.

GENERALITAT DE CATALUNYA. *Prospectiva energètica de Catalunya a l'horitzó 2050 (PROENCAT 2050) i la transició energètica de Catalunya*. Institut Català de l'Energia, 2019.

IAEA. *Advances in Small Modular Reactor Technology Developments*. 2020.

IEA. *IEA Bioenergy. Annual Report 2019*.

IEA. *IEA Bioenergy Countries' Report - Update 2021*.

IREC; FUNDACIÓN NATURGY. *Hidrógeno: Vector energético de una economía descarbonizada*. 2020.

IRENA. *Renewable Power Generation Costs in 2019*. 2020.

PINÓS, Lluís.; uanLa *transició energètica a Catalunya* [en línia]. Associació/Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya, 2022. <[https://www.eic.cat/sites/default/files/Estudi\\_Transicio\\_Energetica\\_Catalunya\\_2022\\_CAT\\_V5.pdf](https://www.eic.cat/sites/default/files/Estudi_Transicio_Energetica_Catalunya_2022_CAT_V5.pdf)>.

SMIL, Vaclav. *Energía y civilización: Una historia*. Arpa Editores, 2021.

X1 Wind [en línia]. <<https://www.x1wind.com/>>. <Projecte d'eòlica flotant>

## Articles de premsa

REPSOL. «Repsol inicia las obras de construcción de la primera planta de biocombustibles avanzados de España en su refinería de Cartagena». *Nota de prensa de Repsol* (7 març 2022).

VILELA, ANTONIO. «Pirólisis de metano a escala comercial: Una clave para el hidrógeno de carbono negativo». *H2 Business News* (11 abril 2022).

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. «Small Nuclear Power Reactors». (actualitzat el gener del 2023).

## Jornades

ESTEVE; Joan; VILLAR, David (ICAEN). «Balanç energètic de Catalunya 2018-2019 i balanç elèctric 2020». Presentació als EIC (9 març 2021).

EIC I TECHNIP ENERGIES. «La transició energètica no elèctrica. Estratègies 2030. Visió 2050». (març 2021).

## Paraules clau

energia, enginyers, descarbonització, estalvi energètic, eficiència energètica, renovables.

# Transició energètica i la transformació de la indústria del petroli i el gas<sup>1</sup>

**Mariano Marzo Carpio**

Catedràtic emèrit de la Universitat de Barcelona (UB)

Director de la Càtedra de Transició Energètica UB - Fundació Repsol

Aquest article és una reflexió personal sobre la naturalesa i característiques de la transició energètica que el món afronta actualment i, en aquest context, la transformació que la indústria espanyola del petroli i gas està abordant. Les línies següents s'estructuren en tres grans blocs: el primer tracta del paper fonamental que han exercit els combustibles fòssils en el nostre desenvolupament durant els dos últims segles, el segon analitza el desafiament que suposa l'escalfament global per al futur d'aquests combustibles i el tercer se centra en com la indústria del petroli i gas espanyola s'està transformant per afrontar aquest desafiament.

1.

## La revolució dels combustibles fòssils

Abans de la revolució industrial, el desenvolupament de les societats humanes quedava acotat per la taxa a la qual eren capaces d'aprofitar la radiació solar i les seves transformacions en incidir sobre el nostre planeta. La producció d'aliments i de combustibles quedava limitada per la baixa eficiència de la fotosíntesi i per un subministrament insuficient de nutrients a les plantes. Els rendiments mitjans dels cultius eren baixos, fet que ocasionava desnutrició crònica i fams recurrents, mentre que l'emmagatzematge de l'energia estava coartat seriosament per la baixa densitat energètica de la biomassa. Tot i això, les societats antigues van ser capaces d'augmentar gradualment l'ús *per capita* de l'energia, aprofitant l'aigua i el vent i desplegant una força de treball creixent, integrada majoritàriament per esclaus i animals.

L'extracció a gran escala i la combustió de carbó, petroli i gas natural van significar un canvi fonamental en el tipus i intensitat dels usos

---

1 La versió original de l'article, escrita en castellà, es troba disponible al [web](#)



de l'energia. La mare natura ha fet possible, a través de la fotosíntesi i d'un llarg i complex procés geològic, l'emmagatzematge de l'energia solar als enllaços químics dels àtoms d'hidrogen i carboni que integren les molècules dels hidrocarburs o combustibles fòssils.

Aquesta herència solar ens ha donat accés a uns recursos energètics molt concentrats i fàcils d'emmagatzemar i que s'han pogut utilitzar a un ritme creixent. L'ús dels combustibles fòssils ha permès als humans superar els límits al consum d'energia imposats per la baixa eficiència de la fotosíntesi i pels baixos rendiments dels corrents d'aigua i aire. Com a resultat, i gràcies a l'aportació dels hidrocarburs, el consum energètic global ha augmentat fins a uns nivells sense precedents: l'ús d'energia primària (biomassa, combustibles fòssils, renovables i nuclear) s'ha multiplicat per seixanta, passant d'una mica més de 10 exajoules el 1750 a 619 exajoules el 2019.

## 2. L'home de l'hidrocarbur

En particular, des del 1950 fins al 2019, el món ha multiplicat per més de cinc el consum energètic, reflectint l'aspiració dels habitants del planeta a viure millor i, també, les necessitats energètiques creixents derivades de l'augment de la població mundial. Durant el període de temps esmentat, el PIB mundial s'ha multiplicat per un factor proper a set i la població mundial per més de dos. Tot això ha estat possible gràcies als combustibles fòssils, que, segons l'Agència Internacional de l'Energia (IEA, 2021a), el 2019 van representar gairebé el 81 % del total de l'energia primària consumida al món: petroli (30,9 %), gas natural (23,2 %) i carbó (26,8 %).

A efectes comparatius, cal remarcar que, el 2020, segons les dades d'Eurostat (2022), aquests últims percentatges van ser, respectivament, del 34,5 %, 23,7 % i 11,5 % a la Unió Europea (UE), i del 44 %, 23,6 % i 3,1 % en el cas d'Espanya, fet que dona un percentatge de dependència dels combustibles fòssils sobre el total del mix d'energies primàries del 69,7 % per a la UE i del 70,7 % per a Espanya. A Catalunya, segons l'ICAEN (2022), el 2019, els combustibles fòssils van representar el 69,1 % del mix d'energies primàries, amb un 46 % corresponent al petroli, un 22,9 % al gas natural i un 0,1 % al carbó.

De la mateixa manera que parlem de l'edat de pedra, bronze o ferro, podem dir que vivim en l'era dels hidrocarburs i que nosaltres som l'home de l'hidrocarbur. No només pels percentatges que acabem d'exposar, sinó perquè aquests compostos, d'una manera o altra, intervien en la cadena de valor de pràcticament tot el que ens envolta i fem servir quotidianament, incloent-hi medicines i aliments.

Tenint presents totes aquestes dades, no sorprèn que durant els dos últims segles la geopolítica energètica hagi pivotat entorn dels combustibles fòssils. Així, molt breument, podem dir que la relació entre l'Europa occidental i la Xina va canviar decisivament el 1839, quan, a la Primera Guerra de l'Opi, la Gran Bretanya va desplegar vaixells de vapor alimentats per carbó. Un esdeveniment que va obrir les portes de la Xina a les potències europees. Més tard, ja al segle xx, el petroli va convertir els EUA en la primera potència mundial, marcant el declivi dels imperis europeus. I durant l'última dècada, els EUA i Rússia han competit entre si per vendre gas a Europa, com ho van fer amb el petroli a principis del segle passat.

### 3. La piràmide dels recursos

Per comprendre millor el joc geopolític que es desenvolupa entorn dels hidrocarburs, el lector interessat disposa de dues publicacions anuals, consultables al web, que li permetran d'examinar en detall, per anys i per països i regions, les xifres sobre reserves, producció, consum, capacitat de refinació, comerç internacional, etc. Es tracta de *BP Statistical Review of World Energy* i la publicació de la petroliera Eni titulada *World Energy Review*.

El quocient entre la xifra total de reserves provades inventariades al món en un any determinat i la quantitat produïda o extreta a escala global aquell mateix any dona una idea de la durada temporal d'aquestes reserves, entenent que no se'n descobreixen de noves i que el ritme de producció no s'altera. Aquesta operació, que es coneix com a *R/P ratio*, va permetre a BP (*BP Statistical Review of World Energy, 2021*) estimar que a finals del 2020 el món disposava de petroli per una mica més de 53 anys, de gas natural per gairebé 49 anys i de carbó per 139 anys.

A més, cal tenir present que, en el cas del petroli i el gas natural, aquestes estimacions no inclouen bona part dels recursos anomenats *no convencionals* (els que s'han d'extreure amb tecnologies diferents de les que eren habituals per a la indústria petroliera fins fa poc). Si considerem aquests recursos (IEA, 2013), resulta que els volums tècnicament recuperables de combustibles líquids multiplicarien per set, com a mínim, el volum de petroli convencional consumit fins avui, i amb el gas natural passa una cosa semblant.

Sense comptar els hidrocarburs que puguem sintetitzar al laboratori, disposem de prou recursos d'hidrocarburs al subsol per assegurar-nos-en el consum entre desenes i centenars d'anys. No obstant, això no implica que en tinguem garantit el subministrament. Aquest

fet depèn d'un seguit de factors que podem anomenar “de superfície”, entre els quals destaquen l'accés lliure i la concreció de les inversions necessàries per a l'exploració i producció, elements que al seu torn depenen de variables regulatòries i geopolítiques. En aquest sentit, cal recordar que les preocupacions derivades del concepte *peak oil* o *peak gas* (zenit de la producció de petroli o gas) no es relacionen amb l'exhauriment físic d'aquests hidrocarburs, sinó amb la capacitat d'extracció necessària per fer front a les necessitats de subministrament. Emprant un símil, podem dir que aquestes no depenen tant del volum del barril (els recursos o reserves al subsol) com de les característiques de l'aixeta (flux per unitat de temps) amb què n'extraïem el contingut.

Sovint sentim que el petroli, el gas o el carbó s'acaben. Això no és realment així. La disponibilitat física de recursos minerals en general i de combustibles fòssils en particular es pot visualitzar mitjançant una piràmide. La superfície que ocupen els diferents nivells en aquesta piràmide dona una idea de la quantitat de recursos de què disposem, de manera que a mesura que baixem des del cim aquesta quantitat augmenta. No obstant, també passa que quan baixem de nivell –per exemple, del gas convencional al *shale gas* (o gas de *fracking*), i d'aquest als hidrats de gas– la concentració del recurs és cada cop menor, de manera que l'extracció es fa cada cop més difícil, tant des del punt de vista tecnològic, com del cost econòmic, de l'impacte ambiental i de la quantitat d'energia necessària per a l'extracció. Aquest últim factor s'ha de tenir en compte a l'hora de calcular l'energia neta que obtindrem, la qual en cap cas no pot ser inferior a la que invertim, perquè aleshores no estaríem davant d'una font sinó d'un embornal d'energia.

L'era dels hidrocarburs no arribarà al final pel seu exhauriment físic, sinó molt abans, quan en el nostre descens per la piràmide topem amb algun límit insalvable de caràcter econòmic, mediambiental o termodinàmic. Als dos apartats següents s'il·lustra com el canvi climàtic ja ens situa davant d'un d'aquests límits.

#### 4. Canvi climàtic i transició energètica

La nostra civilització depèn massa de fonts energètiques riques en carboni, la combustió de les quals en quantitats creixents ha situat la humanitat davant d'un desafiament inesperat: les elevades quantitats de CO<sub>2</sub> i altres gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) emeses a l'atmosfera estan sobreescalfant el planeta. Hi ha un ampli consens científic sobre el fet que estem assistint a un escalfament global forçat per l'acció humana. Una autèntica situació d'emergència que s'està traduint en una gran mobilització internacional per mitigar els efectes ja palpables d'aquest fenomen, que, a mitjà-llarg termini, es preveuen catastròfics.

Aquesta mitigació implica l'anomenada *transició energètica*. I, en teoria, aquesta comporta: 1) desacoblar el creixement econòmic i demogràfic de l'augment de les emissions de CO<sub>2</sub> i altres GEH; 2) avançar a marxes forçades cap a una economia de baixa intensitat energètica (eficient) i descarbonitzada (impulsada per un mix baix en carboni); 3) desplegar, a gran escala, tecnologies que permetin retirar i reutilitzar el carboni de l'atmosfera, per propiciar una economia circular del CO<sub>2</sub> que converteixi, amb una valorització econòmica prèvia, el residu actual en un recurs.

És una tasca èpica que requereix un gran pacte o coalició, basat en la ciència i la tecnologia, que inclogui governs, entitats financeres, inversors, empreses i tots els sectors socials i ciutadans compromesos amb la lluita contra el canvi climàtic. És clar que culminar tota aquesta tasca no serà ni ràpid ni fàcil, i que el camí apareix ple de desafiaments i, també, d'oportunitats.

## 5. Cap a una nova geopolítica energètica

L'esforç de descarbonització necessari per dur a bon port la transició energètica implica que entorn de dos terços de les reserves de carboni inventariades actualment (les que resulten de convertir les reserves provades de carbó, petroli i gas en les emissions de CO<sub>2</sub> que generen en la combustió) s'haurien de deixar al subsol sense explotar. Aquestes reserves, de les quals el 63 % corresponen al carbó, el 22 % al petroli i el 15 % al gas natural, es concentren en quatre països o regions que són grans protagonistes en el joc geopolític actual (Amèrica del Nord, Orient Mitjà, Xina i Rússia), amb la particularitat, a més, que el 74 % de les reserves són de titularitat pública, és a dir, estatal. És clar que la transició energètica resultarà molt més costosa i difícil per als països que són grans productors d'hidrocarburs, molt particularment si el seu PIB deriva en bona part de l'exportació d'aquests. I passa el contrari amb els països que són grans consumidors i importadors. Estem, per tant, davant d'una clara contraposició d'interessos que, sens dubte, exacerbarà les tensions i el joc geopolític.

Així mateix, en un altre front, no s'ha de passar per alt que la transició energètica cap a un model descarbonitzat suposa una transició extractiva: dels hidrocarburs als minerals (IEA, 2021b; vegeu-ne un resum a Marzo, 2021). Això fa presagiar un canvi radical en l'actual geopolítica energètica.

## 6.

### El mix energètic del futur

Sovint sentim que l'objectiu de la transició energètica és l'eliminació, amb caràcter immediat i universal, de l'ús dels combustibles fòssils, els quals s'han de substituir totalment per energies generades a partir de fonts renovables, com per exemple l'eòlica i la solar. Una visió, resumida a l'eslògan "100 % renovables", que no es correspon amb els escenaris de descarbonització previstos en les seves perspectives per la majoria dels organismes internacionals. Així, per exemple, cap dels tres escenaris previstos per l'Agència Internacional de l'Energia al seu últim *World Energy Outlook* (IEA, 2022) pronostica la desaparició completa de l'ús dels combustibles fòssils el 2050, però sí una clara reducció de la seva contribució percentual al mix global d'energies primàries, de manera que, en el cas de l'escenari de descarbonització més ambiciós (*net zero emissions by 2050; veure IEA 2021c*), aquesta contribució cauria des d'un 78 % el 2021 a un 62 % el 2030, i posteriorment baixaria fins a un 18 % el 2050, després de la pràctica desaparició del carbó.

Es podria pensar que, si aquests percentatges es fessin realitat, bona part de la indústria del petroli i el gas desapareixeria. Però no ha de ser necessàriament així. Entre altres raons, perquè el mix energètic del futur estableix un augment significatiu del subministrament d'hidrogen i de nous combustibles renovables, tant líquids com gasosos. I, a més, la descarbonització del sistema energètic global requerirà, al marge d'un increment de la capacitat de generació elèctrica renovable i nuclear, el desplegament de noves tecnologies de captura, ús i emmagatzematge de CO<sub>2</sub>.

La transició energètica planteja grans reptes científics i tecnològics. Sobre això, potser n'hi ha prou amb recordar que, d'aquí a l'any 2030, per situar-nos al camí que porta a les zero emissions netes el 2050, només un 83 % de les tecnologies que necessitem ja es troben al mercat, percentatge que del 2030 al 2050 cau al 50 %. És clar que les tecnologies energètiques disponibles actualment no són, en absolut, suficients per dur a bon port la transició energètica. Aquesta observació obre un nou ventall d'oportunitats que, com veurem a l'apartat següent, la indústria del petroli i del gas es disposa a aprofitar.

## 7.

### La transformació de la indústria del petroli i gas

En el context general de transició analitzat, la indústria del petroli i gas, molt particularment l'europea, es mostra disposada a seguir caminant en sintonia amb la societat, compromentent-se a avançar en la

transició energètica, és a dir, descarbonitzant-se, per formar part així de les solucions en la lluita contra l'escalfament global.

Certament, a escala global, les grans corporacions no van totes a la mateixa velocitat ni dediquen els mateixos esforços en aquesta direcció. Per justificar aquesta afirmació, n'hi ha prou amb analitzar les xifres de les companyies d'hidrocarburs europees i de les seves homòlogues de fora del Vell Continent. Les companyies BP, Eni, Equinor, Shell, Total i Repsol, totes elles europees, recullen en les seves estratègies de descarbonització un volum total d'inversions que supera àmpliament el d'altres companyies com ara ExxonMobil, Gazprom, PetroChina, Rosneft i Sinopec, malgrat que les emissions de les integrants d'aquest últim grup durant els darrers sis anys han estat fins a quatre vegades superiors.

Encara que hi hagi diferents velocitats al món, descarbonitzar la producció industrial i aconseguir la neutralitat en les emissions són objectius de tots els sectors industrials europeus, i en particular del dels hidrocarburs. Aquest té clar que avançar en la transició energètica implica transitar i que aquesta acció comporta necessàriament un recorregut des d'un punt d'origen (el mix energètic actual) fins al punt de destinació (un mix energètic descarbonitzat).

I en aquest afany, tot i que falten una mica menys de trenta anys per arribar al 2050, ara és el moment de dissenyar correctament les rutes per minimitzar les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle al més aviat possible, a un cost assumible, sense dogmatismes allunyats de la ciència i sense comprometre la seguretat del subministrament energètic. Això, contràriament a certes pràctiques habituals en el si de la UE, no vol dir triar "una o altra" tecnologia, per raons potser ideològiques o per interessos particulars, sinó aprofitar-les totes: l'eficiència energètica; l'electrificació renovable; els combustibles renovables líquids i gasosos; l'hidrogen verd o renovable, i la captura, ús i emmagatzematge del CO<sub>2</sub>. Totes són complementàries. Aquest últim punt té una gran rellevància, perquè la integració de totes aquestes tecnologies amb les activitats tradicionals de les companyies de petroli i gas suposa un canvi fonamental: la seva transformació en companyies multienergètiques.

En aquesta línia, s'hi inscriu el cas de Repsol: els seus complexos industrials s'estan transformant en pols multienergètics, capaços de fabricar els productes essencials que necessita la societat, però amb una petjada de carboni baixa, nul·la o fins i tot negativa. La visió consisteix a transformar les plantes actuals de refinació i petroquímica, reduint l'ús de petroli i gas com a matèries primeres, i utilitzant biomassa i residus orgànics i d'altres tipus per produir biocombustibles avançats, combustibles sintètics i nous materials amb matèries primeres reciclades. És una visió de transformació industrial, que donarà continuïtat a

instal·lacions industrials i llocs de treball al sector energètic i en altres sectors relacionats. L'hidrogen verd; el creixement del negoci d'energies renovables; l'economia circular; l'eficiència energètica, i les tecnologies de captura, ús i emmagatzematge de CO<sub>2</sub>, entre d'altres, són pilars fonamentals en aquesta transformació, que té l'objectiu final d'aconseguir que la companyia sigui de zero emissions netes el 2050.

La primera i més evident palanca sobre la qual el sector s'ha de recolzar per transformar-se és la de reduir les emissions en les operacions actuals de producció i ús de l'energia mitjançant processos i equips més eficients. Ja s'ha recorregut un bon camí en aquesta matèria i la tecnologia continuarà permetent millores incrementals. A més, tenint en compte que el metà és un gas amb efecte d'hivernacle molt potent, vint vegades superior al CO<sub>2</sub> emetent la mateixa quantitat, és important reduir a zero les emissions de metà en les operacions d'explotació i transport del gas natural, que es compon essencialment d'aquest gas. S'estima que el metà és responsable de fins a un 20 % de l'augment de la temperatura del planeta. D'altra banda, la digitalització i la intel·ligència artificial oferiran noves possibilitats d'optimització i millora de l'eficiència energètica.

L'electrificació a partir de les energies renovables serà una de les palanques fonamentals de descarbonització. Estem parlant de la generació elèctrica solar i eòlica, i també, però en una proporció inferior, de la hidràulica i la geotèrmica. Els costos de les plaques solars i els aerogeneradors s'han reduït de manera espectacular en els últims anys, de manera que produir electricitat amb aquestes energies ja té un cost inferior al de les provinents d'altres fonts més tradicionals. No obstant, són energies intermitents que necessitaran grans inversions i desenvolupaments en matèria d'emmagatzematge d'electricitat i de gestió intel·ligent de xarxes per aconseguir un subministrament estable i segur. Sens dubte, les companyies d'hidrocarburs europees continuaran incrementant les inversions en aquest camp, no solament pels seus compromisos de descarbonització, sinó també per la pressió contínua que la UE exerceix sobre el sector.

Una altra palanca fonamental serà la transformació dels complexos industrials en centres de producció de combustibles baixos o neutres en carboni. Es tracta de combustibles renovables líquids i gasosos (biocombustibles avançats, combustibles sintètics i biogàs), utilitzables en els sectors del transport i de la indústria difícils d'electrificar i que estan cridats a convertir-se en companys imprescindibles de l'electrificació. Repsol, per exemple, ha posat en marxa dos projectes pioners a Espanya. El primer, que començarà a funcionar l'any vinent a la refineria de Cartagena, produirà 250.000 tones/any de biocombustibles avançats procedents d'oli d'oliva usat i greixos animals de rebuig. El se-

gon és una planta a la refinaria de Tarragona (projecte Ecoplanta) que obtindrà metanol a partir de 400.000 tones/any de residus urbans.

L'hidrogen renovable o verd està sorgint com una gran oportunitat per a molts sectors per la seva versatilitat. Aquest element no és un desconegut. Ja fa dècades que les indústries utilitzen hidrogen per als seus processos, però fonamentalment com una matèria primera més, i ara es tracta d'utilitzar l'hidrogen, a més, com un combustible que no genera emissions, una font per produir electricitat en una pila de combustible o per emmagatzemar energia. La refinació del petroli i les indústries químiques i dels fertilitzants en són les principals usuàries, i ja estem veient com aquests sectors impulsen grans iniciatives i aliances per posar en marxa la producció d'hidrogen renovable i aquest nou mercat. Aquí les diferents valls i corredors de l'hidrogen exerciran un paper clau, perquè, en un primer moment, caldrà connectar els punts de producció d'aquest hidrogen amb els d'ús, en no estar resolt per ara un sistema de transport, un tema complex perquè a Europa la regulació sobre la matèria s'està desenvolupant alhora que el mateix mercat. Iniciatives d'una dimensió global, com el consorci SHYNE (Spanish Hydrogen Network), també empenyen cap amunt, perquè engloben indústries de tots els sectors i elements de tota la cadena de valor, necessaris per a un desplegament efectiu. Un punt que no s'ha d'oblidar és que aquest hidrogen depèn per desplegar-se del preu de l'electricitat, i els costos actuals no permetran que sigui ni ràpid ni competitiu. Convé, per tant, buscar una solució per contenir aquests preus més enllà del context actual.

En relació amb l'hidrogen verd, resulta interessant aturar-se breument en el cas de Repsol, que s'ha fixat com a objectiu arribar als 552 MW de capacitat instal·lada el 2025 i a 1,9 GW el 2030, i per a això pensa invertir al llarg de la dècada 2.549 milions d'euros en projectes que desplegarà en tota la cadena de valor. La Comissió Europea ha reconegut dos projectes d'hidrogen renovable de Repsol com a estratègics i d'interès general, per la qual cosa rebran finançament públic. Es tracta de dos grans electrolitzadors projectats a la Vall de l'Hidrogen d'Escombreras i al Corredor Basc de l'Hidrogen, dues àrees amb un important consum industrial. El finançament es canalitzarà a través del reconeixement de projectes IPCEI (Important Project of Common European Interest), és a dir, projectes estratègics i d'interès comú europeu.

Finalment, cal destacar que la neutralitat d'emissions, o zero emissions netes, no s'arribarà a aconseguir només amb la important contribució de l'electricitat renovable, els combustibles renovables i l'hidrogen. Encara quedaran emissions romanents de sectors que no es puguin adaptar a aquestes solucions pel cost o per mancances tecnològiques. Per això, també es fa necessària la palanca de la captura (des dels punts d'emissió o de la mateixa atmosfera), ús i emmagatzematge del CO<sub>2</sub>.



L'absorció del diòxid de carboni emès per les refineries és una ruta tecnològica fonamental per reduir les emissions a escala global. Aquest CO<sub>2</sub> es pot capturar mitjançant sistemes d'absorció química o emmagatzematge al subsol, per evitar així que arribi a l'atmosfera. Una altra opció és reutilitzar-lo, en un marc d'economia circular, com a matèria primera per a la manufactura de polímers, materials de construcció i, per descomptat, combustibles sintètics i ecocombustibles.

## 8. Bibliografia

*BP Statistical Review of World Energy* [en línia]. 2021. <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>>.

Eurostat (2022) [en línia]. 2022. <<https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-2a.html>>.

ICAEN. Balanç energètic de Catalunya. Consum d'energia primària [en línia]. 2022. <[https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc\\_energetic/](https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc_energetic/)>.

IEA. Resources to Reserves: Oil, Gas and Coal Technologies for the Energy Markets of the Future [en línia]. 2013. <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/afc6bec5-22e8-4105-a1b3-ceb89eac1e9/Resource2013.pdf>>.

IEA. Key World Energy Statistics 2021 [en línia]. 2021a. <<https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021>>.

IEA. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions [en línia]. World Energy Outlook Special Report. 2021b. <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>>.

IEA. Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector [en línia]. 2021c. <[https://iea.blob.core.windows.net/assets/7e-bafc81-74ed-412b-9c60-5cc32c8396e4/NetZeroBy2050-ARoadmap-fortheGlobalEnergySector-SummaryforPolicyMakers\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/7e-bafc81-74ed-412b-9c60-5cc32c8396e4/NetZeroBy2050-ARoadmap-fortheGlobalEnergySector-SummaryforPolicyMakers_CORR.pdf)>.

IEA. World Energy Outlook 2022 [en línia]. 2022. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c282400e-00b0-4edf-9a8e-6f2ca6536ec8/WorldEnergyOutlook2022.pdf>

MARZO, Mariano. «El petroli del segle XXI: minerals crítics per a la transició energètica». Política&Prosa, núm. 38 (desembre 2021): Transició energètica, p. 40-43.

### **Paraules clau**

hidrocarburs, canvi climàtic, transició energètica, indústria del petroli i del gas.

# L'energia eòlica, pal de paller de la transició energètica de Catalunya

**Jaume Morron Estradé**

Soci director de dialEc - Comunicació per a la Sostenibilitat

## 1. Context històric

Catalunya fou pionera en el desenvolupament i la utilització de les energies renovables, tant a Espanya com al conjunt de la Unió Europea. En són bons exemples el desenvolupament de l'energia hidroelèctrica des de finals del segle XIX i les iniciatives d'avaluació del potencial d'aquests recursos i d'impuls a la utilització de la biomassa forestal, els captadors solars i els aprofitaments eòlics.

Pel que fa a l'energia eòlica, els mèrits de Catalunya són ben reconeguts. A principis de la dècada dels vuitanta ja s'havia elaborat l'*Atles eòlic de Catalunya*, el primer inventari del recurs eòlic d'Espanya. Així, aquest *Atles eòlic de Catalunya*, elaborat a partir de mesuraments registrats a 115 estacions de superfície i dades d'enquestes a 546 entitats catalanes, va permetre confirmar l'existència de dues zones clarament ventoses al nord-est i al sud de Catalunya. No obstant això, altres zones aïllades també presentaven potencialitats interessants que indicaven la possibilitat d'àrees de vents, l'explotació energètica de les quals podria ser viable.

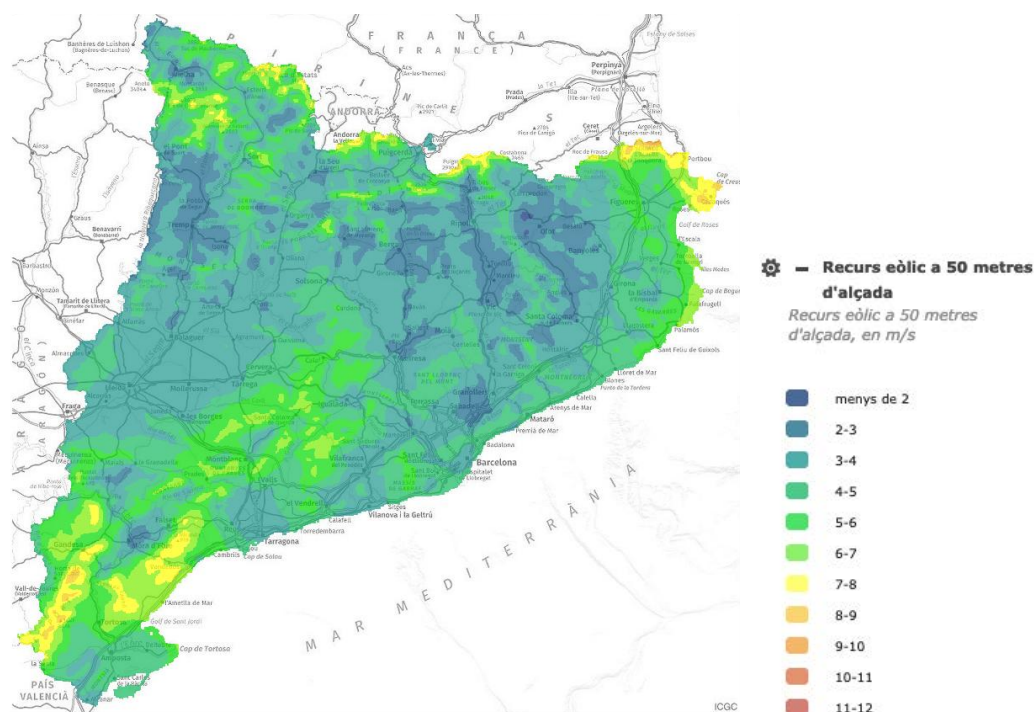
L'energia eòlica exercirà un paper fonamental en l'assoliment d'una penetració més gran de les energies renovables en la cobertura de la demanda d'electricitat a Catalunya. L'energia eòlica està cridada a tenir, gràcies al progrés tecnològic, un paper protagonista principal en la transició energètica de Catalunya.

Catalunya fou líder a Europa en energia eòlica, amb una tecnològica pròpia, Ecotènia, adquirida per Alstom el 2014 i que més tard esdevindria el pal de paller de la divisió eòlica marina de General Electric, el quart fabricant d'aerogeneradors del món.

Poca gent sap que a Barcelona s'han dissenyat els aerogeneradors del primer parc eòlic marí dels Estats Units d'Amèrica el 2016; el prototip de 12 MW al port de Rotterdam el 2019; del parc eòlic Saint-Nazaire, a la Bretanya, l'abril del 2022, i els 277 aerogeneradors de 13 MW i 14 MW (en total, 3.688 MW) a Dogger Bank fins al 2025, el parc eòlic marí més gran del món.

El recurs eòlic de Catalunya es concentra al nord-est de Catalunya (comarques de l'Alt i el Baix Empordà), tot el litoral sud (des del sud de la comarca del Tarragonès fins al delta de l'Ebre), una àmplia zona del prelitoral sud (part de les comarques de la Ribera d'Ebre, el Priorat, la Terra Alta, el Baix Ebre i el Montsià) i al sud-oest de la Depressió Central (part de les comarques del Segrià, les Garrigues, l'Urgell, la Segarra, la Conca de Barberà i l'Anoia).

**Figura 1. Recurs eòlic a 50 metres d'altitud (metres/segon)**



Font: Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

La primera iniciativa de construcció de parcs eòlics a Catalunya es va produir l'any 1984, amb la construcció del parc eòlic de Garriguella (el primer parc eòlic connectat a la xarxa d'Espanya), que tenia cinc aerogeneradors de 25 kW cadascun. Un cop cobertes les expectatives de demostració de la tecnologia, es va desmantellar l'any 1988.

L'abril del 1990 es posà en funcionament el parc eòlic de Roses, a la comarca de l'Alt Empordà (Girona), també dissenyat com a banc de proves d'aquesta forma d'energia renovable. Aquest parc, amb una potència de 590 kW, estava format per quatre aerogeneradors de 110 kW

i dos de 75 kW i va estar operatiu durant 17 anys, fins que es va clausurar i desmantellar l'agost del 2007.

El 1994 es va construir a Tortosa, comarca del Baix Ebre (Tarragona), el parc eòlic del Baix Ebre, que va comptar amb l'impuls de les administracions públiques, tant locals com la Generalitat de Catalunya, i l'esforç del mateix fabricant dels aerogeneradors. La construcció va ser possible, fonamentalment, per una subvenció que va garantir la viabilitat econòmica del projecte. Aquest parc té una potència global de 4.050 kW i està construït amb 27 aerogeneradors de 150 kW de potència unitària.

A la segona meitat dels anys noranta, l'energia eòlica arriba a la majoria d'edat amb l'aparició dels aerogeneradors de 600 kW i el manteniment d'una remuneració suficient per a l'electricitat generada, que converteix en viables econòmicament bona part dels projectes potencials, tant a Catalunya com a Espanya.

El Reial decret 2366/1994<sup>1</sup> regula l'energia elèctrica del règim especial. En virtut d'aquest reial decret, l'empresa distribuïdora més propera té l'obligació d'adquirir l'energia d'aquestes instal·lacions sempre que sigui viable tècnicament, a un preu de venda fixat en funció de les tarifes elèctriques, la potència instal·lada i el tipus d'instal·lació.

Tots els programes eòlics de les comunitats autònomes que avui disposen de més potència en operació s'inicien precisament en aquesta època.

El març del 1999 es va produir un important salt en potència eòlica instal·lada amb la posada en marxa del parc eòlic de Trucafort, ubicat als municipis de Pradell de la Teixeta, l'Argentera, la Torre de Fontaubella i Colldejou, a les comarques del Baix Camp i del Priorat (Tarragona), que consta d'una potència de 30,85 MW, amb 66 aerogeneradors de 225 kW i 25 de 640 kW fabricats per Ecotènia.

L'abril del 1999 i el setembre del 2000 es van posar en marxa successivament les dues fases del parc eòlic de les Colladetes, al municipi del Perelló, comarca del Baix Ebre (Tarragona), amb una potència total de 36,63 MW que li proporcionen 54 aerogeneradors. Posteriorment, el juliol del 2001 va entrar en servei un nou parc eòlic al mateix municipi, a les Calobres, que, amb 17 aerogeneradors de 750 kW, té una potència total de 12,75 MW.

Finalment, el juliol del 2002 van entrar en servei els dos aerogeneradors d'1,3 MW del parc eòlic Mas de la Potra, als municipis de Pradell

1 Reial decret 2366/1994, de 9 de desembre, sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions hidràuliques, de cogeneració i d'altres proveïdes per recursos o fonts d'energia renovables (<https://www.boe.es/boe/dias/1994/12/31/pdfs/A39595-39603.pdf>).

de la Teixeta i Duesaigües, comarca del Baix Camp (Tarragona), amb una potència total de 2,6 MW. Fins aleshores, la tramitació dels projectes de parcs eòlics a Catalunya es feia seguint la normativa d'àmbit estatal, en particular el Decret 2617/1966, de 20 d'octubre, sobre autorització d'instal·lacions elèctriques; el Decret 2619/1966, de 20 d'octubre, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei 10/1966, de 18 de març, sobre expropiació forçosa i sancions en matèria d'instal·lacions elèctriques; la Llei 82/1980, de 30 de desembre, de conservació de l'energia; el Reial decret 1995/2000, d'1 de desembre, que regula el procediment d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica; la Llei 54/1997, de 27 de novembre, del sector elèctric; i el Reial decret 2818/1998, de 23 de desembre, sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions proveïdes per recursos o fonts d'energia renovables, residus i cogeneració.

A l'empara d'aquest cos legislatiu es tramitaren, autoritzaren i posaren en servei 18 dels 46 parcs eòlics que hi ha en servei avui a Catalunya, amb 398 aerogeneradors i una potència de 465,67 MW, el 36,6 % de la potència eòlica en servei actualment.

El juny del 2002 s'aprovà el Decret 174/2002, d'11 de juny, regulador de la implantació de l'energia eòlica a Catalunya, des d'aleshores i fins al setembre del 2009.

És la primera normativa sectorial elaborada i aprovada pel Govern de la Generalitat de Catalunya. Fins aleshores, els projectes de parcs eòlics els tramitava i aprovava la Generalitat, però a l'empara de la normativa estatal.

Un dels punts destacats d'aquest decret fou l'aprovació del Mapa d'implantació ambiental de l'energia eòlica, que distribuïa el territori català en zones segons si eren idònies o no, des del punt de vista ambiental, per instal·lar-hi parcs eòlics. El Mapa determinava tres zones: compatibles, d'implantació condicionada i incompatibles.

A l'empara del Decret 174/2002 es tramitaren, autoritzaren i posaren en servei 27 dels 46 parcs eòlics que hi ha en servei avui a Catalunya, amb 412 aerogeneradors i una potència de 803,88 MW, el 63,2 % de la potència eòlica en servei actualment. Després de dos anys de paralització en la implantació, el juliol del 2004 van entrar en funcionament 7,92 MW, corresponents als 6 aerogeneradors de 1.320 kW del parc eòlic del Collet dels Feixos, al municipi de Duesaigües, comarca del Baix Camp (Tarragona).

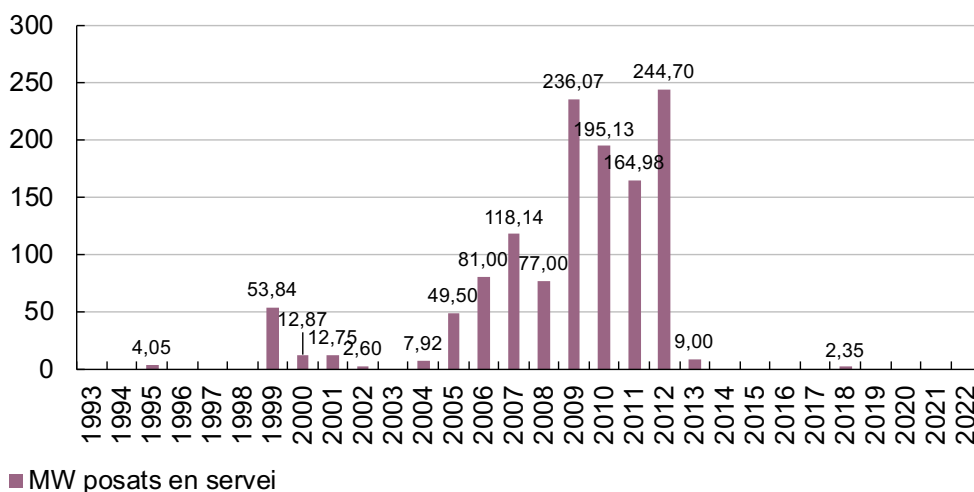
L'any 2005 es va connectar a la xarxa el parc eòlic Serra de Rubió, amb 33 aerogeneradors d'1,5 MW, a la comarca de l'Anoia (Barcelona), el primer d'una sèrie de parcs promoguts per Acciona en aquesta comarca. El 2006 es van posar en operació 3 parcs eòlics amb un total de 62 aerogeneradors i 81 MW. El 2007 es van posar en marxa 4 nous parcs, amb 79 aerogenera-

dors i 118,14 MW de potència. El 2008 es connectaren 4 parcs eòlics, amb 38 aerogeneradors i una potència conjunta de 77,0 MW.

Cal destacar que un d'aquests parcs estava format per la primera de quatre unitats de l'aerogenerador Eco-100, desenvolupat per Ecotècnia, amb 3 MW de potència. Aquest parc va ser inaugurat pel president de la Generalitat de Catalunya, el Molt Honorable Senyor José Montilla, el 25 de juliol del 2008. L'any 2009 es van posar en servei 8 parcs eòlics amb 122 aerogeneradors i 236,07 MW; el 2010 en foren 6, amb 96 aerogeneradors i 195,13 MW de potència, i 5 l'any 2011, amb 76 aerogeneradors i 164,98 MW de potència.

L'any 2012 –fins ara és l'any en què s'ha posat en servei més capacitat de generació eòlica a Catalunya– entraren en operació 6 nous parcs eòlics, amb 103 aerogeneradors i 244,7 MW de potència. El 2013 es posà en servei el parc eòlic de Vilobí II, amb 3 aerogeneradors i 9 MW de potència.

**Gràfic 1. Any en què comença a operar la potència eòlica en servei a Catalunya actualment (MW)**



Font: elaboració pròpia a partir del registre del Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic.

L'1 de setembre del 2008, el DOGC va publicar un edicte del Departament d'Economia i Finances de la Generalitat de Catalunya mitjançant el qual se sotmetia a informació pública durant trenta dies el projecte de decret regulador del procediment administratiu aplicable per a la implantació de parcs eòlics i instal·lacions fotovoltaïques a Catalunya. Era l'embrió del que es convertiria en el Decret 147/2009, de 22 de setembre, pel qual es regulen els procediments administratius aplicables per a la implantació de parcs eòlics i instal·lacions fotovoltaïques a Catalunya. Aquesta és la normativa que, de fet, ha impedit la implantació de les energies renovables a Catalunya fins que el 26 de novembre del 2019 fou derogada pel Decret llei 16/2019.

Els resultats del Decret 147/2009 han estat absolutament decebedors. Un fracàs més que rotund. A l'empara del Decret, només s'han posat en servei 2,35 MW, que corresponen a l'aerogenerador Viure de l'Aire, que entrà en funcionament el març del 2018 al terme municipal de Pujalt, a l'Anoia (Barcelona).

A part del projecte Viure de l'Aire, no s'ha arribat a posar en servei, ni tampoc a construir, cap altra petita instal·lació eòlica, i això que se'n varen arribar a presentar més d'un centenar.

Dels 22 parcs eòlics adjudicats definitivament el 26 de novembre del 2010,<sup>2</sup> adjudicats en l'únic procediment de concurrència competitiva desenvolupat fins avui per la Generalitat de Catalunya, equipats amb 250 aerogeneradors i una potència total de 768 MW, només 90 MW aconseguiren les autoritzacions administratives prèvies i l'autorització de construcció.

Però, degut a la insuficient capacitat d'accés i connexió a la xarxa —que el decret, en teoria, havia de garantir—, només es podran construir i posar en servei dos dels tres parcs, i per una potència de 49,4 MW: els parcs eòlics Punta Redona i Els Barrancs, a la Pobla de Massaluca, Batea i Vilalba dels Arcs, a la Terra Alta, amb 13 aerogeneradors de 3,8 MW i una potència conjunta de 49,4 MW, el 6,4 % de la potència adjudicada l'any 2010. Els 718,6 MW restants, el 93,6 % de la potència adjudicada, han resultat fallits.

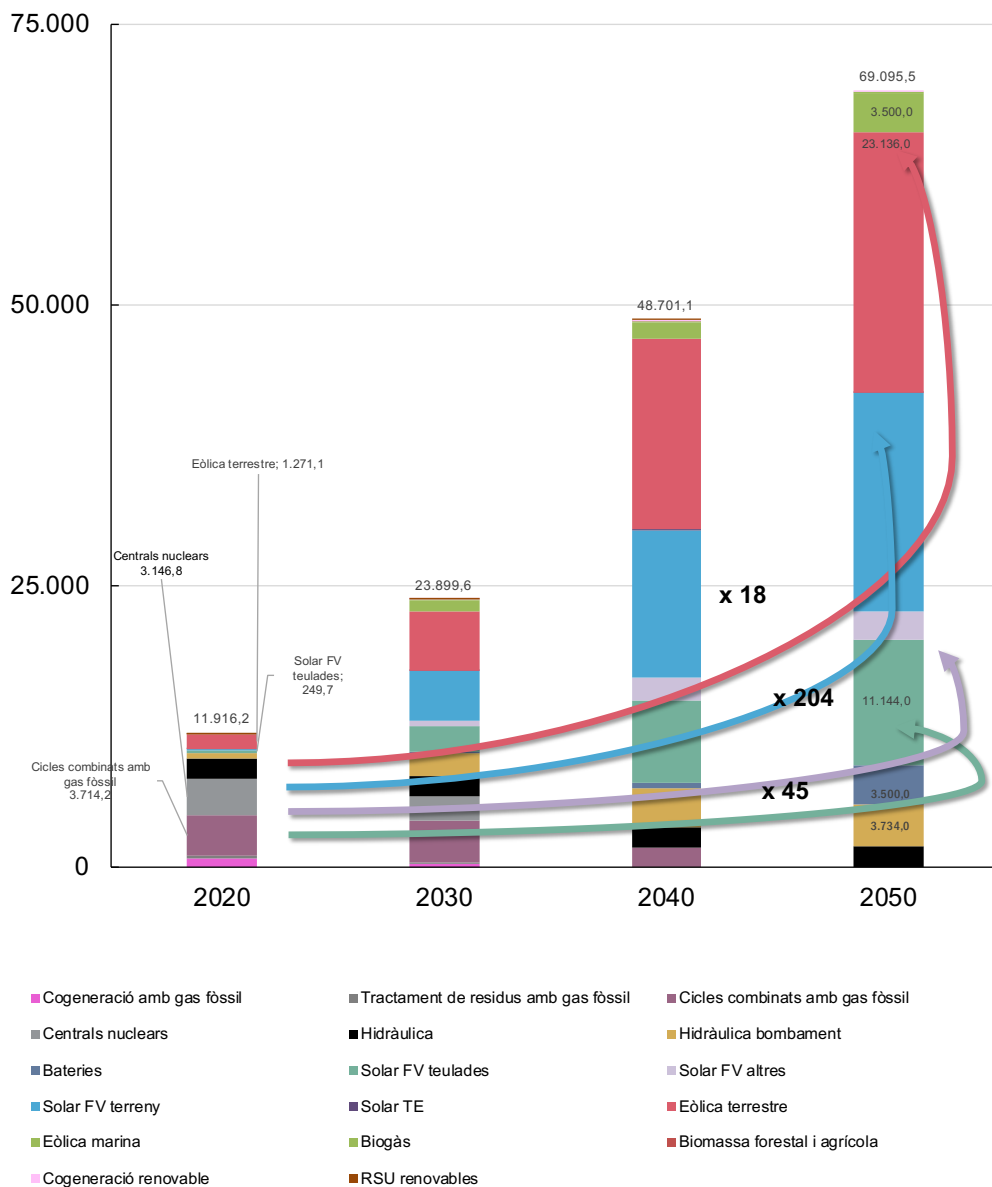
---

2 “La Generalitat adjudica definitivament les zones de desenvolupament prioritari de l'energia eòlica a Gas Natural-Alstom, Comsa Emte-GERRSA, Fersa-Aventalia i FCC”. Nota de premsa del Departament d'Economia i Finances de la Generalitat de Catalunya (26 de novembre del 2010).



## 2. La PROENCAT 2050, el full de ruta de la transició energètica de Catalunya

**Gràfic 2. Transició energètica a Catalunya (potència instal·lada a finals de l'any 2020 i escenaris 2030, 2040 i 2050, en MW)**



Font: elaboració pròpia a partir de la PROENCAT 2050.

El 4 de febrer del 2022, la Conselleria d'Acció Climàtica de la Generalitat de Catalunya i l'Institut Català d'Energia van presentar la Prospectiva Energètica de Catalunya (PROENCAT) en l'horitzó del 2050.

La PROENCAT 2050 modelitza i traça la transformació del sistema energètic de Catalunya per assolir-ne la descarbonització i la desnuclearització completes l'any 2050 i l'electrificació de fins a un 76 % de tota la demanda energètica.

L'any 2050, d'acord amb la Llei 16/2017, de l'1 d'agost, de canvi climàtic; el Decret llei 16/2019, de 26 de novembre, de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables, i el Decret llei 24/2021, de 26 d'octubre, d'acceleració del desplegament de les energies renovables distribuïdes i participades, Catalunya haurà de generar la totalitat de la demanda elèctrica amb fonts d'energia renovables. La PROENCAT 2050 estima aquesta demanda en 115,5 TWh, més del doble que l'actual.

Per a l'any 2030, d'aquí a poc més de set anys, les mateixes lleis i decrets llei proposats pel Govern de la Generalitat de Catalunya i adoptats pel Parlament de Catalunya comprometen que el 50 % de la demanda elèctrica de Catalunya, que la PROENCAT estima que serà de l'ordre de 66,8 TWh, sigui cobert amb fonts d'energia renovables.

Avui, la demanda elèctrica de Catalunya suposa el 25 % de la demanda energètica.

Segons la PROENCAT 2050, l'any 2050, la demanda elèctrica significarà el 76,4 % de la demanda energètica de Catalunya, perquè el sistema energètic haurà assolit un elevat grau d'electrificació (amb fonts d'energia renovables) com a resposta a l'emergència climàtica i també per augmentar molt considerablement l'eficiència energètica.

L'any 2019 (darrer any del qual disposem de dades oficials), la demanda energètica de Catalunya fou de 25.371,2 milers de tones equivalents de petroli (TEP), equivalents a 269 TWh.<sup>3</sup> Cal tenir en compte que el rendiment energètic de la generació elèctrica nuclear és del 30 %; el de la mobilitat elèctrica, del 80 %, i el de la combustió, del 26 %. Aquests percentatges fan referència a la quantitat d'energia aprofitable i que no es perd. Per tant, en electrificar el sistema energètic, es produeix una important reducció en el consum d'energia primària, perquè s'eviten les pèrdues en la generació elèctrica tèrmica, sigui fòssil o nuclear, com també les pèrdues en la mobilitat, per l'eficiència superior del motor elèctric respecte al de combustió.

Per això, la PROENCAT 2050 estima que l'any 2050 serà de 151,2 TWh, dels quals 115,5 TWh seran elèctrics.

En resum, 117,8 TWh menys, un 44 % menys. Es tracta d'un augment de l'eficiència extraordinari respecte a l'any 2019.

---

3 Balanç energètic de Catalunya (2017) i Balanç elèctric de Catalunya (2020). Institut Català d'Energia (març del 2021).

El gràfic 2 reproduïx com s'estima que evolucioni la capacitat de generació elèctrica prevista a la PROENCAT 2050, entre el 2020 i el 2050, i quins són els canvis que experimentarà en el mateix període.

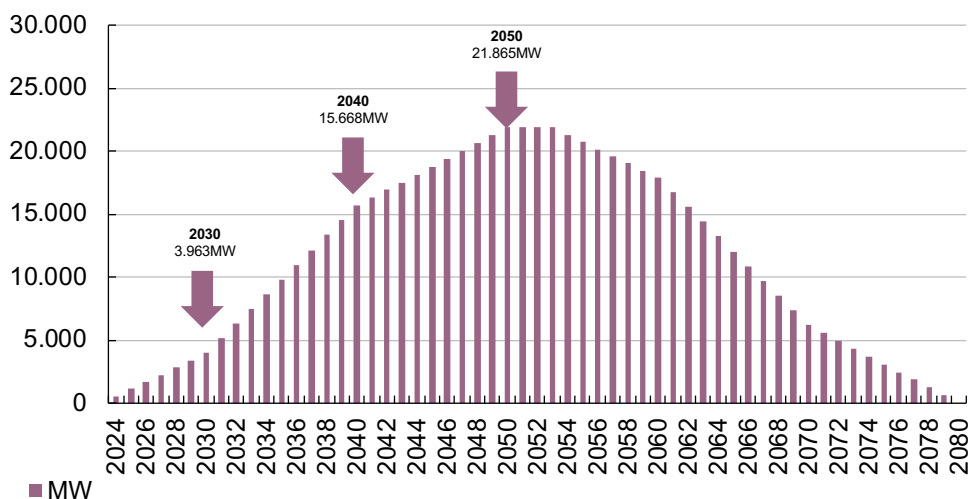
El més rellevant és el tancament de totes les instal·lacions que cremen gas fòssil i dels reactors nuclears; el fortíssim creixement de la capacitat de generació eòlica terrestre, solar fotovoltaica i hidràulica de bombament, i, finalment, l'entrada en el parc elèctric de la cogeneració renovable i les bateries.

La PROENCAT 2050 estima que la contribució de l'energia eòlica a la descarbonització de Catalunya i a l'electrificació amb fonts d'energia renovables requereix que l'any 2050 el país disposi de 23.136 MW de potència eòlica terrestre en servei.

Avui, Catalunya disposa de 1.271 MW de capacitat de generació d'electricitat a partir de la força del vent (és a dir, un 5,5 % del que serà necessari el 2050).

Serà menester, doncs, tramitar, autoritzar, construir i posar en servei 21.865 MW de nova potència fins a l'any 2050, que la PROENCAT distribueix entre 3.963,1 MW eòlics terrestres nous fins al 2030, 11.704,8 MW entre el 2031 i el 2040 i 6.197 MW entre el 2041 i el 2050.

**Gràfic 3. Evolució de la nova potència eòlica per posar en servei entre els anys 2024 i 2080 (MW)**



Font: elaboració pròpia a partir de la Prospectiva Energètica de Catalunya (PROENCAT) 2050.

El gràfic 3 mostra una hipòtesi d'incorporació de nova potència, any per any.

Ara mateix, a Catalunya s'estan construint cinc parcs eòlics equipats amb 46 aerogeneradors i una potència total de 128,15 MW. És previsible que aquesta potència es connecti a la xarxa elèctrica abans que acabi l'any.

En tramitació —havent-se publicat al DOGC l'anunci corresponent de sol·licitud d'autorització administrativa prèvia i estudi d'impacte ambiental—, n'hi ha quatre més, equipats amb 31 aerogeneradors i amb una potència de 157,37 MW. S'estima que, com a molt aviat, es posaran en servei l'any 2024.

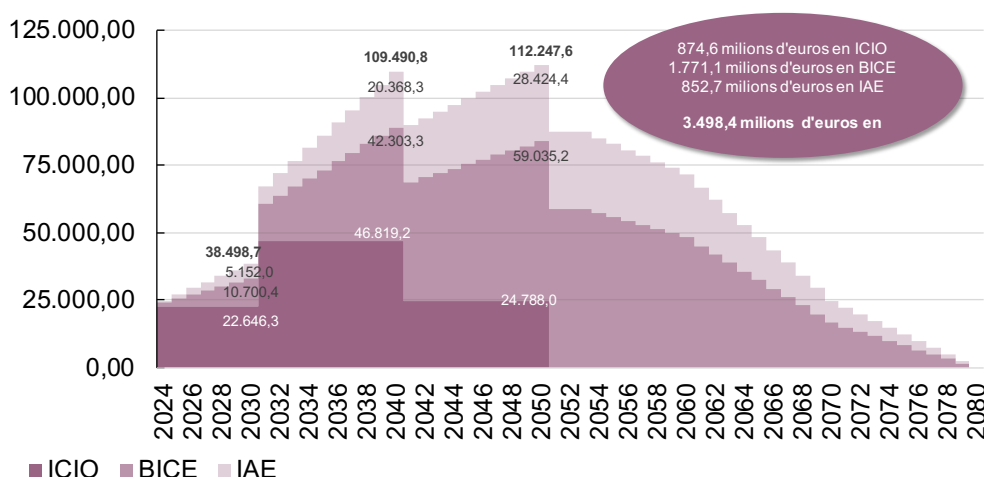
És pertinent fer un incís aquí sobre la manca de desenvolupament eòlic a la demarcació de Girona. Fins ara, aquest fet ha sigut causat principalment per la manca de capacitat d'evacuació, és a dir, la capacitat que l'operador del sistema elèctric —Red Eléctrica en transport (a partir de 220 kV) o, a Catalunya, Endesa en distribució— pot posar a disposició d'un generador d'electricitat en un determinat punt d'accés i connexió a la xarxa elèctrica (de transport o de distribució) per evacuar-hi la producció. A l'Alt Empordà, i a la demarcació de Girona en general, aquesta capacitat era molt escassa, si no inexistent, fins que s'hi han construït la subestació elèctrica de Santa Llogaia i la línia elèctrica d'alta tensió d'interconnexió amb França. Aquest és el motiu fonamental pel qual no s'han materialitzat projectes de generació renovable mitjans i grans a la demarcació. Altres factors són, òbviament, l'oposició d'ajuntaments i grups ecologistes i també les característiques del vent, que és molt turbulent i que, en alguns indrets, feia molt complicat que els fabricants d'aerogeneradors certifiquessin les seves màquines.

Amb aquestes hipòtesis, s'ha construït el gràfic d'evolució de la nova potència eòlica a Catalunya corresponent als parcs eòlics que es posaran en servei fins a l'any 2050 inclòs, amb la nova potència que estableix la PROENCAT 2050, que arriba a un màxim de 21.865 MW l'any 2050.

S'estima que els parcs tindran una vida operativa de trenta anys i, per facilitar el càlcul, no se'n preveu ni l'allargament de la vida ni la re-potenciació. Per això, el gràfic té forma de campana.

Es calcula que els municipis que acullin aquests nous parcs eòlics terrestres ingressaran, al llarg de la vida operativa d'aquests, un total de 3.500 milions d'euros (preus corrents del 2022), repartits entre l'impost d'instal·lacions, construccions i obres (ICIO); l'impost sobre els béns immobles de caràcter especial (BICE), i l'impost d'activitats econòmiques (IAE).

**Gràfic 4. Evolució dels ingressos municipals (ICIO, BICE i IAE) durant el període d'operació de la nova potència eòlica per posar en servei fins a l'any 2050 (milers d'euros)**



Font: elaboració pròpia.

El gràfic 4 mostra la periodificació d'aquests ingressos entre els anys 2024, quan es posin en servei els primers parcs, i 2079, quan es retirin del servei els parcs eòlics posats en marxa l'any 2050.

L'ICIO és un impost que es liquida abans de començar la construcció. Per això, els ingressos per aquest impost es produiran entre els anys 2024 i 2050. Per la seva banda, tant el BICE com l'IAE es liquiden anualment i, per tant, en figuren ingressos cada any entre el 2024 i el 2079.

S'estima que els ingressos per l'ICIO sumaran 874,6 milions d'euros (calculats al tipus màxim del 4 %); els ingressos pel BICE, 1.771,1 milions d'euros, i els ingressos per l'IAE, 852,7 milions d'euros. Entre els tres impostos es calculen uns ingressos de 3.498,4 milions d'euros. No s'han considerat altres ingressos possibles, com les taxes de tramitació.

Es calcula que entre els anys 2024 i 2079 s'efectuarà una transferència de renda de l'ordre de 2.624 milions d'euros a la Catalunya rural pels lloguers dels terrenys, privats o públics, on s'instal·lin els parcs eòlics, amb un màxim de 87,4 milions d'euros l'any 2050.

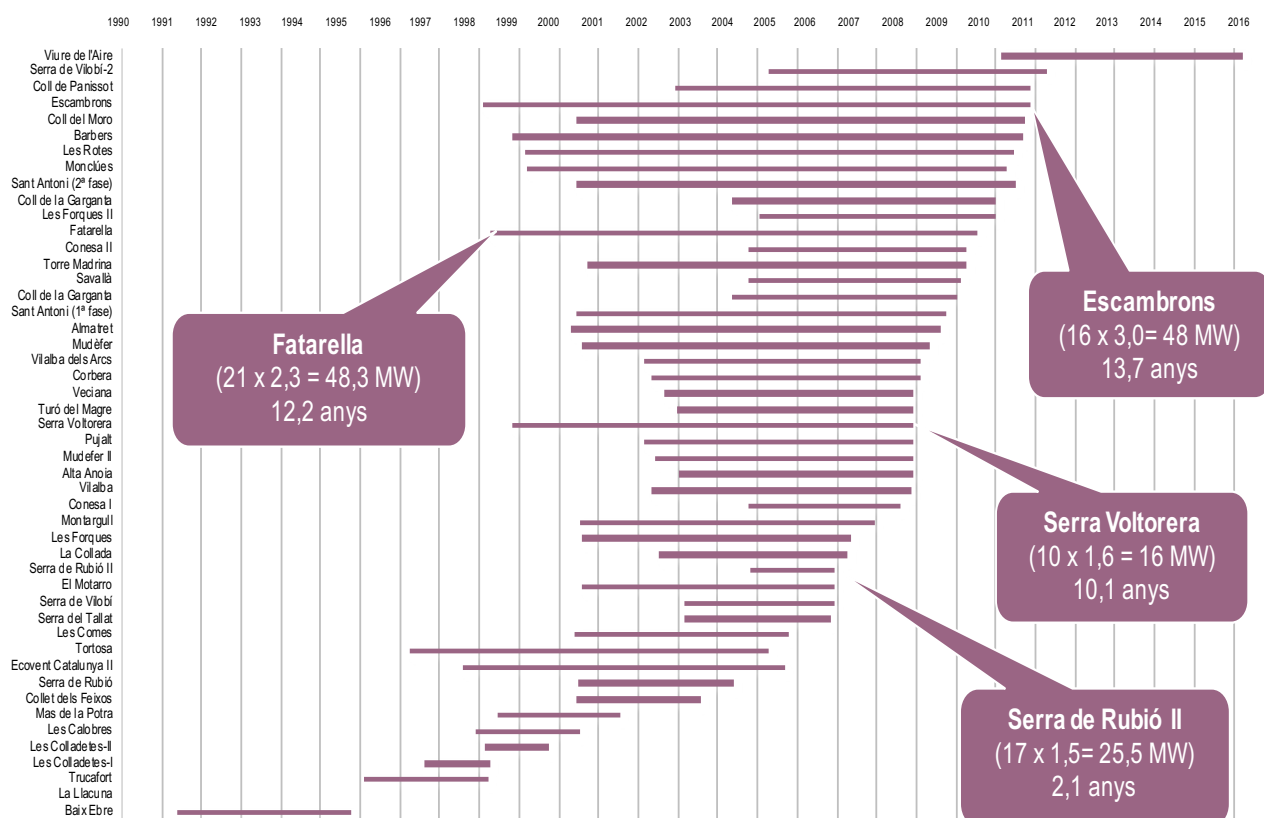
Finalment, pel que fa a l'ocupació, s'estima un increment en el sector de la construcció de 680 persones/any entre el 2024 i el 2030, 1.400 persones/any entre el 2031 i el 2040 i unes 750 persones/any entre el 2041 i el 2050.

L'ocupació directa, indirecta i induïda derivada de l'operació i el manteniment dels parcs eòlics en l'actualitat és d'unes 1.000 persones, i s'anirà incrementant a mesura que s'afegeixi capacitat de generació

eòlica fins a arribar a l'objectiu de 23.136 MW eòlics terrestres l'any 2050. S'assolirà un màxim de 15.165 persones entre els anys 2050 i 2053.

Els colls d'ampolla es localitzen en els llargs períodes de tramitació i la seva velocitat. El gràfic 5 mostra l'historial del temps de tramitació de projectes de parcs eòlics a Catalunya i, amb dades més recents, el temps de tramitació de quatre petites instal·lacions solars fotovoltaïques sobre terreny.

**Gràfic 5. Cronograma dels períodes de tramitació dels parcs eòlics en servei a Catalunya**



Font: elaboració pròpia a partir de les publicacions de les autoritzacions al DOGC.

El gràfic parla per ell mateix. Són uns terminis de tramitació absolutament insostenibles. Cal anar molt més de pressa o no s'assoliran els objectius.

És òbvia l'asimetria entre el que és exigible a Catalunya als expedients de generació eòlica i el que s'exigeix als projectes que, per potència o per superfície, es tramiten per l'Administració General de l'Estat espanyol.

Tot i que el Decret llei 24/2021 ha permès que disposar de l'accés i connexió ja no sigui condició necessària per iniciar el tràmit d'autorització administrativa, fet que elimina una clara situació de desavantatge respecte als projectes de més de 50 MW o més de 100 ha, la modificació d'alguns dels requisits exigits als annexos 1 al 3 del Decret llei 16/2019 facilitaria i escurçaria considerablement el temps de tramitació dels projectes.

L'aixecament del bloqueig a les renovables que ha produït el Decret llei 16/2029 ha propiciat que molts projectes en maduració afloressin sobtadament, la qual cosa ha provocat un volum de treball addicional als Serveis Territorials responsables de gestionar aquests expedients. El volum de treball administratiu no ha de ser una limitació a cap gestió legítima, ja que l'Administració té els mecanismes per dotar-se de recursos addicionals a fi d'afrontar la realitat de ciutadans i empreses.

El millor vaccí per tal que això no succeeixi, i perquè Catalunya retingui totes les externalitats positives derivades de la implantació de la generació elèctrica renovable, és fer els deures que ens pertoquen, i que recull la PROENCAT 2050.

Si no teníem prou arguments sobre la taula, la cruesa de la geopolítica dels darrers mesos n'hi acaba d'afegir un altre més que definitiu: les dificultats en el subministrament dels recursos energètics fòssils, especialment el gas, i l'augment descontrolat dels preus.

### **Paraules clau**

transició energètica, energia eòlica, renovables, potencia eòlica.

# El desplegament de l'energia solar a Catalunya

**Manel Romero Molina**

Enginyer industrial, soci de SUD Renovables i codelegat d'UNEFCAT

1.

## Introducció: el paper de l'energia solar en la transició energètica de Catalunya

La transició energètica ha esdevingut quelcom inqüestionable i essencial. No és només pel canvi climàtic, els efectes del qual són cada vegada més evidents, també a casa nostra (ja no és llunyà en el temps, passa avui; ni en l'espai, passa aquí); també és per una qüestió de competitivitat econòmica, perquè les energies convencionals (les fòssils i l'urani) han esdevingut més cares que les energies alternatives (les renovables, cada vegada més barates). I són, també, els efectes a Europa de la guerra d'Ucraïna, que ens empenyen a accelerar l'autonomia energètica, a deixar de dependre de països no aliats. Hi hem d'afegir, també, altres motius igualment rellevants, com és la necessitat de fer una transició energètica cap a un model més descentralitzat i just, compartit i participat per la societat. Veiem, doncs, que tenim tots els arguments per no defugir més la nostra responsabilitat i actuar amb més diligència que fins ara.

L'energia solar fotovoltaica ha de ser la font que lideri aquesta transició energètica: per la maduresa de la seva tecnologia, per l'abundància del seu recurs (a diferència del vent, de sol n'hi ha arreu del territori català, i amb més abundància que a la resta d'Europa), per la facilitat d'integració al territori (s'adapta a l'entorn urbà i permet fer plantes en terrenys i infraestructures diversos), per la rapidesa d'implantació (podem posar en funcionament uns quants megawatts de potència fotovoltaica en poques setmanes) i pel preu baix que té (avui ja és la tecnologia de generació elèctrica, incloent-hi les convencionals, més econòmica).



La urgència que tenim per fer la transició energètica i la facilitat que caracteritza la tecnologia solar per implantar-se arreu del territori, però, poden provocar reticències, barreres o rebuig en certs àmbits de la nostra societat. És per això que convé analitzar acuradament el potencial de generació de què disposem i organitzar-ne molt bé el desplegament, sense caure en més dilacions. Convé fer-ho bé, endreçadament i en diàleg amb el territori, però també convé fer-ho ràpidament i decididament.

## 2.

### Estat de la qüestió de la tecnologia fotovoltaica. Previsió de la seva evolució

#### 2.1.

##### Breu història de la seva evolució

Podem afirmar que la tecnologia fotovoltaica ja és una tecnologia madura. L'efecte fotovoltaic fou reconegut pel físic francès Alexandre-Edmond Becquerel el 1839, i la primera cèl·lula solar la va crear Charles Fritts el 1889. Posteriorment, el 1905, Einstein va explicar la teoria de l'efecte fotovoltaic. No va ser fins a la carrera espacial quan es van començar a fabricar les primeres cèl·lules solars per a aplicacions pràctiques, començant amb el satèl·lit *Vanguard*, llançat a l'espai pels EUA el 1957. Fins a la dècada dels noranta, les aplicacions solars van ser principalment per a sistemes aïllats de la xarxa elèctrica, i eren sistemes petits, de molt pocs watts de potència. No va ser fins a principis dels anys 2000 quan en alguns països es van començar a fer instal·lacions de grans dimensions, connectades a la xarxa elèctrica, gràcies als incentius econòmics que alguns governs van implantar. Aleshores la tecnologia fotovoltaica era molt cara, i sense aquestes ajudes no hagués estat possible implantar-la. Es va crear el que es coneix com a sistema *feed-in tariff*, que consisteix a pagar el kWh d'origen renovable injectat a la xarxa elèctrica a un preu més alt que el de mercat. Això va permetre generar una indústria, amb fàbriques de silici solar (fins aleshores s'aprofitava el silici dels semiconductors, més car) i de la resta de components, que per economia d'escala en va fer baixar els costos en molt poc temps.

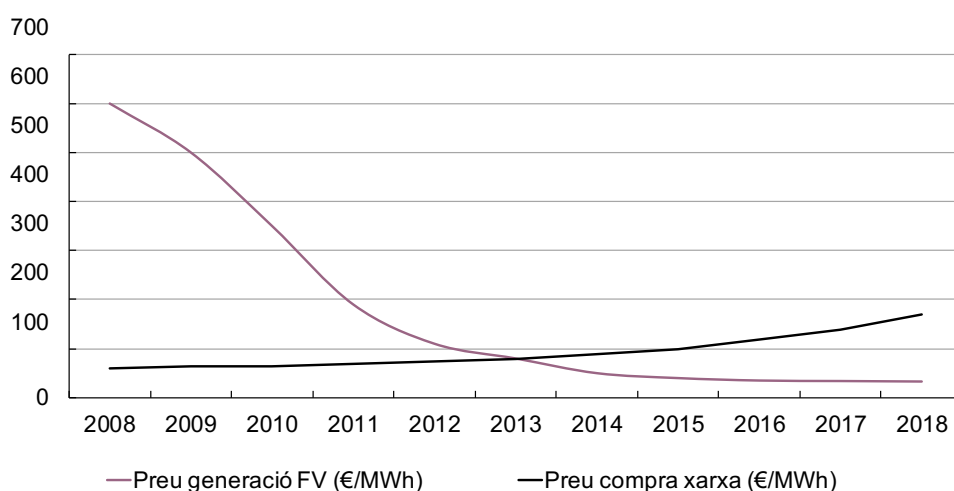
#### 2.2.

##### Paritat amb la xarxa

La baixada de costos de la tecnologia i l'augment del preu de l'electricitat van fer que en molts països s'arribés fa uns quants anys al que es coneix com a *paritat amb la xarxa (grid-parity)*, és a dir, que el cost de generar electricitat amb tecnologia fotovoltaica s'igualava al cost de

compra d'electricitat de la xarxa elèctrica (vegeu el gràfic 1). A Catalunya vam arribar a aquest punt cap a l'any 2012 o 2013. A partir d'aleshores ja és més econòmic generar electricitat amb panells fotovoltaics que comprar l'electricitat a la xarxa, i és quan parlem de l'autoconsum fotovoltaic i de generar en igualtat de condicions al mercat elèctric, sense incentius. És aleshores quan la tecnologia fotovoltaica realment es pot estendre a tots els àmbits. Qualsevol consumidor d'electricitat, ja sigui una empresa, una entitat o un particular, té la possibilitat de generar una electricitat més neta, propera i econòmica que la de la xarxa elèctrica.

**Gràfic 1. Evolució del preu de la generació fotovoltaica i del preu de la xarxa (grid-parity) (€/MWh)**



Font: elaboració pròpia a partir dels preus mitjans de generació i consum.

### 2.3.

#### Tecnologia fotovoltaica

El 95 % dels panells fotovoltaics que avui es fabriquen al món estan fets amb silici cristal·lí, i aquest material és el que domina la tecnologia solar des dels seus inicis. En els anys 2000 van aparèixer altres materials, principalment de capa fina (silici amorf, CdTe i CIGS), que semblava que havien de substituir (per cost o eficiència) el silici cristal·lí. La baixada de preus, però, que ha pogut experimentar el silici cristal·lí (una baixada del 80 % en només deu anys), lligada a l'evolució positiva de la seva eficiència (un augment mitjà de l'eficiència del 30 % en deu anys), i sumant-li el fet que els altres materials no hagin pogut tenir una evolució semblant, ha comportat que el silici cristal·lí segueixi sent el material principal. I no es preveuen canvis substancials en aquest sentit, almenys durant els propers anys. El que s'està produint principalment és una evolució de la tecnologia del silici cristal·lí, cap a cèl·lules bifacials (que permeten aprofitar també la radiació difusa i

reflectida per la part posterior del panell) i tecnologia HJT i PERC amb mitja cèl·lula (*half-cut* o *half-cell*), que fan possible augmentar-ne lleugerament l'eficiència sense un increment significatiu del preu.

També estan apareixent aplicacions fotovoltaïques de minerals com la perovskita i de materials orgànics, que permetran ampliar el rang de productes (flexibles i integrats en edificis), i que fent tàndem amb el silici n'augmentaran l'eficiència. Tinguem en compte que cada material pot generar energia en un espectre de llum (longitud d'ona) determinat, la qual cosa li dona a la pràctica una eficiència límit, un valor teòric màxim (el que es coneix com a *límit de Shockley-Queisser*), que en el silici implica no poder passar del 29 %. Combinant en una mateixa cèl·lula el silici amb la perovskita, s'aconsegueix ampliar l'espectre de llum, la qual cosa fa augmentar el rendiment de la cèl·lula. Avui, amb aquesta combinació, ja s'ha arribat al 29 % d'eficiència, i en pocs anys s'espera poder arribar al 35 %. En qualsevol cas, pel que sembla tampoc no seria un canvi gaire disruptiu, res que faci pensar que la tecnologia d'avui quedi ràpidament obsoleta. S'esperen millores en l'eficiència, certament, però amb uns valors equivalents als guanys que hem tingut en els darrers deu anys (augment del 30 % de l'eficiència, que representa un increment mitjà del 3 % anual).

Àsia concentra una gran part de la fabricació de panells fotovoltaïcs del món. La Xina domina clarament el mercat, amb un 74,7 %; la segueixen la regió d'Àsia-Pacífic, amb un 15,4 %; l'Índia, amb un 2,8 %, i l'Amèrica del Nord, amb el 2,4 %. A Europa es fabriquen un 2,8 % dels panells de tot el món, xifra que es vol augmentar significativament.<sup>1</sup> Després de les conseqüències negatives de l'elevada dependència del gas rus, es volen desenvolupar fàbriques de panells fotovoltaïcs en diverses regions d'Europa. No n'hi ha prou amb tenir el recurs renovable (sol i vent) per produir energia, també cal disposar del control de la tecnologia per poder-la produir. Sembla que la Unió Europea comença a plantejar-se això una mica més seriosament que fins ara.<sup>2</sup> Serà un repte recuperar el temps perdut, perquè la Xina ja disposa del control de moltes de les matèries primeres i té la tecnologia per desenvolupar i fabricar els productes que es necessitaran.

Després dels panells fotovoltaïcs, el principal equip d'una instal·lació solar són els inversors, que transformen el corrent continu dels panells en corrent altern compatible amb la xarxa. En aquests equips també s'ha evolucionat durant en els darrers anys: se n'ha augmentat l'efi-

1 CONTE, NICCOLO [et al.]. «Visualizing China's Dominance in the Solar Panel Supply Chain». *Visual Capitalist* [en línia] (30 agost 2022). <<https://www.visualcapitalist.com/visualizing-chinas-dominance-in-the-solar-panel-supply-chain/>>.

2 CEPEDA MINAYA, Denisse. «Europa aspira a revivir su industria de componentes». *El País* [en línia] (2022). <<https://elpais.com/extra/energia/2022-10-30/europa-aspira-a-revivir-su-industria-de-componentes.html>>.

ciència (que avui pot arribar al 98 %), se n'han reduït els costos i se n'han ampliat les prestacions. Trobem des d'equips grans, d'uns quants megawatts de potència, fins a microinversors amb potències per a un sol panell, la qual cosa permet oferir més versatilitat, sobretot en instal·lacions residencials per a autoconsum (reduïxen els efectes per les ombres de xemeneies i altres edificis).

Pel que fa als sistemes de seguiment, en instal·lacions sobre terreny d'una mínima potència (més d'1 MW) i per a terrenys relativament plans, s'han consolidat els sistemes de seguiment en un sol eix (est-oest), que permeten augmentar la producció en un 20 % aproximadament respecte dels sistemes fixos orientats al sud. Els sistemes de seguiment en dos eixos han quedat relegats a usos molt específics (en entorns urbans principalment), i de manera molt poc habitual. Els grans parcs han deixat d'utilitzar els seguidors en dos eixos per l'elevat preu (eren viables quan els preus dels panells eren molt alts, avui ja no és el cas) i per l'impacte paisatgístic (són molt alts i es veuen molt) i d'ocupació del terreny (per evitar les ombres, cal separar-los en excés, fet que requereix una elevada ocupació).

En sistemes fixos, s'està tendint a instal·lar els panells amb la mateixa orientació i inclinació que les cobertes existents (si aquestes tenen un mínim d'inclinació, d'aproximadament 5 graus). Per a les cobertes més planes (1 grau), s'està imposant un sistema fix amb doble orientació (est-oest), en lloc de l'orientació sud que havíem vist fa uns quants anys. Ja no orientem els panells al sud (o al nord a l'hemisferi sud). Això s'està produint com a conseqüència dels baixos preus dels panells fotovoltaics, que han deixat de ser el cost principal de la instal·lació. El cost de la mà d'obra i d'altres materials, com ara el cablejat i l'estructura, ha esdevingut cada vegada més determinant, i amb sistemes més compactes, com l'est-oest i els coplanaris (amb la mateixa inclinació que la coberta), aconseguim reduir-lo. També s'han deixat d'aixecar els panells (respecte de la coberta existent), perquè es poden integrar millor als edificis (queden molt millor estèticament, a banda que evitem l'efecte vela produït pel vent quan impacta per la part posterior dels panells).

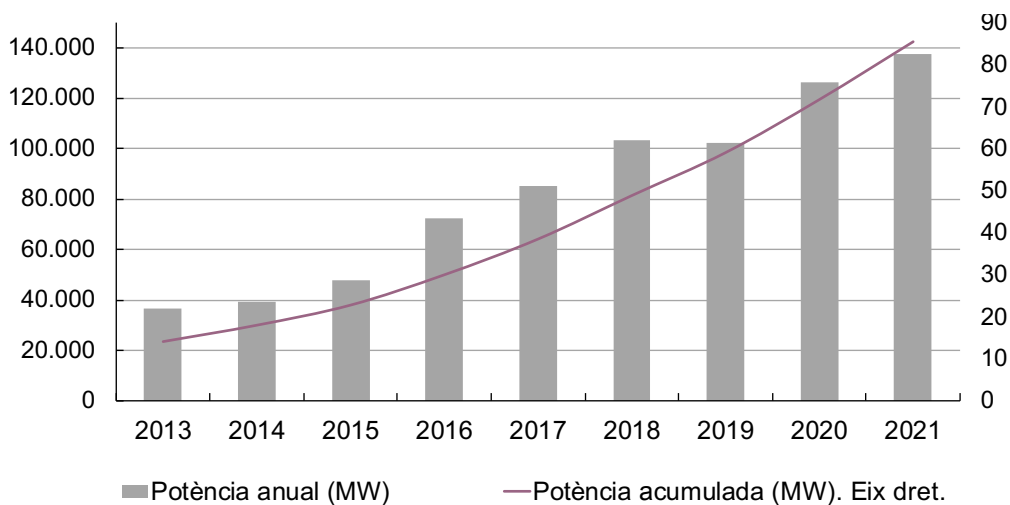
I finalment, també estem veient una evolució en els sistemes de subjecció i integració dels panells, des dels sistemes d'integració en edificis (*building integrated photovoltaics*, BIPV), com veurem més endavant.

### 3. Situació del sector fotovoltaic al món

Segons podem observar al gràfic 2, al món cada any s'està instal·lant més potència fotovoltaica que l'anterior. L'augment de la demanda d'aquesta tecnologia arreu ha provocat que els preus hagin anat bai-

xant fins a esdevenir la tecnologia de generació elèctrica més econòmica.

**Gràfic 2. Evolució de la potència fotovoltaica al món (potència anual i acumulada, MW)**

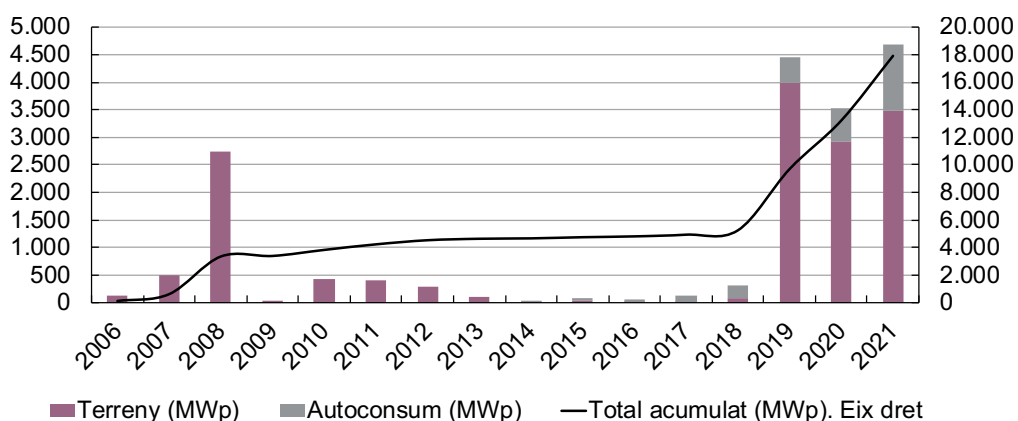


Font: IRENA. Renewable Energy Statistics. 2022.

#### 4. Situació del sector fotovoltaic a Espanya

Espanya, a diferència d'altres països i de l'evolució del sector al món, on cada any s'està instal·lant més potència fotovoltaica que l'anterior, ha patit variacions notables de les potències anuals instal·lades, segons podem observar al gràfic 3.

**Gràfic 3. Evolució de la potència solar fotovoltaica a Espanya (anual i acumulada, MWp)**



Font: Red Eléctrica de España i UNEF.

Observem que l'any 2008 es van instal·lar més de 2.700 MW: aquell any va ser el país del món amb més potència instal·lada, al davant fins i tot d'Alemanya. A partir d'aleshores veiem com va baixar abruptament. El motiu és que la legislació a Espanya ha anat patint diverses modificacions, algunes amb caràcter retroactiu, fet que ha minat la confiança dels inversors (el Regne d'Espanya ha hagut de fer front a nombroses denúncies de fons d'inversió internacionals) en tots els mecanismes *feed-in tariff*, i també per l'impost al sol que es va establir per a l'autoconsum l'any 2015. No va ser fins que els preus de la tecnologia van baixar (i que ja no eren necessaris els incentius) i fins que no es va derogar l'impost al sol el 2018 que la tecnologia fotovoltaica va tornar a créixer a Espanya, també a través de les subhastes a les grans plantes i de l'autoconsum, que s'està beneficiant dels ajuts europeus Next Generation. A Espanya, el sector fotovoltaic ha hagut de patir deu anys de «travessia del desert», per culpa de la política erràtica dels successius governs espanyols, que han malmès la confiança de la societat en aquestes instal·lacions. Avui sembla que hem tornat a recuperar la confiança, i Espanya torna a ser líder a Europa (juntament amb Alemanya). Esperem que aquest lideratge pugui durar molts més anys del que ho va fer el 2008. Avui depèn, principalment, del fet que no hi hagi ingerències polítiques. Ja no calen primes ni incentius, sinó simplement que no es posin barreres.

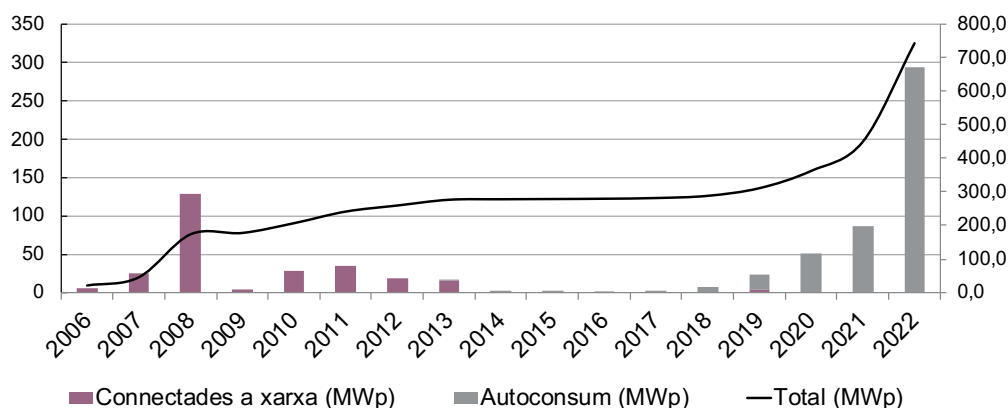
## 5.

### Situació del sector fotovoltaic a Catalunya

A data de 31 de desembre de 2022, segons dades de l'ICAEN, a Catalunya hi ha 743 MW instal·lats de potència fotovoltaica (463,4 MW en autoconsum i 269,8 MW en venda a xarxa), dada que no arriba al 3,5% del total de potència fotovoltaica instal·lada a Espanya, i que situa Catalunya a la cua de les comunitats autònomes.

L'evolució de la tecnologia fotovoltaica a Catalunya ha estat sempre lligada a l'evolució a Espanya, pel fet que la normativa legal que va determinar el sistema d'incentius (*feed-in tariff*), així com el marc legal del sistema elèctric que en defineix l'evolució (en plantes a la xarxa, subhastes i autoconsum), venen marcats principalment pel Govern espanyol (Llei del sector elèctric). Podem dir que la potència fotovoltaica instal·lada ha tingut una evolució paral·lela a la d'Espanya, però a una escala molt menor. A diferència d'Espanya, a Catalunya no s'han pogut fer (ni sembla que es puguin fer) plantes sobre terreny de grans dimensions, per les seves condicions geogràfiques, però també socials i polítiques, com veurem a continuació.

**Gràfic 4. Evolució de la potència solar fotovoltaica a Catalunya (anual i acumulada)**



Font: ICAEN. Observatori d'Autoconsum de Catalunya.

## 5.1. Evolució de l'autoconsum

L'autoconsum està creixent de manera important, com hem vist al gràfic 4. Ja hem superat les 60.000 instal·lacions d'autoconsum. Veurem, però, que aquest creixement és encara insuficient per assolir les xifres de potència solar fotovoltaica que Catalunya necessita per fer la transició energètica.

Les instal·lacions de més de 25 kW, tot i ser només el 3,07% del total de les instal·lacions d'autoconsum, representen el 41,05% de la potència total instal·lada. La gran majoria d'instal·lacions d'autoconsum que s'han realitzat a Catalunya corresponen a instal·lacions individuals, que donen servei a un únic consumidor d'electricitat, ja sigui privat (particular o empresa) o públic: representen el 98,9% del total (segons dades de l'Observatori de l'Autoconsum de la Generalitat de Catalunya, fins al 31 de desembre del 2022).

### 5.1.1. Autoconsum col·lectiu i comunitats energètiques

La normativa d'autoconsum que va entrar en vigor el 2019 (Reial decret 244/2019) va incorporar la possibilitat de construir instal·lacions d'autoconsum col·lectiu (o compartit), on una instal·lació d'autoconsum dona servei a més d'un usuari, però la seva evolució encara és molt poc significativa. Des d'aleshores només s'han dut a terme (fins al 31 de desembre del 2022) 665 instal·lacions col·lectives, que representen un 1,1 % del total. D'aquestes instal·lacions construïdes, cal dir, però, que, tot i estar legalitzades, moltes encara no poden gaudir dels estalvis a les factures dels seus participants, donada la demora (que sovint és d'uns

quants mesos o, fins i tot, de més d'un any o dos) de la distribuïdora per passar les dades de lectura a les comercialitzadores corresponents (que són les que ho han d'aplicar a les factures que generen per als seus clients).

S'espera que aquestes instal·lacions col·lectives s'incrementin de manera significativa en els propers anys. Fins ara, però, desplegar-les no ha estat possible, pels motius que podríem resumir als punts següents:

- Demora excessiva i aparent deixadesa de la principal distribuïdora i d'algunes comercialitzadores a l'hora d'aplicar els coeficients de repartiment.
- Gestió comercial complexa: dificultat per posar d'acord la majoria simple dels veïns o participants.
- Manca d'informació sobre aquests tipus d'instal·lacions, per part dels petits instal·ladors, dels usuaris i dels administradors de finques.
- Limitació del radi d'acció d'una instal·lació compartida a un màxim de 500 m: s'espera que aviat aquest rang augmenti fins als 2 km, segons ha expressat el Govern central.

Les comunitats energètiques no deixen de ser instal·lacions col·lectives (o compartides): tècnicament són idèntiques i tenen les mateixes limitacions regulatòries, però amb un marc legal organitzatiu específic, encara avui pendent que es desplegui normativament. Quan la figura de l'agregador de demanda estigui plenament desenvolupada, s'espera que es puguin començar a desenvolupar de manera significativa les comunitats energètiques, clau per assolir un model energètic més just, solidari i democràtic.

## 5.2.

### **Plantes sobre terreny**

Catalunya presenta unes característiques geogràfiques i socials específiques que cal tenir en compte. La seva orografia és més complexa (amb més pendents) que la d'altres regions d'Espanya, fet que no li permet disposar de tanta superfície agrícola. Tampoc no disposa de grans latifundis com en altres regions d'Espanya, sinó que ens trobem un terreny més parcel·lat (més petits propietaris), i això d'entrada ja és un condicionant important per entendre que a Catalunya no es poden construir tantes plantes fotovoltaïques ni de tan grans dimensions com en altres zones d'Espanya.



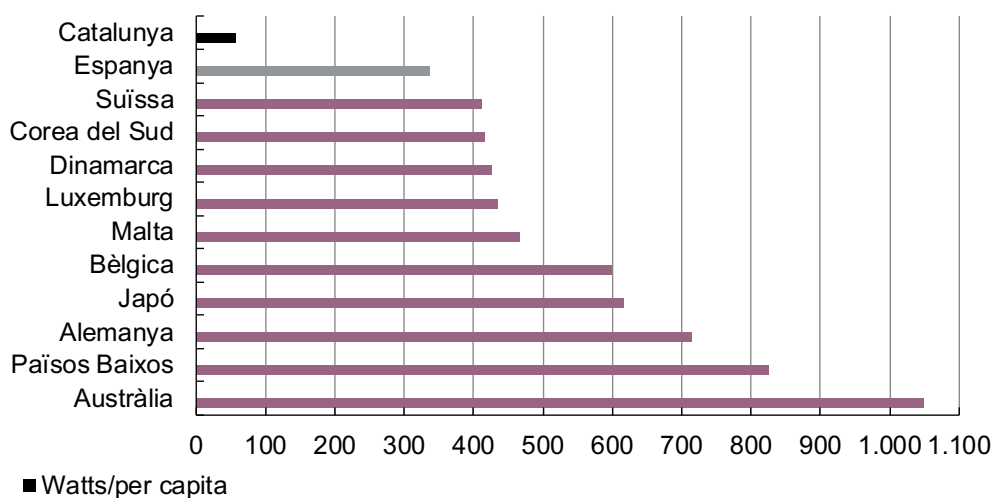
A Catalunya, a més, hi ha hagut històricament una normativa autonòmica molt més restrictiva per a les instal·lacions sobre terreny. Fins a finals del 2019 (quan es va aprovar el Decret llei 16/2019) hi havia una limitació de superfície per a l'ús de plantes fotovoltaïques d'entre 3 i 6 hectàrees, fet que explicaria el nombre tan baix de plantes sobre terreny (principalment les connectades per vendre a la xarxa), i posteriorment, amb el Decret llei 24/2021, s'han introduït limitacions pel que fa a l'ús de terrenys agrícoles i en altres espais, amb nous condicionants per a plantes de més de 5 MW i fomentant la participació del territori. Tot plegat explicaria per què fins avui és més difícil construir plantes sobre terreny a Catalunya que en altres zones d'Espanya o d'Europa. Al Decret llei 5/2022, aprovat el maig del 2022, el Govern prioritza la implantació de plantes sobre terreny de fins a 5 MW. Fins a l'octubre del 2022, a Catalunya s'han autoritzat 30 nous parcs fotovoltaïcs, que sumen 76,45 MW de potència. La potència mitjana d'aquests parcs és de només 2,53 MW. Calen més projectes i també n'hi hauria d'haver de més grans, per assolir els objectius que veurem a continuació. Només amb plantes petites (de fins a 5 MW) i amb autoconsum sobre teulades no n'hi haurà prou.

### 5.3.

#### Balanç general de la situació actual a Catalunya

Tal com hem vist a l'evolució dels punts anteriors, Catalunya disposa avui (tot i l'augment important de l'autoconsum) d'una potència fotovoltaïca molt inferior a la mitjana d'Espanya i d'Europa. A continuació podem veure al gràfic 5 la potència *per capita* (W/ *per capita*) de diversos països del món i d'Europa.

**Gràfic 5. Rànquing dels deu països amb més potència solar per capita + Espanya i Catalunya**



Font: Solar Power Europe 2022, UNEF i ICAEN.

Catalunya està lluny de les ràtios de potència fotovoltaica *per capita* de països com ara els Països Baixos, Alemanya i Dinamarca, tot i disposar de molta més radiació solar, fet que no deixa de ser una situació anò-mala que convindria corregir urgentment. Partim d'una posició molt endarrerida respecte al compliment dels objectius per dur a terme la transició energètica i la descarbonització de la nostra societat. Convé ser molt conscients d'on som avui en dia, i no deixar-nos portar per missatges negatius o pessimistes pel que fa als objectius anuals plantejats, que són totalment assolibles, tenint en compte que molts altres països fa anys que els estan aconseguint.

## 6. Potencial de la fotovoltaica a Catalunya (PROENCAT 2050)

A través de la Llei 16/2017 del canvi climàtic, Catalunya va establir dos objectius pel que fa a la transició energètica: arribar el 2030 al 50 % d'electricitat d'origen renovable, i el 2050, al 100 % d'energia renovable. En el marc d'aquests objectius, i de les bases del Pacte Nacional per a la Transició Energètica (PNTE), es va publicar el febrer del 2022 la Prospectiva Energètica de Catalunya 2050 (PROENCAT 2050), que té en compte el potencial i les capacitats de generació en les diferents fonts d'energia renovable per aconseguir aquests objectius. En el cas concret de l'energia fotovoltaica, es van marcar els objectius que es mostren al quadre 1.

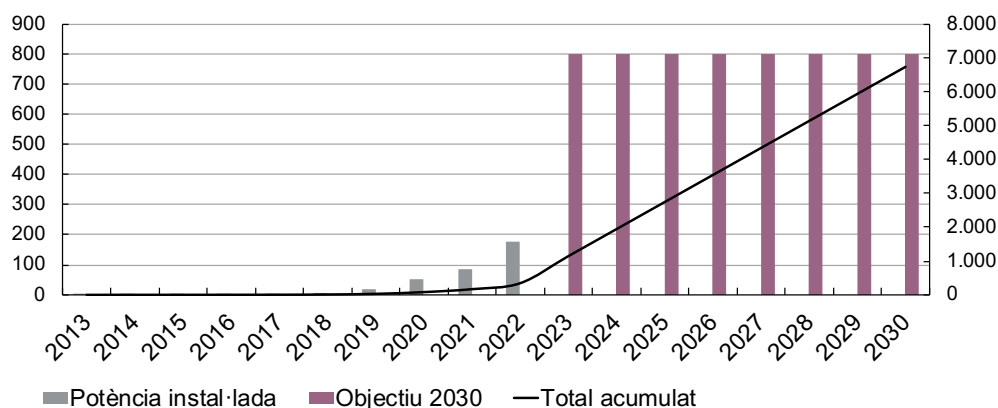
**Quadre 1. Evolució de la potència fotovoltaica (MW)**

	2020	2030	2050
Fotovoltaica teulades	249,7	2.185,2	11.144,4
Fotovoltaica altres	0,0	512,6	2.614,0
Fotovoltaica terra	94,8	4.458,8	19.394,3
Fotovoltaica total	344,5	7.156,6	33.152,7

Font: Generalitat de Catalunya. PROENCAT 2050.

Si ens fixem en les xifres assolides aquest 2022, per arribar als objectius, calen 800 MW/any fins al 2030, i 1.300 MW/any a partir d'aleshores fins al 2050. Gràficament, i fins al 2030, quedaria tal com apareix al gràfic 6.

**Gràfic 6. Potència existent i objectiu per al 2030, segons la PROENCAT 2050 (MW)\***



\* Les dades del 2022 són parcials, fins al 31 d'agost.

Font: Generalitat de Catalunya. PROENCAT 2050.

## 6.1. Aprofitament de teulades

Cal tenir present que posant panells solars només a les teulades, ni que es poguessin aprofitar totes (cosa que tècnicament no és viable), no n'hi hauria prou. Hi ha nombrosos estudis (internacionals per a diferents regions del món, i també la PROENCAT ho ha analitzat per a Catalunya) que marquen límits de generació d'entre el 15 % i el 35 % del total del consum si aprofitéssim totes les teulades. És evident que també calen instal·lacions sobre terreny, i no només fotovoltaïques, també d'eòliques (a terra i al mar), i inclús d'hidràuliques reversibles, molt importants per a l'acumulació d'energia.

Segons la PROENCAT 2050, es preveu aprofitar gairebé el 65 % del potencial solar fotovoltaic de totes les teulades, que representa el 42 % de la potència total fotovoltaica prevista.

Cada vegada s'estan aprofitant millor les teulades, augmentant la ràtio W/m<sup>2</sup>, i no només gràcies al guany en l'eficiència dels panells, sinó sobretot perquè s'instal·len seguint el mateix pendent de la coberta, si aquesta és inclinada, o amb sistemes est-oest si la coberta és pràcticament plana.

### 6.1.1.

#### El problema de les cobertes de fibrociment amb amiant

A Catalunya encara hi ha una quantitat significativa de cobertes d'uralita amb amiant (s'estima que serien 150 milions de metres quadrats).<sup>3</sup> La normativa no permet doblar aquestes cobertes (no es pot posar una altra coberta de xapa a sobre) ni instal·lar-hi cap panell solar directament. Cal substituir prèviament la coberta, fet que implica un sobrecost significatiu, que pot no fer viable una instal·lació fotovoltaica. Seria convenient destinar ajuts econòmics cap a projectes fotovoltaics situats en aquestes cobertes.

### 6.2.

#### Aprofitament de façanes i tancaments

Al mercat hi podem trobar solucions de cobriment de façanes que integren cèl·lules fotovoltaïques, amb materials orgànics que imiten textures i colors molt diversos i amb colors tradicionals de façana (tons grisos o de pedra). També trobem lamel·les per a persianes instal·lables davant de les finestres i façanes, que serveixen per generar energia mentre fan ombra, amb motors que els permeten moure's i aixecar-se completament per deixar passar la llum. Tots aquests materials tenen un cost més elevat que els panells convencionals, però convindria tenir-los molt en compte, sobretot en les rehabilitacions o noves construccions. Convindria que els ajuts econòmics es destinessin a aquests projectes, en lloc dels d'autoconsum convencional sobre una coberta existent.

### 6.3.

#### Aprofitament de terrenys. Agrivoltaica

Segons les dades de la PROENCAT 2050, un 58 % de la potència fotovoltaica per instal·lar hauria de ser sobre terreny. S'estima que, inclouent-hi l'energia eòlica, caldria ocupar un màxim del 2,5 % de la superfície de Catalunya, arribant a les 80.000 hectàrees.

Anteriorment, ja s'ha dit que Catalunya no disposa d'una gran superfície agrícola i que la seva orografia és un condicionant important. Convé, també, treballar per la sobirania alimentària, tenint molt clar, però, el model agrari i alimentari que es promou. En els darrers vint anys a Catalunya s'han abandonat fins a 98.501 hectàrees (segons les

3 CASAS CRISTÒFOL, Josep. «L'amiant a Catalunya, un fre a la transició energètica de les empreses». *VIA Empresa* [en línia] (11 juliol 2022). <[https://www.viaempresa.cat/l-expert/amiant-catalunya-transicio-energetica-empreses\\_2169763\\_102.html](https://www.viaempresa.cat/l-expert/amiant-catalunya-transicio-energetica-empreses_2169763_102.html)>.

dades de l'Idescat) de terreny agrícola, una superfície més gran que l'esmentada al paràgraf anterior i que es necessita per fer la transició energètica. Cal protegir l'espai agrari, però alhora que duem a terme polítiques per promoure'n l'explotació agrària sostenible (econòmicament i mediambiental), les hauríem de fer compatibles amb l'aprofitament d'una part del terreny per instal·lar-hi plantes eòliques i fotovoltaïques. També cal promoure l'agrivoltaica, que consisteix a fer compatibles en un mateix terreny l'explotació agrícola i ramadera amb la producció fotovoltaïca. Calen estructures elevades (amb seguiment o sense) que permetin el pas de la maquinària o el bestiar. Aquestes instal·lacions són més cares que les convencionals, per la qual cosa convé enfocar cap aquí els ajuts econòmics que hi pugui haver disponibles (com s'està fent a França).

#### 6.4.

#### **Altres aprofitaments**

Com s'ha dit al principi, la tecnologia fotovoltaïca és molt versàtil. Hauríem de poder aprofitar tots els espais antropitzats, com són les mitgeres de les autopistes, les zones on abans hi havia peatges i les seves barreres acústiques. També en embassaments, basses, canals de regadiu, aparcaments, antics abocadors i d'altres. Sovint són espais públics; per això, hauria de ser l'Administració qui promogués (que no vol dir pagar) aquestes instal·lacions, facilitant-ne l'explotació als promotors.

#### 7.

#### **Conclusions finals. Barreres actuals per al desenvolupament de l'energia fotovoltaïca**

A manera de resum i conclusió de tot el que hem comentat fins ara, podríem enumerar les següents barreres i propostes per a la implantació de l'energia fotovoltaïca a Catalunya:

- Cal un marc legal estable, que doni confiança als promotors per afrontar les inversions pensades a mitjà i llarg termini.
- Queden barreres per eliminar en molts ajuntaments, que dilaten o bloquegen la implantació de panells als seus municipis. Alguns encara exigeixen llicència d'obres, o apliquen uns requisits massa restrictius (distàncies a façana), o directament no permeten posar-hi cap panell.

- Manquen professionals, principalment enginyers i instal·ladors elèctrics. Convé ampliar l'oferta formativa en aquest sector de manera urgent.
- Cal augmentar la capacitat de la xarxa elèctrica: molts projectes, sovint també els petits i d'autoconsum, es troben denegacions del permís de connexió, principalment en línies de 25 kV.
- Calen mesures per reduir significativament els terminis en els tràmits i eliminar normes sovint massa restrictives, principalment en instal·lacions sobre terreny.
- Cal un lideratge efectiu de la Generalitat per promoure instal·lacions en llocs com ara les autopistes, els canals, els embassaments, els aparcaments públics i altres espais comuns.
- Cal informar adequadament la ciutadania, perquè comparteixi la situació actual i la necessitat d'acomplir els objectius.
- Calen altres tecnologies (principalment l'eòlica), així com sistemes d'emmagatzematge (bateries, centrals hidràuliques reversibles). L'hidrogen sembla que haurà d'exercir un paper important en l'emmagatzematge i el transport pesant, però no el trobem a la natura com a font d'energia, com el sol o el vent. L'hidrogen com a vector energètic l'hem de produir prèviament, i cal que sigui hidrogen verd, produït amb energia renovable.

L'energia solar fotovoltaica està demostrant que és la font d'energia més econòmica i amb més facilitat d'implantació, per la seva versatilitat i disponibilitat de recurs arreu del territori català, tant en entorns urbans com rústics. Convé analitzar acuradament el potencial de generació fotovoltaica de què disposem i organitzar-ne molt bé el desplegament, sense caure, però, en més dilacions. Convé fer-ho bé, endreçadament i en diàleg amb el territori, però també convé fer-ho ràpidament i decididament.

## 8. Bibliografia

GENERALITAT DE CATALUNYA. *Prospectiva Energètica de Catalunya 2050 (PROENCAT 2050)*. 2022.

INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). *Renewable Energy Statistics*. 2022.

SOLAR POWER EUROPE. *Global Market Outlook for Solar Power 2022-2026*. 2022.

UNIÓN ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). *Energía solar. Apuesta segura para la recuperación económica. Informe anual UNEF 2022*. 2022.

### **Paraules clau**

sol, energia solar, fotovoltaica, autoconsum, transició energètica, electricitat, silici, cèl·lula, paritat xarxa, integració, comunitats energètiques, compartit, col·lectiu.

# La segona transició d'Espanya necessita energia nuclear<sup>1</sup>

**Alfredo García**

Supervisor i divulgador nuclear  
@OperadorNuclear

## 1. El repte de la transició energètica

L'ésser humà s'enfronta a la tasca titànica d'aconseguir un sistema energètic que cobreixi les necessitats essencials de tots els habitants, que sigui sostenible i respectuós amb el medi ambient i la salut de les persones, i alhora que sigui rendible per als inversors i assequible econòmicament perquè tingui un abast universal. La humanitat ha viscut altres transicions energètiques, com quan va descobrir el foc, va domesticar animals per utilitzar-ne la força o va aprendre a usar energia del vent per moldre el blat, però la transició actual és clarament diferent. En el passat, els canvis es van originar per cicles d'innovació tecnològica que es van desenvolupar sense que ens preocupéssim pels seus efectes al planeta. De fet, no teníem consciència que érem capaços d'alterar el medi ambient, i molt menys canviar el clima.

No obstant, hem obert els ulls i ja no podem negar la realitat. Ara cada cop tenim més clar que hem d'implantar una nova gamma de fonts d'energia i mecanismes compatibles amb els nostres objectius mediambientals, i necessitem fer-ho en molt poques dècades. L'article 2 de l'Acord de París, signat el 2016 i que va entrar en vigor el 2020, estableix que les polítiques energètiques s'han de formular de conformitat amb l'objectiu de mantenir l'escalfament mitjà global a menys de 2 °C per sobre dels nivells preindustrials, preferiblement no més d'1,5 °C. No oblidem que ja hem superat 1 °C d'escalfament; per tant, estem a prop d'incomplir els ambiciosos objectius que s'han fixat.

Alhora, l'article 2 de l'Acord de París diu que hem d'augmentar la nostra capacitat d'adaptació als efectes adversos del canvi climàtic,

---

1 La versió original de l'article, escrita en castellà, es troba disponible al [web](#).



i promoure la resiliència al clima i un desenvolupament amb baixes emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, tot això facilitant els fluxos financers per fer-ho possible. Hem de tenir clar que ja no evitarem l'escalfament global, sinó que hem de mirar d'adaptar-nos-hi i limitar-lo al màxim; per això, es parla d'estratègies de mitigació, no de solució. La transició energètica s'ha de produir en tots els nivells i etapes de l'energia, des dels productors fins als usuaris finals, i, a més, arreu del món. També ha de comprendre des de millores en l'eficiència energètica fins a canvis fonamentals en la manera de produir i transportar l'energia, l'electrificació de tots els sectors possibles, l'ús de l'hidrogen com a vector energètic i l'augment de la capacitat d'emmagatzematge en forma de bateries i centrals hidroelèctriques de bombament.

En efecte, l'energia global es basarà cada vegada més en l'electricitat; per tant, la clau per descarbonitzar el transport, la indústria i la calefacció és utilitzar cada vegada més fonts i sistemes energètics baixos en emissions de CO<sub>2</sub>. No obstant, per seguir un camí coherent amb els objectius climàtics, l'expansió de la generació elèctrica baixa en emissions ha de ser tres vegades més ràpida que en l'actualitat. Hem de passar del 36 % actual mundial al 85 % l'any 2040. L'Agència Internacional de l'Energia (AIE), a l'informe *Nuclear Power in a Clean Energy System*, del 2019, diu que les energies renovables hauran de liderar aquest procés de transició energètica, però que també serà essencial un augment del 80 % en la producció d'energia nuclear el 2040, si realment volem aconseguir els objectius climàtics. Dit d'una altra manera, no n'hi haurà prou amb els 60 reactors nuclears en construcció actualment i s'hauran d'implantar els 96 que hi ha previstos i els 330 que s'han proposat arreu del món. I no només això, també serà essencial mantenir en funcionament els reactors actuals tant de temps com sigui possible, sempre que la seva seguretat continuï complint amb els estàndards internacionals.

## 2.

### Els 40 anys de vida d'un reactor nuclear

La major part dels reactors actuals es van dissenyar per funcionar durant almenys 40 anys. Malgrat que moltes persones s'ho pensin, aquesta xifra no és una data de caducitat. Els 40 anys són un període mínim de funcionament que es va idear per assegurar que es recuperés la inversió inicial, a més de garantir la seguretat i la rendibilitat de la instal·lació. Una central nuclear ben mantinguda i operada, amb una renovació d'equips adequada i una bona supervisió, serà capaç de funcionar durant molts més anys. És el que s'anomena tècnicament *operació a llarg termini* (LTO, per les sigles en anglès). Com a referència, gairebé tots els reactors nuclears dels Estats Units (EUA) tenen llicència per operar 60 anys i alguns l'han obtinguda per 80 anys.

La mitjana d'edat mundial dels reactors ronda els 35 anys. La Unió Europea (UE) i els EUA en posseeixen els parcs actius més grans, però també els més antics: entorn dels 35 anys a la UE i dels 40 anys als EUA. Això vol dir que, amb les centrals nuclears pràcticament amortitzades, i tenint en compte que el cost del combustible representa amb prou feines un 10 % de les despeses de producció d'una central, segons l'AIE i la NEA (l'Agència d'Energia Nuclear de l'OCDE), els costos de generació d'energia estenent la vida útil d'una central són els més baixos de totes les tecnologies (incloent-hi les noves renovables, cada cop més barates), i sense comptar el cost del suport necessari de les renovables variables, altres fonts o sistemes d'emmagatzematge que garanteixin el subministrament quan aquestes energies no produeixen.

### 3.

#### Reptes de l'energia nuclear en un sistema energètic net

La dècada del 2020 està sent testimoni del renaixement de l'energia nuclear a escala mundial. La major part dels països avançats del món amb grans xarxes elèctriques (com per exemple els EUA, el Canadà, la Xina, l'Índia, Rússia, França, el Regne Unit, Suècia, Finlàndia, Corea del Sud i el Japó) aposten clarament per aquesta tecnologia amb l'objectiu d'acompanyar les energies variables (solar, eòlica) en la transició energètica. No obstant, el camí d'aquest ressorgiment està ple de reptes, que analitza als seus informes l'AIE, pertanyent a l'OCDE.

**Quadre 1. Reactors nuclears al món i requeriments d'urani (octubre del 2022)**

	Reactors operatius		Reactors en construcció		Reactors planejats		Reactors proposats		Requeriments d'urani (tones)
	Nre.	MW nets	Nre.	MW bruts	Nre.	MW bruts	Nre.	MW bruts	
Argentina	3	1.641	1	29	1	1.150	2	1.350	167
Armènia	1	448	0	0	0	0	1	1.060	50
Bangladesh	0	0	2	2.400	0	0	2	2.400	0
Belarús	1	1.110	1	1.194	0	0	2	2.400	179
Bèlgica	6	4.936	0	0	0	0	0	0	790
Brasil	2	1.884	1	1.405	0	0	4	4.000	340
Bulgària	2	2.006	0	0	1	1.000	2	2.000	322
Canadà	19	14	0	0	0	0	2	1.500	1.492
Xina	54	52	22	25	42	46	152	178	9.563
Txèquia	6	3.934	0	0	1	1.200	3	3.600	706
Egipte	0	0	1	1.200	3	3.600	0	0	0
Finlàndia	5	4.394	0	0	1	1.170	0	0	421
França	56	61	1	1.650	0	0	6	9.900	8.233
Alemanya	3	4.055	0	0	0	0	0	0	521
Hongria	4	1.916	0	0	2	2.400	0	0	320

	Reactors operatius		Reactors en construcció		Reactors planejats		Reactors proposats		Requeriments d'urani (tones)
	Nre.	MW nets	Nre.	MW bruts	Nre.	MW bruts	Nre.	MW bruts	
Índia	22	6.795	8	6.700	12	8.400	28	32	977
Iran	1	915	1	1.057	1	1.057	5	2.760	153
Japó	33	32	2	2.756	1	1.385	8	12	1.396
Jordània	0	0	0	0	0	0	1	100	0
Kazakhstan	0	0	0	0	0	0	2	600	0
Corea del Sud	25	24	3	4.200	0	0	6	8.400	4.270
Lituània	0	0	0	0	0	0	2	2.700	0
Mèxic	2	1.552	0	0	0	0	3	3.000	226
Països Baixos	1	482	0	0	0	0	2	2.000	69
Pakistan	6	3.256	0	0	1	1.170	0	0	787
Polònia	0	0	0	0	0	0	6	6.000	0
Romania	2	1.300	0	0	2	1.440	1	720	185
Rússia	37	28	3	2.810	25	24	21	20	5.925
Aràbia Saudí	0	0	0	0	0	0	16	17	0
Eslovàquia	4	1.868	2	942	0	0	1	1.200	359
Eslovènia	1	688	0	0	0	0	1	1.000	127
Sud-àfrica	2	1.854	0	0	0	0	8	9.600	277
Espanya*	7	7.123	0	0	0	0	0	0	1.221
Suècia	6	6.885	0	0	0	0	0	0	914
Suïssa	4	2.973	0	0	0	0	0	0	412
Tailàndia	0	0	0	0	0	0	2	2.000	0
Turquia	0	0	4	4.800	0	0	8	9.500	0
Ucraïna	15	13	2	1.900	0	0	7	8.750	1.876
Emirats Àrabs Units	3	4.035	1	1.400	0	0	0	0	907
Regne Unit	9	5.883	2	3.440	2	3.340	10	17	1.259
Estats Units	92	95	2	2.500	3	2.550	18	8.000	18
Uzbekistan	0	0	0	0	2	2.400	2	2.400	0

\* Dels 7 reactors espanyols, 3 es troben en territori català: Ascó I, Ascó II i Vandellòs II, que generen aproximadament uns 3.150 MW.

Font: Associació Nuclear Mundial.

L'energia nuclear fa actualment una contribució significativa a la generació elèctrica, proporcionant una mica més del 10 % del subministrament global, el 18 % a les economies més avançades i el 27 % a la UE. De fet, l'energia nuclear proveeix el 50 % del subministrament elèctric baix en emissions de la UE. No obstant, la participació en el subministrament elèctric mundial s'havia reduït durant els últims anys, a causa, entre altres motius, de l'aturada en la construcció de reactors i centrals després de l'accident de Fukushima, de l'envelliment dels parcs nuclears i de la retirada de reactors construïts durant els anys setanta

i vuitanta del segle passat. La conseqüència de totes aquestes causes no és més que l'alentiment de la transició cap a un sistema energètic baix en emissions.

L'AIE té l'esperança que sigui el conjunt de les energies renovables el que lideri la transició energètica. De la mateixa manera, també creu que l'energia nuclear pot i ha d'exercir un paper essencial en aquest procés. A més, les centrals nuclears contribueixen a la seguretat elèctrica per diversos camins, en especial assegurant el subministrament, perquè a mesura que s'incrementi la proporció d'energies renovables variables (com ara la solar fotovoltaica i l'eòlica), també augmentaran les necessitats de limitar l'impacte que puguin tenir les fluctuacions estacionals sobre l'abastiment que proporcionen aquestes energies.

El que passi amb els plans de construcció de nous reactors nuclears afectarà de manera significativa les opcions que tindrem d'aconseguir els objectius de les transicions energètiques en molts països. L'obstacle econòmic més important per construir nous reactors nuclears és, sens dubte, la mobilització d'inversions. Als promotors els preocupen la competitivitat amb altres tecnologies de generació elèctrica i l'enorme desembossament de capital necessari de manera inicial. Està en mans dels poders públics establir els mecanismes precisos perquè es valori de manera adequada la funció de l'energia nuclear i es garanteixin la recuperació de les inversions i la seguretat jurídica. En definitiva, que no es canviïn les regles del joc a mig camí, com va passar amb la moratòria nuclear espanyola als anys vuitanta, quan es va paraitzar la construcció de cinc reactors nuclears essencialment per raons electorals.

Un altre obstacle significatiu per facilitar la construcció de nous reactors nuclears són les reticències que tenen moltes persones sobre la seguretat d'aquesta energia, a causa de múltiples factors. Sens dubte, els accidents nuclears han tingut un gran pes en la imatge negativa de l'energia nuclear. No obstant, són un argument que ha estat utilitzat habitualment per interessos polítics i econòmics apel·lant a sentiments i no a evidències científiques. El que ens diu la ciència és que l'energia nuclear és una de les formes més segures de produir electricitat, incloent-hi els accidents nuclears, amb xifres equivalents a les energies renovables i molt per sota dels combustibles fòssils, com mostra l'informe de Our World in Data titulat *What are the safest and cleanest sources of energy?* Sense anar gaire lluny, dos dels tres accidents nuclears, Three Mile Island (1979) i Fukushima (2011), no van provocar cap víctima mortal pels efectes de la radioactivitat i no van produir un augment en la incidència del càncer, segons el Comitè Científic de les Nacions Unides per a l'Estudi dels Efectes de les Radiacions Atòmiques (UNSCEAR). Sens dubte, es necessita una àmplia tasca de divulgació sobre l'energia nuclear perquè l'opinió pública en valori la seguretat com fa amb l'aviació, una activitat amb enormes semblances.

D'acord amb l'AIE, al seu informe *Nuclear Power in a Clean Energy System*, del 2019, un col·lapse en la inversió de les economies avançades en els reactors nuclears existents i en la construcció de noves unitats tindria importants implicacions en la reducció d'emissions, en els costos per als consumidors i en la seguretat energètica. A més, tot i que la inversió en energies renovables continuarà sent essencial per a la transició energètica, l'AIE adverteix que el gas natural i el carbó exercirien un paper important en la substitució de l'energia nuclear. Unes serioses advertències de l'organisme de l'OCDE el 2019 que van ser una autèntica premonició del que ha passat el 2022 amb els efectes de la guerra d'Ucraïna i la crisi energètica, especialment a Alemanya.

Un missatge encertat que ha calat en l'opinió pública durant les últimes dècades és que cada cop necessitem més energies renovables i que aquestes han de liderar la transició energètica. No obstant, aquests missatges, que llancen sovint els polítics, els ecologistes i cada vegada més empreses, obliden les dificultats tècniques que suposa gestionar una xarxa amb una proporció més gran d'energies variables, que depenen dels cicles diaris, dels canvis freqüents en la nuvolositat i de la quantitat de vent disponible en cada moment.

Seguint amb aquest concepte, una opció per compensar aquesta possible variabilitat en el subministrament és augmentar la interconnexió elèctrica amb els països veïns. No obstant, l'eficàcia d'aquesta alternativa disminueix quan tots els sistemes d'una regió tenen una proporció molt elevada d'energia eòlica i solar fotovoltaica. Una altra opció és fer servir sistemes d'emmagatzematge, ja siguin bateries, centrals hidroelèctriques de bombament o hidrogen, que podrien injectar a la xarxa elèctrica l'energia necessària quan el vent i el sol estiguin absents i no la puguin produir. Aquestes tecnologies, sens dubte, ajudaran en el futur a solucionar aquest escenari. D'entrada, aquest paper el pot representar perfectament per ara l'energia nuclear, que continuarà sent essencial si no volem cremar més gas natural, augmentar les emissions i fer pujar encara més el cost de la transició energètica, no solament per l'elevat preu del gas, sinó també per emprar tecnologies d'emmagatzematge a gran escala que no estan prou madures.

#### 4. L'energia nuclear es considera verda

La taxonomia verda de la UE es va dissenyar per identificar i classificar les inversions que ajuden a reduir les emissions de diòxid de carboni d'una manera sostenible, és a dir, respectuosa amb el medi ambient i amb la salut de les persones o, sent més realistes, minimitzant-ne l'impacte. El Grup Tècnic d'Experts sobre Finançament Sostenible de

la Comissió Europea (TEG, per les sigles en anglès) no va incloure, però tampoc no la va excloure, l'energia nuclear de la taxonomia verda. També va dir que no hi havia cap dubte que l'energia nuclear era una tecnologia positiva per reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i va recomanar que l'avaluessin experts amb coneixements profunds en la matèria. La Comissió Europea va sol·licitar al seu servei d'assessorament científic i tecnològic, el Centre Comú de Recerca (Joint Research Centre, o JRC), que avalués si l'energia nuclear complia amb els objectius de la taxonomia verda europea. És important assenyalar que els criteris d'anàlisi que va utilitzar el JRC van ser establerts pel TEG i estaven dissenyats específicament per incloure totes les energies renovables.

El març del 2021, el JRC va publicar un informe titulat *Technical assessment of nuclear energy with respect to the 'do no significant harm' criteria of Regulation (EU) 2020/852 ('Taxonomy Regulation')*. El document de 387 pàgines conclou que “les anàlisis dels impactes de l'energia nuclear no van revelar cap evidència científica que l'energia nuclear produeixi més dany a la salut dels éssers humans o al medi ambient que les altres energies ja incloses a la taxonomia per mitigar el canvi climàtic”. L'estudi es basa en 14 categories d'impactes produïts per l'energia nuclear, comparada amb els combustibles fòssils i les energies renovables, utilitzant per a això les dades de diversos estudis revisats per experts. Els impactes comparats són el canvi climàtic, la destrucció de la capa d'ozó, l'acidificació de l'aigua, l'eutrofització (excés de nutrients), el boirum fotoquímic (boira fosca habitual a les ciutats), la toxicitat aquàtica i terrestre, l'exhauriment de recursos, l'ús del terreny, l'ús de l'aigua, les partícules inorgàniques i la radiació ionitzant que afecti les persones i els ecosistemes. La comparació dels impactes de les diverses tecnologies de generació d'electricitat mostra que els de l'energia nuclear són comparables als de l'energia hidroelèctrica i les renovables variables.

A més, les anàlisis demostren que les mesures adequades per prevenir els impactes radiològics deguts a l'extracció de l'urani, l'operació de les centrals nuclears i el tractament dels residus radioactius es poden implantar utilitzant la tecnologia existent a costos raonables, per minimitzar el risc d'accidents i les conseqüències. L'informe del JRC també indica que hi ha un ampli consens científic i tècnic sobre el fet que l'emmagatzematge dels residus radioactius d'alta activitat i llarga vida en formacions geològiques és un mitjà apropiat i segur per aïllar-los de la biosfera durant escales de temps molt llargues. És a dir, que les mesures per garantir que els residus radioactius no perjudiquin les persones i el medi ambient són una combinació de solucions tècniques i d'un marc administratiu, legal i regulatori adequat. A més, la tecnologia per a l'emmagatzematge geològic ja està disponible, com demostra Finlàndia, amb el seu magatzem geològic profund en la fase

final de construcció. L'informe del JRC també diu que l'impacte radio-lògic de totes les activitats del cicle de vida de l'energia nuclear, incloent-hi la gestió dels residus radioactius, està regulat per la llei, que estableix els límits per sota dels quals no es causen danys significatius als éssers humans.

L'octubre del 2021, la Comissió Econòmica per a Europa de les Nacions Unides va publicar un informe titulat *Avaluació del cicle de vida de les opcions de generació d'electricitat*. Es tracta del que se sol anomenar *metaestudi*, una comparació del resultat de diversos estudis revisats per experts (persones amb els mateixos coneixements que els autors), amb un objectiu clar: garantir que les polítiques energètiques estiguin ben informades avaluant tot el cicle de vida de les diferents energies. La seva conclusió va coincidir amb la del JRC, indicant que l'impacte de l'energia nuclear en el medi ambient i en la salut de les persones és tan baix, o més en alguns aspectes, com el de les energies renovables.

El febrer del 2022, la Comissió Europea va presentar públicament l'Acte delegat complementari a la taxonomia climàtica: una proposta d'annex en què proposava als estats membres que l'energia nuclear pogués optar, com la resta d'energies verdes, al finançament comunitari. Segons la Comissió Europea, "l'energia nuclear pot fer una contribució substancial a l'objectiu de mitigació del canvi climàtic i, mentrestant, no causa un dany significatiu als altres quatre objectius ambientals del Reglament sobre taxonomia". La iniciativa, a més d'estar emparada per la ciència, com ja hem vist, tenia el suport de Bulgària, Croàcia, Txèquia, Eslovàquia, Eslovènia, Finlàndia, França, els Països Baixos, Hongria, Polònia, Romania i Suècia. Per la seva banda, Alemanya, Àustria, Dinamarca, Luxemburg i Espanya s'hi van oposar. No obstant, la proposta incloïa un polissó inesperat: el gas natural. Aquesta inclusió, a diferència de l'energia nuclear, mancava de suport científic i es va produir gràcies a la pressió política d'Alemanya, juntament amb Polònia, Bulgària i Txèquia. L'acte delegat incloïa l'energia nuclear i el gas natural en un mateix paquet; per tant, no es podia votar a favor d'una tecnologia i en contra de l'altra.

El 14 de juny del 2022, les comissions de Medi Ambient i d'Economia del Parlament Europeu van aprovar conjuntament presentar una objecció a la proposta de la Comissió Europea d'incloure l'energia nuclear i el gas a la taxonomia verda. Després d'unes setmanes de gran incertesa, durant les quals el resultat va estar totalment obert, el Parlament Europeu va votar l'objecció el 6 de juliol, amb 278 vots a favor, 328 en contra i 33 abstencions. Dit d'una altra manera, 328 eurodiputats es van mostrar a favor d'incloure aquestes dues tecnologies a la classificació del finançament sostenible comunitari, és a dir, d'acceptar l'acte delegat complementari proposat per la Comissió Europea.

L'últim escull era el Consell Europeu, que no va formular objeccions a la proposta; per tant, l'acte delegat hauria d'entrar en vigor a partir de l'1 de gener del 2023. Aquesta important decisió no obliga cap país a autoritzar la construcció de nous reactors nuclears, perquè continua sent una decisió sobirana de cada estat membre, ni suposa partides de pressupostos comunitaris, que es podrien restar a altres energies. No obstant, s'espera que el suport clar a aquesta tecnologia per part de la UE tingui una influència notable en les decisions dels inversors, que ara sabran que, si inverteixen avui, no canviarà la legislació en les dècades vinents.

## 5. La transició energètica d'Espanya

D'acord amb la sol·licitud de la UE, el Govern d'Espanya va enviar a la Comissió Europea el seu Pla nacional integrat d'energia i clima 2021-2030 (PNIEC), que persegueix una reducció d'un 23 % en les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle respecte al 1990; un 74 % d'energies renovables en la generació elèctrica, que representaria un 42 % de renovables en l'ús final de l'energia (comptant electricitat, transport, indústria, agricultura i consum domèstic), i un 39,5 % de millora de l'eficiència energètica. Tot això per intentar arribar a un sistema elèctric 100 % renovable el 2050 i a la neutralitat de carboni el mateix any.

Una lectura pausada del PNIEC mostra que l'objectiu per al 2030 és generar un 142 % més d'energia elèctrica amb energia eòlica (terrestre i marina) respecte al 2015, un 749 % més amb solar fotovoltaica, un 317 % més amb solar termoelèctrica i mantenir la hidràulica. Tot això reduint la nuclear en un 56 % i incrementant la producció de cicles combinats amb gas natural en un 16 %. Independentment d'aquests grans augments en la producció renovable, tan necessaris com poc creïbles, sorprèn que un pla que vol reduir les emissions tanqui alhora quatre reactors nuclears (una energia tan baixa en emissions com les renovables) i prevegi un augment en la producció elèctrica amb gas natural. De fet, el pla manté la mateixa potència de cicles combinats durant tot el període, 26 GW, equivalents a 26 reactors nuclears, i un increment de la producció elèctrica amb gas natural.

És indubtable que el PNIEC inclou un acord tancat entre el Govern i les empreses propietàries dels set reactors nuclears espanyols per a un tancament ordenat i esglaonat, que està previst que comenci el 2027 amb Almaraz I i que acabi el 2035 amb Trillo. Fins al 2030 està previst que tanquin quatre reactors. Endesa és propietària del 47 % dels reactors, Iberdrola en disposa d'un 42 %, Naturgy en té un 8 % i la resta es reparteix entre la portuguesa EDP i Nuclenor. No obstant, aquest acord



de tancament té algunes particularitats. Per una banda, Iberdrola s'ha mostrat clarament a favor de tancar les seves centrals nuclears, mentre que Endesa ha manifestat en múltiples ocasions, fins i tot després de signar l'acord, que aposta per l'operació a llarg termini, és a dir, més enllà dels 40 anys previstos inicialment i, per descomptat, superant les dates del pla de tancament. A més, aquest acord s'ha de revisar el 2023: es poden ajornar els terminis si no es compleixen els objectius d'emmagatzematge elèctric addicional, calculat en 6 GW, entre centrals hidroelèctriques de bombament i bateries.

El 2021, Enginyers Industrials de Catalunya (EIC) va analitzar el tancament de les centrals nuclears espanyoles previst al PNIEC per al 2030. Amb les previsions del PNIEC 2021-2030, el tancament de quatre grups nuclears que preveu l'escenari objectiu per a l'horitzó del 2030, provocaria, segons els càlculs dels EIC, un dèficit de potència garantida per cobrir la demanda de potència en els moments de consum màxim de prop de 4,3 GW. Fins i tot comptant amb les interconnexions amb Portugal i França, com que els cicles de funcionament de les energies renovables variables, eòlica i solar, són molt semblants als tres països, quan a Espanya tinguem falta de producció, també la tindran els nostres veïns. I a l'inrevés, quan ens sobri producció renovable, també els en sobrarà a ells.

També segons els EIC, l'anàlisi històrica de l'explotació de les centrals nuclears d'Espanya, així com el reforç de la seguretat dels últims anys, per l'aplicació de les proves de resistència després de Fukushima, evidencia que és injustificable no prorrogar-ne la vida útil més enllà dels 40 anys de disseny. A més, les possibles alternatives per cobrir la producció i la potència garantida dels quatre grups de centrals nuclears proposats pel PNIEC 2021-2030 abans de l'horitzó del 2030, comportarien unes inversions entre 6,8 i 7,9 vegades superiors a les que es poden necessitar per adaptar-les amb l'objectiu d'estendre'n la vida útil a finals del pròxim període teòric de llicència d'operació, allargament que, com dèiem, ja s'està produint en pràcticament tots els reactors amb característiques tecnològiques semblants als EUA.

Les conseqüències de l'aturada dels quatre reactors serien un encariament del preu horari de l'energia superior a uns 2 €/MWh i un augment en les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle superior a unes 12 Mt de CO<sub>2</sub>/any. Al contrari del que planteja el PNIEC, sempre segons els EIC, el manteniment en explotació del 100 % del parc nuclear del sistema elèctric peninsular seria clau per facilitar la transició energètica fins al 2045. Però per donar garantia de potència efectiva disponible al sistema elèctric peninsular el 2030, si es procedeix al tancament proposat de quatre grups nuclears, caldrà disposar de 4,2 GW de bombament pur addicional i 2 GW de bateries en servei abans d'aquell any, tenint en compte que la tecnologia de bateries no està dis-

ponible actualment a una escala tan gran i, per tant, es desconeix quan se'n disposarà i amb quin cost.

I no només és una qüestió tècnica, també és econòmica. Sempre segons els EIC, l'estalvi en les inversions podria arribar als 33.000 milions d'euros el 2035 si es manté tot l'equip nuclear actual. Aquest estalvi podria dedicar-se a altres inversions, com ara l'eficiència energètica, l'increment de l'emmagatzematge, la reconstrucció industrial i l'aplicació de canvis en el model productiu. En definitiva, la continuïtat de l'explotació dels set reactors nuclears espanyols proporcionaria més garantia de disponibilitat de potència ferma, una reducció més gran de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, una important disminució d'excedents de generació molt difícils de col·locar, una reducció del preu horari de la generació d'energia i un estalvi en les inversions previstes al PNIEC.

## 6. Advertències també des de fora d'Espanya

L'AIE publica periòdicament un informe dedicat a analitzar les polítiques energètiques de cada país membre. El 2021 li va tocar el torn a Espanya i les conclusions van ser agredolces. Per una banda, l'AIE aplaudeix els objectius d'Espanya pel que fa a la reducció d'emissions i l'aposta decidida per les energies renovables; no obstant, planteja que aquesta transformació tindrà notables desafiaments, com el fet que "la generació renovable fluctuant requerirà noves formes de suport i flexibilitat", adverteix Fatih Birol, director general de l'AIE, ja des del prefaci.

Les conclusions de l'informe de l'AIE respecte a l'energia nuclear a Espanya no deixen lloc al dubte, perquè afirmen que el tancament previst de les instal·lacions nuclears al llarg de la dècada vinent podria fer augmentar la demanda de gas natural del país, indicant que el Govern haurà d'avaluar minuciosament les implicacions en costos per al consumidor de l'eliminació accelerada de l'energia nuclear. L'estirada d'orelles va més enllà, apuntant que el Govern hauria de supervisar la situació financera de les centrals nuclears, per evitar que l'abandonament sobtat per pèrdues econòmiques pugui deteriorar la seguretat del subministrament elèctric. Aquest apunt és important, perquè les centrals nuclears tenen una desproporcionada càrrega fiscal, amb alguns impostos duplicats que, a parer meu, presenten un clar afany recaptador.

En definitiva, l'AIE anima el Govern d'Espanya a seguir amb l'aposta per les renovables, i alhora li recomana que aprofiti l'experiència de la seva indústria nuclear a escala global i desenvolupi projectes que permetin la preservació i la transferència efectiva de coneixements tèc-

nicos entre els seus treballadors altament qualificats. I no només això, l'AIE proposa reconsiderar la utilitat de l'energia nuclear també per a aplicacions no elèctriques, com ara la generació de calor industrial i la producció d'hidrogen, tot això amb l'objectiu d'ajudar a aconseguir la neutralitat de carboni el 2050 i culminar amb èxit la segona transició d'Espanya.

## 8. Bibliografia

- EIC. *PNIEC 2021-2030. Anàlisi d'infraestructures del sector elèctric* [en línia]. 2021. <[https://www.eic.cat/sites/default/files/17022021\\_Informe\\_PNIEC\\_2021-2030\\_Analisi\\_infraestructures\\_electricues\\_EIC.pdf](https://www.eic.cat/sites/default/files/17022021_Informe_PNIEC_2021-2030_Analisi_infraestructures_electricues_EIC.pdf)>
- IEA. *Nuclear Power in a Clean Energy System* [en línia]. 2019. <<https://www.iea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system>>.
- IEA. *Spain 2021: Energy Policy Review* [en línia]. 2021. <<https://www.iea.org/reports/spain-2021>>.
- JRC. *Technical assessment of nuclear energy with respect to the 'do no significant harm' criteria of Regulation (EU) 2020/852 ('Taxonomy Regulation')* [en línia]. 2021. <<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC125953>>.
- MITECO. *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030* [en línia]. 2019. <<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>>.
- OUR WORLD IN DATA. *What are the safest and cleanest sources of energy?* [en línia]. 2020. <<https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>>.
- UNECE. *Application of the United Nations Framework Classification for Resources and the United Nations Resource Management System: Use of Nuclear Fuel Resources for Sustainable Development - Entry Pathways* [en línia]. 2021. <<https://unece.org/sustainable-energy/publications/nuclear-entry-pathways>>.
- UNSCEAR. *Sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2008. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II. Scientific Annexes C, D and E* [en línia]. 2011. <<https://>>

[www.unscear.org/docs/publications/2008/UNSCEAR\\_2008\\_Annex-C-CORR.pdf](http://www.unscear.org/docs/publications/2008/UNSCEAR_2008_Annex-C-CORR.pdf)>.

UNSCEAR. *Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2020/2021 Report. Volume II. Scientific Annex B: Levels and effects of radiation exposure due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: implications of information published since the UNSCEAR 2013 Report* [en línia]. 2021. <[https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR\\_2020\\_21\\_Report\\_Vol.II.pdf](https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.II.pdf)>.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. *World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements* [en línia]. 2022. <<https://world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx>>.

### **Paraules clau**

clima, transició, energia, renovables, nuclear.

# L'excepció ibèrica: els efectes del topall al preu del gas<sup>1</sup>

**Manuel Hidalgo-Pérez**

Universitat Pablo de Olavide i *senior fellow* a EsadeEcPol

**Ramón Mateo Escobar**

Director d'Anàlisi i Impacte Regulatori a beBartlet i *policy fellow*  
a EsadeEcPol

## 1. Introducció

En l'últim any, els preus energètics han augmentat exponencialment. En particular, el preu del gas és el que ha experimentat una progressió més gran. La conseqüència directa més rellevant d'aquest augment ha estat, sens dubte, l'increment del preu de l'electricitat. Des de finals de l'estiu del 2021, el preu regulat minorista del mercat elèctric espanyol ha reaccionat a la vegada que el preu d'aquesta font energètica, un fet que ha impactat de ple en l'economia espanyola a través de les llars i les empreses, així com en l'evolució de la inflació.

El trasllat de l'evolució dels preus del gas als preus elèctrics, però, inclou algunes qüestions que mereixen una explicació. El disseny marginalista del mercat elèctric trasllada de seguida i en tota la seva magnitud les variacions internacionals del preu del gas. A més, aquest mateix disseny genera beneficis extraordinaris no justificats, per les estructures de costos i per l'eficiència de tecnologies generadores d'electricitat que no depenen del gas per obtenir-la. Per això, aquest disseny crea una transferència de rendes sense justificar dels consumidors als productors.

Per reduir aquest impacte, el 15 de juny del 2022 es va introduir a Espanya una mesura que imposava un topall al preu del gas incorporat en l'estructura de costos de les empreses de cicles combinats, per reduir d'aquesta manera l'impacte dels preus del gas sobre la factura que paguen els consumidors d'electricitat. Aquesta mesura, anomenada popularment *topall al gas* o *excepció ibèrica*, tenia com a objectiu, doncs, reduir de manera significativa la factura elèctrica en comparació

---

1 La versió original de l'article, escrita en castellà, es troba disponible al [web](#)

amb el preu que resultaria d'un mercat determinat pel cost del gas. Per als consumidors acollits a la tarifa regulada (preu de venda del petit consumidor, PVPC), s'esperava que aquest efecte fos immediat, mentre que per a aquells amb tarifes en el mercat lliure, aquest efecte es produiria a mesura que anessin renovant els respectius contractes.

En aquesta anàlisi resumim els resultats que vam obtenir juntament amb Jorge Galindo i Natalia Collado en un informe recentment publicat per EsadeEcPol, en què vam trobar que, efectivament, la introducció de l'excepcionalitat ibèrica va reduir la factura mitjana dels consumidors amb PVPC en un 24 % entre la data d'entrada en vigor de la mesura i el 31 d'agost del 2022 (Hidalgo *et al.*, 2022), respecte a la factura que haurien pagat si no s'hagués aplicat el topall. No obstant, es discuteixen altres efectes, com ara el possible augment del consum de gas, que aniria en contra d'altres objectius, com els de transició energètica, i la possible subvenció als consumidors francesos.

## 2. Un sistema marginalista per al mercat elèctric

Una de les característiques dels mercats quan operen en competència és que l'oferta dels productes segueix una relació positiva amb el preu. L'explicació és molt intuïtiva: quan el preu del producte puja, empreses amb costos de producció més alts i, per tant, menys eficients entren en el mercat, perquè en aquest moment poden ser rendibles, la qual cosa eleva l'oferta disponible. Una derivació d'aquesta idea és que l'última empresa, la menys eficient, és la que ofereix l'última unitat negociada dins del mercat, i per això el preu que s'estigui disposat a pagar per aquesta serà el del mercat. Per aquesta raó, els mercats de competència es defineixen com a *marginalistes*, perquè són les empreses que estan *al marge* les que tanquen el mercat, això és, les que fixen la quantitat i el preu final que s'hi intercanvien.

Hi ha motius que justifiquen que els mercats funcionin seguint un procés marginalista. Que l'empresa menys eficient sigui la que fixa el preu incentiva que aquestes intentin millorar si volen obtenir tants beneficis com les empreses més eficients. D'aquesta manera, es premien les millors empreses i s'impulsa el canvi tecnològic, estimulant una recerca contínua de l'eficiència que repercuteix positivament en els consumidors.

No obstant, en aquests mesos, aquesta suposada bondat dels mercats marginalistes s'ha posat en dubte en el particularment complex mercat elèctric. Hi ha diverses raons per a això. En primer lloc, el mercat majorista d'electricitat, que és on es fixen preus de referència, està molt lluny de ser competitiu. Malgrat que el disseny regulatori d'aquest

mercat té com a objectiu precisament incrementar la competència, no és possible assegurar que això s'aconsegueix. En segon lloc, dins d'aquest mercat no necessàriament es generen els incentius que s'han assenyalat abans. Les empreses que hi operen ofereixen el mateix producte (MWh), però mitjançant l'ús de tecnologies molt diferents (solar, eòlica, nuclear i cicles combinats de gas natural, entre d'altres), per la qual cosa la competència no es dona només en eficiència, sinó també en l'elecció de tecnologies complementàries entre si.

De la mateixa manera, tampoc no es pot ignorar que, en el context d'un procés de transició energètica impulsat per motivacions climàtiques, econòmiques i geoestratègiques, les decisions sobre l'elecció de tecnologies elèctriques no responen només a criteris de mercat, sinó també a altres objectius, com la reducció del consum de combustibles fòssils i de les emissions de carboni. A més, les empreses del sector més integrades verticalment, que operen alhora en els mercats majorista i minorista de distribució, poden tenir un avantatge comparatiu si són capaces de distribuir estratègicament els costos i beneficis de l'activitat al llarg de tota la cadena de subministraments.

Per altra banda, en un escenari com l'actual, els factors que determinen quina és la tecnologia marginalista estan profundament afectats per condicionants geopolítics, que traslladen de manera indiscriminada al consumidor final els costos d'una matèria primera com el gas, que és minoritària en tot el procés de generació d'electricitat. Així mateix, les tecnologies més eficients, com les renovables, que no han experimentat augments importants de costos, acabaran retribuïnt-se en uns nivells extraordinaris i molt superiors als seus costos operatius, per l'increment del preu d'un gas que no fan servir. La conseqüència final d'aquest disseny del mercat és que, a causa de la forta pujada d'una matèria primera amb què es produeix menys de la meitat de l'electricitat, els consumidors han vist augmentar exponencialment els preus que paguen per la llum, un fet que ha suposat a la pràctica una transferència de renda a favor de les empreses generadores de l'energia i un increment considerable de la inflació. A Catalunya, el pes del gas encara és menor, ja que el 2021 l'aportació dels cicles combinats amb prou feines va arribar al 12 %.

### 3. El topall al gas

Aquestes limitacions han provocat un intens debat sobre com es pot articular el mercat elèctric per evitar que es traslladin costos innecessaris als consumidors finals sense prescindir dels potencials beneficis d'un disseny marginalista. Entre moltes alternatives, finalment, i atesa la situació particular de la península Ibèrica en el mercat elèctric euro-

peu, es va optar per crear el *topall al gas* dins de l'anomenada *excepcionalitat ibèrica* acordada per la UE.

El topall al gas és una compensació que es paga a les instal·lacions de generació elèctrica a partir de fonts d'energia d'origen fòssil per reduir el preu que ofereixen al mercat majorista d'electricitat i, indirectament, el que paguen els consumidors finals. Entre les centrals que es beneficien d'aquesta mesura, hi ha les de cycle combinat de gas natural, les tèrmiques de carbó i les de cogeneració (aquestes últimes s'hi han incorporat posteriorment).

Aquesta compensació es calcula com la diferència entre l'oferta al mercat majorista d'una central de cycle combinat amb dos preus de gas: un de mercat a partir del MIBGAS i un altre de referència fixat per llei en 40 €/MWh durant els sis primers mesos i en 5 €/MWh més cada mes fins a arribar als 70 €/MWh.<sup>2</sup> Així, considerant que el mercat continua funcionant amb un criteri marginalista, el topall opera a la pràctica com un límit als beneficis que perceben en el mercat les tecnologies inframarginals (solar, eòlica, hidroelèctrica, nuclear), i redueix el preu mitjà que els consumidors finals paguen per l'electricitat.

El cost d'aquesta compensació a les centrals que fan servir gas en la producció d'electricitat és finançat per tots els consumidors, i figura entre els conceptes que integren la tarifa elèctrica.<sup>3</sup> Això ha limitat l'abast de l'estalvi en el rebut dels consumidors amb PVPC i ha comportat que molts consumidors amb tarifes en el mercat lliure, de fet, hagin passat a pagar més després de renovar els contractes. Malgrat això, però, el sistema assegura un estalvi en termes nets a la factura per als consumidors en comparació amb el que haurien pagat si no s'hagués aplicat el topall, perquè el cost addicional de la compensació sempre serà inferior a l'excés de retribució que les tecnologies inframarginals haurien obtingut en el mercat a causa dels elevats preus del gas, i que els consumidors haurien pagat en forma de preus més alts.

A manera d'il·lustració sobre com es produeix aquest estalvi, és molt útil el gràfic de Paulo Brito (ITT-Comillas) representat al gràfic 1 (Brito, 2022). El panell de l'esquerra mostra un mercat on no opera el topall, i el de la dreta, un en què sí que opera. L'àrea groga representa l'excés

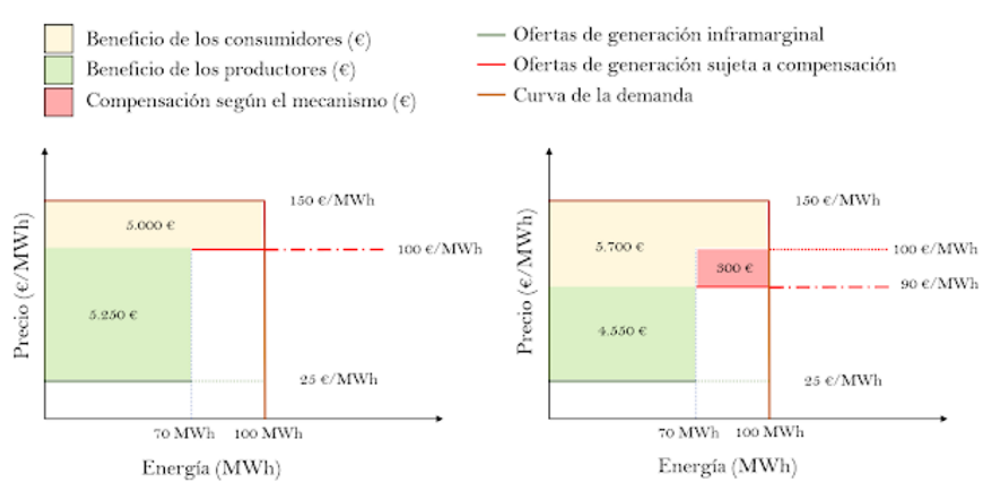
2 D'aquesta manera, es compleix amb una de les condicions que exigia la Comissió Europea per autoritzar el mecanisme, que era que el preu mitjà de referència durant la vigència d'aquest fos de 48 €/MWh. Amb això, la Comissió volia no generar una situació d'avantatge competitiu que pogués provocar greuges comparatius amb altres estats membres.

3 La compensació es va repercutir des d'un primer moment en els consumidors acollits al PVPC, mentre que els consumidors acollits a tarifes en el mercat lliure només començarien a finançar-la coincidint amb la formalització de nous contractes o amb la renovació dels que estiguessin vigents després d'acabar-se.



dels consumidors, definit com la diferència entre el preu de mercat fixat per la tecnologia marginal, que seria la que utilitza el gas per produir l'electricitat (100 €/MWh), i la seva màxima disposició a pagar per cada unitat consumida (150 €/MWh). Amb el topall, el preu de mercat baixa i, malgrat que els consumidors han de pagar la compensació representada a l'àrea vermella, el seu estalvi en termes nets augmenta.

**Gràfic 1. Representació de l'estalvi potencial per al consumidor**



Font: Brito (2022).

#### 4.

### L'impacte del topall al gas sobre els preus finals de l'electricitat. Un exercici economètric

Els consumidors estan estalviant gràcies al preu del gas? És la pregunta que vam mirar de respondre juntament amb altres coautors el setembre del 2022, amb la publicació d'un *policy brief* a EsadeEcPol en què vam avaluar la mesura en tres qüestions diferents però complementàries (Hidalgo *et al.*, 2022). La primera és si efectivament el topall al gas ha permès reduir els preus (aproximats pel PVPC), valorant la magnitud de l'estalvi. La segona és si la mesura ha tingut efectes no desitjats, com un augment del consum de gas. La tercera és si aplicant-la s'han creat incentius per exportar electricitat a països veïns en reduir-se, sistemàticament, el preu majorista de l'electricitat a Espanya.

#### 5.

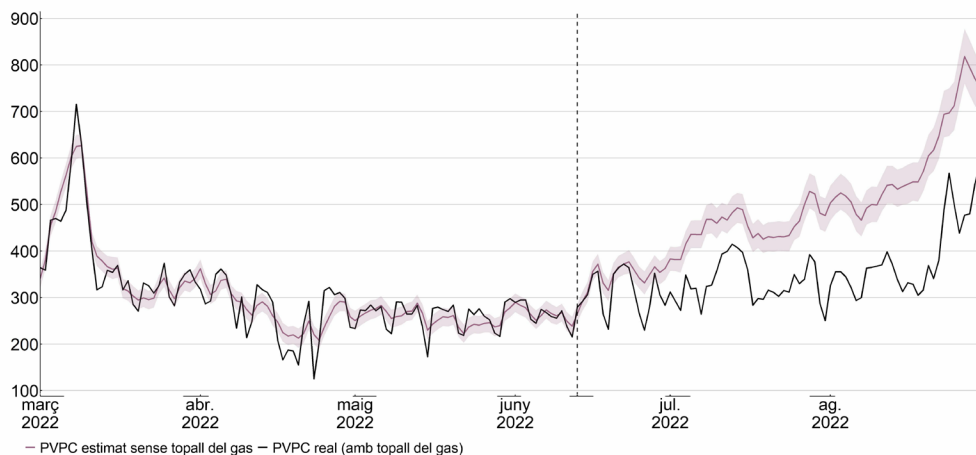
### Estimació de l'efecte en el PVPC

Per analitzar l'efecte en el PVPC, es van elaborar models que aproximessin al millor possible l'evolució històrica dels preus cap al passat.<sup>4</sup>

4 En el nostre cas, l'ús d'un mix de preus del gas TTF i MIBGAS així com d'altres variables ens va permetre, amb una elevada confiança, aproximar els preus PVPC

La figura 2 mostra els resultats del nostre estudi. La línia de color blau dibuixa el PVPC en un món alternatiu sense topall al gas. En taronja, es mostra la sèrie de PVPC que va tenir lloc realment, és a dir, amb l'efecte del topall al gas. Com s'observa, a partir del 15 de juny del 2022, les dues sèries se separen. Mentre que la contrafactual prossegueix en una tendència de creixement clar, els preus observats ho fan amb una intensitat inferior. L'efecte de la mesura es podria valorar, per tant, com la diferència observada entre les dues sèries a partir de la seva aplicació, el 15 de juny del 2022, representat per l'eix de línia discontinua.

**Gràfic 2. Evolució del PVPC i evolució estimada sense el topall al gas**



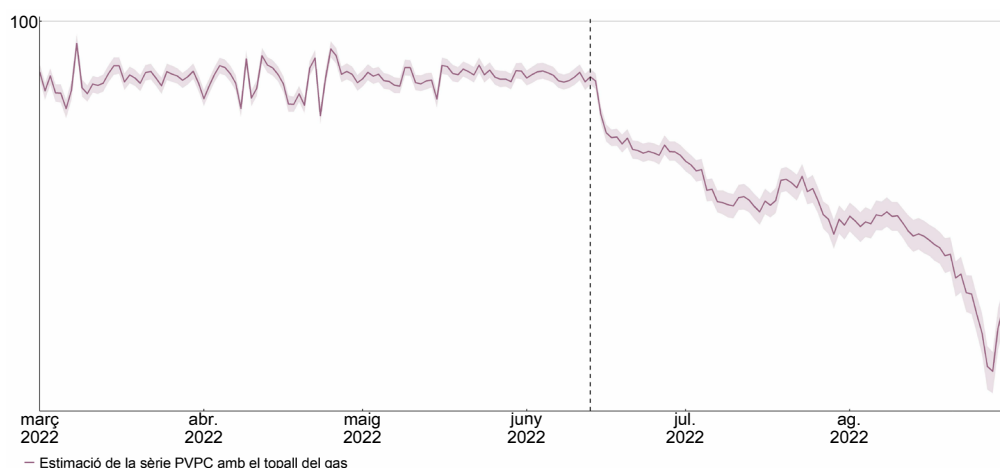
Font: Hidalgo *et al.* (2022).

Això és el que es dibuixa al gràfic 3. L'evolució de la línia cap a terreny negatiu a partir del 15 de juny del 2022 indica que el topall al gas sí que va suposar una reducció del PVPC. A més, s'observa que l'estalvi va augmentar a mesura que avançaven les setmanes, fins a arribar a un màxim de 300 euros l'última setmana d'agost. De mitjana, l'estalvi estimat de la mesura en el període analitzat arriba al 24,4 %. Aquests resultats estan en línia amb els obtinguts per Salas, Jerez i Álvarez (2022), que estimen un estalvi acumulat del 20,8 %.

---

històrics i, amb això, fer l'estimació adequada de l'estalvi generat. Un cop disponibles aquests preus estimats, vam usar la metodologia de l'impacte causal, que ens facilitava mesurar amb certa seguretat l'efecte generat per la mesura d'interacció objecte de l'estudi.

### Gràfic 3. Estalvi estimat del topall al gas



Font: Hidalgo *et al.* (2022).

En termes monetaris, l'estalvi mitjà des del 15 de juny del 2022 seria d'uns 113,9 €/MWh, fet que suposaria un estalvi acumulat de 8.881,1 €/MWh fins a finals d'agost del 2022. Per entendre millor aquesta xifra, i amb la informació recollida pel Panel de Llars de la CNMC, si considerem que una llar mitjana consumeix uns 8 kWh per dia, s'hauria estalviat des del 15 de juny fins al 15 d'agost uns 69 euros de mitjana. Atès que uns 10 milions de llars estan acollides al PVPC,<sup>5</sup> l'estalvi per al període estudiat quedaria a prop dels 690 milions d'euros. A això cal afegir-hi l'estalvi indirecte que es produirà als gairebé 20 milions de llars al mercat lliure: s'espera que haguessin passat a pagar preus més alts després de renovar els contractes si no s'hagués aplicat el topall.

## 6. Efecte sobre l'ús del cicle combinat

Tot seguit, a l'estudi ens vam preguntar si el topall al gas va poder suposar un incentiu per consumir més gas. Intuïtivament, es podria esperar que la mesura incentivés l'ús de cicles combinats per respondre a la demanda externa d'electricitat més alta des de França i Portugal, induïda pels preus inferiors del mercat majorista espanyol a causa del topall. Aquest increment en la producció tindria el suport de la compensació a aquestes centrals.

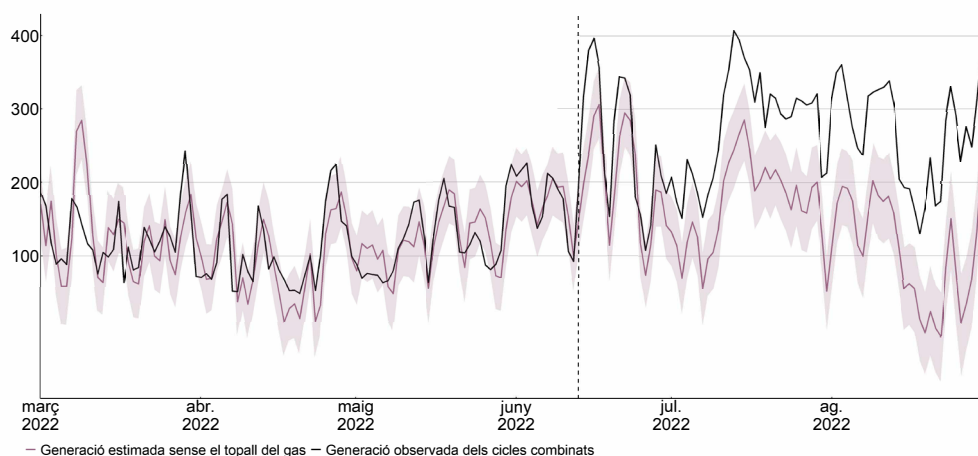
Els resultats reflectits als gràfics 4 i 5 permeten comprovar-ho. La primera recull la sèrie contrafactual per a la producció en GWh diaris de les centrals de cicle combinat que s'hauria donat si no hagués existit el topall, així com la producció observada (línies blava i taronja, respec-

<sup>5</sup> Dades de la CNMC per a l'any 2021.

tivament), mentre que a la segona es mostra la diferència entre totes dues sèries.

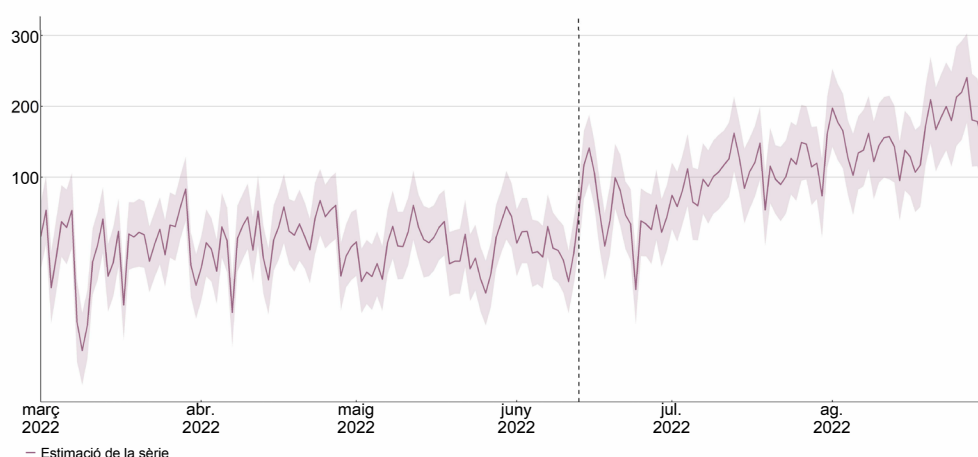
Com es pot observar al gràfic 4, la introducció del topall al gas podria haver suposat un augment significatiu de l'ús de les centrals de cycle combinat a Espanya per a pràcticament tot el període transcorregut des del 15 de juny del 2022. A partir del juliol, el possible efecte es va estabilitzar entre els 100 i 200 GW per hora i dia, amb un pic el 25 i 26 d'agost. De mitjana, l'efecte estaria en els 139,0 GW per hora diaris per al conjunt del període.

**Gràfic 4. Generació observada dels cicles combinats i generació estimada sense el topall al gas**



Font: Hidalgo *et al.* (2022).

**Gràfic 5. Possible efecte del topall al gas sobre la generació dels cicles combinats**

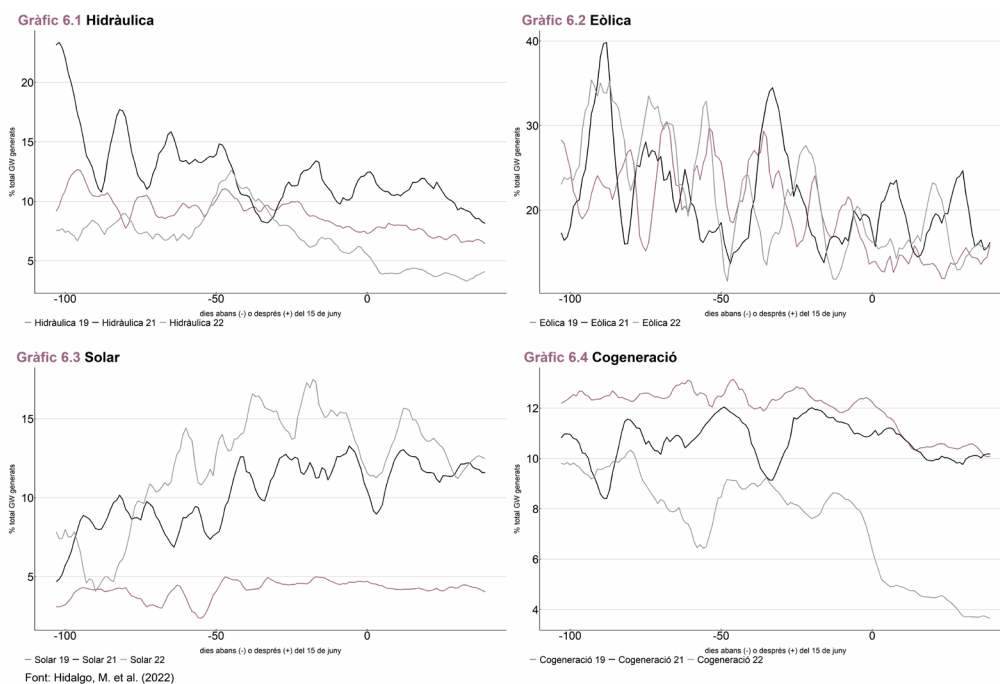


Font: Hidalgo *et al.* (2022).

Aquests resultats encaixarien amb els avançats per Eicke *et al.* (2022) en la seva avaluació crítica amb la generalització del topall del gas a altres països de la UE: aquests autors fan notar que la generació a base de gas va augmentar fins a un 42 % durant les primeres setmanes i subratllen la tensió entre aquests increments i els objectius d'estalvi i descarbonització.

No obstant això, tal com desenvolupem al *policy brief*, davant d'aquests resultats, és important fer algunes apreciacions. En primer lloc, l'ús més o menys alt de cicles combinats que faci un sistema elèctric marginalista també depèn d'altres condicionants aliens al topall del gas, tot i que poden haver coincidit en el temps amb la mesura. És el fet, per exemple, d'haver tingut un estiu particularment sec que va poder impulsar l'ús dels cicles enfront d'una hidràulica en nivells mínims de producció.

**Gràfic 6. Pes de les diferents tecnologies sobre el total generat des de l'1 de març fins al 31 d'agost del 2019, 2021 i 2022 (mitjana mòbil de 7 dies)**



Font: Hidalgo *et al.* (2022).

Així, al gràfic 6 s'observa que tant la producció de les centrals hidroelèctriques com la de les centrals de cogeneració van mostrar una caiguda significativa durant les setmanes del 2022 que van coincidir amb la introducció del topall, i també durant l'estiu, fet que no passa ni amb l'eòlica ni amb la solar. Aquest comportament ens dona peu a considerar que, mentre que la caiguda de la cogeneració pot estar originada per raons directament relacionades amb el disseny del topall al gas (les centrals de cogeneració van quedar excloses de la compensació), la caiguda del pes de la hidroelèctrica podria ser per un efecte combinat del

disseny del mecanisme i d'altres factors que van operar en la mateixa direcció, com la falta de pluja per la sequera.

En conseqüència, l'efecte observat en la generació d'electricitat a través de l'ús més intensiu dels cicles combinats podria haver restat eficiència al topall al gas. No obstant, amb la metodologia emprada, no podem descartar que aquest ús més gran també s'originés per la confluència d'altres factors que van coincidir en el temps.

## 7.

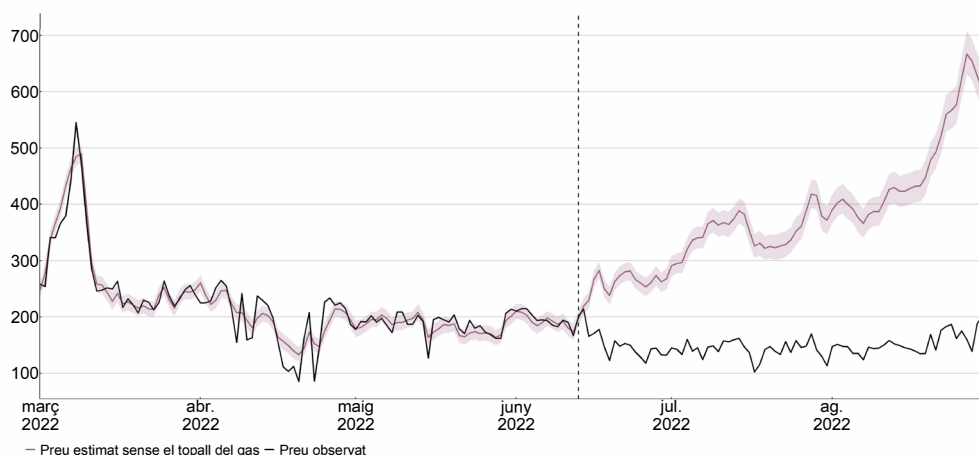
### Impacte actual en altres països: possibles fuites del sistema

Finalment, i a més de l'anàlisi sobre l'ús de cicles combinats, a l'estudi vam mirar de valorar com era de probable que el topall al gas hagués pogut incentivar les exportacions d'electricitat a França, la qual cosa suposaria *de facto* una subvenció a consumidors estrangers.

Per dur-ho a terme, vam estimar de nou els preus, en aquest cas *spots*, per a Espanya considerant que no hagués existit el topall i els vam comparar amb els vigents a França. Sempre que els primers fossin inferiors als segons, podem considerar que les exportacions s'haguessin fet igualment encara que no s'hagués aplicat la intervenció.

El gràfic 7 mostra la sèrie del preu del mercat majorista (*spot*) a Espanya observat des de l'1 de març del 2022 fins al 31 d'agost del 2022, així com el contrafactual estimat per a un model que reproduïx el que havíem fet servir per avaluar la sèrie històrica del PVPC. Novament es pot comprovar que el topall va suposar una reducció del preu majorista a Espanya.

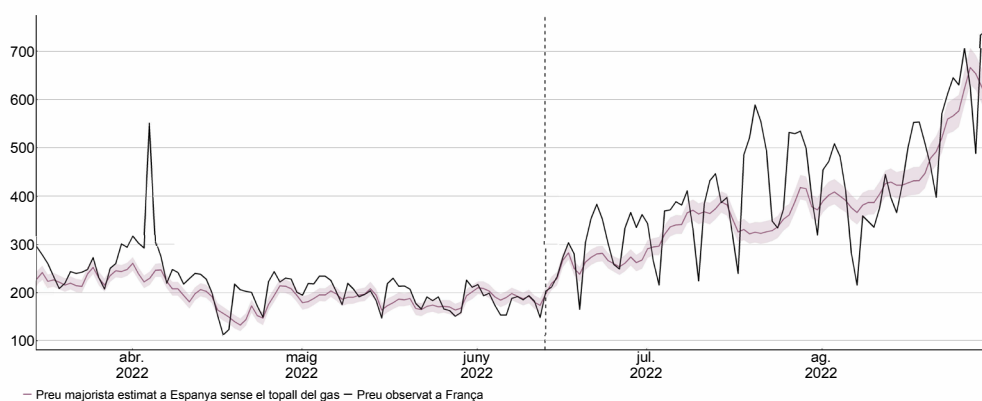
**Gràfic 7. Preu majorista observat a Espanya i preu estimat en absència del topall al gas**



Font: Hidalgo *et al.* (2022).

El gràfic 8 contrasta la sèrie contrafactual per al preu espanyol amb el preu francès. Els resultats ofereixen algunes observacions destacables. La primera és el que el preu francès hauria estat superior a l'espanyol la major part de les setmanes transcorregudes des del 15 de juny. Concretament, en 55 dies dels 78 representats, el preu del mercat majorista francès hauria estat, gairebé amb tota probabilitat, superior a l'espanyol fins i tot sense el topall. Dels 22 dies restants, 19 corresponen a dissabtes i diumenges, dies en què la demanda francesa baixa prou perquè el seu sistema la pugui satisfer a preus baixos, i això tot i la inactivitat de bona part del seu parc nuclear per causes diverses.

**Gràfic 8. Comparació entre el preu majorista espanyol sense el topall al gas i el preu observat a França**



Font: Hidalgo *et al.* (2022).

Amb aquests resultats, encara és difícil discernir, de manera conclusiva, si el topall al gas ha alterat els fluxos exportadors o no. Però el que sí que és inqüestionable (per mecànic) és que ha generat un benefici econòmic per als consumidors francesos. I el resultat observat, en qualsevol cas, és que la importació francesa i el seu preu es modifiquen de manera nítida des de l'entrada en vigor de la mesura. Això serviria d'indici per admetre el temor que expressen una vegada més Eicke *et al.* (2022) de “fuites” dels diners gastats en la compensació cap a estats no membres. És una fuga que pot ser notablement més gran que l'observada entre Espanya i França considerant que les connexions dels països de la UE amb països extracomunitaris són molt superiors a les de la península Ibèrica amb la resta de la UE.

## 8. Conclusions

Segons les nostres estimacions, basades en un model d'identificació causal, la mesura més dràstica de les que s'han pres a Europa per afrontar l'escalada de preus energètics provocada per Rússia, el topall al gas excepcional aplicat a Espanya i a Portugal, ha aconseguit el seu objectiu principal: els preus de la tarifa regulada PVPC per al període vigent des del seu inici, el 15 de juny del 2022, fins al 31 d'agost del 2022 van ser de mitjana un 24,6 % més baixos del que ho haurien estat sense el topall. Aquest preu inferior, malgrat el cost de compensació que es repercuteix en la factura, hauria suposat un estalvi mitjà d'uns 113,9 €/MWh al dia, equivalents a 8.881,1 €/MWh acumulats des del 15 de juny. Si considerem un consum de 8 kWh per llar i dia i 10 milions de llars acollides a la tarifa, aquest estalvi pujaria a gairebé 700 milions d'euros, que podria ampliar-se en endavant a mesura que l'efecte del topall s'estengui a la resta dels preus en les tarifes del mercat lliure.

Ara bé, la introducció del topall pot haver generat alhora altres efectes no desitjats. El primer és un augment significatiu durant el període analitzat de l'ús de centrals de cycle combinat a costa d'un ús inferior de la hidràulica (no emissora de CO<sub>2</sub>) i de les centrals de cogeneració (més eficients). Malgrat que no és tan evident que la substitució d'aquestes tecnologies per la de cicles combinats sigui exclusivament a causa del topall, no és menys cert que la introducció de la mesura en un context particular que elevi els incentius per consumir gas pot estar amplificant els efectes no desitjats descrits.

Finalment, els resultats apunten que, tot i que la introducció del topall hagi elevat els incentius per exportar més cap a França, aquests es podrien haver produït sense aplicar-lo. No obstant, no podem descartar que les decisions de França sobre la producció del seu mercat elèctric no hagin estat igualment estratègiques, atesa l'existència d'un subsidi implícit: les compensacions a les centrals de cycle combinat les paguen els consumidors espanyols. Per tant, resulta factible que l'augment de les exportacions a França es degui tant a un preu relatiu inferior creat amb el topall com a un canvi d'estratègia del país veí per aprofitar aquesta situació eventual.

Aquesta reflexió ens porta inevitablement a la constatació que hi ha un dilema insalvable entre mirar de reduir el preu del gas a curt termini i mantenir els incentius tant per reduir-ne el consum com per impulsar la descarbonització. Així, quan l'objectiu polític europeu d'independència energètica prioritzi el primer sobre els segons, seria important explicitar el cost que s'assumeix, i per a quina finalitat. En altres paraules, es pot justificar que es minvin els incentius per reduir



el consum de combustibles fòssils si amb això s'aconsegueix contenir els preus de l'electricitat, evitant increments excessius que perjudicarien de manera desproporcionada els consumidors i a la llarga comprometrien l'avenç de la transició energètica. Però per sostenir aquesta posició seria convenient dissenyar compromisos creïbles que intercanviïn mesures d'emergència avui per d'altres d'increment de la penetració d'energies renovables i de reducció de la demanda més sòlides demà. Perquè, per tancar, és important no oblidar que aquest serà un joc d'unes quantes iteracions: a Espanya i a Europa els queda més d'un hivern al davant per acabar d'alinejar els objectius de descarbonització i d'independència energètica d'una manera equilibrada, justa i sostenible.

## 9. Bibliografia

BRITO, Paulo. «La “excepción ibérica” a debate: ¿una oportunidad perdida?». *Un grado y medio: Energía y cambio climático* [en línia] (2 juny 2022). <<https://ungradoymedio.blogspot.com/2022/06/la-excepcion-iberica-debate-una.html>>.

BRODERSEN, Kay H.; GALLUSSER, Fabian; KOEHLER, Jim; REMY, Nicolas; SCOTT, Steven L. «Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models». *Annals of Applied Statistics*, vol. 9 (2015), p. 247-274.

COLLADO, Natalia; GALINDO, Jorge; HIDALGO, Manuel. *Cómo alinear los objetivos de independencia energética y descarbonización: retos clave y posibles vías para superarlos* [en línia]. EsadeEcPol (2 juny 2022). <<https://www.esade.edu/ecpol/es/publicaciones/como-alinear-los-objetivos-de-independencia-energetica-y-descarbonizacion-retos-clave-y-posibles-vias-para-superarlos/>>.

EICKE, Anselm; HIRTH, Lion; MAURER, Christoph; MÜHLENPFORDT, Jonathan; SCHLECHT, Ingmar. «The Iberian electricity market intervention does not work for Europe». *Vox.eu* [en línia] (29 agost 2022). <<https://cepr.org/voxeu/columns/iberian-electricity-market-intervention-does-not-work-europe>>.

HIDALGO, Manuel; COLLADO, Natalia; GALINDO, Jorge; MATEO, Ramón. *Estimando el efecto del tope al precio del gas* [en línia]. EsadeEcPol (30 setembre 2022). <<https://www.esade.edu/ecpol/es/publicaciones/estimando-el-efecto-del-tope-al-precio-del-gas/>>.

SALAS, Rafael; JEREZ, Miguel; ÁLVAREZ, A. «Actualización indicador ICAE del impacto del tope del gas en el precio de la electricidad». Blog de

l'ICAIE [en línia] (1 setembre 2022). <<https://www.ucm.es/icae/blog-1>>.

SANDBU, Martin. «The strange world of energy prices». *Financial Times* [en línia] (25 agost 2022). <<https://www.ft.com/content/ac8a54c3-d1ee-4e11-aa28-44c385b9131a>>.

### **Paraules clau**

gas, inflació, topall, mercat marginalista.

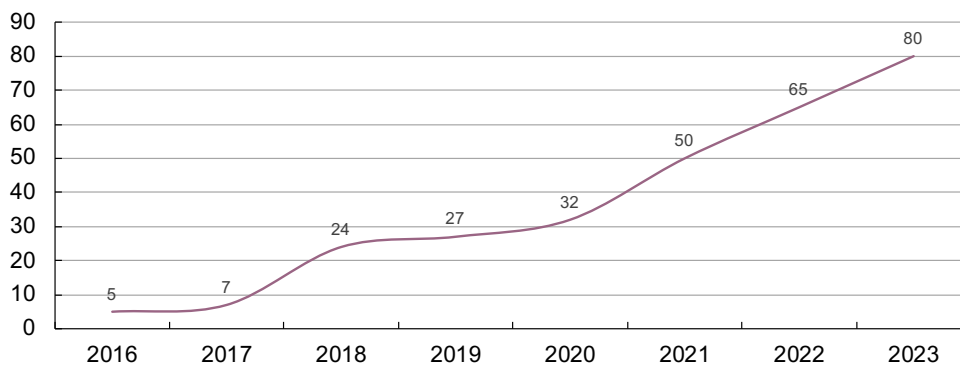
# Afectació del preu de l'energia a la indústria

**Joan Vila**

Conseller del CADS

Tothom ha sentit que la indústria més consumidora d'energia està patint els efectes de la pujada de preus de l'energia, en particular del gas i, complementàriament, de l'electricitat. Aquests increments no afecten només els grans sectors energívors, també afecten pimes concretes: per exemple, bugaderies, forns de pa i pizzeries que necessiten l'electricitat per elaborar els seus productes. A alguns d'aquests establiments els ha pujat la factura des de 1.500 euros fins a 9.500 euros, sense tenir marge per poder absorbir la pujada, ni per augmentar el preu dels productes als clients.

**Gràfic 1. Preu del CO<sub>2</sub> (€/t)**



Font: <https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>

La crisi de preus on s'ha situat el món té molts punts d'origen. Un és la mateixa transformació energètica. El món va començar a actuar per frenar les emissions de carboni amb el Protocol de Kyoto, el 1997. El 2005, Europa va posar en marxa el mercat de carboni amb el mecanisme ETS (Emission Trading System), que va tenir un preu de sortida al mercat de 15 €/tCO<sub>2</sub>, però ràpidament aquest valor va caure fins als 5

€/tCO<sub>2</sub>. No va ser fins al 2018, quan la UE va retirar drets del mercat, que el preu va començar a pujar. Després d'estar molts anys a preu baix, de cop el preu va pujar fins als 25 €/tCO<sub>2</sub>, fet que va pressionar la generació elèctrica de carbó cap al tancament de centrals. Això va passar a Europa, però també als Estats Units i a la Xina, grans productors de carbó. A partir d'aquest moment, la demanda de gas va començar a créixer a tot el món per suplir el carbó tancat.

Durant el 2018, el Sistema de Reserva Federal dels Estats Units (FED) va començar a retirar estímuls de l'economia que havia introduït el 2012, amb la Quantitative Easing 3 (QE3). Durant el 2019, l'economia es va anar refredant arran de la retirada de diner del sistema, i va arribar a final d'any amb efectes clars de contracció de l'economia mundial. I en aquesta situació van arribar la pandèmia i el tancament de tota l'activitat econòmica al món. El tancament va ser seqüencial, primer començant per la Xina, després Europa i finalment els Estats Units. La conseqüència va ser una aturada del transport marítim que va afectar clarament la globalització de productes. Així, l'economia global, de cop, es va convertir novament en economia local, amb la conseqüència que això té després d'haver deslocalitzat molta producció a Àsia.

La fi de la pandèmia va crear un efecte psicològic en la gent, degut al temps d'inactivitat, amb molta disposició de superar el tancament amb més demanda d'emocions, havent fet un bon estalvi. Els bancs centrals, amb por que l'economia quedés estancada després dels efectes de la retirada del 2018, van augmentar doblement una nova aportació de QE 4. Una cosa i l'altra van provocar un creixement de la demanda de tots els productes.

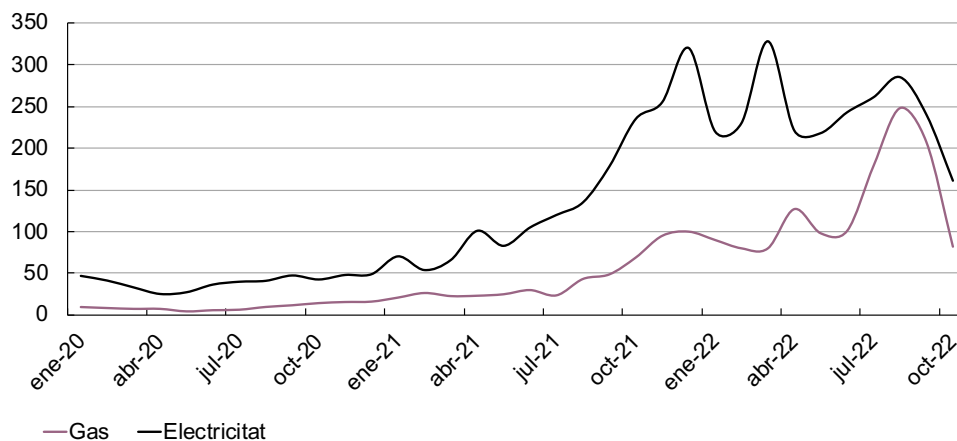
La demanda no va poder ser satisfeta per l'oferta en molts casos: primer perquè el transport internacional estava aturat i després perquè la capacitat de producció local no era suficient per satisfer aquesta demanda. El resultat ja el coneixem: una inflació desbocada que només es pot resoldre tornant a l'equilibri entre oferta i demanda. Com que l'oferta no es pot augmentar a curt termini (fins que no retorni el transport marítim a preu acceptable), només es pot resoldre actuant per fer baixar la demanda, és a dir, augmentant els tipus d'interès.

Tot això es va accentuar per la guerra d'Ucraïna. Segurament de manera premeditada, pel desequilibri mundial de matèries primeres, Vladímir Putin va escollir el moment per començar la invasió d'Ucraïna, sabedor de les dificultats d'Europa per abastir-se de gas natural i de petroli.

Durant l'any 2021, el preu del gas, i com a conseqüència el de l'electricitat, va anar pujant, anant des dels 16 €/MWh a primers de gener del 2021 fins als 100 €/MWh a final d'any. L'electricitat va passar dels 49

€/MWh als 320 €/MWh. Podríem dir que els mercats van embogir i van perdre les referències, entrant en una espiral especulativa. I així ha continuat tot l'any 2022, afegint-hi que a França han tancat fins al 60 % de les centrals nuclears per problemes de manteniment, fatiga i corrosió de soldadures. De cop, Europa s'ha vist immersa en un dèficit d'electricitat i de gas, car el tall de subministrament de Rússia s'ha hagut de compensar pel gas de Noruega, pel poc gas que es pot extreure de Groningen i pel gas liquat que entra per mar. Els preus han arribat fins a nivells mai sospitats.

**Gràfic 2. Preus industrials del gas i l'electricitat (€/MWh)**

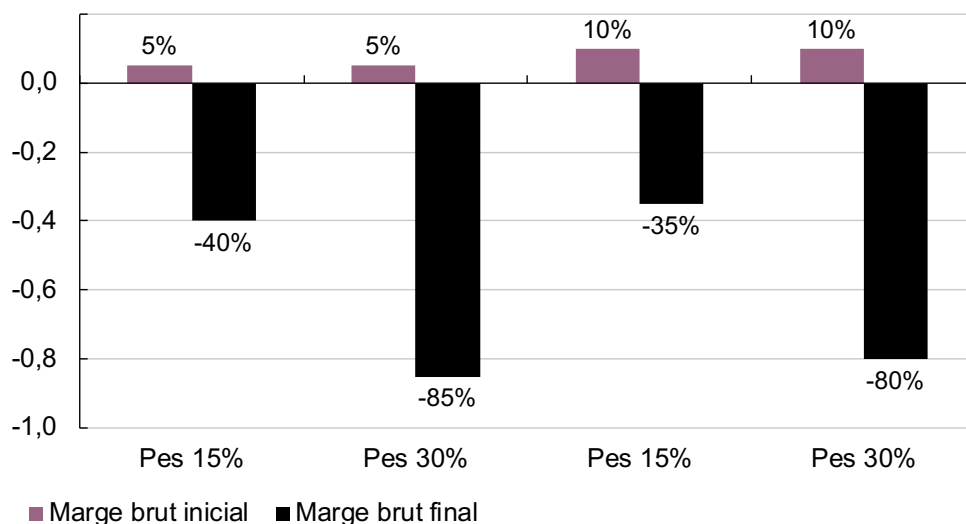


Font: OMIE i Trading economics.

Els efectes d'aquestes pujades no es van fer sentir de manera homogènia per a tothom. Moltes empreses tenien contractes de compra per un o més anys; per tant, la majoria no van veure el problema fins a principis del 2022. Algunes altres van veure com el seu proveïdor els trencava el contracte assumint la penalització admesa. Així va ser com l'economia va haver de fer front a un augment de costos d'una magnitud a què no estava habituada.

El moviment ha afectat els sectors més energívors, com ara la siderúrgia, la química, el paper, el vidre, el ciment, la ceràmica i el tèxtil d'aigua. En alguns d'aquests sectors, l'energia pot arribar a representar un 40% del cost, com en el cas de la siderúrgia, però en la majoria el pes de l'energia sobre el preu de venda és d'entre el 15% i el 30%.

**Gràfic 3. Evolució dels marges industrials segons l'impacte energètic**



Nota: en una indústria, un marge brut inicial del 5% es pot veure reduït fins al -40% si el pes de l'energia en el procés productiu és del 15%, i es pot reduir fins al -85% si el pes energètic és del 30%. Tanmateix, amb un marge brut inicial del 10%, els marges es reduiran fins al -35% o el -80% si els pesos energètics en el procés productiu són del 15% i del 30%, respectivament.

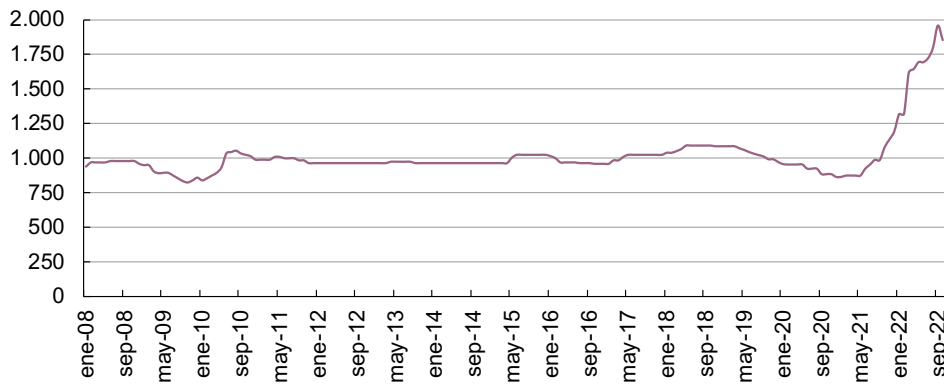
Font: elaboració pròpia.

Com ha de gestionar una empresa que el gas pugi un 580 % i l'electricitat un 370 %, de manera que l'energia passi del 12 % al 37 % sobre el valor de venda? Només té la solució d'apujar preus, car en la majoria de sectors el marge sobre la venda és d'entre el 5 % i el 10 %. Si ara fem l'anàlisi mirant la proporció que té el preu de l'energia sobre el valor afegit, veurem com en la majoria de casos aquest valor ha pujat del 22 % fins al 85 %, i ha arribat al 140 % en algun sector. Això indica que cada vegada el marge de les empreses és més petit, tot un senyal sobre la nova economia de la transició del futur: més pes de l'energia, menys recursos per a altres activitats.

És molt difícil fer entendre a un mercat que els preus han de pujar més d'un 10 %, acostumat a un intercanvi internacional en què els preus gairebé no es movien.

Però la manca de productes pel fre marítim ha fet possible traslladar aquests costos als preus, a costa del tancament d'empreses.

**Gràfic 4. Preu del tissú (€/t)**

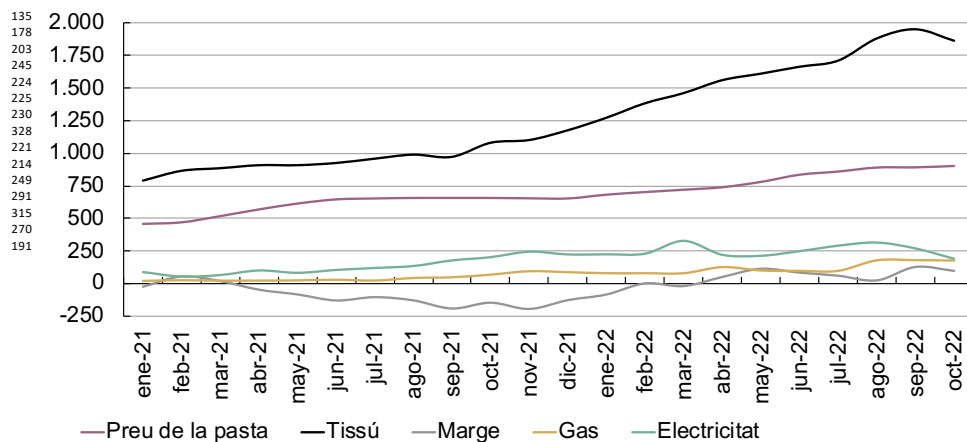


Font: elaboració pròpia a partir de l'índex Pix (<https://pap-argus.com/>).

El mes d'octubre del 2021, les persones que treballem en el món de la producció ja avisàvem que la inflació l'any 2022 seria del 10 %, però sembla que només ho vèiem els que estem en l'economia productiva.

El cas d'una fàbrica de tissú és un exemple per veure com s'ha hagut de fer front a aquest període.

**Gràfic 5. Preu del tissú i de la pasta i marge brut (€)**



Font: elaboració pròpia a partir de l'índex Pix (<https://pap-argus.com/>).

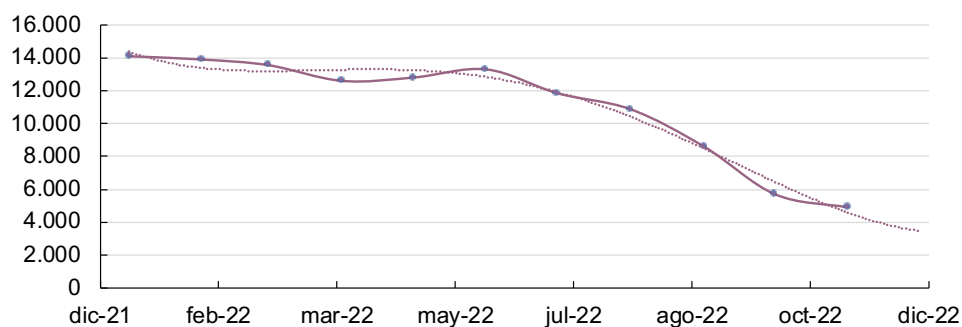
Com es pot veure al gràfic 5, l'augment de costos del 2021 va ser molt difícil de traslladar al preu final del producte, fet que va provocar que aquest any el marge de fabricació fos negatiu a partir del mes d'abril. No va ser fins al mes d'octubre quan es va dur a terme una acció de força, aturant la producció i comunicant als clients que si volien producte, havia de ser a un altre preu. Aquesta acció va anar acompanyada del fet que els altres competidors del mercat ibèric també acceptessin repercutir els costos energètics en els preus. El canvi es va completar quan,

a partir del gener del 2022, tots els fabricants europeus van tenir preus semblants de l'energia, incloent-hi francesos i italians. A partir del mes de febrer del 2022, el marge de fabricació va tornar a ser positiu, traslladant cada mes l'augment de costos als clients.

Quin és l'escenari per als mesos i anys vinents?

Per una banda, hi ha el fet que l'economia comença a entendre que el mercat s'ha desordenat i que cal posar-hi remei, desacoblant el preu del gas del preu de l'electricitat. També, que cal fer alguna cosa per controlar el preu del gas que es compra internacionalment: per exemple, fent una compra conjunta de la UE.

**Gràfic 6. Preu del contenidor Xina-Mediterrani (euros per contenidor)**



Font: <https://fbx.freightos.com/freight-index/FBX13>.

Per altra banda, hi ha el preu del transport marítim internacional, que a partir del mes de juny del 2022 va començar a baixar, fruit de l'alentiment de l'economia mundial i dels problemes de l'economia xinesa. Aquest canvi indica que la globalització pot tornar a engegar d'aquí a pocs mesos. De fet, en el món de la producció ja veien ofertes provinents de la Xina, una mostra clara que el moviment ha començat a engegar. Si els costos energètics d'Europa no s'apropen als costos de la Xina, la indústria europea té un risc de no ser competitiva i haver de tancar. El preu de l'electricitat, del gas i del carbó a la Xina és de l'ordre dels 100 €/MWh, i els preus d'Europa són un 70 % més alts. Aquest efecte es podria corregir parcialment si s'apliqués una taxa de carboni als contenidors. Per a un contenidor provinent de Shanghai, amb 12.000 km de recorregut, una taxa de carboni a preus de mercat actual tindria un cost sobre el contenidor de 1.300 euros. Però fa molt de temps que la UE discuteix la Carbon Border Adjustment Tax, i res no fa pensar que apliqui una mesura semblant en un temps raonable.

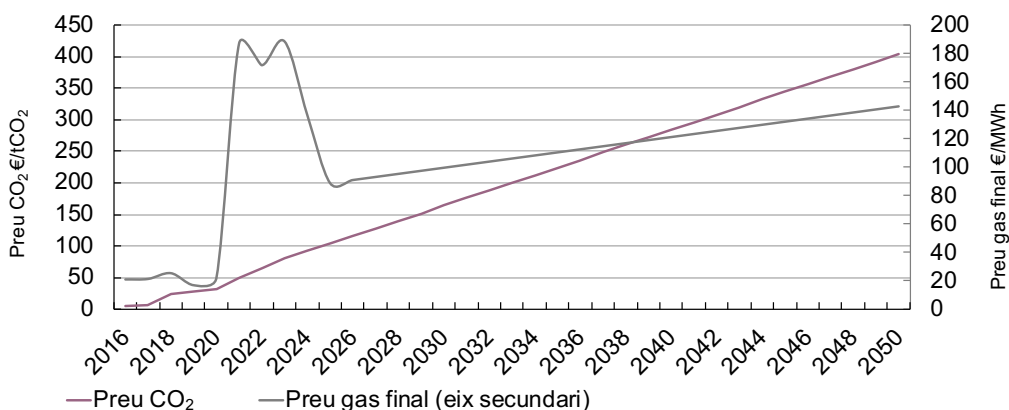
Quan hem parlat dels motors de la inflació, he esmentat el preu del CO<sub>2</sub> al mercat. L'efecte del CO<sub>2</sub> sobre el preu del gas és de 0,18 tCO<sub>2</sub>/MWh. Per tant, si el preu del CO<sub>2</sub> és de 90 €/tCO<sub>2</sub>, la seva implicació sobre el



preu del gas serà de 16 €/MWh. Quin serà el paper del preu del carboni en el futur?

El preu del carboni s'ha dissenyat com un senyal perquè l'economia es vegi forçada a fer la transició energètica. Malgrat haver perdut el temps des de l'any 2005 fins al 2018, quan va començar a afectar l'economia, el preu del CO<sub>2</sub> acabarà repercutint en tots els sectors, no solament en els sectors energívors que suposen el 46 % de les emissions de carboni a Europa: també afectarà la resta de l'economia, anomenada *difusa*. Aquí hi ha la calefacció, el gas per a les pimes i el transport.

**Gràfic 7. Prospecció del preu del CO<sub>2</sub>**



Font: elaboració pròpia.

Quan es va projectar el camí de la transició energètica, es coneixia que certes activitats, com ara el gas verd i les aplicacions d'emmagatzemament energètic, necessitarien preus del carboni de 400 €/tCO<sub>2</sub> per poder-se implantar. Això significa un sobrecost de 72 €/MWh per al gas. Si un dia el gas tornés al seu valor històric de 20 €/MWh, voldria dir que el cost final del gas, amb la taxa de carboni, seria de 92 €/MWh. Per tant, per desplegar les tecnologies de la transició, es necessitarà que el preu del gas no baixi dels 70 €/MWh, sigui per les lleis del mateix mercat d'un gas escàs, o per la correcció del preu del CO<sub>2</sub> en el mercat. Podríem dir que, de cop, per raons del mercat, la situació que viu l'economia avui és la que s'havia previst per al 2050, quan el preu del carboni havia d'arribar als 400 €/tCO<sub>2</sub>, i el cost del gas als 90-110 €/MWh. La situació no ha estat progressiva com es preveia que havia de ser, sinó explosiva, havent d'actuar de cop.

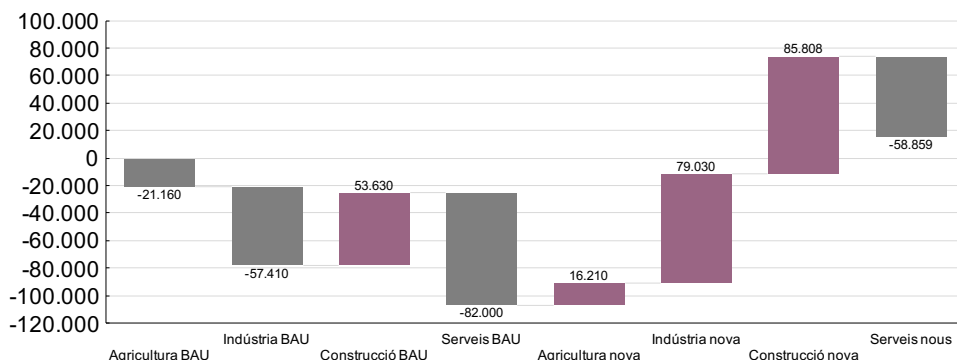
Podrà aguantar l'economia l'impacte de tot això? La resposta és sí, si l'Administració actua de manera decidida i ràpida. Sabem generar gas verd amb biomassa i amb fermentació de residus, però cal un temps d'inversió, de permisos i d'acció: per exemple, financera. El 2023 tindrem l'electricitat a preus molt baixos durant les hores solars, pel fet

que la generació fotovoltaica a Espanya ja supera els 25 GW, cosa que vol dir que, a partir del juny del 2023, podrà aportar 14 GW en hores de sol a l'estiu. Això, més els 3 MW que pugui donar l'eòlica i els 7 GW nuclears, portarà el pes inframarginal (sense el gas) fins a un 65 %, i es preveu que el 2024 arribi a un 80 %, proporcionant preus més baixos que a la resta dels països del nostre entorn, tota una oportunitat.

En canvi, pel que fa al gas, l'escenari és que se situï entre els 60 i 80 €/MWh, molt lluny dels 20 €/MWh històrics. Si hi hem d'afegir un preu del CO<sub>2</sub> de més de 100 €/tCO<sub>2</sub>, el preu final del gas se situarà entre els 78 i 98 €/MWh. Aquest escenari ha arribat per quedar-se, raó per la qual és imprescindible adaptar-se a la nova situació. L'energia prendrà una part important dels recursos de l'economia, obligant-la a un canvi, segurament cultural, en el consum dels productes.

Això ens porta a veure que si l'economia catalana no inverteix en la transició energètica, tindrà una pèrdua substancial de pes i no aprofitarà l'oportunitat. Caldrà substituir la química orgànica del petroli per una de nova amb hidrogen, reciclar el plàstic des del 20 % d'ara fins al 70 %, fabricar els productes amb menys material i canviar l'estructura del transport, amb menys transport aeri i més tren, cosa que afectarà de manera clau el turisme, fent-lo més proper. Les millores de productivitat seran en eficiència i amb menys consum de recursos.

**Gràfic 8. Evolució del treball (llocs de treball)**



Font: elaboració pròpia.

L'impacte sobre el PIB l'avaluo amb una pèrdua del 13 % per a tota la transició energètica, però podria ser nul o només del 4 % si l'economia s'adapta des del Business As Usual (BAU) i es fa la transició energètica.

La rehabilitació d'habitatges; la construcció de nous habitatges assequibles; el canvi del transport a l'electricitat, l'hidrogen, l'amoni i el metanol; l'adaptació industrial; la implantació d'energies renovables; la construcció de més transport públic; l'adequació del món rural amb generació de recursos energètics renovables; el disseny d'un lleure pro-

per i més local... són la base d'una nova economia que cal desenvolupar si no es vol perdre l'estat del benestar.

L'oportunitat hi és; la inversió la coneixem, uns 198.000 milions d'euros fins al 2050, i l'efecte sobre els llocs de treball, també. Només falta que l'economia i l'Administració s'ho creguin i posin les bases per fer el camí.

### Webgrafia

<https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>

<https://pap-argus.com/>

<https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas>

<https://www.mibgas.es/es/market-results/gas-daily-price-index-and-volumes>

<https://www.omie.es/>

<https://fbx.freightos.com/freight-index/FBX13>.

### Paraules clau:

matèries primeres, preus, geoestratègia, inflació, costos industrials, gas, electricitat.

# Bloc II: Fiscalitat, finançament i costos

# La fiscalitat energètico-ambiental en temps de crisi energètica i climàtica<sup>1</sup>

**Xavier Labandeira**

REDE, Universitat de Vigo i ECOBAS

La producció i el consum d'energia estan íntimament vinculats als principals problemes ambientals contemporanis. L'àmbit energètic, que també inclou el sector del transport i la combustió industrial, origina actualment més de dos terços de les emissions globals de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) –la xifra encara és més gran en el cas de les economies avançades. El conjunt de les activitats relacionades amb l'energia és, per tant, responsable fonamental dels fenòmens de canvi climàtic i imprescindible per mitigar-los (IPCC, 2022). L'extensió dels fenòmens climàtics extrems al llarg del planeta en els últims mesos, particularment intensos i generalitzats a la península Ibèrica durant l'estiu del 2022, amb un augment de la temperatura mitjana global encara allunyat dels objectius marcats per l'Acord de París, en vigor des del novembre del 2016 (2 °C i s'aspira a 1,5 °C), mostra la gravetat de la situació. Fins i tot si s'aconseguís complir els objectius acordats a París, cosa improbable avui en dia perquè tant la insuficient ambició agregada com els dubtes sobre l'aplicació de polítiques climàtiques efectives apunten a augments ben per sobre dels 2,5 °C, els impactes climàtics (salut, sector primari, etc.) seran majúsculs i demanaran una adaptació a gran escala. Tot això, juntament amb un marge de maniobra temporal cada vegada més limitat, exigeix abordar la reducció de les emissions de GEH de l'àmbit energètic amb intensitat i sense retards.

Els problemes ambientals del sector energètic no es limiten, en tot cas, al canvi climàtic. La combustió de fòssils associada al transport genera importants problemes de contaminació local. Fins i tot al món avançat, els efectes negatius d'aquests contaminants sobre la salut humana (mortalitat i morbiditat) són molt rellevants. Així, en una ciutat com Barcelona, els elevats nivells de concentracions de matèria particulada i òxids de nitrogen, en bona part ocasionats pel transport rodat, gene-

<sup>1</sup> La versió original de l'article, escrita en castellà, es troba disponible al [web](#).

ren un augment considerable de la mortalitat i una incidència més alta d'alguns càncers i de l'asma infantil (ASPB, 2020).

Davant d'aquesta situació, la reducció de les emissions associades a l'àmbit energètic es pot perseguir amb diverses estratègies, fonamentalment mitjançant canvis en l'equipament dels sectors econòmics i les llars (tecnologies renovables o més eficients des d'un punt de vista energètic) i amb modificacions en els hàbits i el comportament dels consumidors industrials, comercials i residencials (canvi modal, optimització tèrmica, etc.). En tot cas, la minimització dels impactes ambientals apuntats no s'ha de regir exclusivament per una lògica d'eficiència correctora, sinó també per consideracions distributives, perquè, generalment, aquests danys recauen en bona part en els grups d'un nivell econòmic inferior, perquè tenen unes capacitats d'adaptació menors.

Atès aquest context general, l'article s'interessa per la capacitat de la fiscalitat ambiental per abordar els desafiaments precedents en l'àmbit energètic (incloent-hi el transport). Per a això, es resumeixen els fonaments d'aquest instrumental, remarcant-ne el potencial en l'àmbit de la demanda (modificació de comportaments), dins d'un context ampli de polítiques públiques i també apuntant-ne les implicacions distributives. A partir d'aquí, el treball reflexiona sobre les opcions d'aquestes figures a Espanya en la cruïlla actual, en què conviuen les ambicions ambientals i climàtiques amb una intensa crisi energètica ocasionada per la guerra d'Ucraïna. L'article no aporta noves evidències o informació sobre aquests afers, però sí que intenta relacionar i destil·lar algunes de les meves contribucions en aquest àmbit durant els últims anys, recollint un conjunt de propostes que s'inspiren principalment en el recent i exhaustiu Llibre Blanc sobre la Reforma Tributària (CPELBRT, 2022) i l'avaluació de les mesures recents del Govern espanyol davant de la crisi actual (que contrasten clarament amb les propostes anteriors).

## 1.

### **Impostos energètico-ambientals: fonaments i context d'aplicació**

Els anomenats *instruments econòmics* en les polítiques de protecció ambiental, bàsicament preus per emetre substàncies contaminants, ja tenen dècades d'història. Aquesta aproximació sorgeix com a reacció dels economistes acadèmics als creixents problemes ambientals de la postguerra mundial, i es vincula directament amb la solució d'una externalitat negativa "tipus" mitjançant mecanismes flexibles que emulen les propietats beneficioses del mercat lliure. Els impostos ambientals permeten així donar compliment al principi de "qui contamina, paga"; "posar els preus bé" perquè oferents i consumidors prenguin les decisions adequades (evitant els problemes recurrents d'informació asimètrica per als reguladors en aquest àmbit); promoure el desenvolupa-

ment i la implantació d'alternatives netes (no gravades), i aconseguir recursos per al sector públic. En la seva versió idealitzada, aquests instruments són alternatives cost-eficients enfront d'altres opcions de política ambiental.

A Gago *et al.* (2014) vam fer una exploració detallada de les bases teòriques de la fiscalitat energètico-ambiental i vam descriure i aportar evidència empírica sobre les seves aplicacions a la realitat. Així, vam observar com aquests impostos tenen una justificació que va més enllà de la correcció ambiental. Les seves importants capacitats recaptadores, en aplicar-se sobre béns de baixa elasticitat respecte al preu, els han garantit un paper rellevant en els sistemes fiscals contemporanis. També són útils per apropiari-se d'una part de les rendes associades als productes energètics en mans de càrtels com l'Organització de Països Exportadors de Petrolí (OPEP+). No obstant, la seva raó fonamental té a veure amb la capacitat de reduir emissions de manera eficient. Així, en un context de segon òptim (amb objectius ambientals predeterminats), aquestes figures aconseguixen promoure alternatives netes en productors (més renovables) i consumidors (equipament més eficient) i canvis de comportament davant de preus més elevats. La combinació d'efectes porta a una minimització de costos de reducció d'emissions, molt rellevant quan aquests són de gran magnitud com en el cas de la mitigació del canvi climàtic.

No obstant, el tradicional avantatge dels instruments econòmics en termes de cost-eficiència probablement ha deixat d'exercir un paper central en el debat actual sobre les millors opcions per mitigar el canvi climàtic. En primer lloc, perquè és difícil imaginar la complexa transició a la descarbonització en poques dècades sense comptar amb l'ajut d'incentius econòmics a gran escala que guiïn i reforcin el radical procés de canvi d'inversions, producció i consum en un període temporal cada cop més curt. En segon lloc, perquè la clau per a una mitigació global reeixida del canvi climàtic és reemplaçar les tecnologies existents per alternatives menys contaminants, i la fiscalitat energètico-ambiental ha de desenvolupar un paper important en aquest cas. Així, el gravamen de les emissions de carboni afavorirà el desenvolupament i la implantació de tecnologies netes, perquè les fa més barates en termes relatius. La reducció de costos associada a la recerca i a la implantació massiva de tecnologies netes és una condició imprescindible per potenciar la mitigació global del canvi climàtic. De fet, estendre amb èxit la transició al món en desenvolupament només serà possible si aquest disposa d'alternatives assequibles per a la descarbonització; per això són importants els instruments econòmics per posar en marxa aquest procés. Addicionalment, atès el caràcter acumulatiu del problema climàtic, el gravamen de les emissions s'ha de completar amb una fiscalitat més alta sobre l'adquisició o la propietat de determinats equipaments contaminants. És a dir, s'ha d'accelerar la substitució dels

actius contaminants i evitar costi el que costi que les noves inversions o adquisicions de les empreses i les llars portin una voluminosa motxilla d'emissions de GEH per a les dècades vinents.

L'elevat consens acadèmic sobre la superioritat de les aproximacions de preu també s'ha de reinterpretar en un context cada vegada més complex de les polítiques ambientals i climàtiques. Els impostos energètico-ambientals s'han de veure, per això, com una condició necessària però no suficient per abordar amb èxit els objectius climàtics i de millora ambiental. Es necessiten altres instruments reguladors, destinats particularment a accelerar el desenvolupament tecnològic net, i aproximacions no reguladores. En tot cas, una de les qüestions que apunta Metcalf (2022), en la seva refutació recent d'uns quants mites sobre la fiscalitat del carboni, és que és més previsible i presenta menys interaccions negatives amb altres instruments de política pública. De fet, la fiscalitat energètico-ambiental ha de generar sinergies amb altres components de les polítiques ambientals i climàtiques: per exemple, els impostos sobre l'adquisició i la propietat d'equipament contaminant han de reforçar l'efecte de possibles subvencions a tecnologies netes i s'han de vincular de manera actualitzada als estàndards tecnològics en vigor.

La integració de la fiscalitat energètico-ambiental en un context regulador molt ampli es fa especialment evident en el cas de la Unió Europea, on la política climàtica ha adquirit una elevada complexitat i sofisticació. No només perquè al catàleg de polítiques hi conviuen instruments netament europeus amb d'altres que són aplicables per part dels estats membres sota indicacions marc, sinó perquè també hi ha aproximacions reguladores heterogènies: mercat de carboni, estàndards tecnològics, fiscalitat harmonitzada energètica i, entre d'altres, diverses aproximacions per promoure l'eficiència energètica. A més de les sinergies que s'han esmentat, la fiscalitat energètico-ambiental ha de garantir en aquest cas que el senyal de preu s'estengui de manera equivalent a tots els sectors de l'economia.

Dins de les discussions generals i la fonamentació de la imposició energètico-ambiental, és particularment rellevant la discussió sobre l'ús de la recaptació obtinguda. L'anomenada *teoria del doble dividend* va advocar, especialment durant els anys noranta del segle passat, per destinar aquests recursos íntegrament a la reducció d'altres impostos distorsionadors. La idea preponderant en aquell moment era augmentar els guanys d'eficiència econòmica, afegint a la correcció de l'externalitat ambiental la reducció d'excessos de gravamen ocasionats pels impostos. Aquesta teoria explica les solucions adoptades per les diferents reformes fiscals verdes fins a la gran recessió, bàsicament una reducció de la imposició sobre la renda o el treball gràcies a la introducció d'impostos de carboni o l'elevació de la imposició energètica tradicional. Aquests tipus de reformes fiscals, populars a Escandinàvia



i al nord d'Europa en els anys del tombant de segle, pràcticament van desaparèixer amb la irrupció de la crisi financera internacional. Des d'aleshores, els recursos addicionals obtinguts per la imposició energètico-ambiental es destinen majoritàriament a compensacions distributives, malgrat que tampoc no és estranya l'afectació a determinats programes ambientals o d'adopció de tecnologies netes (Gago *et al.*, 2014).

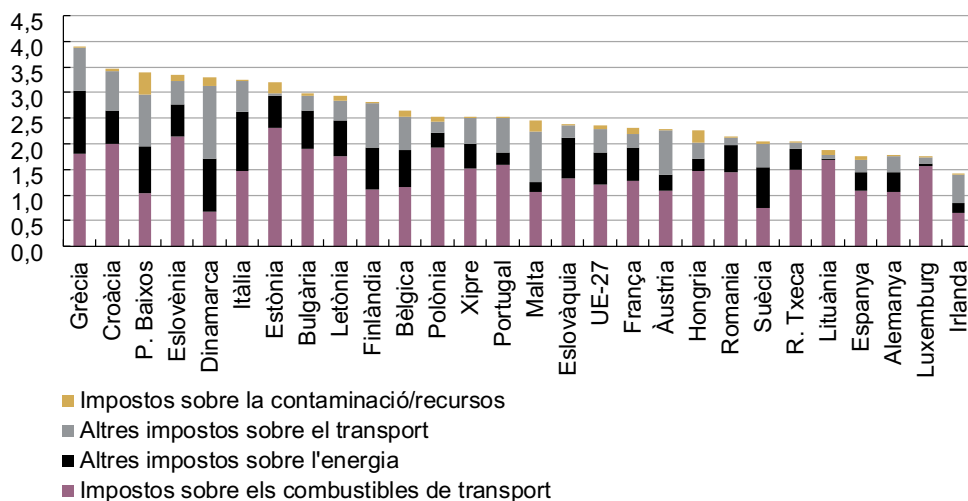
La discussió distributiva associada al canvi climàtic apareix novament, però ara vinculada als efectes de les seves polítiques correctores. A Gago *et al.* (2021b) abordem en profunditat aquesta qüestió en l'àmbit de la fiscalitat sobre el transport, identificant les causes i les opcions per reduir la regressivitat d'algunes d'aquestes figures, que, en tot cas, no es pot prendre com una regla universal. En particular, el grau de regressivitat està associat al tipus de bé energètic gravat, a la inclusió dels efectes sobre les fonts d'ingressos (Metcalf, 2022) i a la incorporació de la riquesa com a indicador de capacitat econòmica (Teixidó i Verde, 2017). Per preservar l'acció incentivadora de les polítiques correctores, crucial, per exemple, per a la transició energètica, tal com s'apunta a Labandeira *et al.* (2020), advoquem per la introducció de transferències no generalitzades que, a més, tinguin en compte les característiques de les llars i no suposin una reducció dels preus de productes contaminants. Aquestes transferències es podrien completar amb subsidis per resoldre problemes d'accés a capital, per això també limitats a les llars amb una capacitat econòmica inferior, que facilitin la substitució de l'equipament contaminant i així protegeixin de les pujades de preu ocasionades per una fiscalitat ambiental més alta.

En resum, hi ha raons abundants per justificar l'ús de la fiscalitat energètico-ambiental per afrontar els creixents desafiaments ambientals i, particularment, la mitigació climàtica. Òbviament, no estem davant de la panacea, tot i que són solucions imprescindibles (necessàries) per a la transició ecològica, per la magnitud i la urgència dels canvis, però que han de formar part (no són suficients, per tant) d'un paquet de polítiques més ampli. Aquests impostos es poden aplicar sobre productors i consumidors per modificar-ne l'operació i el comportament, però han de buscar de manera prioritària el desenvolupament de tecnologies netes assequibles i, reforçats per tributs sobre la propietat i l'adquisició, la ràpida substitució de les alternatives contaminants. Aquesta tributació energètico-ambiental presenta, a més d'un considerable suport teòric, una evidència empírica favorable (Gago *et al.*, 2014; Metcalf, 2022). La seva aplicació, no obstant, és molt inferior a la desitjable per la impopularitat entre els ciutadans i l'acció de diversos lobbys. Tal com s'observa a l'apartat següent, el cas espanyol il·lustra clarament aquestes dificultats i, simultàniament, ofereix un marge ampli d'oportunitats per desenvolupar aquestes alternatives.

## 2. El debat a Espanya

Tot i que el progrés limitat de l'ús dels preus en les polítiques ambientals i climàtiques és global, particularment en relació amb les grans expectatives del món acadèmic en els anys del tombant de segle, el cas espanyol és certament anòmal. La figura 1 mostra el paper reduït (en termes de PIB, però també observable en percentatge de recaptació total) dels impostos energètico-ambientals a Espanya, segons les dades actualitzades prèvies a la pandèmia (malgrat que ja hi ha dades del 2021, no les faig servir per a la persistència de la covid-19 durant aquest any i les seves implicacions en termes d'emissions industrials i del transport). De manera consistent i certament poc explicable, Espanya ha estat tancant el rànquing europeu de l'ús d'aquestes figures en les últimes dècades. Aquesta situació és difícil d'entendre en un país que, no obstant, lidera el rànquing de dependència energètica exterior a la UE; pateix importants danys ambientals i climàtics, amb una evolució temporal d'emissions clarament millorable, i ha experimentat històricament dificultats per equilibrar els comptes públics. Per si no fos prou, l'abundant evidència acadèmica mostra, en general, els resultats positius de l'aplicació d'aquestes figures tributàries (Gago *et al.*, 2021a), en línia amb les conclusions obtingudes per la literatura internacional i apuntades a l'apartat precedent.

**Gràfic 1. Impostos ambientals 2019 (% sobre el PIB)**



Font: Comissió Europea (2022).

A més de la disparitat quantitativa que s'ha apuntat, l'experiència espanyola amb la fiscalitat ambiental s'ha vist associada generalment a problemes de baixa qualitat. Figures amb dissenys clarament millorables, amb interaccions inadequades amb altres instruments fiscals o de política ambiental i amb objectius quasi exclusivament recaptadors

(no incentivadors de la millora ambiental) han estat molt habituals a la pràctica. Si bé bona part d'aquestes aplicacions fallides han tingut lloc en l'àmbit de les comunitats autònomes (CA), no s'ha de vincular la baixa qualitat a l'assignació competencial inadequada d'aquests tributs, sinó principalment a la seva configuració com una de les poques fonts d'ingressos propis per a les CA. De fet, a Gago *et al.* (2019) assenyalen la pertinència de l'acció subcentral en aquest àmbit, perquè l'abast territorial del problema ambiental es correspon millor amb l'extensió territorial de l'Administració pertinent, o bé perquè el Govern central no ha introduït les mesures fiscals necessàries per afrontar la problemàtica ambiental. En qualsevol cas, tal com assenyala CPELBRT (2022), és convenient establir mecanismes de cooperació entre diferents nivells administratius per garantir que l'ús dels impostos energètico-ambientals no generi fenòmens de competència fiscal a la baixa i que es mantingui, simultàniament, un nivell mínim de protecció ambiental al llarg de tot el territori de l'Estat.

Malgrat que el paper de la imposició energètico-ambiental ha estat limitat en termes relatius, això no vol dir que no se n'hagin produït aplicacions abundants en el cas espanyol. La recerca d'autonomia tributària explica, com ja s'ha indicat, la multiplicació d'experiències en l'àmbit autonòmic, alhora que l'harmonització de la fiscalitat energètica europea ha portat a introduir el paquet tributari estàndard en aquest camp (tot i que la intensitat de l'aplicació queda en mans dels estats, fet que explica la disparitat recollida a la figura 1). En aquest sentit, Economics for Energy (2014) enumera i descriu el ric i variat conjunt d'aplicacions de la tributació energètico-ambiental a Espanya, que, en essència, s'ha mantingut relativament estable des d'aleshores. Aplicacions que, desafortunadament, tenen poques avaluacions empíriques, més habituals en exercicis acadèmics amb propostes fiscals hipotètiques per afrontar determinats problemes ambientals (Gago *et al.*, 2021a).

Per tot això, em sembla adequat presentar les propostes principals en les àrees d'energia i transport del recent Llibre Blanc sobre la Reforma Tributària (CPELBRT, 2022). En primer lloc, perquè s'hi fa una anàlisi especialment detallada de les alternatives tributàries per afrontar els esmentats problemes ambientals associats a la producció i el consum d'energia. En aquest sentit, la justificació ambiental de les propostes es vincula directament a la disparitat entre els compromisos ambientals espanyols i la situació actual. El nucli del llibre blanc, de fet, es refereix a les propostes per promoure una mobilitat sostenible, que també es vinculen a una reducció de les barreres fiscals a l'electrificació (atès que té una capacitat més gran d'implantació d'energies renovables). En segon lloc, perquè aquestes recomanacions se situen de manera realista en el complex entorn de política fiscal i ambiental definit pel marc europeu i per l'assignació competencial espanyola. En tercer lloc,

perquè s'hi du a terme una avaluació comprensiva dels impactes ambientals, sobre preus, de demanda energètica, recaptadors i de distribució de la càrrega fiscal entre les llars. Malgrat que és cert que el context i els inputs necessaris per a les simulacions són avui molt diferents dels que es van emprar per al llibre blanc (situació prepandèmica, sense considerar la gran crisi energètica posterior associada a la invasió d'Ucraïna), crec que els resultats continuen sent vàlids per assenyalar els ordres de magnitud i la direcció dels principals efectes. Finalment, perquè les compensacions distributives esmentades (mantenint el senyal de preus i amb una extensió acotada a determinats sectors i nivells de renda) exerceixen un paper fonamental en la definició i l'avaluació de les propostes.

No dispo d'espai (ni seria útil, pel que acabo d'apuntar) per presentar els principals resultats de les simulacions de les propostes del llibre blanc. Centraré la meva tasca a descriure, justificar i resumir els impactes ambientals i recaptadors en termes qualitius. Sí que entraré en més detalls, en canvi, en l'àmbit distributiu i presentaré alguns resultats globals d'impactes i possibles compensacions (que es basen en la rica informació subministrada per l'Enquesta de Pressupostos Familiars de l'INE). Probablement, aquests resultats distributius estan, si més no a curt termini, menys contaminats pels grans efectes ocasionats per la crisi a Ucraïna (que sí que han incidit considerablement sobre els nivells de preus i impositius emprats a les simulacions i que, per tant, poden donar un ordre de magnitud d'efectes). A més, la descripció d'aquests impactes i compensacions permet comparar-los amb les intenses i, des del meu punt de vista, sovint desencertades actuacions compensatòries introduïdes pel Govern espanyol durant els últims mesos en l'àmbit energètic. En tot cas, el lector interessat pot recórrer al llibre blanc per obtenir tota la informació associada al fonament de les propostes, la descripció i l'avaluació dels efectes.

El llibre blanc posa un èmfasi especial a reduir les barreres fiscals a l'electrificació. Actualment, el sistema fiscal espanyol penalitza la generació elèctrica sense distingir, en molts casos, entre les diverses tecnologies existents. En bona part, aquests impostos van respondre al seu dia a la necessitat de dotar el sistema elèctric de més recursos per pal·liar-ne els dèficits persistents i, tot i que ara molts d'aquests tributs s'han suspès temporalment per afrontar la crisi energètica, és convenient eliminar-los permanentment. Recordem que el sector elèctric té grans capacitats per introduir renovables i és necessari, per tant, protegir i fomentar les tecnologies no carbòniques. A més, el preu de l'electricitat ha de ser competitiu respecte a altres béns energètics per afavorir la substitució d'alternatives contaminants per electricitat basada en renovables. La reducció dels gravàmens generalitzats sobre la generació elèctrica contribuirà a aquest objectiu, reforçat per la reducció suggerida de l'impost especial sobre el consum d'electricitat.

En particular, l'impost sobre el consum d'electricitat és una figura subjecta a harmonització europea i, segons les propostes de la Comissió Europea per modificar la Directiva de fiscalitat energètica i adequar-la a l'objectiu expandit de reducció d'emissions de GEH de la UE el 2030 (Fit for 55), se n'han de reduir els nivells mínims per afavorir l'electrificació. Malgrat que s'ha d'evitar que aquesta reducció perjudiqui les actuacions en l'àmbit de l'eficiència energètica, probablement mitjançant l'acció de polítiques públiques complementàries, el llibre blanc vincula totes les seves propostes amb les fixades pel paquet Fit for 55 i no tindria sentit una excepció en aquest cas. Així mateix, com ja s'ha assenyalat, la CPELBRT (2022) suggereix millorar i intensificar els tributs autonòmics existents en l'àmbit elèctric, amb la consideració d'esquemes cooperatius que permetin estendre els senyals per tot el territori i evitin una competència fiscal destructiva, per facilitar la cobertura dels danys ambientals associats a la generació elèctrica.

La simulació de les propostes anteriors, amb objectius no prescriptius sinó fonamentalment il·lustratius, apunta importants costos recaptadors per al sector públic espanyol, que, òbviament, es reflecteixen en reduccions significatives del preu de l'electricitat i una modesta pujada de les emissions contaminants (per un consum més gran d'electricitat i la persistència de certa generació fòssil). El perfil distributiu és molt progressiu, perquè la reducció dels preus afavoreix més, quan es considera com a percentatge de renda disponible, a les llars amb menys capacitat econòmica. En qualsevol cas, tal com s'ha indicat a l'apartat precedent, aquests resultats distributius s'han d'interpretar com un llindar mínim, per la no consideració de la riquesa (tot i que els efectes sobre la banda de les fonts d'ingressos poden reduir la regressivitat).

Tanmateix, el llibre blanc centra bona part de la seva actuació en l'àmbit del transport, per al qual s'ofereix una bateria de propostes fiscals (intensificació de tributs existents o creació de noves figures). Aquestes mesures inclouen l'elevació del gravamen dels carburants emprats pel transport rodat, l'aviació, l'agricultura i el sector marítim; una acció decidida sobre els impostos d'adquisició i propietat dels vehicles, i el gravamen de l'ús infraestructural i de la congestió en grans ciutats. Hi ha diverses raons que expliquen aquestes propostes, principalment els greus problemes ambientals associats al sector, que ja s'han esmentat i que presenten a Espanya una evolució certament preocupant. Tenint en compte l'acord recent entre el Parlament Europeu i el Consell de la UE, que estableix objectius molt ambiciosos per estat membre respecte als sectors difusos (no subjectes al mercat de carboni) per al 2030 (Fit for 55), cal intensificar l'acció per al transport, el principal d'aquests sectors. En realitat, les propostes sobre el transport no s'han d'observar com un agregat de penalitzacions al transport rodat i a les activitats de producció i venda de vehicles, tal com ho ha interpretat la indústria de l'automòbil espanyola i el seu entorn, sinó com un conjunt de mesures

que volen afavorir el canvi modal (més transport públic, més ferrocarril), la cobertura completa dels costos ambientals generats pel transport rodat i una flota de vehicles més sostenible (eficient i amb una penetració creixent del vehicle elèctric) i que sigui produïda en bona part per la indústria espanyola.

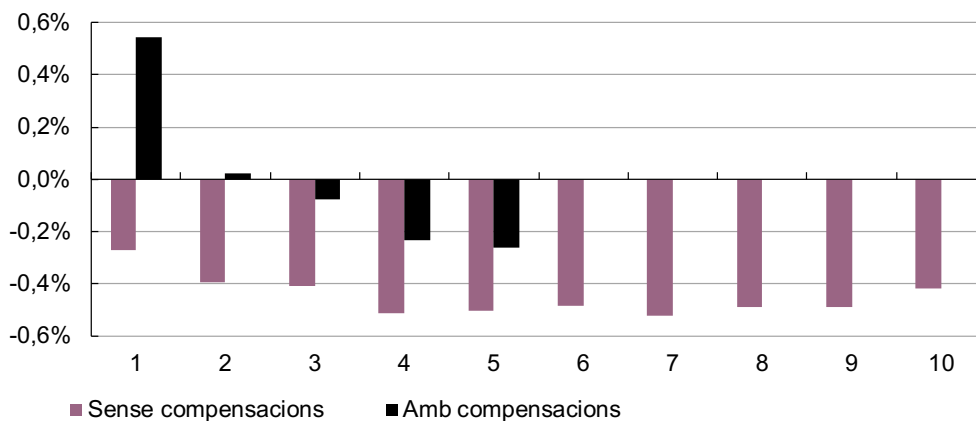
En aquest sentit, la imposició sobre la compra de vehicles ha d'exercir un paper fonamental, en línia amb el que s'ha indicat als apartats precedents, per orientar el canvi de flota, i evitar emissions futures i efectes perniciosos d'una fiscalitat energètico-ambiental més alta sobre els carburants d'automoció o la propietat de vehicles (semblant a les actuacions recents de la Generalitat de Catalunya) una vegada que s'ha fet la compra. Si bé les simulacions del llibre blanc indiquen la regressivitat d'un gravamen més alt de la compra de vehicles (i probablement, per això, de l'impost sobre la propietat del vehicle), es podria reduir si les subvencions existents per renovar la flota es concentrassin en models ultraeficients i elèctrics, se n'augmentés la dotació i se'n restringís el gaudi als grups amb un nivell de renda inferior (augmentant l'addicionalitat, perquè els grups més rics renoven la flota de manera recurrent). Recordem, a més, que la renovació de la flota permet reduir els impactes distributius futurs d'altres regulacions i tributs energètico-ambientals sobre els sectors amb menys capacitat econòmica.

La simulació central del llibre blanc combina una part de les propostes descrites fins ara: la reducció de la fiscalitat sobre el sector elèctric i l'augment dels impostos sobre el consum de combustibles fòssils. Es tracta d'una alternativa molt interessant perquè permet aconseguir millores ambientals (les modestes pèrdues en l'àmbit elèctric s'anul·len gràcies a la important reducció d'emissions per un consum inferior de fòssils), més que compensant la caiguda de la recaptació dels impostos sobre el sector elèctric i els efectes regressius associats a les actuacions sobre el transport. La figura 2 (columnes blaves) recull l'impacte distributiu global d'aquesta combinació de pujades i baixades fiscals: com es pot observar, totes les llars es veuen perjudicades per l'acció correctora dels impostos ambientals, però les que tenen uns nivells de renda inferiors es veuen impactades en un grau més baix (en proporció a la seva renda). La progressivitat del paquet es manté fins als nivells mitjans de renda i posteriorment es converteix en regressiu, en observar-se una reducció de l'impacte sobre la renda disponible a mesura que les llars augmenten de nivell de renda.

La figura 2 subministra més informacions d'interès. Se simulen (columnes morades) els efectes de la introducció d'una subvenció per llar en forma de transferència de suma fixa, és a dir, que no es relaciona amb una rebaixa del preu dels productes energètics gravats. La compensació es limita als primers cinc decils i es calcula per retornar al conjunt d'aquests decils els sobre costos associats a l'actuació fiscal en

aquests àmbits. No obstant, la transferència és igual per llar i això origina un perfil clarament progressiu: les llars dels dos primers decils de renda equivalent (això és, tenint en compte la grandària de la llar) fins i tot observen un augment de la renda disponible, mentre que les situades als tres decils següents veuen reduïts els impactes del paquet fiscal.

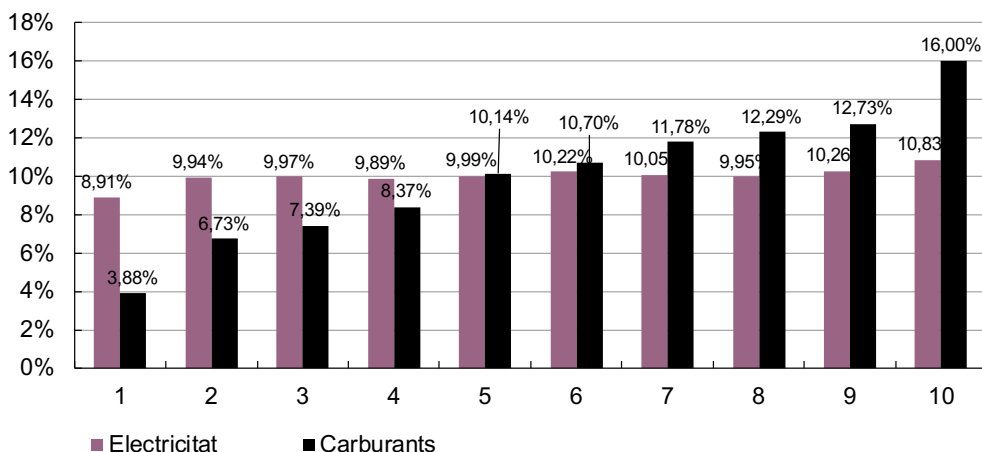
**Gràfic 2. Impactes distributius globals i compensació per decils de renda equivalent (% de variació sobre la renda equivalent)**



Font: elaboració pròpia a partir de CPELBRT (2022).

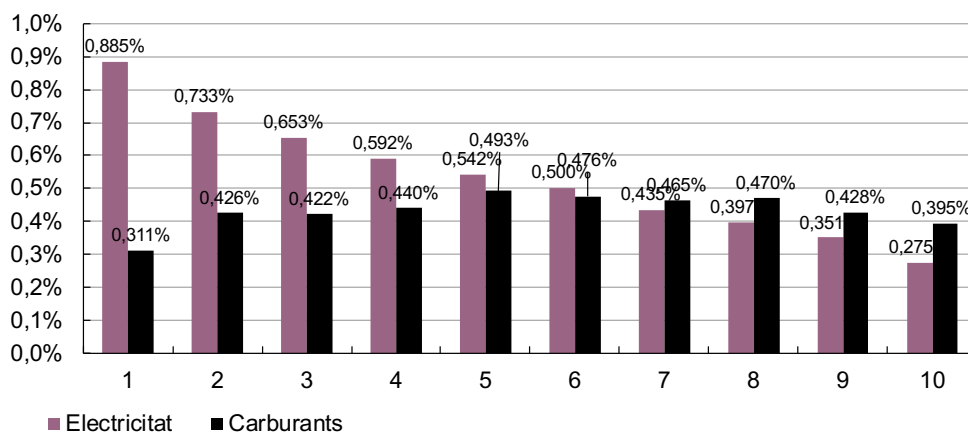
Enfront d'aquesta opció compensatòria, a Labandeira *et al.* (2022) avaluem els impactes del pla compensatori introduït pel Govern espanyol a fi de mitigar els efectes de la crisi energètica ocasionada per la invasió d'Ucraïna. En concret, s'han considerat les mesures següents: supressió de l'IVPEE (impost sobre el valor de producció de l'energia elèctrica), reducció de l'IVA i l'impost especial de l'electricitat i, pel que fa als carburants, la mesura del subsidi de 20 ct./l per al dièsel i la gasolina. Només considerant els paquets aplicables sobre l'electricitat i els combustibles d'automoció, els costos del programa són elevats (uns 6.000 milions d'euros per any) i han coincidit amb el repunt dels consums de certs productes energètics en un moment en què la moderació de la demanda era més necessària que mai (Banco de España, 2022). Les figures 3 i 4 assenyalen, a més, un perfil distributiu discutible: en el cas dels carburants d'automoció, el decil de renda superior absorbeix el 16 % del cost del programa i les subvencions generalitzades es distribueixen de manera regressiva. Es tracta d'uns resultats, per tant, indesitjables des de gairebé qualsevol punt de vista (ambiental, energètic, ús de recursos públics, distributiu), que n'aconsellen la retirada i la substitució per altres alternatives compensatòries al més aviat possible.

**Gràfic 3. Impactes distributius globals i compensació per decils de renda equivalent (% de variació sobre la renda equivalent)**



Font: elaboració pròpia a partir de Labandeira et al. (2022).

**Gràfic 4. Percentatge de variació de la renda equivalent per decils de renda equivalent**



Font: elaboració pròpia a partir de Labandeira et al. (2022).

Finalment, el llibre blanc inclou propostes en l'àmbit de l'aviació (de nou criticades pel sector pels potencials efectes adversos, exacerbats per les conseqüències negatives sobre el sector turístic espanyol), que es fonamenten en l'elevada intensitat de les emissions de GEH i la demanda creixent de vols. També es relacionen amb la nul·la fiscalitat energètica sobre el sector (Catalunya ha introduït recentment un dels pocs tributs ambientals sobre l'aviació, amb el gravamen de certes emissions contaminants), enfront del que passa amb la resta d'activitats econòmiques i les llars, que probablement explica l'escàs progrés tecnològic cap a alternatives netes. En aquest sentit, es proposa i simula la introducció d'un impost sobre el querosè, en la línia apuntada pel paquet Fit for 55. A més, el llibre blanc proposa la creació d'un impost addicional sobre els bitllets d'avió, amb objectius explícits de moderació de la demanda per evitar un augment considerable d'emissions



de GEH mentre el sector no disposi de tecnologies baixes en carboni. Es tracta de figures que ja existeixen en alguns dels grans emissors de turistes cap a Espanya i se simulen tipus impositius modestos, per la qual cosa no s'han d'esperar grans impactes sobre la indústria turística, però sí sobre alguns trajectes interns en què hi ha altres mitjans de transport menys intensius en emissions o sobre alguns viatges turístics de curta durada i poc valor afegit. En tots dos casos, estem davant de figures amb una capacitat recaptadora elevada i impactes distributius progressius.

### 3. Conclusions

Aquest article s'ha ocupat dels fonaments i del paper dels impostos ambientals en un context d'intensificació dels objectius climàtico-ambientals i de forta crisi energètica. En un entorn en què les grans tensions energètiques no solament no han de comprometre la lluita climàtica, sinó que ofereixen noves raons per accelerar la transició, la fiscalitat energètico-ambiental veu reforçat el seu paper incentivador per aconseguir més eficiència energètica i que es despleguin més les alternatives netes. No obstant, la crisi actual mostra, així mateix, la necessitat peremptòria de comptar amb programes de mitigació dels impactes distributius generats per les polítiques correctores, que, amb tota probabilitat, hauran d'actuar amb una intensitat creixent davant de l'esforç titànic de la descarbonització.

El treball reflexiona sobre les línies d'actuació preferent en el cas particular espanyol, seguint les recomanacions del recent llibre blanc per a la reforma del sistema fiscal. La simultània reducció de les barreres fiscals a l'electrificació (renovable), sense obviar la necessària internalització fiscal dels costos ambientals de les tecnologies de generació elèctrica, en què les CA han d'exercir un paper preponderant, i la intensificació del gravamen de consums i tecnologies fòssils (particularment rellevants en l'àmbit del transport) centren les propostes en l'àmbit energètic. No es tracta de penalitzar sinó de promoure un canvi gradual i ordenat de l'equipament i del seu ús per part de llars i empreses, a fi d'aconseguir una transició a la descarbonització eficient, en què la fiscalitat ha de formar part d'un paquet ampli i coordinat d'instruments de política. Malgrat que l'anomalia fiscal espanyola en aquest àmbit és persistent, una possible solució és aprofitar les futures baixades dels preus dels combustibles per elevar-ne la fiscalitat.

A l'article també he subratllat la necessitat de paquets compensatoris que poden ser aplicables a altres instruments d'una política climàtica cada vegada més exigent. Un sistema compensatori sòlid i durador per a la transició, certament aplicable a l'àmbit fiscal, s'ha de compondre

de transferències no vinculades a preus inferiors dels combustibles fòssils i no generalitzades, centrant el suport en les llars per sota d'un llindar determinat de renda. És, a més, molt convenient reforçar aquestes compensacions amb programes no generalitzats que accelerin el canvi d'equipament, per facilitar l'adopció de tecnologies netes als grups amb una capacitat econòmica inferior.

Desafortunadament, el Govern espanyol ha introduït solucions molt allunyades dels suggeriments anteriors per mitigar els impactes socioeconòmics d'una crisi energètica que comparteix alguns efectes (elevació de preus i limitació d'oferta) amb els ocasionats per processos decidits de mitigació climàtica. Tal com apunta i documenta aquest treball, els resultats de les solucions que s'han aplicat sobre les emissions contaminants, la dependència energètica, l'ús de recursos públics i la modificació de la renda recomanen que es modifiquin a curt termini.

#### 4. Bibliografia

AGÈNCIA DE SALUT PÚBLICA DE BARCELONA. *Qualitat de l'aire i impacte en salut a Barcelona 2019*. ASPB, 2020.

BANCO DE ESPAÑA. *Informe Trimestral de la Economía Española* (setembre 2022).

COMITÉ DE PERSONAS EXPERTAS PARA ELABORAR EL LIBRO BLANCO SOBRE LA REFORMA TRIBUTARIA. *Libro Blanco sobre la Reforma Tributaria*. CPELBRT, 2022.

ECONOMICS FOR ENERGY. *Impuestos energético-ambientales en España*. 2014.

EUROPEAN COMMISSION. *Taxation Trends in the European Union*. 2022.

GAGO, A.; LABANDEIRA, X.; LÓPEZ-OTERO, X. «A panorama on energy taxes and tax reforms». *Hacienda Pública Española = Review of Public Economics*, núm. 208 (2014), p. 141-190.

GAGO, A.; LABANDEIRA, X.; LÓPEZ-OTERO, X. «Imposición ambiental en España. Un resumen de la literatura académica». *Economics for Energy, WPO1-2021*. 2021a.

GAGO, A.; LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M.; LÓPEZ-OTERO, X. «Impuestos energético-ambientales, cambio climático y federalismo fiscal en España». *Ekonomiaz: Revista Vasca de Economía*, núm. 95 (2019).

GAGO, A.; LABANDEIRA, X; LABEAGA, J. M.; LÓPEZ-OTERO, X. «Transport taxes and decarbonization in Spain: Distributional impacts and compensation». *Hacienda Pública Española = Review of Public Economics*, núm. 238 (2021b), p. 101-136.

IPCC. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. 2022. <Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change>

LABANDEIRA, X; LABEAGA, J. M.; LINARES, P.; LÓPEZ-OTERO, X. «The impacts of energy efficiency policies: Meta-analysis». *Energy Policy*, vol. 147 (2020), 111790.

LABANDEIRA, X; LABEAGA, J. M.; LÓPEZ-OTERO, X. «Canvi climàtic. Fiscalitat i compensacions distributives». *Revista Econòmica de Catalunya*, núm. 85 (2022).

METCALF, G. E. «Five myths about carbon pricing». *CEEPR WP 2022-016*. 2022.

TEIXIDÓ, J.; VERDE, S. «Is the gasoline tax regressive in the twenty-first century? Taking wealth into account». *Ecological Economics*, vol. 138 (agost 2017), p. 109-125.

### Paraules clau

fiscalitat, medi ambient, energia, distribució, compensació.

# Per una Catalunya descarbonitzada: inversió en fonts renovables en l'horitzó del 2022-2050

**Joan-Ramon Rovira Homs**

**Jaume Martí Romero**

Cambrà de Comerç de Barcelona

## 1.

### Objectiu descarbonització: full de ruta per a Catalunya

Catalunya va emetre un total de 44 milions de tones equivalents de diòxid de carboni (TECO<sub>2</sub>) el 2019, un percentatge superior en un 13,2 % al registre del 1990.<sup>1</sup> No obstant això, les emissions *per capita* han seguit una trajectòria descendent en el mateix període, passant de les 6,4 TECO<sub>2</sub> a les 5,8 TECO<sub>2</sub>. Aquest fet mostra que el procés de descarbonització per habitant a Catalunya, tot i que molt lentament, ja ha començat. El repte, doncs, consisteix a accelerar dràsticament aquesta dinàmica per assolir els compromisos climàtics establerts per a les dècades vinents.

El juliol del 2021, la Comissió Europea va aprovar el Fit for 55, un full de ruta molt ambiciós de reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) per al 2030. Concretament, la institució ha fixat com a objectiu una disminució del 55 % dels GEH el 2030 en comparació amb els nivells del 1990 per al conjunt de la Unió Europea (UE). Aquest acord legislatiu, dins el marc del Pacte Verd Europeu, també preveu la neutralitat climàtica el 2050, és a dir, un escenari d'emissions netes igual a zero (les emissions brutes residuals de CO<sub>2</sub> s'hauran de compensar amb instruments de captura de carboni).<sup>2</sup>

1 Aquest indicador agrupa en unitats equivalents les emissions pròpiament de CO<sub>2</sub> amb les d'altres gasos contaminants (essencialment metà i monòxid de carboni) fruit de l'activitat humana.

2 Aquests instruments es coneixen amb el nom de *embornals de carboni* (boscors, espais verds protegits o noves tecnologies que permetin l'emmagatzematge i l'eliminació de partícules contaminants).

Per tal d'assolir aquesta fita, la UE estableix uns objectius anuals vinculants de reducció de les emissions de GEH per als diferents estats membres. En aquest sentit, l'Estat espanyol va presentar el 20 de gener del 2020 el Pla nacional integrat d'energia i clima 2021-2030 (PNIEC), en què s'estableix el full de ruta de reducció de les emissions de CO<sub>2</sub>. En concret, l'informe preveu una disminució de les emissions brutes (en comparació amb els nivells del 1990) del 40 % per al 2030 i del 90 % l'any 2050. Per a aquesta última data, també es fixa com a prioritat la consecució d'un model de producció d'energia elèctrica 100 % renovable.

Finalment, la Generalitat de Catalunya va publicar el novembre del 2021 una actualització de la contribució que ha de fer Catalunya en matèria de reducció de les emissions de GEH per al 2030, prenent com a referència el nou marc legislatiu del Fit for 55. Concretament, l'objectiu fixat per la Generalitat implica una disminució dels GEH del 27 % l'any 2030 en comparació amb els nivells del 1990. En conclusió, el full de ruta de descarbonització de l'economia catalana que s'agafa com a referent per elaborar aquest estudi consisteix en una disminució del 27 % de les emissions de GEH el 2030 (Generalitat de Catalunya) i del 90 % per al 2050 (PNIEC). Per acabar, s'aplica la hipòtesi que el procés de descarbonització a Catalunya seguirà una trajectòria lineal entre el 2030 i el 2050, amb un objectiu intermedi de reducció de les emissions del 58,5 % l'any 2040 en comparació amb el 1990.

La trajectòria que haurien de seguir les emissions de GEH totals i *per capita* d'acord amb el full de ruta esmentat es resumeix al quadre 1. En termes absoluts, les emissions a Catalunya s'haurien de situar en els 28,4 milions de TECO<sub>2</sub> i 3,9 milions de TECO<sub>2</sub> el 2030 i el 2050, respectivament. En termes *per capita* (suposant un creixement anual de la població del 0,4 % fins al 2050),<sup>3</sup> això representaria passar de les 5,8 TECO<sub>2</sub> el 2019 a 3,5 TECO<sub>2</sub> (2030) i 0,4 TECO<sub>2</sub> en l'horitzó del 2050.

#### Quadre 1. Full de ruta de descarbonització. Catalunya

	Milions de TECO <sub>2</sub>			TECO <sub>2</sub> <i>per capita</i>	
	Registrat	Objectiu	% s/1990	Registrat	Objectiu
1990	38,4			6,4	
2019	44,0			5,8	
2030		28,4	-27,0%		3,5
2040		16,1	-58,5%		1,9
2050		3,9	-90,0%		0,4

Font: elaboració pròpia a partir de la Generalitat de Catalunya, l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic i el Pla nacional integrat d'energia i clima 2021-2030.

3 Segons les projeccions de població (escenari mitjà) elaborades per l'Idescat el 2021.

## 2.

### Gasos amb efecte d'hivernacle per capita a Catalunya: evolució, comparació i determinants

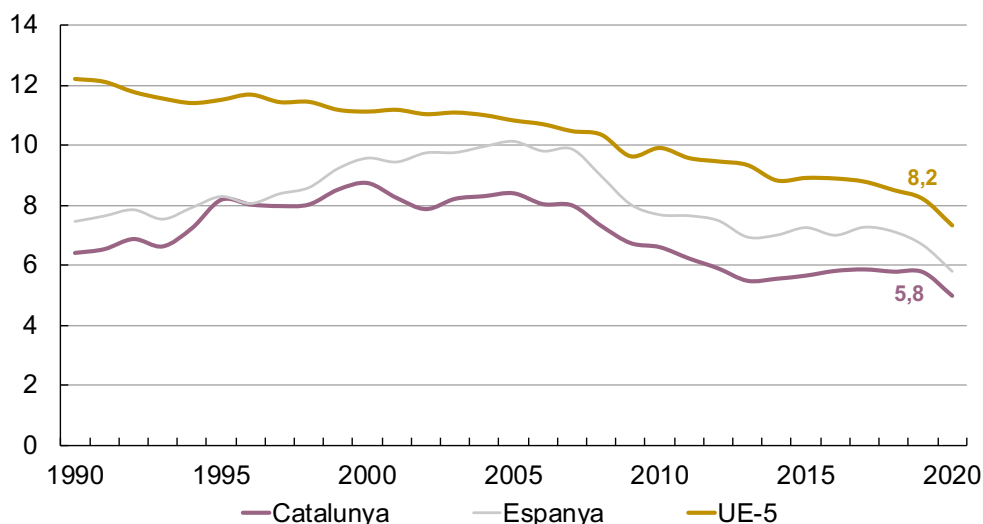
Catalunya va emetre 5,8 TECO<sub>2</sub> *per capita* el 2019 (va caure excepcionalment fins a les 5,0 TECO<sub>2</sub> per l'impacte de la covid-19 sobre l'activitat econòmica), un 10 % menys que el 1990 (gràfic 1). Deixant de banda l'impacte de la pandèmia, es poden distingir tres etapes clarament diferenciades. Des del 1990 fins al 2007, les emissions (*per capita*) de GEH a Catalunya van créixer un 24,7 %, tendència que es va invertir parcialment durant la crisi econòmica (2008-2013). Finalment, durant els anys de recuperació (2014-2019), les emissions contaminants van tornar a augmentar (tot i que a un ritme inferior en comparació amb l'anterior etapa expansiva). En conclusió, l'evolució a Catalunya (i a Espanya) dels GEH té un comportament marcadament procíclic.

En canvi, la UE-5 (Alemanya, França, Itàlia, els Països Baixos i Bèlgica) mostra una trajectòria molt diferent, amb un descens progressiu de les emissions *per capita* (independentment del cicle econòmic) al llarg de tot el període. Per tant, el patró de reducció dels GEH al nucli europeu segueix una tendència a la baixa sistemàtica i més sostenible a llarg termini (Catalunya aconsegueix reduir les emissions en etapes traumàtiques de descens de l'activitat econòmica). La reducció equilibrada de les emissions *per capita* a la UE-5 també ha resultat més efectiva. Pel que fa al conjunt del període (1990-2019), Catalunya només ha aconseguit reduir les seves emissions per habitant en un 0,4 % de mitjana anual, un punt percentual inferior a la UE-5 (-1,4 %).

Un segon element que s'ha de remarcar en la comparació és que les emissions *per capita* a Catalunya són considerablement inferiors al nucli europeu en tot el període analitzat, tot i que el diferencial és cada cop menor. Així, les emissions *per capita* a Catalunya eren un 29,7 % inferiors al nucli europeu l'any 2019 (el 1990 estaven un 47,5 % per sota). Un dels motius principals que expliquen aquest fenomen és l'elevada contribució de l'energia nuclear (que no emet pràcticament GEH) en el mix de producció elèctrica a Catalunya en comparació amb la UE-5 (i Espanya).<sup>4</sup> Un segon factor és l'ús residual del carbó (molt intensiu en emissions de CO<sub>2</sub>) a Catalunya com a font de producció i consum d'energia (altres països, com Alemanya, segueixen utilitzant el carbó com a font de producció elèctrica).

4 El pes de la producció d'energia nuclear a Catalunya va ser del 82,9 % en la producció primària d'energia (no inclou les exportacions i importacions d'energia) l'any 2019, molt superior al 31,8 % i 43,5 % de la UE-5 i del conjunt de l'Estat, respectivament.

**Gràfic 1. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle per capita (TECO<sub>2</sub>)**



Font: elaboració pròpia a partir de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Eurostat i l'European Environment Agency.

Què determina l'evolució de les emissions anuals de GEH *per capita* d'una economia? El PIB *per capita*, el consum d'energia per unitat de PIB i les emissions de GEH per unitat de consum d'energia. En primer lloc, el grau de desenvolupament econòmic per habitant d'un territori està relacionat positivament amb les emissions de GEH *per capita* (l'energia és un input indispensable per produir béns i serveis). En segon lloc, un grau més elevat d'intensitat energètica (o consum d'energia per unitat de PIB) també implica un nivell superior d'emissions per habitant (una economia amb un model productiu més intensiu energèticament o amb maquinària, vehicles, etc., menys eficients tendirà a emetre més partícules contaminants). Finalment, el paràmetre de neutralitat energètica (o emissions de GEH per unitat de consum d'energia) està relacionat negativament amb les emissions *per capita*. És a dir, com més respectuós amb el medi ambient sigui el model energètic d'un territori (ús intensiu d'energies renovables, cotxes elèctrics, etc.), les emissions per unitat de consum d'energia seran inferiors. L'expressió matemàtica que descriu aquesta relació de paràmetres és la següent:

$$\frac{\text{(Emissions de GEH)}}{\text{càpita}} = \frac{\text{PIB}}{\text{càpita}} * \frac{\text{consum d'energia}}{\text{PIB}} * \frac{\text{emissions de GEH}}{\text{consum d'energia}}$$

El quadre 2 desglossa l'evolució de les emissions de CO<sub>2</sub> *per capita* i dels tres components que s'acaben d'esmentar durant el període 2000-2019.

**Quadre 2. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle per capita i altres magnituds (2000-2019)**

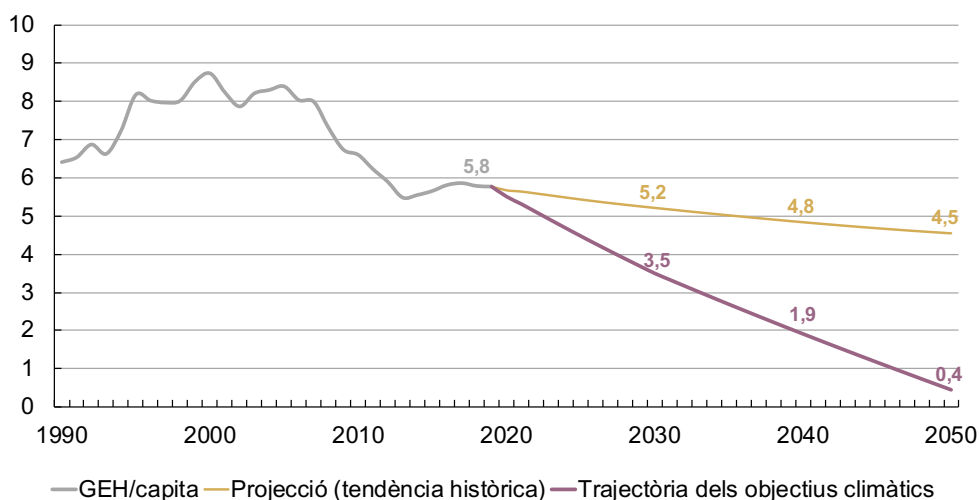
	Taxa de variació <b>acumulada</b> (%)			Taxa de variació <b>anual</b> (%)		
	CAT	UE-5	ESP	CAT	UE-5	ESP
Emissions CO <sub>2</sub> <i>per capita</i>	-33,9	-26,2	-30,1	-2,2	-1,6	-1,9
PIB <i>per capita</i>	12,0	15,8	17,6	0,6	0,8	0,9
Consum energia / PIB	-20,6	-24,9	-26,2	-1,2	-1,5	-1,6
Emissions CO <sub>2</sub> / consum d'energia	-25,7	-15,1	-19,5	-1,6	-0,9	-1,1

Font: elaboració pròpia a partir de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Idescat, Eurostat i European Environment Agency.

**3. Escenari de neutralitat climàtica a Catalunya**

Què passaria si Catalunya mantingués la tendència històrica (1990-2019) de reducció de les emissions *per capita* (-0,4 % de mitjana anual) durant les tres dècades vinents? El gràfic 2 respon a la pregunta i permet concloure que la trajectòria decreixent (però molt moderada) dels GEH *per capita* és clarament insuficient per satisfer els compromisos climàtics.<sup>5</sup> En concret, el 2030 i el 2050, Catalunya emetria 5,2 TECO<sub>2</sub> i 4,5 TECO<sub>2</sub> *per capita*, respectivament. Aquestes magnituds estan molt allunyades dels objectius de 3,5 TECO<sub>2</sub> per al 2030 i de 0,4 TECO<sub>2</sub> per al 2050.

**Gràfic 2. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle *per capita*. Catalunya (TECO<sub>2</sub> *per capita*)**



Font: elaboració pròpia a partir de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic i Idescat.

<sup>5</sup> Es prenen de referència les emissions *per capita* del 2019 per als diferents escenaris de projeccions. El motiu és la caiguda excepcional de les emissions de GEH l'any 2020, degut a la forta contracció econòmica provocada per la covid-19.



Per assolir l'objectiu de zero emissions netes l'any 2050 a Catalunya, es planteja un escenari de descarbonització gradual d'acord amb un seguit de supòsits raonables dels tres paràmetres clau que determinen l'evolució dels GEH *per capita*:

- a) **PIB per capita**: creixement anual mitjà de l'1,1 %.<sup>6</sup>
- b) **Intensitat energètica**: disminució anual mitjana del 2 % de la ràtio de consum d'energia per unitat de PIB.<sup>7</sup>
- c) **Neutralitat climàtica**: reducció anual mitjana del 7,0 % de la ràtio d'emissions de GEH per unitat de consum d'energia.<sup>8</sup>

A continuació es fa el supòsit que durant el període 2020-2050 se satisfan aquests tres criteris establerts i es calcula quina inversió necessita Catalunya en energies renovables per complir amb la reducció anual del 7,0 % de la ràtio de neutralitat climàtica.

## 4. Prospectiva energètica de fonts renovables a Catalunya

L'instrument fonamental per materialitzar l'escenari de neutralitat climàtica és la transició energètica, és a dir, la producció (i consum) massiva d'energia elèctrica procedent de fonts renovables en substitució dels combustibles fòssils.

### 4.1. Consum elèctric renovable: supòsits i prospectiva

Els supòsits que s'han utilitzat per fer un càlcul prospectiu del consum elèctric renovable són els següents:

- 
- 6 Es considera que el creixement del PIB a Catalunya (1,5 %) fins al 2050 serà equivalent al del conjunt de l'economia espanyola (font: Pla Espanya pot). A més, es fa el supòsit que la població a Catalunya augmentarà en un 0,4 % anual, d'acord amb les previsions (escenari mitjà) de l'Idescat.
  - 7 El supòsit d'intensificació en la reducció del consum energètic per unitat de producció projecta un escenari arbitrari, però perfectament factible, atès que un dels pilars del Pacte Verd Europeu i dels fons Next Generation EU consisteix precisament a avançar cap a una economia menys intensiva en consum energètic (millores d'aïllament tèrmic, renovació del parc de vehicles de transport, desplegament més important del transport públic, etc.).
  - 8 El paràmetre de neutralitat climàtica és un residu, és a dir, representa la reducció anual necessària que satisfà els compromisos climàtics, donades l'evolució del PIB *per capita* i la ràtio d'intensitat energètica.

- **Electrificació:** el 80 % de les necessitats energètiques de Catalunya el 2050 es cobreixen amb energia elèctrica (el percentatge d'electrificació es va situar en el 25,1 % el 2019).<sup>9</sup> A més, es fa el supòsit que els increments marginals del procés d'electrificació són cada cop inferiors. El motiu és que l'avenç del procés d'electrificació és progressivament més complex (dificultat d'abastiment a tot el territori català, implantació en els diferents sectors econòmics, canvi dels hàbits de consum energètic, existència de barreres d'accés a les tecnologies renovables entre les llars de baix poder adquisitiu, etc.).
- **Energia nuclear:** el desplegament de les energies renovables substitueix íntegrament la producció d'energia nuclear de Catalunya el 2031. D'acord amb la informació publicada al BOE, es preveu el tancament d'Ascó I i Vandellòs II el 2030,<sup>10</sup> i d'Ascó II el 2031. Cal dir que aquesta última podria arribar a operar fins al 2035 si les empreses propietàries sol·licitessin una extensió de la llicència, però ara com ara aquest escenari no està aprovat oficialment.
- **Autosuficiència energètica:** la producció d'energia elèctrica renovable interna anual satisfà la demanda de consum elèctric. Aquest supòsit imposa que la transició energètica a Catalunya impliqui un model de producció elèctric renovable autòcton (sense dependre de la importació intensiva d'energia renovable d'altres països). A la pràctica, implica un saldo (diferència entre exportacions i importacions) elèctric igual a zero per al conjunt de l'any (els mesos de l'any amb un saldo elèctric positiu es compensen amb un saldo negatiu equivalent).
- **Emissions residuals:** el 20 % del consum d'energia no electrificada el 2050 se satisfà amb el consum d'hidrogen verd,<sup>11</sup> biomassa i un ús residual dels combustibles fòssils. Les emissions residuals brutes de CO<sub>2</sub> degudes a l'ús marginal dels combustibles fòssils es compensen amb el desplegament de tecnologies de captura de carboni.

9 En el moment d'elaborar l'estudi, l'Institut Català d'Energia (ICAEN) pronosticava un grau d'electrificació de l'economia catalana del 80 % l'any 2050. En la Prospectiva Energètica presentada el 4 de febrer del 2022, la institució preveu un percentatge d'electrificació del 76,4 %.

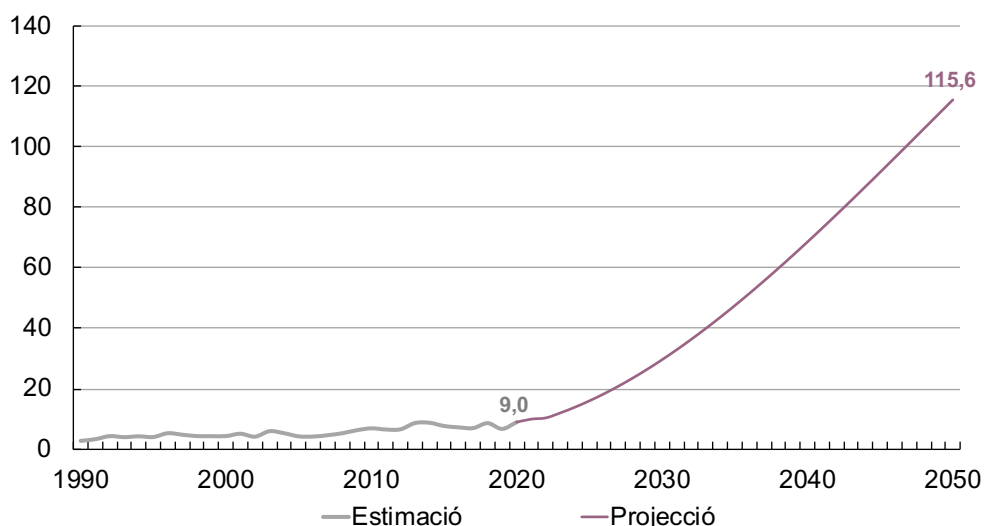
10 La planificació del Govern de l'Estat recull una renovació addicional per a la central de Vandellòs II fins al 2034 inclusivament (informe afirmatiu del CSN, actualment en tramitació). En espera d'una aprovació definitiva al BOE, en aquest estudi es manté l'última publicació oficial per al 2030.

11 L'hidrogen verd es genera a partir de l'electròlisi de l'aigua i, per tant, és una energia que potencialment no produeix emissions si s'utilitzen fonts d'energia renovables per obtenir-la. A més, té la característica que és una font energètica gestionable (la seva producció no depèn de les condicions climàtiques, atès que es pot emmagatzemar).

L'escenari de neutralitat climàtica descrit anteriorment i l'aplicació dels supòsits corresponents permeten obtenir una prospectiva del consum elèctric renovable per a Catalunya fins al 2050 (gràfic 3). El resultat d'aquest exercici quantitatiu preveu que el consum elèctric renovable passi dels 9 TWh el 2019 als 115,6 TWh l'any 2050.<sup>12</sup>

És rellevant destacar que, a efectes d'anàlisi de consistència dels resultats obtinguts, a la darrera Prospectiva Energètica de l'Institut Català d'Energia es preveu que el consum d'energia elèctrica a Catalunya assoleixi els 99,2 TWh l'any 2050. Addicionalment, la Comissió d'Energia del Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya estima una demanda d'energia elèctrica en l'escenari decreixent (creixement anual de l'1,5 % del PIB i reducció de la intensitat energètica del 2 %, equivalent als supòsits establerts en aquest article) de 135 TWh el 2050. Per tant, els resultats obtinguts en el present article se situen en un punt intermedi entre aquestes dues estimacions alternatives.

**Gràfic 3. Consum d'energia elèctrica de fonts renovables. Catalunya (TWh)**



Font: elaboració pròpia a partir de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic i Idescat.

## 4.2.

### Potència elèctrica instal·lada de fonts renovables

Els dos supòsits que s'utilitzen per calcular la potència elèctrica addicional que cal instal·lar a Catalunya per satisfer la trajectòria de consum elèctric renovable fins al 2050 són els següents:

<sup>12</sup> El consum elèctric renovable es calcula multiplicant el consum energètic total a Catalunya pel percentatge d'electrificació i el pes de les renovables en el mix elèctric. Atès que no es disposa d'una sèrie històrica de consum elèctric renovable, es fa una estimació entre el 1990 i el 2019 (últim any disponible del consum energètic a Catalunya).

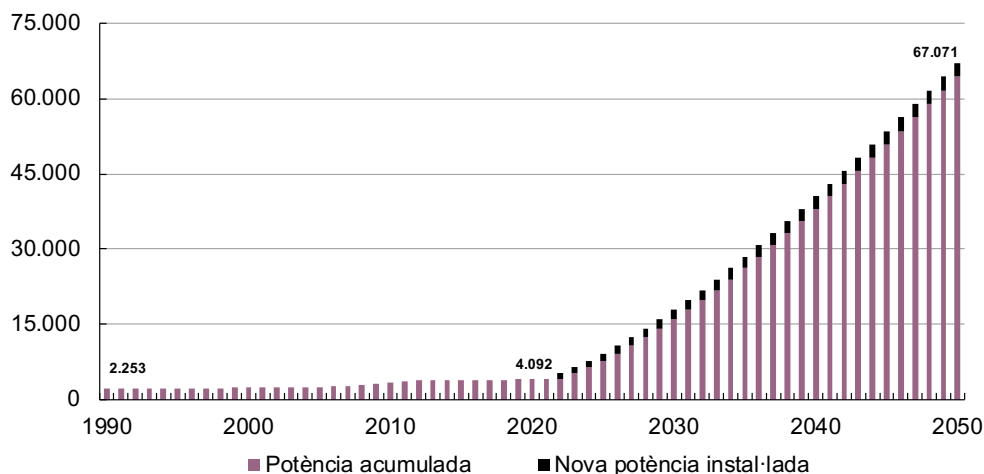
- **Producció de fonts renovables:** la producció addicional d'energia elèctrica renovable (MWh) es distribueix en una proporció eòlica terrestre / solar fotovoltaica de 40/60. Aquesta equivaldria a una proporció de 31/69 en termes de potència per instal·lar (MW) si es consideren els factors de càrrega del segon supòsit de càlcul. Aquesta hipòtesi s'ha adoptat seguint la línia de les estimacions provisionals de la Prospectiva Energètica de Catalunya (PROEN-CAT 2050) publicades per l'Observatori de les Energies Renovables de Catalunya el juliol del 2021. Segons aquestes previsions, per a un escenari de 63.000 MW de potència instal·lada, la ràtio entre l'eòlica i la fotovoltaica era de 29/71.
- **Factor de càrrega:** s'apliquen els factors de càrrega següents (ràtio entre l'energia elèctrica efectiva produïda en un determinat període de temps i la que s'hagués generat si la instal·lació renovable funcionés a ple rendiment durant el mateix període): 24,9 % per a l'eòlica terrestre, 16,8 % per a la fotovoltaica i 90,0 % en el cas de la nuclear.<sup>13</sup>

El gràfic 4 mostra l'estimació de la potència elèctrica addicional en fonts d'energia renovable que caldria instal·lar a Catalunya a partir del 2022 per satisfer els compromisos climàtics els anys 2030 i 2050. En particular, el 2030, l'estoc de potència elèctrica renovable (sumant l'energia eòlica i la fotovoltaica) hauria de ser de 17.849 MW, uns 13.758 MW addicionals a la potència elèctrica renovable de l'any 2020 (4.092 MW). El 2050, l'objectiu de neutralitat climàtica de l'economia catalana (mitjançant un sistema elèctric 100 % de fonts renovables) s'assoliria amb un estoc de potència instal·lada de 67.071 MW, una magnitud que és més de 16 cops superior a l'actual.

En termes de nova potència instal·lada, Catalunya hauria de disposar de 62.980 MW addicionals d'energia elèctrica renovable (43.402 MW de fotovoltaica i 19.578 MW d'eòlica). Això implica que Catalunya ha d'augmentar en 2.172 MW de mitjana anual el seu estoc de potència elèctrica renovable entre el 2022 i el 2050.

<sup>13</sup> Els factors de càrrega emprats per a l'eòlica terrestre i la fotovoltaica han estat calculats amb dades de Red Eléctrica i corresponen a la mitjana durant el període 2016-2020 per a Catalunya.

**Gràfic 4. Estoc i potència addicional elèctrica de fonts renovables. Catalunya (MW)**



Font: elaboració pròpia a partir de l'Institut Català d'Energia, Red Eléctrica de España, Agència Internacional d'Energies Renovables i Agència Internacional de l'Energia.

## 5. Inversió en energies renovables: import i periodificació

Quina és la inversió necessària, en els supòsits descrits anteriorment, que caldria executar a Catalunya per materialitzar l'augment de 62.980 MW de potència elèctrica addicional en fonts d'energia renovables?

És important matisar que aquesta anàlisi es limita a quantificar el cost d'implantar gradualment un model de producció elèctrica 100 % renovable fins al 2050. Per tant, no s'hi inclouen altres costos que caldrà assumir inevitablement per aconseguir una economia lliure d'emissions netes de CO<sub>2</sub>, tant en l'àmbit de les empreses i les llars (adquisició de vehicles elèctrics, instal·lació de sistemes elèctrics de refrigeració i calor a la indústria) com en el de les infraestructures (elements d'emmagatzematge energètic, punts de recàrrega de vehicles, noves xarxes elèctriques).

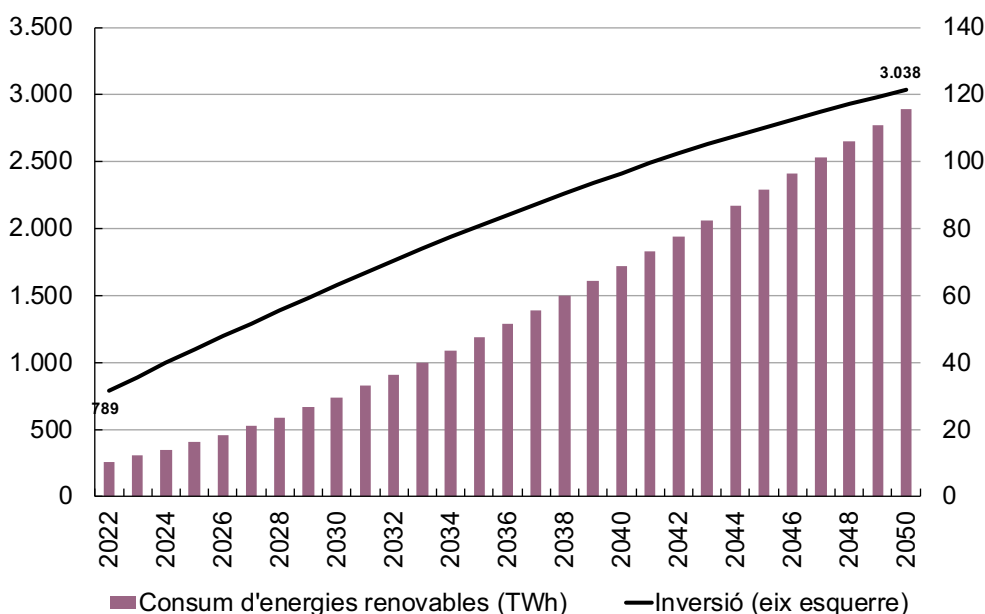
Els supòsits fonamentals per calcular el cost de la inversió necessària en fonts renovables són els següents:

- **Cost d'instal·lació:** el cost de generació d'1 kW procedent de l'energia eòlica terrestre és de 972 €, i de 581 € en el cas de la fotovoltaica. Per tant, el cost mitjà ponderat (60 % fotovoltaica i 40 % eòlica) d'instal·lació d'1 kW d'energia renovable és de 737 €. A més, l'escenari central de l'estudi suposa que els costos d'instal·lació es mantenen constants en tot l'horitzó de projeccions (es quantifica posteriorment la inversió en renovables en un escenari de descens dels costos d'instal·lació).

- **Depreciació dels actius:** la taxa de depreciació mitjana entre el 2022 i el 2050 dels actius productius de generació de fonts renovables és del 2,6 % anual.<sup>14</sup>

El gràfic 5 mostra la inversió anual en la instal·lació de fonts renovables que hauria de dur a terme Catalunya per aconseguir un model de producció elèctrica 100 % renovable. En essència, la inversió bruta total (incloent-hi els costos d'amortització) que caldria destinar a la instal·lació de fonts renovables seria de 59.024 M€ per al conjunt del període (2022-2050). És important notar que la inversió anual seguiria una trajectòria creixent en el temps, passant dels 789 M€ el 2022 als 3.038 M€ el 2050. La inversió total neta (descomptant la inversió per substitució dels actius amortitzats) seria de 44.229 M€. Finalment, en termes relatius, la inversió anual mitjana en percentatge del PIB seria del 0,67 % entre el 2022 i el 2050.

**Gràfic 5. Inversió necessària en fonts d'energia renovables. Catalunya (M€)**



Font: elaboració pròpia a partir de l'Institut Català d'Energia, Red Eléctrica de España, Agència Internacional d'Energies Renovables i Agència Internacional de l'Energia.

<sup>14</sup> Segons l'Agència Internacional de l'Energia, la vida útil de les infraestructures vinculades a la producció d'energia fotovoltaica passarà dels 30 anys (2020) als 40 anys (2050). En el cas de l'energia eòlica, Innteresting Project estima una vida útil de les turbines de 30 anys (2020). Per al 2050, es fa el supòsit que l'augment de la vida útil seguirà la mateixa trajectòria històrica des de l'any 2000 (vida útil de 40 anys l'any 2050).

## 6. Conclusions

El procés de descarbonització a Catalunya ja ha començat, però el ritme actual de descens de les emissions de GEH *per capita* és clarament insuficient per satisfer els compromisos climàtics establerts per la Generalitat de Catalunya (2030) i la Comissió Europea (2050). Per tant, el repte consisteix a intensificar radicalment la descarbonització de l'economia catalana durant les tres dècades vinents.

Les palanques que permetran assolir els objectius climàtics són dues: la transformació cap a un model productiu menys intensiu energèticament (mitjançant polítiques d'estalvi i eficiència energètica) i la transició gradual cap a un model de generació d'energia elèctrica 100 % renovable. En aquest sentit, una contribució important de l'article és que, malgrat que els compromisos climàtics per al 2030 i el 2050 són molt ambiciosos, són factibles. Tot i així, Catalunya ha d'incrementar ràpidament l'estoc de potència elèctrica instal·lada en els propers anys si no vol perdre el tren de la transició energètica.

El resultat principal de l'estudi és que Catalunya ha d'augmentar la potència en energies renovables en 62.980 MW durant el període 2022-2050, fet que implica una inversió total de 59.024 M€. Aquest esforç inversor permetria convergir gradualment cap a un model de producció elèctrica 100 % renovable l'any 2050. En termes relatius, aquesta inversió representaria dedicar-hi de mitjana el 0,67 % del PIB català cada any fins al 2050. Tanmateix, la trajectòria d'inversió prevista no seria lineal i passaria dels 789 M€ el 2022 als 3.038 M€ el 2050.

## 7. Bibliografia

BOE núm. 212, de 6 d'agost de 2020, p. 65507-65513. <Vandellòs II>

BOE núm. 240, de 7 d'octubre de 2021, p. 122929-122942. <Ascó I i Ascó II>

COL·LEGI D'ENGINYERS INDUSTRIALS DE CATALUNYA. *La transició energètica a Catalunya* (abril 2022).

EUROPEAN COMMISSION. *Fit for 55* (juliol 2021).

GOBIERNO DE ESPAÑA. *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030* (gener 2020).

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. *Renewable Power Generation Costs in 2020* (juny 2021).

OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMÀTIC. *Estimació de la contribució mínima de Catalunya a l'objectiu de reducció d'emissions de GEH a la UE per a 2030* (novembre 2021).

### **Paraules clau**

transició energètica, descarbonització, intensitat energètica, neutralitat climàtica



# Efectes distributius de la transició energètica: reptes i oportunitats per a una transformació justa

**Jacint Enrich**

Barcelona School of Economics (BSE)

**Mar Reguant**

Northwestern University i Barcelona School of Economics (BSE)

## 1.

### Introducció

L'energia és un factor clau en l'economia i el seu ús engloba tots els sectors de la societat. A Catalunya, un 45 % del total de l'energia consumida es dedica al transport, seguit per la indústria (25 %), el sector domèstic (15 %) i els serveis (15 %). D'altra banda, la producció d'energia varia en l'origen dels recursos utilitzats així com en les tecnologies emprades per transformar-la. El 2019, un 46 % d'aquesta energia consumida provenia del petroli (bàsicament dirigida al sector del transport), mentre que el gas natural i l'energia nuclear s'encarregaven d'abastir un 25 % del total cadascun. Només el 5 % restant consumit a Catalunya provenia d'energies renovables (Institut Català d'Energia, 2022).

Críticament, la manera com produïm i consumim energia no només té conseqüències purament econòmiques, sinó que la seva relació amb l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) i, per tant, amb el canvi climàtic és directa. De fet, un 35 % del total de les emissions de GEH prové del sector transport, un 15 % de la producció elèctrica i un 20 % de la indústria. Això vol dir que el processament d'energia és responsable del 70 % del total de les emissions. Aquestes dades deixen clar el camí que s'ha de seguir: descarbonitzar la producció d'energia i electrificar.

Tot i que actualment a Catalunya la major part de l'electricitat es produeix a partir d'energia nuclear i de fonts renovables, encara depenem de la importació del gas i del petroli. Per tant, és urgent augmentar la producció nacional d'energia renovable, i no solament per una qüestió climàtica, sinó de seguretat nacional. I és que la guerra d'Ucraïna ha fet palesa la importància de no dependre energèticament de règims auto-

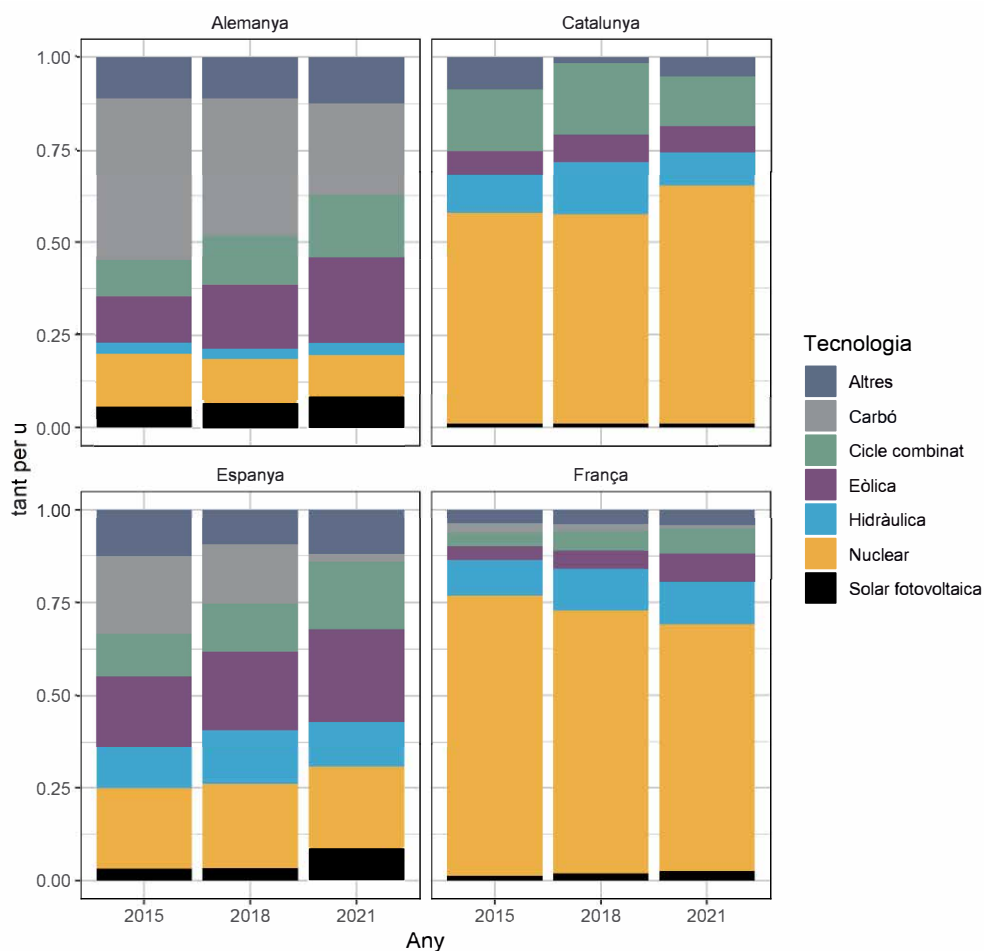
ritaris i inestables. De fet, ens trobem en una situació única, on podem lluitar contra les crisis energètica i geopolítica amb les mateixes eines. En segon lloc, un cop assegurada la producció d'electricitat amb fonts renovables, cal electrificar sectors com ara el transport, la indústria i la calefacció de les llars. El repte és majúscul, si tenim en compte que, el 2019, l'energia provinent de l'electricitat i les renovables en aquests tres sectors era del 6 %, 41 % i 46 %, respectivament. Finalment, els avenços en emmagatzematge d'electricitat també ajudaran a canviar un sector contaminant que, en comptes de desaparèixer, s'ha d'expandir.

En aquesta nota, primer analitzem quins són els costos que suposaria per a un territori com Catalunya deixar d'utilitzar combustibles fòssils, comparant-los amb els costos de seguir amb l'*statu quo* i amb l'empitjorament del medi ambient. En una segona part, ens fixem en com la demanda d'electricitat i l'adopció de noves tecnologies es distribueixen entre les diferents llars en funció dels ingressos. Finalment, a l'última part de l'article, ens preguntem si les polítiques públiques implantades ens acosten a l'objectiu d'assolir una economia neutral en carboni i sobre qui recau el cost d'aquestes.

## 2. Els costos

La demanda d'electricitat a Catalunya el 2021 va arribar gairebé als 45 TWh anuals. D'aquests, només un 17 % provenien de fonts renovables, un 8 % dels quals produïts amb energia hidràulica i, per tant, difícil d'expandir. Com mostra el gràfic 1, aquest percentatge queda molt enrere del 42 % de generació d'electricitat provinent de les renovables al conjunt de l'Estat espanyol (REE, 2021). Si bé és cert que aquesta diferència s'explica pel paper de la nuclear al territori, i aquesta és una energia lliure de carboni, la manca d'inversió dels darrers anys no és justificable. Sobretot si tenim en compte la intenció de retirar gradualment aquest tipus d'energia del mercat, tal com estableix la Prospectiva Energètica de Catalunya 2050, el document que defineix l'estratègia per materialitzar la transició energètica.

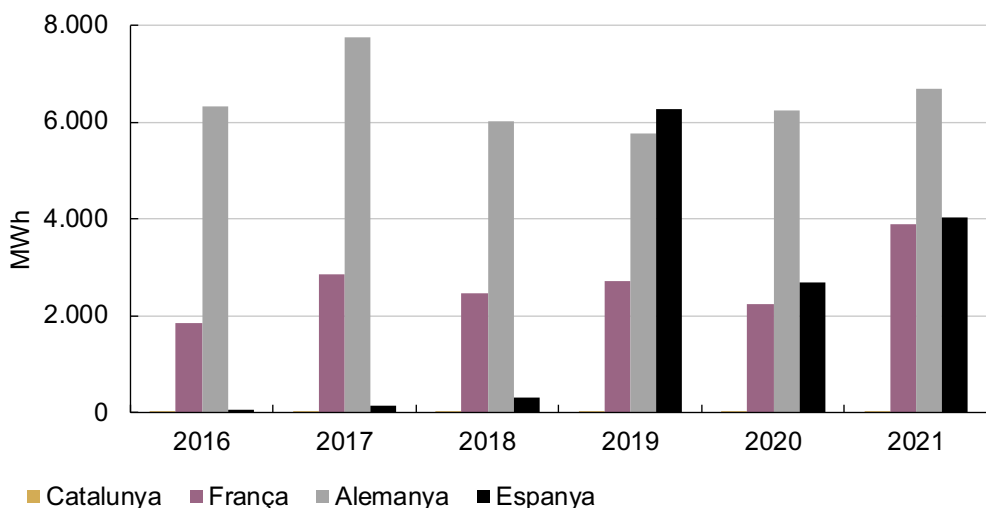
**Gràfic 1. Generació d'electricitat per font energètica**



Font: elaboració pròpia amb dades de la IRENA i Red Eléctrica de España.

Continuem amb els objectius marcats per als propers anys segons el mateix document: 12.000 MW d'energies renovables (5.000 MW d'energia eòlica i 7.000 MW de fotovoltaica) el 2030 i 62.000 MW l'any 2050. Doncs bé, el gràfic 2 ens mostra la gravetat de la situació comparant l'evolució de la potència instal·lada a Catalunya amb la del conjunt de l'Estat, així com la de França i Alemanya. Del 2015 al 2021, a Catalunya s'han instal·lat uns irrisoris 6 MW i 21 MW de potència eòlica i solar, respectivament, equivalents a uns augments del 0,4 % i 7 % (que ni s'aprecien al gràfic). Mentrestant, al conjunt de l'Estat, aquest augment ha estat del 20 % i el 70 % de mitjana, amb un total de nova potència instal·lada de 24.000 MW. Fins i tot França, que té una estructura semblant pel que fa a la generació d'energia, amb un paper important de la nuclear, ha aconseguit mantenir un augment constant durant els darrers anys.

**Gràfic 2. Evolució de la nova potència instal·lada**

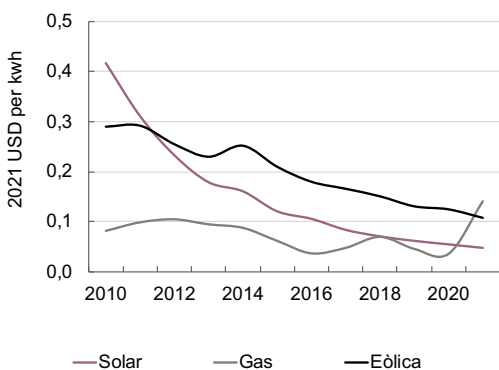


Font: elaboració pròpia amb dades de la IRENA i Red Eléctrica de España.

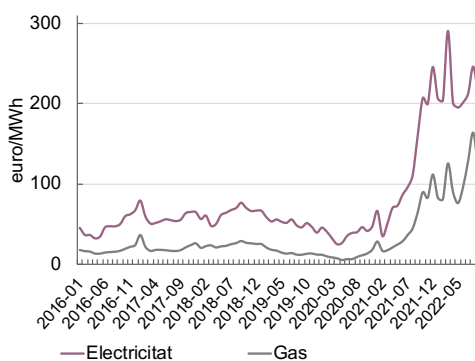
És evident que si els territoris del voltant han pogut avançar cap a la transició energètica, la falta d'inversió a Catalunya té a veure amb la poca voluntat política i social. I és que els canvis tecnològics recents i les reduccions en els costos han fet que invertir en renovables no només sigui rendible si es tenen en compte els efectes del canvi climàtic, sinó des d'un punt de vista purament privat. Al gràfic 3A mostrem l'espectacular millora de competitivitat de l'energia solar, en què el cost mitjà estandaritzat d'electricitat (LCOE, per les sigles en anglès) ha caigut en més d'un 85 %. Pel que fa a l'energia eòlica, el descens ha estat menys pronunciat: entorn d'un 50 % en els darrers sis anys (International Renewable Energy Agency, 2022).

**Gràfic 3. Cost i preu de les principals tecnologies**

**A. LCOE per tecnologia**



**B. Evolució dels preus majoristes**



Font: elaboració pròpia amb dades de la IRENA, OMIE i MIBGAS.

Crucialment, en aquest 2021 hem presenciats un fet que ha de marcar un abans i un després en aquesta transició, i és que invertir en renovables ja és més rendible que seguir instal·lant nous projectes basats en la

producció d'electricitat a partir del gas. Com mostrem al gràfic 3B, això és degut al gran augment dels preus del gas, especialment a Europa durant el 2021 i el 2022, que ha limitat el rendiment dels nous projectes i ha elevat la probabilitat que es converteixin en actius encallats.<sup>1</sup> En resum, durant molt de temps, la indústria de l'energia fòssil ha assegurat que aquesta opció era l'única rendible. Aquest argument s'ha demostrat que és erroni, ja que no només resulta més barat produir energia verda, sinó que irònicament és menys volàtil. Al cap i a la fi, la volatilitat de les renovables depèn de factors meteorològics, molt més previsibles que els factors geopolítics que en els darrers mesos estan amenaçant la nostra seguretat energètica.

Així doncs, tenint en compte els objectius plantejats per la Generalitat i els costos d'invertir en les diferents tecnologies, podem fer una estimació del que costaria acomplir la transició energètica. El 2021, el cost d'instal·lació d'un kW d'energia solar era d'aproximadament 850 €, mentre que per a l'eòlica pujava fins als 1.300 €. Per tant, per arribar als 12.000 MW establerts per al 2030, faria falta un pressupost d'uns 12.450 milions d'euros. Per posar aquesta xifra en perspectiva, s'estima que l'any 2022 es gestionaran uns 2.750 milions d'euros provinents dels fons Next Generation EU. A més, aquest cost estaria repartit entre llars, empreses i sector públic. Tan sols hem de decidir quin paper volem que exerceixi cada part, pensant molt bé en les conseqüències que tindrà això per a la societat.

### 3. Efectes distributius

Un cop establerts els objectius a escala de país, és igual d'important o més dissenyar polítiques perquè aquesta transició sigui la més justa possible. En un article recent, Labandeira *et al.* (2022) ja alerten dels possibles efectes distributius de la imposició mediambiental.<sup>2</sup> Els autors estudien com les polítiques implantades per pal·liar els efectes de la crisi han afectat els diferents grups de renda i advoquen per una imposició que, per una banda, incentivi un consum eficient d'energia i que, per l'altra, assegurí una compensació justa a les rendes més baixes.<sup>3</sup> En aquest article, ens fixem en l'altra cara de la moneda, és a dir, com la crisi energètica ha afectat de manera desigual els diferents grups de renda i quines són les opcions que tenen les llars per protegir-se d'aquesta volatilitat dels preus.

1 Els actius encallats són aquells que abans d'arribar al final de la seva vida útil ja no són rendibles econòmicament com a resultat dels canvis associats amb la transició energètica.

2 Per a un resum sobre la fiscalitat ambiental, vegeu l'article del mateix autor en aquesta Nota d'Economia.

3 Vegeu Wang *et al.* (2016) per a una revisió de la literatura sobre els efectes distributius dels impostos mediambientals.

### 3.1.

#### L'impacte de la crisi a les llars espanyoles

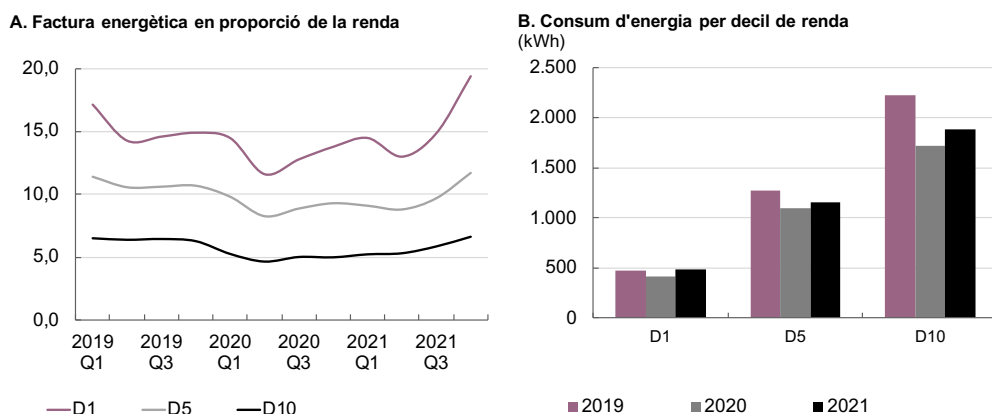
Per a la primera part d'aquesta anàlisi, utilitzem l'Enquesta de Pressupostos Familiars (EPF) elaborada per l'INE (2021). Aquestes enquestes permeten conèixer la despesa anual de les llars espanyoles, separades per grups d'ingressos, en cadascun dels components del consum energètic, incloent-hi l'electricitat, el gas natural i els carburants. En un exercici anterior, a partir de l'enquesta del 2019, simulàvem com hauria variat la despesa energètica de les famílies donat el gran increment de preus a partir de finals del 2021, posant especial èmfasi a les llars amb una renda inferior.<sup>4</sup> Per al gas natural i els carburants, consideràvem que el consum es mantenia constant al llarg dels anys, de manera que tota la variació provenia del canvi de preus. Tanmateix, per a l'electricitat, ajustàvem el consum elèctric de cada llar segons variacions mensuals basades en l'evolució real de la demanda regulada. A més a més, també ajustàvem els perfils mensuals per decil de renda. I és que, com troben Cahana *et al.* (2022), són les llars amb una renda inferior les que paguen relativament una proporció més alta dels seus ingressos en despesa elèctrica durant l'hivern, entre altres factors, perquè és més probable que facin servir calefacció elèctrica de baixa eficiència i no disposin d'aire condicionat. Aquest resultat fa que l'augment de preus experimentat durant els hiverns del 2021 i del 2022 no només augmenti en una proporció més gran la despesa elèctrica de les llars més pobres mecànicament, sinó que la seva capacitat de reacció també és inferior. Pel que fa als preus, consideràvem un traspàs del 30 % de les variacions del preu majorista a la factura final del consumidor. Aquesta proporció reflecteix el pes dels preus majoristes al preu voluntari del petit consumidor (PVPC) de la tarifa elèctrica regulada.

En aquesta nota ampliem l'anàlisi afegint-hi les enquestes del 2020 i del 2021 i apliquem els mateixos supòsits sobre les variacions de preus i demanda. Tal com havíem mostrat al gràfic 3, els preus de l'electricitat han augmentat en més d'un 200 % del gener del 2021 al gener del 2022. Aquests increments haurien impactat significativament en les despeses familiars, sobretot per als decils de renda més baixos. Al gràfic 4A mostrem els resultats d'aquesta estimació. De mitjana, a finals del 2021, només el pressupost energètic arribaria al 19,5 % de la renda total disponible per a les llars més pobres, fet que suposa un increment del 40 % respecte al quart trimestre de l'any anterior. Així mateix, aquests valors mitjans poden amagar situacions insostenibles, amb una proporció significativa de les llars amb menys recursos destinant més del 30 % del pressupost familiar a pagar la factura energètica. Recordem que aquesta anàlisi considera una evolució del preu del gas cons-

4 Vegeu Enrich *et al.* (2022) per a un resum publicat al blog d'economia *Nada es Gratis*.

tant al llarg dels anys. A Espanya, menys del 20 % dels consumidors residencials estan dins la tarifa regulada amb un preu fix assegurat. Per tant, podem interpretar aquestes estimacions com un límit inferior de l'efecte real.<sup>5</sup> I tot això sense tenir en compte els efectes inflacionaris que un augment en el preu de l'energia té sobre els preus dels altres béns de consum.

#### Gràfic 4. Evolució de la despesa i el consum energètics per decils de renda



Font: elaboració pròpia amb dades de l'EPF i OMIE.

El gràfic 4B ens mostra com aquesta factura podria haver estat més elevada si no fos perquè les famílies han ajustat el consum. I aquí el marge de maniobra també varia entre decils. Mentre que les rendes més altes han pogut reduir el consum energètic, possiblement fent-ne un ús més eficient, la poca capacitat d'ajust de les rendes més baixes pot portar a unes condicions de benestar clarament insuficients. Aquí volem remarcar les externalitats positives que genera un estalvi energètic de les famílies amb possibilitats. I és que si entre tots desplaçem la corba de demanda agregada, reduïrem el preu d'equilibri, que no solament afecta les nostres unitats consumides, sinó les totals del país.

Per acabar, amb uns preus de l'electricitat que s'han mantingut superiors als 200 €/MWh durant tot el 2022, pensem que aquesta anàlisi ens mostra tan sols el principi d'una situació preocupant que, com a mínim, durarà fins passat l'hivern del 2023, i que caldrà esperar les dades del 2022 per confirmar la tendència.

<sup>5</sup> Per altra banda, també s'haurien de tenir en compte les mesures implantades pel Govern durant el 2021, que inclouen la reducció de l'IVA del 21 % al 10 % al juliol i l'ampliació del descompte per als consumidors acollits al bo social de finals d'any.

### 3.2.

#### La capacitat d'inversió de les llars

A l'apartat anterior, exposàvem la vulnerabilitat d'una part important de la societat enfront dels efectes de la crisi energètica. Per tant, el paper del sector públic és clau per protegir les classes més desfavorides de la societat. Com també apuntàvem anteriorment, en això sembla que hi ha un consens entre els economistes: mantenir els impostos a la producció o consum d'energia contaminant per incentivar un ús eficient d'aquest bé, alhora que es compensa, per exemple amb transferències directes, les llars amb menys renda. Tot i que aquesta política d'impostos té sentit des d'un punt de vista d'eficiència econòmica a l'hora de corregir una externalitat negativa, la seva implantació s'ha demostrat que és difícil políticament. De fet, en una enquesta recent a escala mundial, Dechezleprêtre *et al.* (2022) troben que, en general, els ciutadans dels països més rics accepten l'efectivitat d'un impost complementat amb transferències directes, però no pensen que aquesta política sigui progressiva, un resultat que troba el seu cas més paradigmàtic amb els *armilles grogues*. A més, pot ser que els supòsits en què es basa aquesta conclusió no es donin en el sector energètic. Per exemple, en un treball recent, Borenstein i Kellogg (2022) argumenten que els impostos són més eficients només si el preu de mercat és competitiu. Tanmateix, donat que els preus de l'electricitat es fixen en nivells superiors al d'eficiència, un impost que augmenti encara més el preu pot no generar el canvi de comportament volgut.

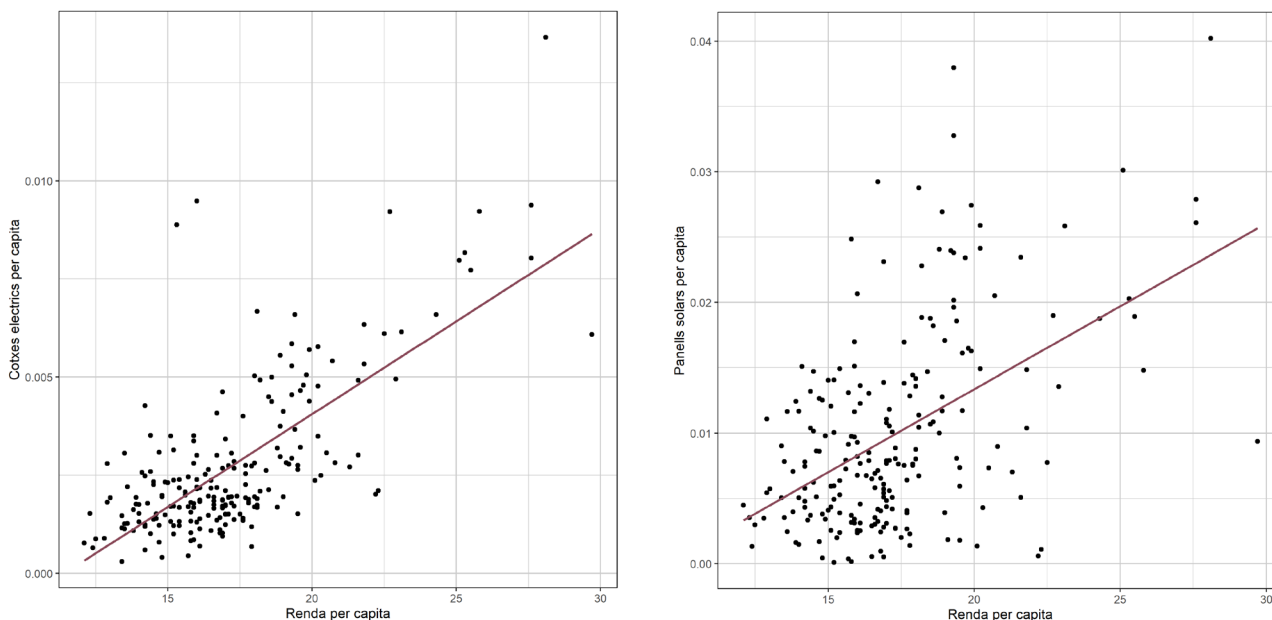
És aleshores quan la literatura ha girat la mirada de les polítiques basades a castigar un comportament (impostos) a les polítiques basades en recompenses, això és, subvencionar les tecnologies que permetin reduir el consum d'energies fòssils, sigui millorant-ne l'eficiència, sigui obtenint aquesta energia de fonts renovables. Exemples paradigmàtics en són els subsidis per a la rehabilitació d'eficiència energètica d'edificis, per a les plaques solars d'autoconsum i per al cotxe elèctric. I aquí els efectes distributius també són essencials per tal que aquestes subvencions arribin a qui veritablement les necessita. Com ja apuntaven Zachmann *et al.* (2019), les llars de rendes més baixes són les que tenen menys capacitat per comprar béns duradors eficients. Per tant, ja sigui per falta de liquiditat, d'informació o qualsevol altra fallada del mercat, la intervenció pública estaria justificada.

Per tal d'analitzar la capacitat d'inversió de les llars en funció de la renda, els gràfics 5A i 5B mostren la relació entre el nivell d'ingressos i l'adopció de cotxes elèctrics o la instal·lació de panells solars per municipi. Els resultats són clars: com més renda, més inversió en tecnologies lliures de carboni. Evidentment, una simple relació entre dues variables no implica causalitat, i ben segur que hi ha molts altres factors socioeconòmics que s'haurien de tenir en compte. Per altra banda,



és possible que una anàlisi a escala de municipi amagui una relació entre les dues variables encara més robusta si es tingués en compte l'heterogeneïtat intramunicipal (vegeu Cahana *et al.* [2022]). Al capdavall, el resultat encaixa amb la literatura: només les llars amb un alt nivell d'ingressos tenen el capital necessari per invertir en actius clau per avançar cap a la transició energètica.

**Gràfic 5. Relació entre ingressos i inversió en tecnologies lliures de carboni**



Font: elaboració pròpia amb dades de l'Idescat, l'Institut Català d'Energia i la DGT.

Les implicacions en termes de política econòmica no són gaire esperançadores. I és que si fos per falta de liquiditat, un subsidi pot ajudar les llars d'ingressos baixos a fer front a aquesta inversió inicial. La literatura econòmica, però, apunta cap a la direcció contrària. Per exemple, Borenstein i Davis (2016) troben que només un 10 % de tots els subsidis implantats pel Govern federal dels Estats Units van a parar als tres quintils més pobres, amb els vehicles elèctrics com a cas extrem: el 20 % més ric rep el 90 % d'aquestes subvencions.<sup>6</sup> Per tant, aquests tipus de subsidis són regressius: incentiven majoritàriament llars amb ingressos alts i habitatge propi a instal·lar plaques solars o a comprar cotxes nous. A més, és possible que aquest subsidi no aporti addicionalitat, és a dir, la inversió addicional que no hauria ocorregut a falta del subsidi. En resum, no només les famílies amb ingressos inferiors estan més exposades a la crisi perquè destinen una part més important dels ingressos a despeses energètiques, sinó que la seva capacitat de reacció, modificant el consum o invertint en noves

<sup>6</sup> Groote *et al.* (2016) arriben a conclusions similars en una anàlisi sobre la instal·lació de plaques fotovoltaïques a Bèlgica. Feger *et al.* (2022) troben que, per incentivar l'adopció de plaques solars, la implantació de preus marginals (és a dir, que el preu de l'electricitat depengui del cost de producció) és més progressiva que els subsidis per instal·lar-les.

tecnologies, és menor, fet que agreuja encara més els efectes distributius no solament de la crisi, sinó del canvi climàtic en general.

#### 4. Què hi podem fer?

En aquesta transició, les polítiques públiques exerciran un paper fonamental. Perquè assoleixin l'objectiu desitjat, també hauran de tenir en compte els seus efectes distributius. En aquest apartat analitzem el ventall de polítiques definides pel Govern i en discutim la possible efectivitat.

El primer gran bloc d'aquestes polítiques va destinat a expandir el paper de les renovables al territori. Segons els objectius marcats dins la Prospectiva Energètica 2050, la totalitat de l'electricitat catalana el 2050, d'uns 115,5 TWh estimats, s'haurà de satisfer a partir de fonts renovables. Aquesta xifra és més del doble de l'actual demanda d'electricitat i equival a instal·lar 62.000 MW en total. En aquest sentit, l'octubre del 2021, el Govern va aprovar la modificació del decret d'energies renovables (Decret llei 16/2019, de 26 de novembre) per accelerar la transició energètica a Catalunya. El nou decret llei prioritza el tràmit per a les instal·lacions que es connectin a mitjana tensió o que siguin inferiors a 5 MW de potència. En els projectes de més de 5 MW, caldrà acreditar que s'ha presentat una oferta de participació local, que ha de consistir a oferir la possibilitat de participar, almenys en un 20 % de la propietat del projecte o del seu finançament, a les persones físiques i jurídiques, públiques o privades, radicades al municipi i la comarca en què es vol situar la instal·lació. A més, es determina que les zones urbanes que no siguin capaces de generar un 50 % de l'energia que consumeixen hauran de compensar les zones generadores.

Tot i que entenem, i defensem, que aquesta expansió compleixi uns criteris mínims de participació ciutadana i d'equilibri territorial, ens preocupa que alguns debats ens facin perdre de vista el problema principal. I és que sense una transició energètica veritablement transformadora, ni les terres agrícoles seran productives, ni els nuclis urbans habitables, ni existiran paisatges per contemplar o gaudir. De vegades, per molt bones que siguin les intencions d'una política, els efectes poden ser contraproductius, i la falta d'inversió en renovables en els darrers anys és simptomàtica d'aquest efecte col·lateral. Aprofitar les zones agrícoles no productives i els terrenys industrials, sí, però també hem d'entendre que hi haurà zones generadores netes, amb projectes clarament superiors als 5 MW establerts, i zones consumidores netes d'energia. Això implica, per una banda, compensar aquestes zones que suporten el gruix de la transició i, per l'altra, expandir la xarxa elèctrica perquè es pugui transportar tota aquesta electricitat generada.

A banda dels efectes distributius a escala territorial, una mesura destinada a minimitzar les desigualtats intraurbanes és la instal·lació d'autoconsum en edificis públics. Més enllà de l'estalvi energètic directe, donats els elevats preus de l'electricitat i els baixos costos d'inversió, aquestes instal·lacions poden crear comunitats energètiques autosuficients que, situades en barris més desfavorables, superin els possibles efectes regressius de subvencionar l'autoconsum individual. No només això, amb conflictes com la guerra d'Ucraïna o esdeveniments meteorològics extrems provocats pel canvi climàtic, aquestes comunitats poden servir de refugi en cas de possibles apagades. Si no, com sol passar, seran els grups amb ingressos més alts els que podran esquivar els efectes més perversos de la crisi energètica. En aquest sentit, a mitjans del 2022, el Govern va aprovar un conjunt d'instal·lacions en edificis públics, sobretot escoles, per valor d'1,4 milions d'euros i amb una capacitat d'uns 0,75 MW, una xifra que veiem insuficient.

Pel que fa a la descarbonització de la mobilitat, el setembre del 2021, el Departament d'Acció Climàtica va obrir una línia d'ajuts de 65 milions d'euros per adquirir vehicles elèctrics i instal·lar punts de recàrrega. A més, com a política complementària, durant els pròxims anys s'implantaràn zones de baixes emissions (ZBE) a la majoria de municipis de més de 20.000 habitants. Tot i que veiem aquestes mesures amb bons ulls i en la direcció correcta, es pot donar el cas que els subsidis es destinin majoritàriament a municipis amb ingressos alts, mentre que les ZBE afecten municipis amb un nivell de renda menor, per la qual cosa les llars més desfavorides acabarien doblement perjudicades. Una mesura per evitar aquesta regressivitat seria augmentar la quantitat del subsidi, però condicionar-lo a un nivell d'ingressos determinat. Finalment, aplaudim l'impuls del transport públic per part del Govern, i entenem que hi ha sectors amb una alta necessitat d'inversió, com la xarxa de Rodalies, que queden fora de l'abast d'actuació. Caldria, però, assegurar l'execució de les millores pressupostades pel Govern central.

## 5. Conclusió

Aquesta nota analitza els reptes que tenim com a país per assolir una transició energètica que, alhora, sigui la més justa possible. En primer lloc, la gran reducció dels costos de les renovables, juntament amb uns exorbitants preus de l'energia fòssil, que han generat una de les crisis energètiques més importants dels últims temps, ens porta a doblar els esforços d'inversió en tecnologia verda. És necessari recalcar que, per primer cop, els passos necessaris per complir els objectius a llarg termini per lluitar contra el canvi climàtic s'han alineat amb els objectius a curt termini per resoldre la crisi energètica, una oportunitat que no ens podem permetre deixar escapar.

A més, aquesta crisi energètica ha fet evident la vulnerabilitat d'una part significativa de la població. Malauradament, són aquestes mateixes llars amb ingressos inferiors les que tenen menys capacitat d'adaptació i, per tant, les que pagaran els costos del canvi climàtic. En conseqüència, és urgent pensar polítiques que ens permetin avançar cap a una economia baixa en carboni, posant èmfasi perquè aquestes polítiques arribin a qui veritablement les necessiti.

La transició energètica encara no és una realitat. A banda d'episodis com ara la pandèmia i la recessió, les emissions de GEH no estan disminuint al ritme necessari i el pressupost de carboni és limitat. En aquest sentit, veiem amb preocupació com Catalunya s'està quedant enrere si ho comparem amb països del nostre entorn. Per tant, creiem que és urgent un gran pacte polític i social que ens permeti avançar cap a la direcció correcta. I és que, sense aquesta transició, els efectes negatius del canvi climàtic suposaran un risc molt més elevat que qualsevol dels experimentats fins avui.

## 6. Bibliografia

BORENSTEIN, S.; DAVIS, L. W. "The Distributional Effects of US Clean Energy Tax Credits". *Tax Policy and the Economy*, vol. 30 (2016), p. 191-234. BORENSTEIN, S.; KELLOGG, R. *Carbon Pricing, Clean Electricity Standards, and Clean Electricity Subsidies on the Path to Zero Emissions* [en línia]. 2022. NBER Working Paper Series. <<https://doi.org/10.3386/W30263>>.

CAHANA, M.; FABRA, N.; REGUANT, M.; WANG, J. (2022). *The Distributional Impacts of Real-Time Pricing* [en línia]. 2022. <[https://mreguant.github.io/papers/Distributional\\_Impacts\\_of\\_Real\\_Time\\_Pricing.pdf](https://mreguant.github.io/papers/Distributional_Impacts_of_Real_Time_Pricing.pdf)> <<https://ideas.repec.org/p/cpr/ceprdp/17200.html>>.

DECHEZLEPRÊTRE, A.; FABRE, A.; KRUSE, T.; PLANTEROSE, B.; SANCHEZ CHICO, A.; STANTCHEVA, S. *Fighting Climate Change: International Attitudes Toward Climate Policies* [en línia]. 2022. NBER Working Paper Series. <<http://www.nber.org/data-appendix/w30265>>.

ENRICH, J.; LI, R.; MIZRAHI, A.; REGUANT, M. (2022). "Los efectos de la crisis energética en el presupuesto de los hogares: un impacto desigual". *Nada es Gratis* [en línia] (27 abril 2022). <<https://nadaesgratis.es/admin/los-efectos-de-la-crisis-energetica-en-el-presupuesto-de-los-hogares-un-impacto-desigual>>.

FEGER, F.; PAVANINI, N.; RADULESCU, D. "Welfare and Redistribution in Residential Electricity Markets with Solar Power". *Review of Econo-*

*mic Studies* [en línia], vol. 89 (2022), p. 3267-3302. <<https://doi.org/10.1093/restud/rdaco05>>.

GROOTE, O. de; PEPEMANS, G.; VERBOVEN, F. “Heterogeneity in the adoption of photovoltaic systems in Flanders”. *Energy Economics* [en línia], vol. 59 (2016), p. 45-57. <<https://doi.org/10.1016/j.eneeco.2016.07.008>>.

INE. *Encuesta de Presupuestos Familiares* [en línia]. 2021. <[https://www.ine.es/Dyngs/INEbase/Es/Operacion.Htm?C=Estadistica\\_C&cid=1254736176806&idp=1254735976608](https://www.ine.es/Dyngs/INEbase/Es/Operacion.Htm?C=Estadistica_C&cid=1254736176806&idp=1254735976608)>.

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA. *Prospectiva Energètica de Catalunya 2050* [en línia]. 2019. <[https://Icaen.Gencat.Cat/Web/.Content/10\\_ICAEN/17\\_publicacions\\_informes/08\\_guies\\_informes\\_estudis/Informes\\_i\\_estudis/Arxius/20190917\\_IntegracioMercatelectric.Pdf](https://Icaen.Gencat.Cat/Web/.Content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/08_guies_informes_estudis/Informes_i_estudis/Arxius/20190917_IntegracioMercatelectric.Pdf)>.

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA. *Balanc energètic de Catalunya* [en línia]. 2022. <[https://Icaen.Gencat.Cat/ca/Energia/Estadistiques/Resultats/Anuals/Balanc\\_energetic/](https://Icaen.Gencat.Cat/ca/Energia/Estadistiques/Resultats/Anuals/Balanc_energetic/)>.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. *Renewable power generation costs in 2021* [en línia]. 2022. <[www.irena.org](http://www.irena.org)>.

LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M.; LÓPEZ-OTERO, X. «Canvi climàtic. Fiscalitat i compensacions distributives». *Revista Econòmica de Catalunya*, núm. 85 (2022). MIBGAS. <<https://www.mibgas.es/es>>.

OMIE. <<https://www.omie.es/es/file-access-list>>.

REE. *El sistema eléctrico español* [en línia]. 2021. <[www.ree.es](http://www.ree.es)>.

WANG, Q.; HUBACEK, K.; FENG, K.; WEI, Y. M.; LIANG, Q. M. “Distributional effects of carbon taxation”. *Applied Energy* [en línia], vol. 184 (2016), p. 1123-1131. <<https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2016.06.083>>.

ZACHMANN, G.; FREDRIKSSON, G.; CLAEYS, G. *The Distributional Effects of Climate Policies*. 2019. Bruegel Blueprint Series, 28.

### Paraules clau

equitat, renovables, demanda energètica, polítiques distributives.

# Pobresa energètica: mesurament i polítiques per combatre-la<sup>1</sup>

**Elisenda Jové-Llopis**

Universitat de Barcelona (UB)

Càtedra de Sostenibilitat Energètica (IEB-UB)

**Elisa Trujillo-Baute**

*Serra Húnter fellow*

Universitat de Lleida (UdL)

Càtedra de Sostenibilitat Energètica (IEB-UB)

## 1.

### Introducció

Els països europeus estan immersos en transformacions de gran envergadura per donar seguiment als compromisos adquirits al Pacte Verd Europeu (Comisión Europea, 2019). Si bé aquests compromisos ofereixen respostes als reptes climàtics i mediambientals des de la perspectiva de la sostenibilitat competitiva, també s'hi inclouen els reptes socials que comporten. D'aquí que la justícia i l'equitat se situïn a l'epicentre de la transició cap a una economia europea competitiva, moderna i climàticament neutra per a l'any 2050.

Assegurar un subministrament d'energia neta, assequible i segura que garanteixi un nivell de vida digne a les persones és una de les vuit àrees prioritàries per aconseguir els objectius finals del Pacte Verd Europeu. Tanmateix, no s'ha d'oblidar que milions de llars europees no es poden permetre serveis energètics essencials per garantir un nivell de vida saludable. Això indica que el dret a l'accés a l'energia neta, assequible i segura ha de ser l'eix fonamental del canvi de model energètic.

La pobresa energètica ha entrat de ple al panorama sociopolític europeu en els últims anys, especialment amb els impactes de la covid-19 i l'actual crisi energètica. De fet, la pèrdua d'ingressos durant la pandèmia, sumada a l'increment notable dels preus de l'energia en resposta a la dependència europea de les importacions en aquest àmbit, ha comportat que les llars europees siguin més susceptibles a la pobresa energètica.

Si bé no hi ha una definició europea comuna de la pobresa energètica, tant la magnitud del problema com els greus impactes en la salut de les

---

<sup>1</sup> La versió original de l'article, escrita en castellà, es troba disponible al [web](#).

persones, la degradació dels edificis i el clima han propiciat la necessitat de sincronitzar les polítiques climàtiques i energètiques amb la pobresa energètica a fi de garantir una transició justa per a tothom. Especialment, la mitigació de la pobresa energètica es converteix en una prioritat per a la UE amb la presentació del paquet *Energia neta per a tots els europeus* el novembre del 2016. És en aquest moment quan es demana a tots els estats membres que defineixin i quantifiquin la pobresa energètica i proposin mesures d'alt impacte per defensar i protegir les llars vulnerables als plans nacionals d'energia i clima. Com a resultat, les iniciatives que han impulsat els diferents països en l'acció contra la pobresa energètica, així com la intensitat i l'abast, han estat múltiples, i han donat lloc a un fenomen que es distribueix de manera desigual arreu d'Europa (Bouzarovski *et al.*, 2012; Hesselman *et al.*, 2021).

## 2.

### La pobresa energètica en xifres: Europa, Espanya i Catalunya

Definir la pobresa energètica no és una tasca fàcil, perquè té un caràcter multidimensional. De manera comuna, s'ha identificat com la situació en què les llars experimenten dificultats per mantenir una temperatura adequada a l'habitatge, atesos el nivell de renda familiar i el consum d'altres béns i serveis necessaris per al benestar individual. Entre les causes principals de la pobresa energètica, la literatura econòmica ha identificat l'existència d'ingressos baixos a la unitat familiar per fer front a les despeses energètiques, la baixa eficiència energètica dels habitatges i el preu de l'energia.

Una altra peça clau en l'anàlisi d'aquesta problemàtica és delimitar i quantificar el nombre de persones en situació de pobresa energètica. Per a això, hi ha dos grans enfocaments. El primer és objectiu: es fonamenta en la despesa energètica i la renda com a elements de base per identificar famílies amb problemes d'assequibilitat de l'energia. Dins d'aquesta categoria, val la pena remarcar l'indicador del 10 % desenvolupat per la investigadora Brenda Boardman als seus treballs inicials al Regne Unit (Boardman, 1991) i l'indicador Low Income High Cost (LIHC). El primer indicador considera que una llar és pobra energètica si dedica més del 10 % de la renda a pagar uns serveis energètics adequats. En canvi, d'acord amb l'indicador LIHC, una llar és identificada com a pobra energètica si té uns ingressos per sota del llindar de pobresa (60 % de la mediana equivalent) i una despesa energètica que se situa per sobre d'un llindar energètic (mediana equivalent de la despesa en energia calculada sobre el total de les llars). El segon enfocament per quantificar la pobresa energètica és subjectiu: es basa en les percepcions i afirmacions pròpies de la llar. Consisteix a preguntar directament a les llars si han experimentat retards en alguns dels pagaments dels subministraments de la llar a causa de dificultats econò-

miques o sobre la capacitat per mantenir l'habitatge a una temperatura adequada.

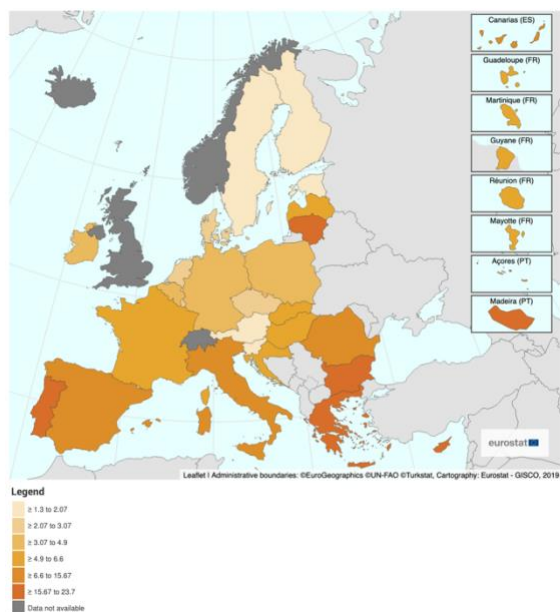
A continuació es mostra una primera radiografia de la pobresa energètica des d'una triple perspectiva: europea, nacional i autonòmica, aprofundint en el cas català. Per a això, es presenten els resultats dels dos indicadors subjectius proposats per l'Observatori Europeu de Pobresa Energètica, alhora que també s'escull l'indicador LIHC com el més apropiat per analitzar la pobresa energètica nacional i autonòmica amb dades objectives. L'ús de diferents indicadors permet copsar millor el caràcter multifacètic de la pobresa.

A l'última actualització dels indicadors destaca que, el 2021, el 6,9 % de la població europea va declarar tenir problemes per mantenir la llar a una temperatura adequada; això mostra una lleugera millora respecte a l'any anterior (7,5 %). Així mateix, el 6,4 % dels europeus van manifestar retards en el pagament de les factures relacionades amb la llar (calefacció, electricitat, gas, aigua, etc.), dada que es manté pràcticament constant respecte a l'any previ (6,5 %). En tot cas, quan s'observa amb atenció la realitat de cada estat membre, es troben trets clarament diferenciats (gràfic 1). Els països del sud d'Europa i de l'Europa de l'est mostren un percentatge més alt de llars amb aquestes dificultats. En canvi, els països nòrdics, malgrat que tenen hiverns més durs, presenten nivells de pobresa energètica inferiors. Aquestes diferències es poden explicar per un seguit de factors, com ara la mateixa estructura econòmica i social del país, les característiques del parc d'habitatges, les condicions climàtiques, el mateix model energètic i les diferents trajectòries nacionals en el disseny d'instruments d'acció contra la pobresa energètica (Stojilovska *et al.*, 2022).

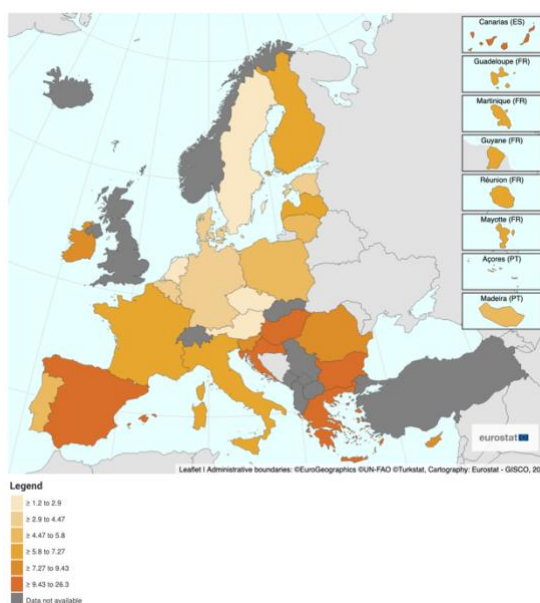


## Gràfic 1. La pobresa energètica a Europa

Percentatge de població que declara tenir l'habitatge a una temperatura inadequada (2021)



Percentatge de població que manifesta retards en el pagament de les factures (2021)

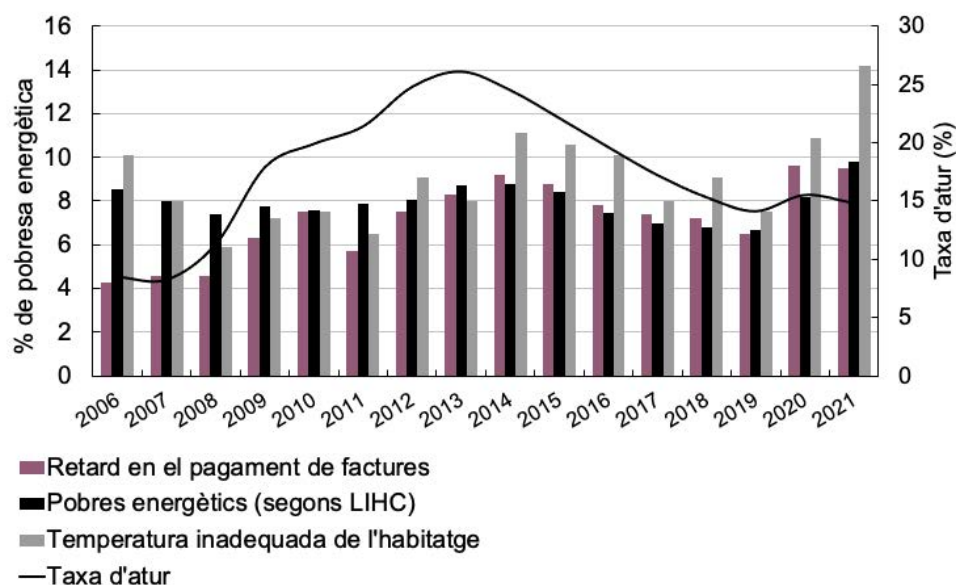


Font: EUROSTAT. *EU-SILC Survey*.

Dins del context europeu, Espanya està relegada al conjunt de països amb una incidència més alta. En els últims anys ha anat pujant a les posicions elevades del rànquing. En concret, el 2011 ocupava la catorzena posició en nombre de llars incapaces de mantenir l'habitatge a una temperatura adequada (6,5 % de les llars); deu anys més tard, Espanya se situa a la sisena posició (14,2 % de les llars espanyoles). Aquesta realitat mereix una reflexió profunda sobre els possibles errors que s'estan cometent i les accions que s'han d'emprendre per poder arribar a l'objectiu que es busca de reducció de la pobresa energètica en un 4 % per al 2025, segons l'Estratègia nacional contra la pobresa energètica (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019).

Des d'una perspectiva temporal, les dades del gràfic 2 posen de manifest que la pobresa energètica a Espanya continua sent un problema de caràcter estructural i relacionat estretament amb el cicle econòmic del país. En concret, es poden identificar tres períodes d'evolució temporal clarament diferenciats, originats per la crisi que va esclatar el 2008, la recuperació econòmica i la pandèmia de la covid-19. Malgrat que l'origen i les mesures implantades per superar-les han estat diferents, totes dues crisis han fet augmentar notablement el nombre de llars pobres energètiques.

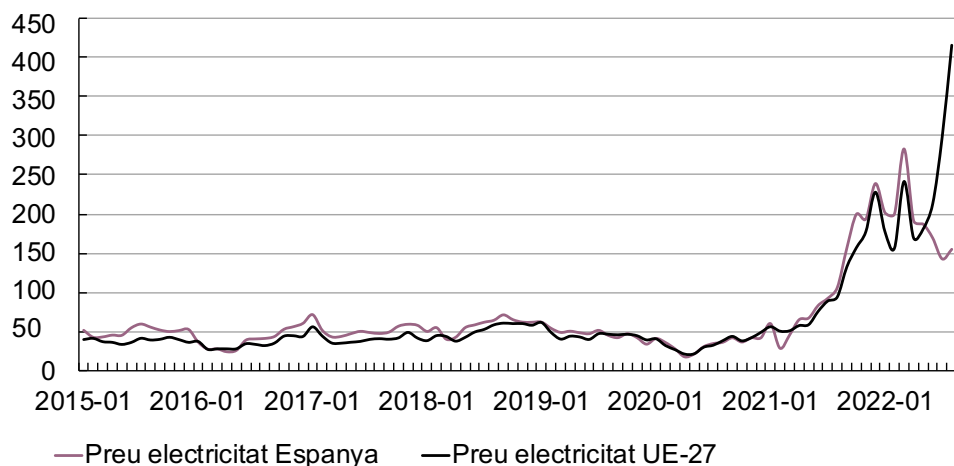
**Gràfic 2. Evolució temporal de la pobresa energètica a Espanya**



Font: elaboració pròpia a partir de l'Enquesta de Pressupostos Familiars, INE i Eurostat.

El primer període comprèn l'efecte de la crisi del 2008, amb un augment sostingut de la taxa de pobresa energètica fins al 2014, quan es van assolir pics màxims, no experimentats abans, en els diferents indicadors d'aquest fenomen. En canvi, a partir del 2014 s'aprecia un descens progressiu de la taxa de pobresa energètica a les llars espanyoles com a conseqüència de la recuperació econòmica. El 2019 es va arribar a registrar el valor mínim del 6,7 % de la població en situació de vulnerabilitat, d'acord amb l'indicador LIHC. Aquesta tendència, però, s'interromp per l'esclat de la pandèmia del coronavirus. L'últim període està marcat clarament per la crisi de la covid-19, que se suma a l'increment notable del preu de l'energia ocasionat per la crisi d'Ucraïna (gràfic 3). Tots dos esdeveniments han propiciat l'empitjorament de molts dels indicadors que mesuren la pobresa energètica. En referència als anys 2020 i 2021, es pot observar com s'obtenen les pitjors dades en termes de pobresa energètica, que superen significativament les que es van assolir al punt àlgid del 2014. En concret, el 2021, el percentatge de pobres energètics va repuntar i va ascendir al 9,8 %, fet que suposa un augment del 20 % respecte a l'any anterior. Igualment, les llars que van afirmar tenir una temperatura inadequada a l'habitatge van tornar a registrar dos dígitos (14,2 %), un increment del 30 % respecte a l'any 2020.

**Gràfic 3. Evolució dels preus de l'electricitat a Espanya i Europa (€/MWh)**

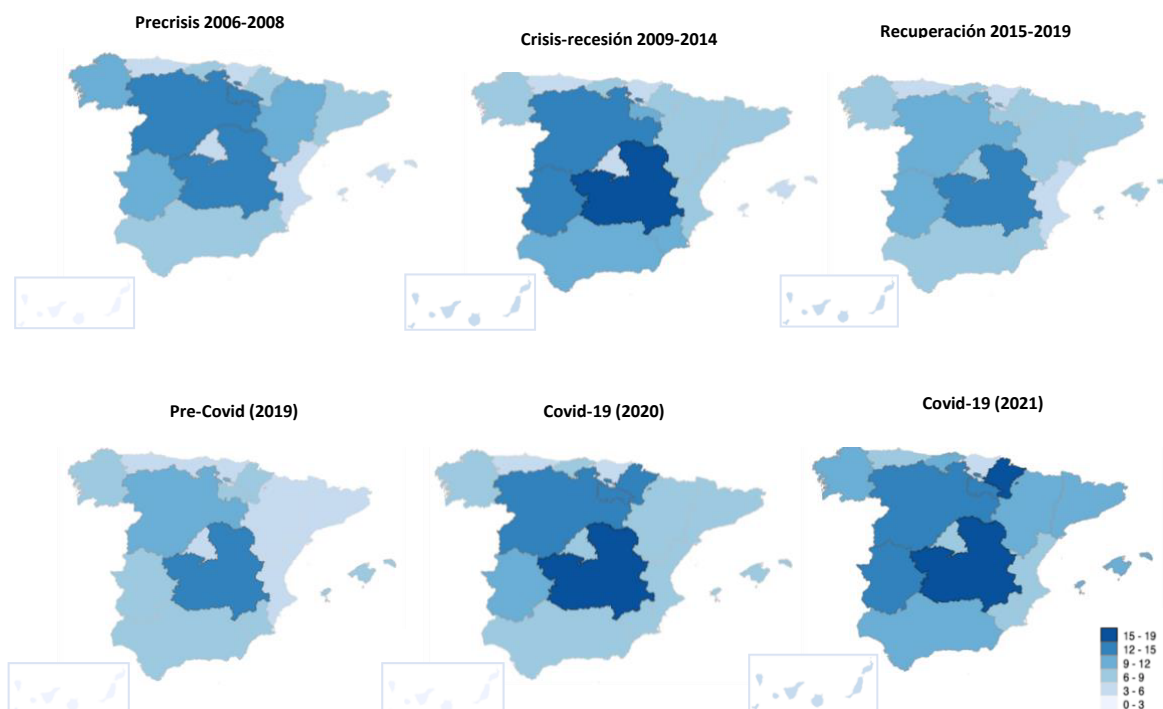


Font: <https://ember-climate.org/>.

Territorialment, el gràfic 4 mostra la presència d'una elevada heterogeneïtat entre les diverses comunitats autònomes, deguda principalment a disparitats econòmiques, geogràfiques, climàtiques i socials. D'acord amb l'indicador de pobresa energètica LIHC, es pot observar com els índexs de vulnerabilitat energètica més alts es troben tradicionalment a Castella i Lleó i Castella-la Manxa, aquesta última amb més protagonisme: arriba a quasi duplicar la mitjana espanyola. Sens dubte, s'identifica al voltant de la Comunitat de Madrid un anell persistent d'alta pobresa energètica amb taxes superiors a les dues xifres. Per la seva banda, el País Basc i Canàries tenen una proporció més baixa de pobresa energètica en tot el període temporal analitzat (2006-2021). Aquests resultats es poden explicar per unes condicions climàtiques millors en el cas de Canàries; en canvi, per al País Basc, les raons es troben en uns alts nivells d'ingressos respecte d'altres comunitats, que fan que sigui una de les regions amb índexs més baixos de pobresa energètica.

Pel que fa a Catalunya, aquesta comunitat s'ha caracteritzat per mantenir-se, en general, amb unes taxes de pobresa energètica lleugerament inferiors a la mitjana espanyola, exceptuant l'any 2021, quan va registrar la desena taxa més alta de pobresa energètica. Durant l'etapa de crisi-recessió (2009-2014), la taxa de pobresa energètica, d'acord amb l'indicador LIHC, va ascendir al 7,0 %. No obstant, el 2021, el 10,22 % de les llars catalanes es van trobar en situació de pobresa energètica, un 27,8 % més que l'any 2020. Els resultats subratllen l'impacte negatiu de la pandèmia de la covid-19 i de la crisi energètica.

#### Gràfic 4. Pobresa energètica regional (indicador LIHC)



Font: elaboració pròpia a partir de l'Enquesta de Pressupostos Familiars.

Amb la finalitat d'identificar les característiques que defineixen millor el col·lectiu de les llars catalanes més vulnerables, es descriuen a continuació els resultats desagregats, considerant un conjunt de variables relacionades amb les característiques de l'habitatge, la composició de la llar i socioeconòmiques mitjançant l'indicador LIHC (Quadre 1). Pel que fa a les característiques de l'habitatge, s'observa que les àrees rurals o amb menys densitat de població mostren un nombre més alt de llars en situació de pobresa energètica (11,5 %) en comparació amb les llars no pobres catalanes (5,8 %). Continuant amb les característiques de l'habitatge, s'identifiquen els habitatges unifamiliars com els que tenen un percentatge més alt de llars en pobresa energètica (30,7 %) en comparació amb les no pobres energètiques (24,1 %). Un altre dels elements analitzats és l'antiguitat, variable relacionada amb l'estat de l'habitatge i el seu nivell d'eficiència energètica. Sobre això, quatre de cada cinc llars catalanes en pobresa energètica (82,1 %) estan en edificis que tenen més de 25 anys d'antiguitat. En canvi, respecte al nombre d'habitacions per habitatge, no s'aprecien diferències significatives entre llars pobres i no pobres energètiques.

L'anàlisi de la pobresa energètica segons la composició familiar torna a mostrar diferències entre les llars catalanes. De fet, entre les llars més pobres energèticament, es concentren les llars formades per un

sol progenitor amb menors al seu càrrec (7,8 %) i les llars unipersonals (38,1 %). Així mateix, si es té en compte l'edat del sustentador principal, s'aprecia que els grups més vulnerables estan formats bàsicament per persones més grans de 65 anys (49,5 %).

Finalment, són clau les variables socioeconòmiques, perquè estan vinculades al nivell d'ingressos i riquesa. En aquest sentit, un 13,7 % de les llars de Catalunya en pobresa energètica tenen el sustentador principal en situació de desocupació, enfront del 4,0 % del total de llars de la regió. El nivell educatiu apareix com un altre factor determinant pel que fa a la pobresa energètica. La influència del nivell d'educació sobre la pobresa energètica actua potencialment mitjançant dos mecanismes: l'efecte que exerceix en termes d'ingressos i sobre la capacitat d'adquirir una educació energètica.

### Quadre 1. Caracterització de la pobresa energètica a Catalunya (mitjana 2006-2021)

		Llars pobres energètiques*	Altres llars
Ubicació	Urbana	88,43%	94,19%
	Rural	11,57%	5,81%
Edifici multifamiliar		69,30%	75,81%
Antiguitat	≤ 25 anys	17,82%	29,84%
	≥ 25 anys	82,18%	70,16%
Nombre d'habitacions		4,80	4,90
Composició familiar	Unipersonal	38,18%	14,57%
	Monoparental	7,80%	2,98%
Trams d'edat	Menys de 25	0,47%	0,66%
	25-34	5,27%	9,86%
	35-44	12,27%	21,61%
	45-54	15,70%	23,47%
	55-65	16,74%	19,92%
	Més de 65	49,55%	24,47%
Situació laboral	Aturat	13,73%	4,05%
Règim de tinença	No lloguer	78,37%	81,60%
	Lloguer	21,63%	18,40%
Nivell educatiu	Superior	12,27%	34,81%

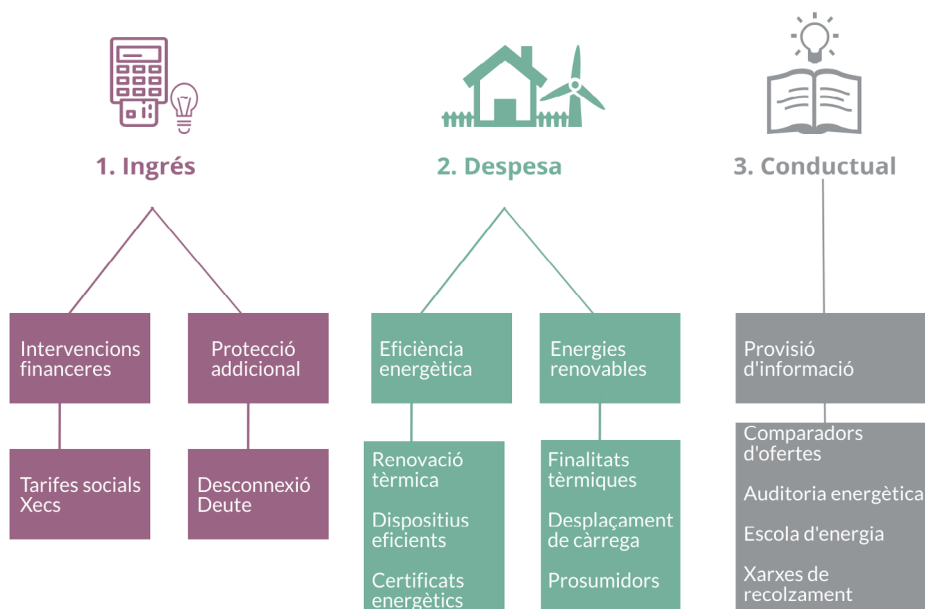
\* Segons l'indicador LIHC.

Font: elaboració pròpia a partir de l'Enquesta de pressupostos familiars.

### 3. Mecanismes per abordar la pobresa energètica

Les actuacions contra la pobresa energètica es poden dividir segons si fan el seu efecte a través de la renda, la despesa o la conducta de les llars (gràfic 5).

Gràfic 5. Mecanismes per abordar la pobresa energètica



Fuente: Costa-Campi *et al.*, (2020).

Una part de l'essència de la pobresa energètica rau en la manca d'un nivell d'ingrés adequat a la llar per garantir el consum energètic, d'aquí que, dins del ventall de polítiques contra la pobresa energètica, les primeres d'aplicar-se hagin estat les mesures que actuen a través del mecanisme dels ingressos. Les intervencions financeres són les que es fan servir més sovint: consisteixen a suplir les mancances d'ingressos de les llars en situació de pobresa a través de la transferència de recursos. Aquestes transferències poden ser en forma de tarifes socials o de xec i se solen abonar mensualment, bimestralment o com un sol pagament a l'any, variant segons el país en què s'apliquin.

A més de la renda, l'altra part fonamental del problema se centra en la despesa energètica i, per tant, les polítiques i les potencials solucions s'han de fonamentar en aquesta despesa. Dins d'aquest tipus de mesures, hi ha les d'eficiència energètica i les d'energies renovables. Les polítiques d'eficiència energètica són les que, actuant per la banda de la despesa, han guanyat més rellevància en els últims anys. Amb elles, es persegueix disminuir la despesa energètica implantant diferents tipus d'actuacions que permetin disminuir el consum d'energia mantenint constant o millorant el nivell de confort de l'habitatge.

Les iniciatives que s'han portat a terme a la UE s'han centrat en primera instància a reivindicar la necessitat de donar més visibilitat al problema, que afecta milions de llars. Tot i que la UE constitueix el marc de referència comú, les actuacions per abordar la lluita contra la pobresa energètica es materialitzen en un nivell territorial inferior a través dels plans nacionals integrats d'energia i clima, així com les estratègies nacionals pròpies de lluita contra la pobresa energètica. Des del 2019, Espanya compta amb l'Estratègia nacional contra la pobresa energètica, eix vertebrador de polítiques amb una perspectiva d'actuació de dalt a baix (*top-down*), que estableix per primera vegada una definició oficial de la pobresa energètica; indicadors de mesurament; objectius mínims de reducció, i accions a curt, mitjà i llarg termini per mitigar aquesta problemàtica.

### 3.1.

#### **Perspectiva top-down**

Les principals mesures *top-down* que s'han aplicat a Espanya per abordar el problema de la pobresa energètica actuen a través del mecanisme dels ingressos (Costa-Campi *et al.*, 2020). Aquest tipus d'intervencions són de caràcter pal·liatiu, a curt termini i amb l'objectiu de facilitar alleujament financer als consumidors més vulnerables. Destaquen, principalment, el bo social elèctric i tèrmic i la prohibició d'interrompre el servei. El 2021 es van comptabilitzar 1,21 milions de llars acollides al bo social elèctric. Tanmateix, més de 5 milions de llars a Espanya van patir pobresa energètica, fet que indica que aquesta mesura encara presenta un seguit de limitacions i de millores potencials.

A més de les mesures pal·liatives, cal mitigar aquest fenomen socioeconòmic des de la perspectiva de la prevenció, a través de mesures que utilitzen la reducció de la despesa energètica de les llars. Espanya disposa del Programa d'ajuts a la rehabilitació energètica d'edificis existents (PREE), que canalitza els ajuts per incentivar i promoure actuacions a fi de reduir les emissions de diòxid de carboni, mitjançant l'estalvi energètic, l'eficiència energètica i les energies renovables tèrmiques als edificis existents. Un aspecte rellevant del nou PREE (2019-2022) és l'àmbit social, perquè presta una atenció especial a la concessió d'ajuts per emprendre actuacions de rehabilitació als edificis que acullen col·lectius vulnerables i afectats per la pobresa energètica.

### 3.2.

#### **Perspectiva bottom-up: accions locals per combatre la pobresa energètica**

Igual que en altres països del seu entorn, a Espanya s'observa que l'enfocament actual *top-down* perseguit per les polítiques públiques

orientades a lluitar contra la pobresa energètica no arriba als col·lectius més vulnerables, per la qual cosa es fa necessari un enfocament més específic que permeti ampliar al màxim el radi d'actuació. D'aquí que es plantegi la necessitat de buscar i implantar solucions al problema de la pobresa energètica a través d'un enfocament de baix a dalt (*bottom-up*), en què la interacció dels diferents actors locals (empreses, entitats socials, administració i ciutadania) passa a ser un element essencial que determinarà l'èxit dels múltiples mecanismes aplicats. Malgrat que les accions *top-down* són fonamentals per comprendre la magnitud del problema; establir els objectius de reducció, i definir accions a curt, mitjà i llarg termini, les accions regionals i locals permeten ampliar al màxim el radi d'actuació i respondre directament a les necessitats pròpies que afronten els col·lectius més vulnerables als diferents territoris.

L'aproximació *bottom-up* es basa en l'objectiu de desenvolupament sostenible 17, "Aliança per aconseguir els objectius", segons el qual erradicar la pobresa energètica només serà possible a través d'aliances que permetin una actuació col·laborativa i inclusiva per resoldre grans reptes comunitaris. Els agents i les seves interaccions són, per tant, el factor clau per implantar amb èxit aquesta perspectiva. Conscient d'aquesta realitat, el novembre del 2021, la Comissió Europea va posar en marxa en Centre d'Assessorament sobre la Pobresa Energètica (Energy Poverty Advisory Hub, EPAH), fonamentat en el paper dels actors locals. L'EPAH vol avançar en la generació de transformacions en el coneixement sobre la pobresa energètica, més enllà del focus nacional iniciat per l'Observatori Europeu de Pobresa Energètica (2016-2020).

Fer front a la pobresa energètica hauria de ser, i de fet és, una prioritat per a moltes autoritats locals, que disposen en molts casos de la col·laboració d'empreses i entitats socials. Tot i la capacitat i resiliència d'aquests agents per afrontar problemes socials, econòmics i institucionals complexos, el fenomen encara presenta desafiaments complexos en diferents nivells, des de la identificació de consumidors vulnerables fins al maneig de situacions personals dins de les llars. L'EPAH contribueix a facilitar aquesta tasca a través de diferents accions; inclou tres grans eixos d'actuació amb els objectius següents:

- Identificar i visibilitzar accions locals que persegueixen fer front a la pobresa energètica.
- Convertir-se en el centre de competències de referència sobre la pobresa energètica.
- Mitigar la pobresa energètica a través de l'assistència tècnica adreçada a les autoritats locals i les organitzacions de la societat civil.



#### 4. Reflexions finals

La pobresa energètica és un problema crònic a Espanya i la incidència de la crisi econòmica del 2008 va ser significativa, però la crisi de la covid-19 i la crisi energètica actual són les que han donat lloc a un percentatge més alt de pobres energètics a Espanya. Per mirar de fer front al context actual, s'estan aplicant nombroses mesures pal·liatives de caràcter generalitzat a tota la població (disminució i eliminació d'impostos i el topall al preu, entre d'altres), però només el pas del temps ens permetrà fer valoracions exhaustives sobre l'efectivitat de les mesures d'urgència actuals.

Dins del territori espanyol, la pobresa energètica es distribueix de manera desigual. S'identifica al voltant de la Comunitat de Madrid un anell persistent d'alta pobresa energètica amb taxes significativament superiors a la mitjana espanyola. En general, Catalunya gaudeix d'una posició intermèdia amb unes taxes de pobresa energètica lleugerament inferiors a la mitjana espanyola.

L'heterogeneïtat regional posa de manifest que les polítiques *top-down* implantades fins ara pel Govern espanyol no arriben a tots els col·lectius vulnerables. Les llars vulnerables espanyoles han quedat excloses tradicionalment de les mesures generals que s'han implantat: això és particularment cert en el cas de les mesures que actuen mitjançant l'efecte sobre la despesa energètica de les llars. La població més vulnerable tendeix a viure en edificis de baix rendiment energètic amb un gran potencial de millora, però alhora aquesta renovació afronta barreres significatives, especialment per a les llars d'ingressos baixos que no poden assumir una càrrega econòmica addicional, fet que dificulta trencar el cercle de la pobresa energètica. Resta veure si, amb la implantació de l'últim PREE, finalment s'aconsegueix arribar a una proporció més gran de llars vulnerables i mitigar aquesta problemàtica.

Queda clar, a partir dels escassos resultats obtinguts fins ara per les polítiques aplicades contra la pobresa energètica, que és essencial dur a terme esforços holístics en tots els nivells de govern: des dels àmbits europeu, nacional i autonòmic fins a l'àmbit local. De fet, abordar la pobresa energètica requereix un ecosistema particular que només podrà sorgir com a resultat de la col·laboració entre diferents actors.

## 5. Bibliografia

BOARDMAN, Brenda. *Fuel Poverty: From cold homes to affordable warm*. Londres: Belhaven, 1991.

BOUZAROVSKI, S. [et al.]. «Energy Poverty Policies in the EU: A Critical Perspective». *Energy Policy*, vol. 49 (2012), p. 76-82.

COMISIÓ EUROPEA (2019). *El Pacto Verde Europeo* [en línia]. COM(2019) 640 final. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>>.

COSTA-CAMPI, M. T. [et al.]. *Pobreza energètica en Europa. Un anàlisi comparatiu. ¿Qué hacen los países europeos para afrontar la pobreza energética?* Madrid: Fundación Naturgy, 2020.

HESSELMAN, M. [et al.]. «Energy Poverty in the COVID-19 Era: Mapping Global Responses in Light of Momentum for the Right to Energy». *Energy Research and Social Science*, vol. 81 (2021), 102246.

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA (2019). *Estrategia Nacional Contra la Pobreza Energética 2019-2024* [en línia]. <[https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-pobreza-energetica/estrategianacionalcontralapobrezaenergetica\\_tcm30-502982.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-pobreza-energetica/estrategianacionalcontralapobrezaenergetica_tcm30-502982.pdf)>.

STOJILOVSKA, A. [et al.]. «Energy poverty and emerging debates: Beyond the traditional triangle of energy poverty divers». *Energy Policy*, vol. 169 (2022), 113181.

### Paraules clau

pobresa energètica, consumidors vulnerables, assequibilitat, política energètica, transició energètica justa.

# La contribució dels fons de l'MRR a la transició energètica: una anàlisi de les inversions necessàries i dels plans de despesa

**Xavier Pedrós**

Direcció General d'Anàlisi i Prospectiva Econòmica  
Departament d'Economia i Finances  
Generalitat de Catalunya

## 1. Introducció

L'escalfament global i l'alta dependència exterior en energia fòssil fan urgent que la UE abandoni el model energètic fòssil-nuclear actual, per basar-lo en energia renovable, i redueixi els nivells de consum d'energia. El repte és significatiu: el Pacte Verd Europeu ha fixat l'objectiu de reduir les emissions de CO<sub>2</sub> en un 55 % el 2030, en relació amb els registres del 1990. Com que el sistema energètic és el principal responsable de les emissions, aconseguir aquest objectiu implica una transició energètica. És a dir, la descarbonització de la demanda i l'oferta del sistema energètic.

Tenint en compte que la transició energètica necessita un impuls significatiu de la inversió pública i privada, la UE ha assumit el compromís d'utilitzar el Mecanisme de Recuperació i Resiliència (MRR), el paquet d'estímul postpandèmia, per finançar l'avenç en els objectius del Pacte Verd Europeu. Això també reconeix el fet que les inversions verdes, i específicament en el sistema d'energia, tenen associat un multiplicador fiscal elevat (Hasna 2021); per tant, permeten promoure el creixement econòmic i alhora aconseguir objectius verds.

Aquest article primer discuteix les inversions necessàries, en la dècada 2021-2030, per arribar a l'objectiu de reducció d'emissions d'un 55 % per al 2030. A continuació s'analitza fins a quin punt els plans de despesa de l'MRR s'alineen amb aquestes necessitats d'inversió.

L'article posa de manifest que els plans de despesa de l'MRR mostren una clara intenció d'utilitzar aquests fons per impulsar la transició energètica. El 36 % de l'MRR, o 180mM€, contribueix a projectes per

descarbonitzar el sistema energètic; l'est i el sud europeu veuen més inversions, en relació amb el seu PIB (en línia amb unes necessitats d'inversió més altes en aquests països), i les principals despeses se situen en la descarbonització dels sectors del transport i residencial (on també hi ha les necessitats més grans d'inversió).

L'anàlisi també revela que la inversió pública mobilitzada per l'MRR és certament necessària, però no és suficient per tancar la bretxa d'inversió, a fi d'acomplir l'objectiu de reducció d'emissions del 2030. Segons la Comissió Europea, en la dècada 2021-2030, calen 420 mM€ *additionals*, cada any - en relació a la inversió mitjana durant la dècada anterior. Tancar aquesta bretxa requerirà complementar aquests fons amb un increment significatiu de la inversió privada, a més d'augmentar la inversió pública finançada per vies alternatives a l'MRR.

## 2. Objectius de transició energètica per al 2030

La necessitat d'una transició energètica està prou justificada. D'una banda, el sector energètic europeu, basat en el model fòssil-nuclear, és responsable de tres quarts parts de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle de la UE (CE 2020). D'altra banda, la guerra a Ucraïna ha posat de manifest les greus implicacions de l'alta dependència europea de les importacions d'energia fòssil de Rússia, sobretot del gas. A curt termini, els governs busquen proveïdors alternatius a Rússia i, a mitjà termini, volen guanyar independència accelerant la transició energètica.

La transició energètica fa referència a la descarbonització del sistema energètic. És a dir, al canvi dels sistemes de producció i consum d'energia basats en els fòssils (com ara el petroli, el gas natural i el carbó) a les fonts d'energia renovables (com ara l'eòlica i la solar). Per aconseguir l'ambició de reduir les emissions en un 55 % per al 2030, la UE va aprovar un paquet de mesures anomenat Fit for 55, l'any 2021. Aquest paquet estableix dos objectius vinculants per al sector energètic en el conjunt de la UE:<sup>1</sup>

- Que el pes de les energies renovables arribi a un 40 % del consum final el 2030 (partint d'un pes del 22 % el 2022).
- Una reducció del 9 % en el consum final d'energia entre el 2020 i el 2030.

1 Aquests objectius són vinculants per al conjunt de la UE, però no tenen objectius definits per a cada estat membre.

Actualment, en el context de la crisi energètica catalitzada per la guerra a Ucraïna, i l'alta dependència energètica respecte de Rússia, la CE es proposa més ambició en aquests dos objectius. La iniciativa REPowerEU vol portar l'objectiu de reducció del consum energètic del 9 % al 13 %, i el del pes de les energies renovables en el consum d'energia final d'un 40 % a un 45 % (si bé es manté el mateix objectiu de reducció d'emissions del 55 %).<sup>2</sup>

### 3.

#### Necessitats d'inversió 2021-2030 per assolir els objectius de transició energètica

La transició energètica requereix una forta inversió pública i privada per descarbonitzar el sistema energètic. En general, es poden agrupar les inversions en funció de la seva orientació al costat de l'oferta o de la demanda energètica:

- La inversió per descarbonitzar l'oferta energètica inclou instal·lar més capacitat de producció d'energia renovable, així com ampliar la xarxa elèctrica (ja que esdevindria la forma d'energia principal).
- Les inversions pel costat de la demanda comprenen el sector residencial i els sectors productius de l'economia (transport, indústria i serveis). Inclouen inversions per fer el consum de l'energia més eficient (per exemple, millores en l'aïllament dels edificis i en processos productius d'alt ús energètic) i per fer que la demanda energètica sigui elèctrica (per exemple, bombes de calor i vehicles elèctrics).

#### 3.1.

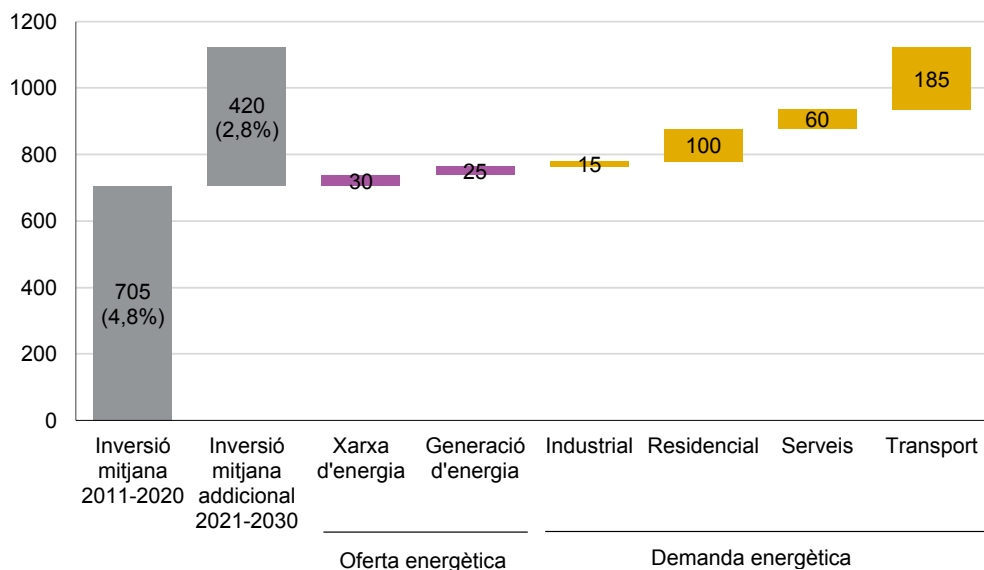
##### Segons la CE, cal una inversió addicional de 420 mM€ anuals (2,8 % del PIB), especialment destinats a la demanda energètica

La CE calcula que, en el conjunt de la UE, aconseguir la reducció d'emissions del 55 % l'any 2030 exigiria una inversió d'1,1 bilions d'euros anuals en el període 2021-2030 (a preus del 2019). Això equival, de mitjana, a un 7,6 % del PIB, en tot el període 2021-2030. En relació amb la inversió durant la dècada anterior, això significa fer una inversió addicional de 420 mM€ cada any (2,8 % del PIB). En altres paraules, la inversió anual hauria d'augmentar en un 60 %.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Avui, aquests objectius són propostes que encara no s'han traslladat a les directives europees rellevants.

<sup>3</sup> Aquestes estimacions són prèvies a les mesures REPowerEU, que proposen augmentar els objectius de pes de l'energia renovable i de reducció de consum.

**Gràfic 1. Inversió anual, durant el període 2021-2030, per reduir les emissions en un 55 % el 2030 (mM€ a preus del 2019 i % del PIB)**



Font: elaboració pròpia a partir de l'escenari "Mix" de CE (2021).

Notes: "Transport" inclou la inversió per reemplaçar la flota de vehicles (exclou la inversió en transport públic i la xarxa de trens). El desglossament de xifres pot no sumar els totals degut a l'arrodoniment de les dades.

La inversió addicional necessària se centraria principalment al costat de la demanda energètica. En particular, la descarbonització dels sectors del transport i residencial representa prop de 7 de cada 10 euros extres invertits (gràfic 1):

- El sector del transport representa gairebé la meitat de la inversió addicional. Aquí s'hi inclouen els costos de substituir els vehicles de consum fòssil per vehicles elèctrics i, en un grau inferior, el desplegament d'infraestructura de punts de recàrrega.
- El sector residencial seria el següent àmbit d'inversió en importància, amb més d'una cinquena part de la inversió addicional. Això recull, principalment, inversions en l'eficiència energètica dels edificis a través de millores en l'aïllament i la instal·lació de bombes de calor en substitució de la calefacció amb combustibles fòssils.
- La infraestructura de xarxa elèctrica i de generació d'energia renovable, solar i eòlica, tindria un rol relativament menor. Tot i així, la inversió addicional en aquestes àrees implica duplicar l'esforç respecte a la dècada anterior.

### 3.2.

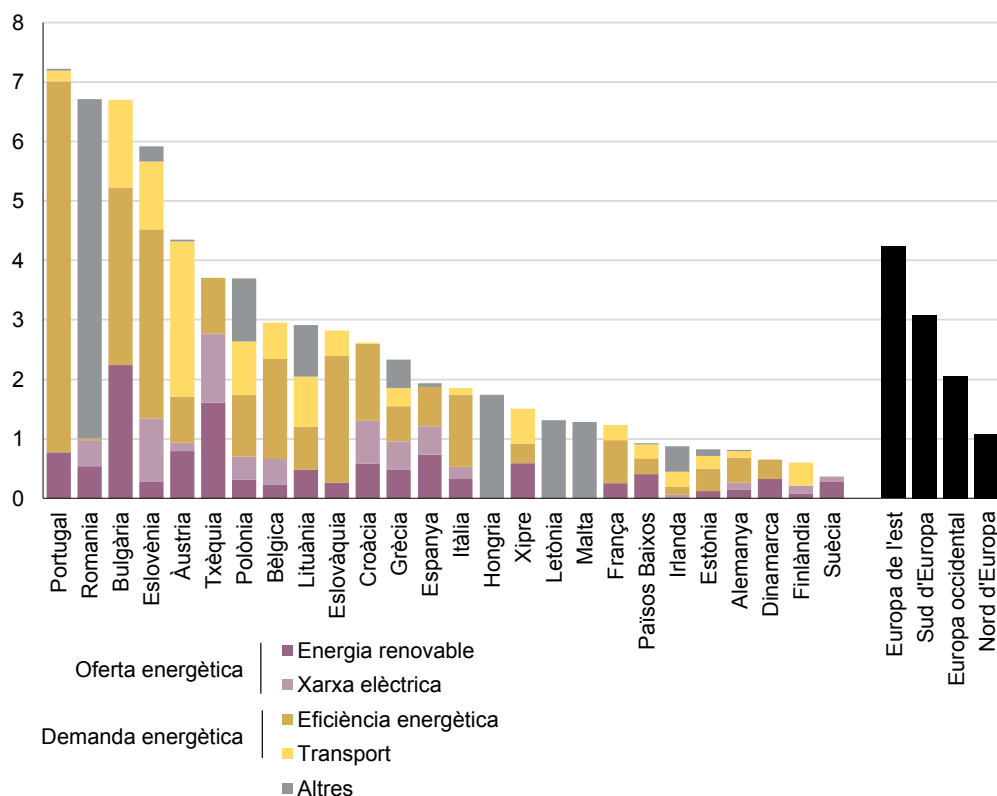
#### Segons els PNIEC, l'esforç necessari és més alt a l'est i al sud d'Europa

Pel que fa a les necessitats per país, recorrem als plans nacionals integrats d'energia i clima (PNIECs), preparats per cada estat membre i que inclouen estimacions de la inversió requerida per alinear-se amb els objectius de reducció d'emissions del conjunt de la UE. Els PNIEC es van elaborar el 2019, quan l'objectiu de reducció d'emissions era d'un 40 % en lloc del 55 % actual, de manera que subestimen l'esforç requerit pels objectius actuals.

Tot i que hi ha diferències metodològiques entre els PNIEC, les xifres en part reflecteixen la diversitat de punts de partida en el camí cap a la transició energètica (gràfic 2). Generalment, l'est i el sud europeu, que inclouen els països amb rendes *per capita* més baixes, tenen les necessitats d'inversió més fortes, reflectint un punt de partida més endarrerit. Espanya, amb unes necessitats d'inversió anual que representen prop d'un 2 % del seu PIB, es trobaria per sota de la mitjana de la UE (2,6 % de mitjana no ponderada), en línia amb Itàlia, però per sobre de les necessitats d'Alemanya i França.<sup>4</sup>

4 Segons els PNIEC, en conjunt, prop de la meitat de la inversió aniria dirigida a l'eficiència energètica (40 %), seguida de l'energia renovable (20 %), la xarxa elèctrica (10 %) i el transport (10 %). Contrastant amb l'anàlisi de la CE per al conjunt de la UE, els PNIEC exclouen, en el sector del transport, els costos de reemplaçar la flota de vehicles. El capítol del transport, quan s'inclou, generalment té en compte la inversió en transport públic o trens d'alta velocitat (notablement, a Àustria, Irlanda, Finlàndia, Bulgària i Eslovènia).

**Gràfic 2. Inversió anual total, durant el període 2021-2030, per reduir les emissions en un 40 % el 2030 (% del PIB)**



Font: elaboració pròpia basada en BEI (2021), a partir dels plans nacionals integrats d'energia i clima (PNIEC). Les xifres representen la mitjana d'inversió anual sobre el PIB, en la dècada 2021-2030.

Notes: "Transport" generalment exclou la inversió per reemplaçar la flota de vehicles. "Transport" inclou la inversió en transport públic i trens d'alta velocitat, especialment quan suposa una part significativa de la inversió prevista (notablement, a Àustria, Irlanda, Finlàndia, Bulgària i Eslovènia). Les xifres per regió són mitjanes no ponderades, tenint en compte la inversió total.

Cal notar que les necessitats d'inversió establertes als PNIEC difereixen respecte a les estimacions de la CE. Són en conjunt més conservadores, no només perquè es refereixen a una reducció d'emissions d'un 40 % (en lloc d'un 55 %), sinó també per diferències metodològiques. Notablement, respecte al sector del transport, la CE comptabilitza com a necessàries grans inversions per reemplaçar la flota de vehicles privats. La majoria de PNIEC, per contra, exclouen aquestes inversions. Quan incorporen inversions en transport, en canvi, els PNIEC consideren les inversions en transport públic i trens d'alta velocitat

Finalment, tot i que les xifres d'inversió recollides combinen necessitats d'inversió pública i privada, la informació dels PNIEC suggereix que la inversió pública podria tenir un rol important a l'hora de cobrir la bretxa d'inversió per arribar als objectius de reducció d'emissions. Segons una anàlisi del Banc Europeu d'Inversions per països seleccionats (BEI, 2021), les finances públiques aportarien una proporció mitjana no ponderada del 45 % de la inversió addicional. El paper de la inversió



pública tendeix a ser més significatiu en països amb rendes més baixes, principalment al centre i a l'est europeu.<sup>5</sup> En el cas d'Espanya, el pla preveu que un 20 % de la inversió addicional sigui pública, una proporció semblant a les previsions fetes a França, Itàlia i Alemanya.

#### 4.

### Despesa energètica en el Mecanisme de Recuperació i Resiliència

El NextGenerationEU (NGEU) és el paquet d'estímul econòmic de la UE per impulsar la recuperació de les economies del bloc europeu després de la pandèmia. El principal component del NGEU és el Mecanisme de Recuperació i Resiliència (MRR), dotat amb un màxim de 672,5 mM€, a preus del 2018 (prop del 5 % del PIB de la UE). L'MRR està format per dos instruments. D'una banda, les transferències (312,5 mM€), que assignen més recursos a les economies amb renda per capita més baixa, i a aquelles on la pandèmia a causat més impacte. D'altra banda, els préstecs (360 mM€), que són opcionals, i amb uns tipus d'interès especialment atractius a les economies amb rendes inferiors.<sup>6</sup>

Ens centrem en els components de despesa de l'MRR amb una contribució directa a la reducció d'emissions (als quals ens referim com a despesa energètica).<sup>7</sup> Recorrem al sistema de classificació de les inversions de l'MRR creat pel *think tank* Bruegel (que ofereix més detall i consistència, en comparació amb els sistemes de classificació establerts a la regulació de l'MRR<sup>8</sup>), podem considerar les categories següents:

5 Això és, en part, perquè aquests estats membres preveuen rebre més finançament dels pressupostos europeus (a través de l'MRR i dels Fons Estructurals i de Cohesió de la UE).

6 Per accedir a l'MRR, cada país ha d'elaborar un pla de recuperació, que formalitza les inversions que s'implantaran. El compromís que l'MRR contribueixi als objectius del Pacte Verd Europeu es materialitza en el requeriment que almenys el 37 % dels fons es destinin a projectes que contribueixin a "objectius de canvi climàtic". Això inclou projectes que contribueixin a la reducció d'emissions del paquet Fit for 55, però també altres projectes sense un vincle directe amb la reducció d'emissions (com ara d'adaptació al canvi climàtic i de sostenibilitat mediambiental).

7 Aquesta delimitació exclou inversions verdes amb un impacte poc clar sobre la reducció d'emissions, tot i que poden tenir un rol important per aconseguir altres objectius de sostenibilitat mediambiental (per exemple, projectes de biodiversitat, d'adaptació al canvi climàtic i d'economia circular).

8 La regulació de l'MRR ofereix dos sistemes de classificació per a la despesa de cada país: "Pillars" i "Flagship areas". En relació amb la despesa rellevant per a la transició energètica, en el primer cas, s'informa de la "despesa verda", generalment entesa com a despesa orientada a objectius de canvi climàtic. En el segon cas, s'informa de tres categories rellevants: "Power up" (tecnologies netes i renovables), "Renovate" (eficiència energètica dels edificis) i "Recharge and refuel" (transport sostenible i estacions de recàrrega). Aquestes classificacions tenen el problema que no són gaire detallades i que inclouen partides de despesa en múltiples categories.

- Pel costat de l'oferta energètica, inversions en energies renovables (solar i eòlica, principalment) i en la xarxa elèctrica.
- Pel costat de la demanda energètica, primer, mesures d'eficiència energètica (en edificis i processos de producció), i segon, descarbonització del sector del transport, que inclou la mobilitat elèctrica (reemplaçament de vehicles i punts de recàrrega elèctrica) i les infraestructures de transport sostenible (transport públic i trens d'alta velocitat).

#### 4.1.

### **La despesa energètica és més d'un terç de tots els fons mobilitzats per l'MRR**

En el conjunt de la UE, la despesa energètica representa el 36 % del total de fons de l'MRR assignats actualment als estats membres: 180 mM€ (a preus del 2019), o un 1,4 % del PIB. Els plans de despesa d'Espanya i països seleccionats de l'entorn (França, Itàlia, Alemanya) hi destinen una proporció similar, en línia amb el conjunt del bloc. En general, els estats amb bretxes d'inversió més intenses, que també són els països amb rendes *per capita* més baixes, tendeixen a destinar una proporció inferior dels fons de l'MRR a la despesa energètica, en part degut a altres prioritats on també hi pot haver endarreriment (per exemple, el sector digital).

#### 4.2.

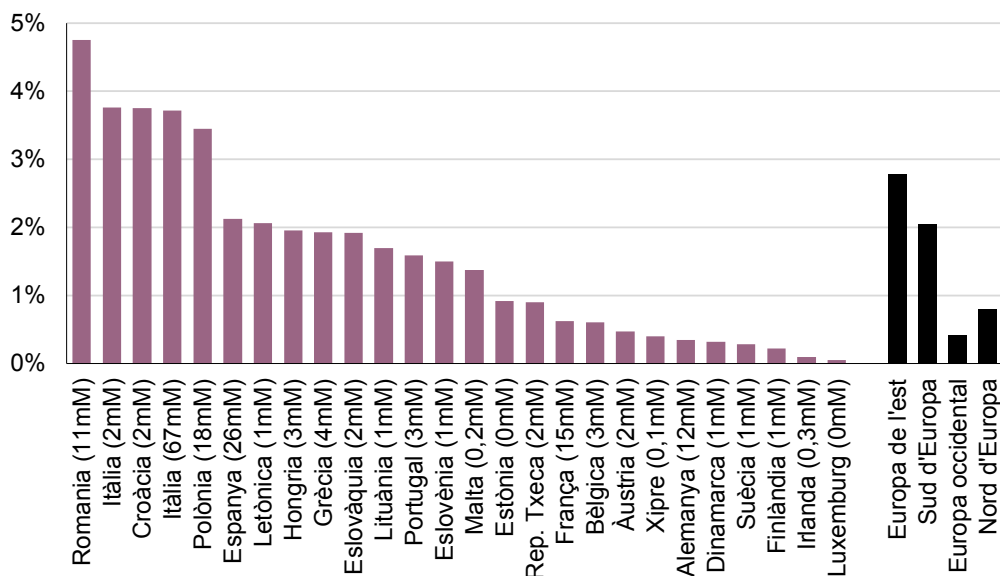
### **En relació amb el PIB, el total de despesa energètica és més alt a l'est i el sud europeus, on hi ha una bretxa més intensa**

En termes absoluts, les despeses d'Itàlia i Espanya serien les més grans (67 i 26 mM€, respectivament). Sobre el PIB, la despesa és més alta a l'est i el sud europeus (especialment, Romania, Bulgària, Croàcia, Itàlia i Polònia, seguides d'Espanya) (gràfic 3). Això està alineat amb les necessitats d'inversió més altes que tenen, per assolir l'objectiu per al 2030 de reducció d'emissions. Aquesta despesa energètica més gran sobre el PIB és principalment degut a uns fons MRR més abundants en aquests països - com a resultat del criteri de convergència en l'assignació de fons.<sup>9</sup> Les transferències de l'MRR s'han assignat en un grau més alt a aquests estats, amb economies més desfavorides, i els préstecs, opcionals, també han estat relativament més atractius per als governs de l'est i el sud europeus.<sup>10</sup>

9 Com s'ha dit, els països amb més necessitats d'inversió no necessàriament sempre estan destinant una proporció més alta de l'MRR a la despesa energètica, en part reflectint la necessitat de destinar també fons a altres prioritats (com l'àmbit digital). Tot i així, com que reben uns fons de l'MRR més abundants, eventualment tenen una despesa energètica més alta sobre el PIB.

10 Fins ara, les economies que s'han aollit a préstecs de manera més significativa (prop del seu màxim de préstecs disponibles) són Itàlia, Grècia, Romania i, en un grau inferior, Polònia.

**Gràfic 3. Despesa energètica de l'MRR (% del PIB del 2019)**



Font: elaboració pròpia a partir de Bruegel (2022). Les xifres per regió són mitjanes no ponderades. Els mM€ afegits al costat del nom de cada estat membre s'expressen a preus del 2019.

### 4.3.

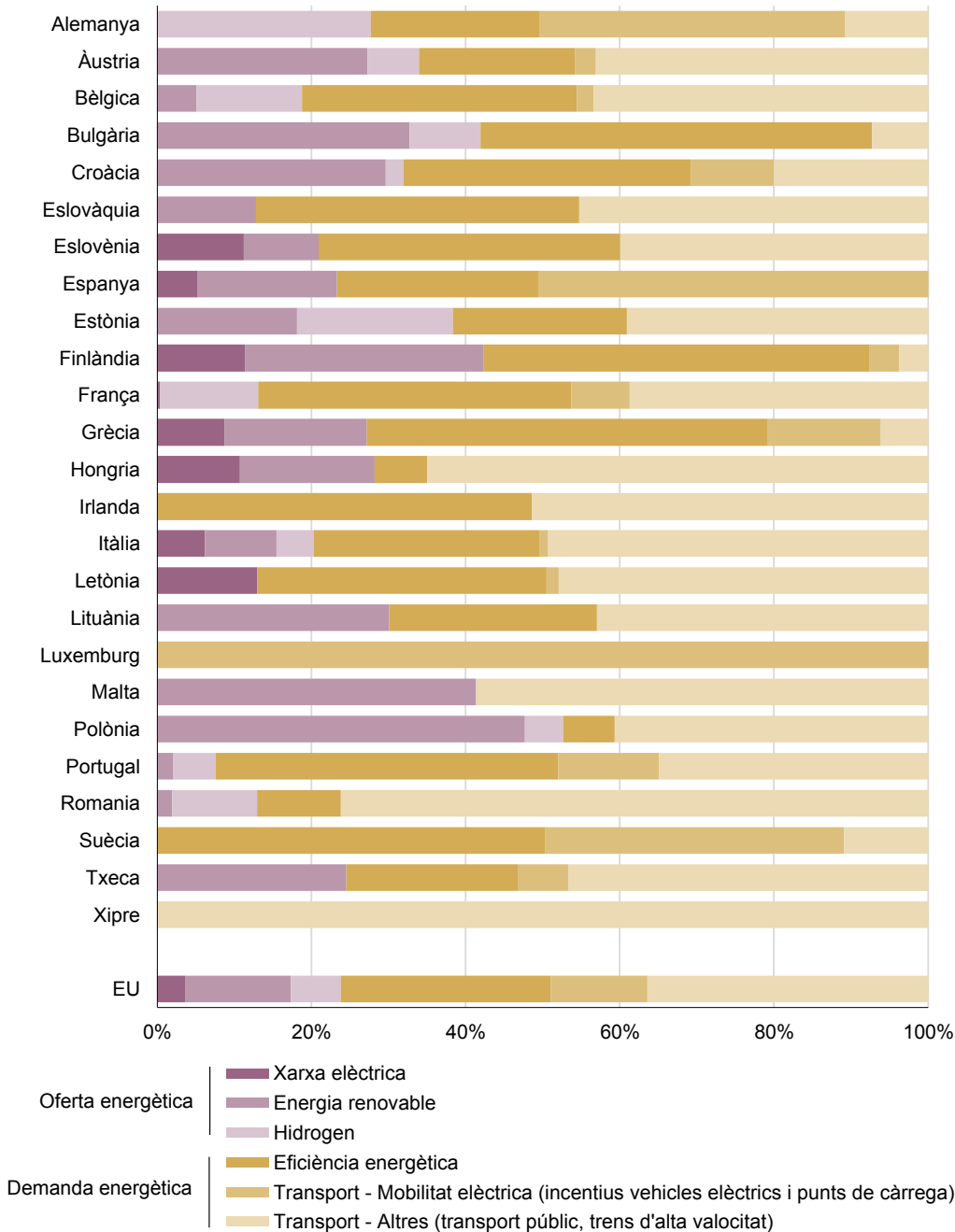
#### **En línia amb el caràcter de les necessitats d'inversió, la descarbonització dels sectors del transport i residencial és el component de la despesa amb més pes**

En el conjunt de la UE, els grups de despesa energètica principals corresponen a la descarbonització del sector del transport i a l'eficiència energètica (principalment, del sector residencial). Aquesta composició de la despesa està generalment en línia amb les necessitats d'inversió identificades per la CE, que emfatitzen el costat de la demanda energètica. Cal destacar, no obstant, que hi ha heterogeneïtat entre països.

- El transport sostenible és la prioritat de despesa més destacable (el 49 % del total de la UE, i la primera despesa en 20 països). A Espanya i Alemanya, això principalment consisteix en incentius fiscals a la compra de vehicles elèctrics i punts de càrrega de vehicles. En altres casos, com ara Itàlia i França, la despesa per al transport se centra en altres transports sostenibles, principalment transport públic i trens d'alta velocitat.
- L'eficiència energètica seria la prioritat següent (el 27 % del total de la UE, i el component de la despesa més alt en 8 països). Això recull, principalment, millores en l'aïllament d'edificis i, més secundàriament, inversió en maquinària i processos productius de les empreses. A Espanya, França, Itàlia i Alemanya, aquest capítol ocupa una part significativa entre les tres despeses més elevades.

- La inversió pel costat de l'oferta energètica, tenint en compte les energies renovables (eòlica i fotovoltaica), l'hidrogen i la xarxa elèctrica, suposaria la tercera prioritats (24 % del total). Espanya i Itàlia orienten més la despesa a l'energia eòlica i fotovoltaica, mentre que Alemanya i França fan una aposta per l'hidrogen.

**Gràfic 4. Composició de la despesa energètica de l'MRR**



Font: elaboració pròpia a partir de Bruegel (2022).

#### 4.4.

### La contribució de l'MRR sobre les necessitats d'inversió

Com s'ha dit, la despesa energètica de l'MRR se situa sobre un total de 180 mM€. D'acord amb aquestes dades:

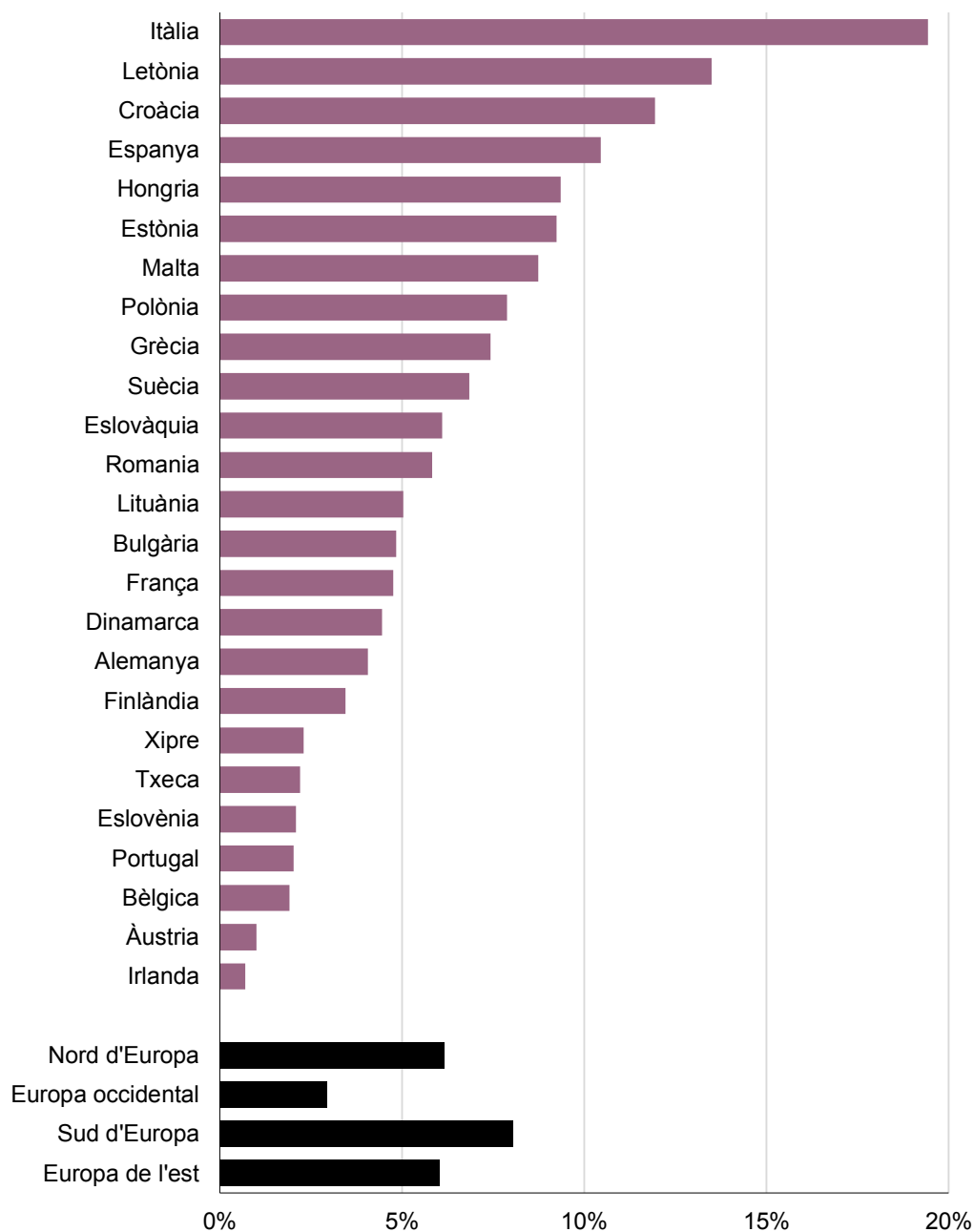
- Si tenim en compte l'anàlisi de la CE sobre requeriments d'inversió addicional, dels 420 mM€ anuals necessaris en la dècada 2021-2030, l'MRR cobriria el 5 % de la bretxa d'inversió.
- Si tenim en compte els requeriments d'inversió total establerts als PNIEC, l'MRR cobriria un 7 % de la inversió, però això varia entre països (gràfic 5). Destaca l'MRR d'Itàlia, amplificat pels préstecs, que cobriria prop del 20 % del total de la inversió. En el cas d'Espanya, l'MRR cobriria més d'un 10 % del total de la inversió requerida.<sup>11</sup>
- Cal tenir en compte que, de mitjana, els PNIEC dels estats membres estableixen que la inversió pública cobreixi el 45 % de la inversió total necessària, al llarg de la dècada 2021-2030.

Aquestes dades reflecteixen que l'objectiu d'emissions requereix, a banda de l'MRR, altres instruments que mobilitzin més inversió pública. Així mateix, a la majoria de països, els PNIEC recullen que la major part de la inversió sigui privada. Per tant, caldrà una inversió privada complementària amb la pública, i que la inversió pública no la desplaci.

---

11 Les xifres de cobertura de l'MRR, en relació amb les necessitats d'inversió, cal interpretar-les amb cautela. D'una banda, l'anàlisi de cobertura de l'MRR sobre la necessitat d'inversió *total* només té en compte el finançament de l'MRR, ometent altres fonts públiques i privades. D'altra banda, l'anàlisi de cobertura sobre la inversió *addicional* necessària presumeix que els nivells d'inversió (pública i privada) de la dècada anterior es repeteixen, a la dècada 2021-2030. Això implica, entre d'altres, un context macroeconòmic que facilita inversions en un nivell similar a la dècada anterior i que les inversions de l'MRR no substitueixin inversió pública estatal.

**Gràfic 5. Despesa energètica de l'MRR, com a percentatge de les necessitats d'inversió total recollides als PNIEC**



Notes: les necessitats d'inversió dels PNIEC (reportades com a percentatge del PIB, de mitjana, en el període 2021-2030) s'han projectat en termes absoluts anuals per al període 2021-2030, utilitzant les previsions de PIB de l'FMI. La despesa energètica de l'MRR s'ha distribuït linealment en el temps. Les xifres per regió són mitjanes no ponderades.

## 5. Conclusions

Segons la CE, acomplir l'objectiu de reducció d'emissions per al 2030 requereix 420 mM€ addicionals cada any, en la dècada 2021-2030, invertits en els sectors d'oferta i de demanda del sistema energètic. En relació amb la inversió mitjana en la dècada anterior, això suposa

augmentar el total de la inversió en un 60 %. L'esforç necessari és més gran a l'est i el sud europeus, i en els sectors de demanda energètica, transport i residencial, principalment.

### 5.1.

#### **Els plans de despesa mostren una clara intenció d'utilitzar l'MRR per avançar en la transició energètica**

Els estats de la UE destinen el 36 % de l'MRR, o 180 mM€, a la descarbonització del sistema energètic:

- Les economies de l'est i el sud europeus veuen les inversions més altes, respecte al seu PIB, en línia amb unes necessitats d'inversió energètica més grans. Tot i que aquestes economies no necessàriament destinen una proporció més gran de l'MRR a la despesa energètica, l'est i el sud europeus tenen més inversions en relació amb el seu PIB, perquè disposen d'uns paquets d'estímul més grans. Això és pel criteri de convergència que ha distribuït les transferències i per la petició més elevada de préstecs en aquests països.
- La despesa energètica de l'MRR emfatitza la descarbonització dels sectors del transport i residencial, en línia amb les bretxes més grans que hi ha en la descarbonització d'aquests àmbits. Tot i que hi ha força heterogeneïtat entre els plans dels països, en el conjunt de la UE, els principals components de la despesa energètica són el transport sostenible (transport públic, trens d'alta velocitat i incentius a la compra de vehicles elèctrics) i les millores en l'eficiència energètica dels edificis.
- La bretxa d'inversió és gran, i l'MRR cobreix una part limitada de la inversió necessària. L'MRR representa el 5 % de la inversió *addicional* que es necessita durant el període 2021-2030, considerant les necessitats previstes per la CE, o el 7 % de la inversió *total*, si prenem com a base les estimacions dels estats membres. Per contextualitzar aquestes xifres, cal tenir en compte que es preveu que el 45 % de la inversió necessària sigui inversió pública, de mitjana. Per tant, no solament cal més inversió pública, sinó també un augment de la inversió privada (que seria la major part de la inversió).

### 5.2.

#### **Tancar la bretxa d'inversió requereix més inversió pública, addicionalitat i complementarietat amb la inversió privada**

- Cal més inversió pública, amb més fons comunitaris o estatals. En primer lloc, els fons comunitaris poden ser fonts de més inversió

addicional, a través dels préstecs MRR, que estan infrautilitzats. Els estats del sud i de l'est, donades una bretxa especialment significativa i unes primes de risc generalment més altes, podrien acollir-se a préstecs en major mesura.<sup>12</sup> En segon lloc, la UE podria augmentar la quota de despesa mínima que s'ha de destinar a objectius de canvi climàtic en altres vies de finançament comunitari ja existents, en particular, els Fons Estructurals i de Cohesió (FEC).<sup>13</sup> En tercer lloc, alternativament, l'augment de la inversió estatal s'hauria de finançar a través de deute, repriorització de la despesa o uns ingressos fiscals més alts.

- Cal que els fons de l'MRR representin una inversió pública *addicional*, és a dir, que financin projectes d'inversió pública que els estats no haguessin dut a terme sense els recursos europeus. Una anàlisi del *think tank* del Parlament Europeu (PE 2022) ha trobat que a Espanya i Itàlia una part dels projectes que es finançaran via MRR ja es recollien en plans d'inversió pública estatal anteriors. En aquest cas, l'MRR no generarà el màxim d'inversió addicional (tan sols substituirà la manera en què es financen els projectes).<sup>14</sup> En un sentit similar, altres estudis han suggerit que, en el passat, les transferències dels Fons Estructurals i de Cohesió de la UE han induït una reducció de la inversió pública estatal, possiblement deguda a aquest efecte de substitució (Hagen i Mohl, 2009; Ederveen *et al.*, 2002).<sup>15</sup>
- A la majoria de països, la bretxa d'inversió s'haurà de cobrir mobilitzant més inversió privada: per tant, la inversió pública ha de ser complementària amb el sector privat. En primer lloc, cal que la inversió pública seleccioni projectes complementaris amb la iniciativa privada. Tot i que hi ha cert consens en què, a llarg termini, la inversió pública és complementària a la inversió privada i, per tant, tendeix a incentivar-la (per exemple, BdE 2022), caldria que els projectes d'inversió pública que se seleccionin busquin intensificar aquest efecte. En segon lloc, calen programes que mobilitzin especí-

12 Dels 360 mM€ de préstecs disponibles, només set països els han demanat (principalment, Itàlia, Grècia, Romania i Polònia), per un total de 166 mM€, a preus del 2018. Els estats membres els poden sol·licitar fins a l'agost del 2023.

13 En el període de programació 2021-2027, els FEC tenen quotes mínimes de despesa per a objectius de canvi climàtic inferiors a l'MRR.

14 L'estudi assenyala que això pot ser perquè els governs altament endeutats poden tenir un incentiu per finançar inversió pública estatal ja planificada a través de l'MRR. La regulació de l'MRR estableix que aquests fons no poden dirigir-se a projectes que ja tenen finançament d'altres fons europeus, un requisit que la Comissió ha comprovat en aprovar els plans de recuperació de cada país. No obstant, no hi ha una regulació sobre "addicionalitat" dels fons de l'MRR respecte de la inversió pública estatal.

15 Per exemple, segons Ederveen *et al.* (2002), cada euro addicional de fons estructurals comporta una reducció en inversió pública estatal de 17 cèntims.



ficament inversió privada, com l'InvestEU, en què la UE proporciona garanties per atraure capital privat.

## 6. Bibliografia

BdE. «La respuesta de la inversión privada a un incremento de la inversión pública». *Boletín Económico del Banco de España*, núm. 2 (2022).

BEI. *EIB Investment Report 2020/2021: Building a smart and green Europe in the COVID-19 era* [en línia]. 2021. <<https://www.eib.org/en/publications/investment-report-2020>>.

BRUEGEL. *European Union countries' recovery and resilience plans dataset* [en línia]. 2022. <<https://www.bruegel.org/dataset/european-union-countries-recovery-and-resilience-plans>>.

CE. *The climate change challenge for European regions*. DG for Regional Policy, 2020. Background document to Commission Staff Working Document SEC(2008) 2868: *Regions 2020: An assessment of future challenges for EU regions*.

CE. *Impact assessment report accompanying the Proposal for a Directive as regards to the promotion of energy from renewable sources* [en línia]. Commission Staff Working Document, 2021. <[https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:-of87c682-e576-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:-of87c682-e576-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF)>.

CE. *Implementing the RePower EU action plan: investment needs, hydrogen accelerator and achieving the bio-methane targets* [en línia]. Commission Staff Working Document, 2022. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SCo230&from=EN>>.

EDERVEEN, S.; GORTER, J.; MOOIJ, R.; NAHUIS, R. *Fund and Games: The Economics of European Cohesion Policy*. CPB Netherlands' Bureau for Economic Policy Analysis, 2002.

HAGEN, T.; MOHL, P. *How Does EU Cohesion Policy Work? Evaluating its Effects on Fiscal Outcome Variables* [en línia]. ZEW Centre for European Economic Research, 2009, Discussion Paper No. 09-051. <<https://ssrn.com/abstract=1494322>> <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1494322>>.

HASNA, Z. *The Grass Is Actually Greener on the Other Side: Evidence on Green Multipliers from the United States* [en línia]. Job Market Paper, 2021. <[https://www.econ.cam.ac.uk/people-files/postgrad/zh274/ZeinaHasna\\_JMP.pdf](https://www.econ.cam.ac.uk/people-files/postgrad/zh274/ZeinaHasna_JMP.pdf)>.

PE. *The added value of the Recovery and Resilience Facility - Based on an assessment of the Recovery and Resilience Plans: France, Italy, Portugal and Spain* [en línia]. Estudi del laboratori d'idees del Parlament Europeu, 2022. <[https://www.europarl.europa.eu/thinktank/es/document/IPOL\\_STU\(2022\)689452](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/es/document/IPOL_STU(2022)689452)>.

### **Paraules clau**

transició energètica, Mecanisme de Recuperació i Resiliència, Fons Estructurals i de Cohesió, inversió pública.

# Bloc III: Experiències

# Catalunya podrà liderar la mobilitat elèctrica?

**Ramon Comellas**

President del Grup Circutor

**Joan Pallisé**

Assessor energètic del Grup Circutor

## 1.

### Introducció

Ara fa dotze anys, el senyor Ramon Arribas, director del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS), adscrit en aquells anys al Departament de Vicepresidència de la Generalitat, ens encarregà un estudi sobre la situació de la mobilitat elèctrica, quan tot just començava a emergir aquesta nova modalitat en el món de la mobilitat i del transport. El treball s'edità a la col·lecció "Informes del CADS" amb el número 10 i el títol *Diagnosi i perspectives del vehicle elèctric a Catalunya*.

El document analitzava les dades de mobilitat a Espanya i Catalunya, els problemes del transport lligats a la dependència energètica del petroli, l'estructura del parc, les emissions i alguns aspectes ambientals, alhora que feia una descripció de l'estat de la qüestió de les noves bateries d'ió liti, de les característiques dels nous vehicles elèctrics (VE), així com de les implicacions en el subministrament elèctric amb les imprescindibles infraestructures de recàrrega. L'estudi anava acompanyat d'una prospectiva sobre el creixement de la mobilitat elèctrica al nostre país, en què vam escollir dos escenaris diferents: el més optimista, basat en les projeccions del Ministeri d'Indústria, que plantejava un escenari voluntarista amb més d'un 3 % del parc de vehicles existents el 2014, i un segon escenari més modest, en què proposàvem un 2 % del parc. La realitat s'ha mostrat més conservadora, atès que, vuit anys més tard, la xifra real se situa aproximadament en un 1 %, si bé les perspectives actuals semblen més afalagadores.

Encara avui hi ha persones que dubten sobre la viabilitat dels VE i s'interroguen d'on obtindrem el subministrament de "tanta" electricitat, o sobre quina serà la vida real de les bateries d'ió liti. O tenen

sospites sobre les veritables emissions dels VE respecte dels vehicles de combustió interna (VCI), entre moltes altres qüestions. De manera una mica paradoxal, tots aquests neguits quasi sempre ignoren el factor principal que farà imparabile la mobilitat elèctrica: l'elevada **eficiència energètica** respecte dels vells VCI i també, fins i tot, respecte dels vehicles amb hidrogen i cel·les de combustible que són presentats com una alternativa de futur.

A banda del tema fonamental que representa l'eficiència, hi ha tot un seguit d'aspectes, econòmics, energètics, ambientals i polítics, d'una extraordinària rellevància intensament relacionats. Cal remarcar que, tot i la importància estratègica de l'energia elèctrica, des d'un punt de vista econòmic, la producció elèctrica només suposava entre un 2,5 % i un 3 % del PIB d'un país, malgrat que és imprescindible per al desenvolupament de totes les branques de l'activitat econòmica i social. Informacions molt recents relacionades amb l'energia indiquen la vigència dels problemes: “El conflicto entre Rusia y Ucrania ha generado un incremento de los precios generalizado. Sin embargo, en el sector energético, Europa ha sido de los continentes más perjudicados, ya que gasta ahora casi una décima parte de su PIB en energía, el porcentaje más alto desde 1981. La magnitud del impacto depende de la velocidad a la que Occidente reduzca sus importaciones de energía rusa”.<sup>1</sup>

Lligat a l'anterior, hi ha l'enyorada i mai aconseguida independència energètica, i és que tots els països del nostre entorn són dependents de les importacions de combustibles fòssils (Espanya ho és de l'Àrabia Saudí, Algèria, Rússia...), amb un baix nivell d'autoabastiment. Hem estat dècades amb un nivell de dependència situat entre un 71 % i un 80 %, i no ha sigut fins al 2021 quan s'ha arribat a un 68 %, gràcies a l'aportació de les noves fonts renovables. Això significa que més de les dues tercers parts dels recursos energètics emprats procedeixen de la importació d'altres països, aspecte amb repercussions molt desfavorables per a la nostra balança de pagaments.

Si dels escenaris globals de l'energia passem al món sectorial del transport, ens adonarem que, malgrat els reiterats esforços, seguim dependent totalment del petroli o, més ben dit, dels seus subproductes, els carburants.<sup>2</sup> Fa dècades que el transport s'ha configurat com el sector més consumidor d'energia, superant amb escreix el consum dels sectors industrial i domèstic, com podrem comprovar als apartats següents.

1 SÁNCHEZ, Irma. “Europa ya gasta el 10% de su PIB en energía”. *El Economista* [en línia] (8 abril 2022). <<https://www.eleconomista.es/energia/noticias/11711411/04/22/Europa-ya-gasta-el-10-de-su-PIB-en-energia-segun-BlackRock.html>>.

2 Cal exceptuar-ne la xarxa electrificada ferroviària i de metro, que representa un petit percentatge de poc més de l'1 %.

Aquesta dependència no sols implica un alt consum d'energia, sinó també una baixa eficiència energètica com a conseqüència directa del model de transport i, per descomptat, un elevat nivell d'emissions de gasos tòxics contaminants (òxids de nitrogen, partícules, hidrocarburs, metalls pesants...), que no s'ha de confondre amb les altres preocupants emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH). Ambdós aspectes ens situen en un dels escenaris més inquietants de cara al futur, molt especialment quan sabem que és l'únic sector en el qual les emissions de GEH han seguit augmentant durant les tres darreres dècades, amb un increment del 33,5 % entre el 1990 i el 2019 (European Environment Agency, 2022). Una dada important per retenir de l'any 2020 és que les emissions de GEH atribuïdes als transports van ser les més elevades de tots els sectors, amb un valor de 85,72 MTECO<sub>2</sub>, que van representar més del 26 % del total d'aquestes emissions.

Fa anys s'acceptava l'existència d'una relació directa entre el consum d'energia i el benestar econòmic, però aquest vincle no és tan senzill ni immediat, per més que la demanda energètica d'un país i el seu consum per habitant representin un indicador important a l'hora d'avaluar el seu nivell de desenvolupament i riquesa. La mesura de la intensitat energètica podria ser un indicador millor, en què el factor més important estaria representat per l'eficiència energètica<sup>3</sup> dels convertidors tecnològics.

En aquest article ens proposem explicar de manera resumida la multiplicitat d'interaccions que es deriven del nostre escenari energètic, que no sempre es tenen en compte amb la importància que caldria: la dependència dels combustibles fòssils i molt especialment del petroli, el nivell de dependència energètica, l'eficiència energètica dels sistemes, la generació i el subministrament elèctrics, les emissions contaminants i les de GEH associades, l'estructura del transport i el nostre parc mòbil, la innovació tecnològica i la digitalització que pot comportar el canvi d'escenari del transport, etc. Partim de la premissa que hauríem de considerar la mobilitat elèctrica com a sinònim d'eficiència i d'independència energètica; de reducció d'impactes al medi ambient i a la societat, i d'innovació, digitalització i renovació de la indústria automobilística.

Dins el complex i dinàmic món de l'energia i la mobilitat, és impossible prendre decisions encertades si no es disposa d'informació contrastada i actualitzada, per més que com a país no ens podem enaltir gaire pel que fa a la recopilació d'estadístiques energètiques (les darreres dades

3 L'eficiència energètica actualment és un terme col·loquial, si bé en el món de l'enginyeria té un significat ben definit i quantificable: obtenir el màxim de l'objectiu volgut emprant el mínim d'energia i recursos. Així, en el cas dels vehicles de combustió interna (VCI) aconseguim eficiències del 25-30 %, mentre que en els vehicles elèctrics (VE) parlariem de més d'un 80 %.

“oficials” són de l’any 2019), si bé se’n poden obtenir de més actualitzades consultant altres fonts i, a partir d’elles, saber si podrem prendre decisions per liderar el nou paradigma de mobilitat que ha d’arribar.

Entre els objectius del Pla nacional integrat d’energia i clima (PNIEC) 2021-2030, destaca aconseguir per al 2030 els resultats següents:

- Reduir en un 21 % les emissions de GEH respecte al 1990.
- Millorar l’eficiència energètica en un 39,6 %.
- Arribar al 42 % d’energies renovables en el consum d’energia final.
- Assolir un 74 % de la generació elèctrica amb energies renovables.

Com veurem, tots ells tenen una relació directa amb el tipus de mobilitat que s’aconsegueixi implantar.

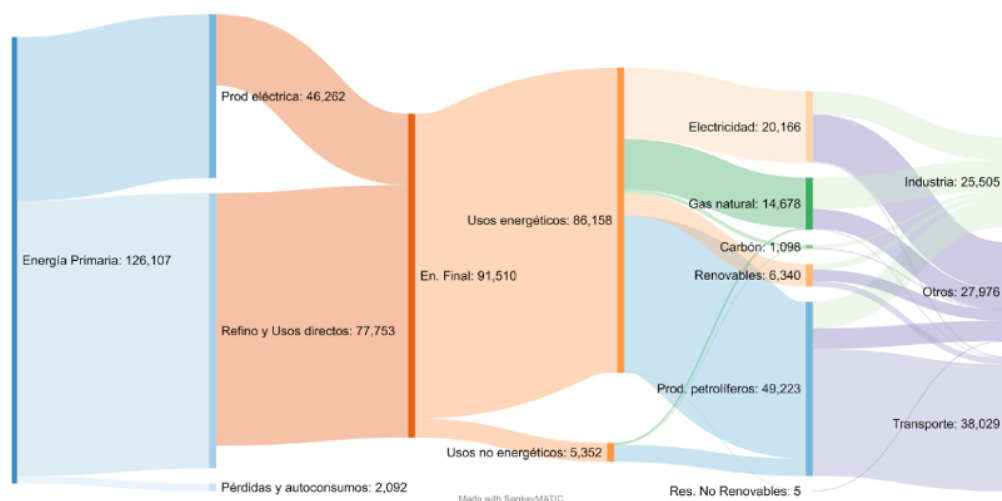
## 2.

### Escenaris energètics. L’hegemonia del petroli

Podem avaluar qualsevol escenari energètic d’una manera visual i ràpida mitjançant dos tipus de gràfics: per una banda, tenim el diagrama de flux anomenat de Sankey, que ens ofereix molta informació, i, per l’altra, els coneguts diagrames circulars per sectors.

Analitzant de manera breu l’estructura energètica estatal, ens adonem que la demanda d’energia primària (EP) de l’any 2019 fou de 126,1 MTEP i que, després de les transformacions i pèrdues, va quedar un consum d’energia final (EF) de 86,1 MTEP per a usos energètics. La desagregació final per sectors és prou eloqüent: més del 41,5 % del consum correspon al sector del transport, en què els productes petrolífers ocupen tota l’amplada de banda, mentre que les línies de flux corresponents al gas natural i l’electricitat són gairebé imperceptibles.

**Gràfic 1. Diagrama de Sankey de l'energia a Espanya 2019 (kTEP)**



Font: *La energía en España 2019* [en línia].  
<<https://energia.gob.es/balances/Balances/LibrosEnergia/libro-energia-espana-2019.pdf>>.

Representant el consum d'EP en un gràfic per sectors en funció dels recursos energètics, veurem de manera fefaent com els productes petrolers representen el 44,5 %, i afegits a la resta de combustibles fòssils ocupen gairebé les tres quartes parts del pastís, mentre que la suma de les energies renovables (ER) i l'energia nuclear comportaria l'altra quarta part. D'entrada podem diagnosticar que estem dins d'un escenari preocupant per fer front al repte de la transició energètica: millorar l'eficiència energètica, reduir la dependència energètica, disminuir les emissions de GEH i incrementar de manera substancial la generació amb ER.<sup>4</sup>

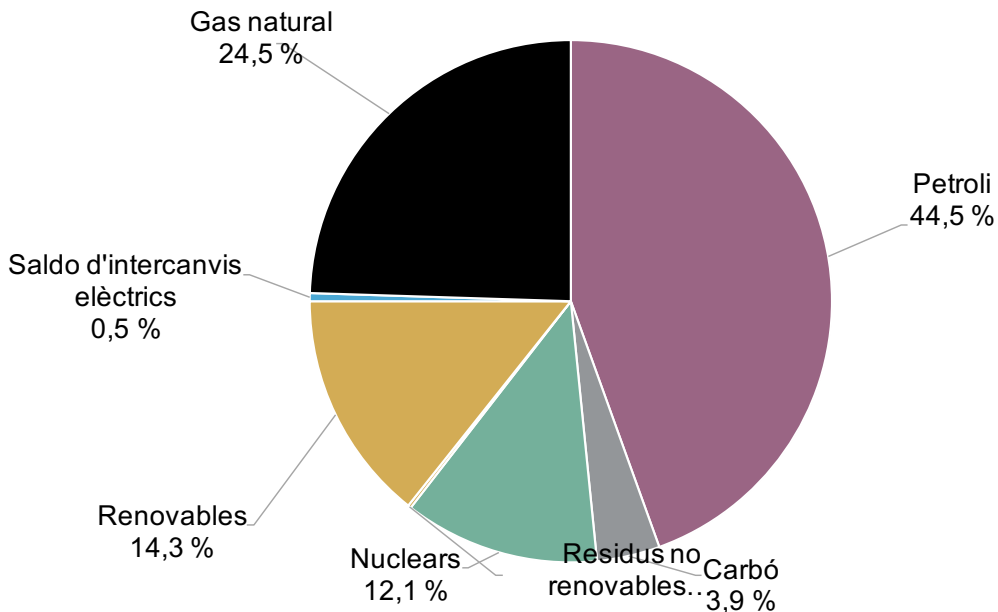
Actualitzant una mica les dades el 2021,<sup>5</sup> ja amb una certa recuperació econòmica, tindriem que la demanda d'EP fou de 117,1 MTEP, mentre que el consum d'EF dels usos energètics fou de 80,1 MTEP, amb una intensitat energètica en l'EF de 71,5 TEP/M€.

4 Pla nacional integrat d'energia i clima 2021-2030.

5 Font: Club Espanyol de l'Energia.



**Gràfic 2. Consum d'energia primària a Espanya 2019 (%)**

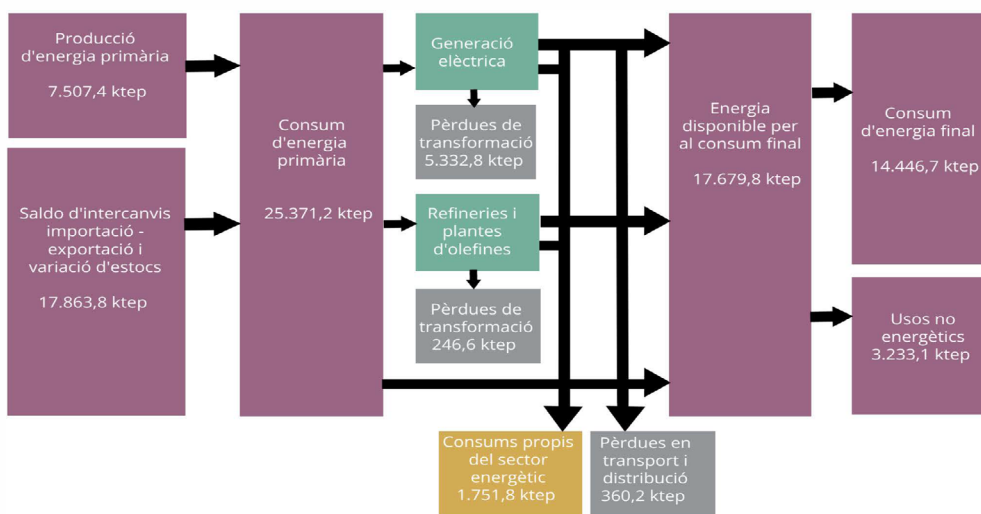


Font: *La energía en España 2019* [en línia].  
<https://energia.gob.es/balances/Balances/LibrosEnergia/libro-energia-espana-2019.pdf>.

De manera diàfana, tant en l'EP com en l'EF segueix destacant el petroli, amb un increment del 8,6 %, però, en segon lloc, observem que el panorama ha canviat amb l'augment de les ER (7,1 %) respecte als anys anteriors, aspecte que per si sol ja feu disminuir els GEH en un 1,4 %.

Si s'analitza el diagrama per a Catalunya, per més que no podem dir que hi hagi un sistema energètic català, percebem que no estem ben situats, sinó més aviat en una posició delicada.

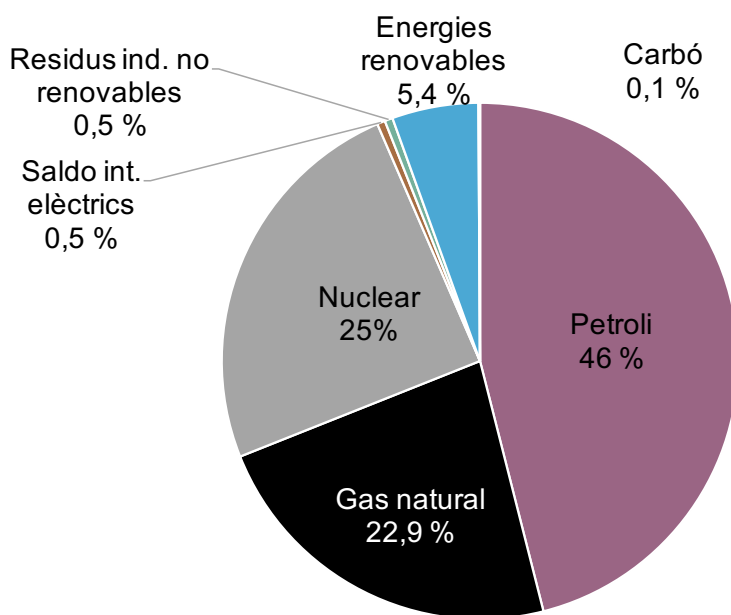
**Gràfic 3. Diagrama Sankey del sistema energètic de Catalunya l'any 2019**



Font: *Balanç energètic de Catalunya* [en línia]. [https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc\\_energetic/](https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc_energetic/).

La demanda d'EP de Catalunya representa un 20,1 % de l'estatal, mentre que el consum en EF per a usos energètics seria del 18 %. Les dades per si soles podrien fer-nos pensar en una posició similar a les estatals, però el resultat se'ns capgira quan ho analitzem des de l'estructura de producció en EP o el consum d'EF per sectors. Si bé el consum principal d'EP segueix sent el petroli amb un 46 % (1,5 punts per sobre de l'Estat), en segon lloc, hi apareix l'energia nuclear amb un 24,5 % i després el gas natural, mentre que les ER tan sols representarien un 5,4 %, enfront del 14,3 % de l'Estat, de manera que durant els darrers anys la diferència ha anat augmentant i, si bé actualment s'estan tramitant més de 1.800 MW de projectes amb ER,<sup>6</sup> anem més endarrerits.

**Gràfic 4. Consum d'EP per fonts a Catalunya 2019 (%)**



[https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc\\_energetic/](https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc_energetic/)  
 Font: *Balanç energètic de Catalunya* [en línia]. <[https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc\\_energetic/](https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc_energetic/)>.

Respecte al consum d'EF, la dada més significativa torna a ser la dels productes petrolers, que representen gairebé la meitat del consum final amb un 49,8 %, mentre que les ER suposen tan sols un 3,9 %, conseqüència del fet que, des del 2014, no hi ha hagut una incorporació significativa en el mix elèctric català (ICAEN, 2019), si bé podríem actualitzar-ho dient que l'excepció serien les instal·lacions elèctriques d'autoconsum, amb unes 50.000 instal·lacions.

6 Teresa Jordà, consellera d'Acció Climàtica, o bé Observatori de les Energies Renovables de Catalunya. *Catalunya no avança amb la transició energètica* [en línia] (13 juliol 2021). <<https://observatorirenovables.cat/wp-content/uploads/2021/07/NP-Observatori-Catalunya-no-avanc%CC%A7a-amb-la-transicio%CC%81-energe%CC%80tica.pdf>>.

Podem cloure l'apartat afirmant que l'objectiu de reducció en la dependència del petroli i de les seves importacions, fins ara, sembla més aviat una quimera que una realitat, i el factor determinant que ho ha impossibilitat ha estat la dependència dels carburants de la mobilitat i els transports. L'objectiu de la UE de descarbonitzar l'economia sols serà possible si es produeix un canvi de paradigma en la mobilitat, mitjançant l'electrificació; i si tot just fa una dècada aquest objectiu podia semblar inversemblant, actualment ja estem en condicions de capgirar-ho, no tan sols amb els segments dels turismes i motocicletes, sinó també amb camionetes, autobusos i camions de més de 3 tones, fet que possibilita actuar de manera directa sobre tots els fronts més crítics.

### 3.

#### Estructura elèctrica del país. El paper de les renovables

Per entendre bé les necessitats de la nova mobilitat elèctrica, cal dedicar una atenció especial al sector. Una de les qüestions que sembla angoixar més institucions i ciutadans quan es parla de la nova mobilitat és saber si es disposarà de prou electricitat per alimentar "tants VE". Com s'obtindrà? Disposarem d'una potència suficient? I de quines fonts o recursos haurem de proveir-nos?

Ateses les grans inèrcies dels escenaris energètics en general i de l'elèctric en particular, cal saber que, tot i tenir a disposició noves tecnologies, dispositius i equipaments (VE, ER, acumulació en bateries, sistemes de gestió distribuïts...), els canvis necessiten un llarg temps de resposta per implantar-se i difondre's. Per modificar l'estructura actual de generació i aconseguir un escenari més sostenible amb ER, els VE, l'acumulació, la digitalització..., cal començar ja sense entretenir-nos.

A la taula 1 es presenta l'evolució recent de la potència instal·lada a l'Estat i les previsions fins a l'horitzó del 2030 (PNIEC). L'aspecte més rellevant en generació convencional és la gran presència de centrals de cicle combinat amb gas natural (CCGN), que es construïren fa uns anys, amb 26.612 MW de potència, la utilització de les quals explicaria en bona part l'actual conjuntura de preus desproporcionats del kWh, mentre la seva configuració sigui de tipus marginalista, en valorar tota la generació al cost de l'última unitat produïda. Darrere les CCGN, hi hauria les velles centrals elèctriques de carbó, amb més de 7.897 MW, i les centrals nuclears, amb quasi 7.400 MW, que fins fa poc constituïen el gruix de la generació elèctrica. El panorama energètic estatal ha dut a terme una transició energètica espectacular en pocs anys, com ho mostren els 28.000 MW eòlics i els quasi 9.000 MW en solar fotovoltaica, que conjuntament amb les centrals hidràuliques han capgirat l'estructura de la generació elèctrica del país.

**Quadre 1. Evolució i objectius de la potència instal·lada a Espanya 2015-2030 (MW)**

	2015	2020	2025	2030
Eòlica (terrestre i marina)	22.925	28.033	33.033	38.033
Solar fotovoltaica	4.854	8.921	13.921	18.921
Solar termoelèctrica	2.300	2.303	2.303	2.303
Hidràulica	14.104	14.109	14.109	14.109
Bombament mixt	2.687	2.687	2.687	2.687
Bombament pur	3.337	3.337	3.337	3.337
Biogàs	223	211	211	211
Biomassa	677	613	613	613
Carbó	11.311	7.897	2.165	2.165
Cicle combinat	26.612	26.612	26.612	26.612
Cogeneració	6.143	5.239	4.373	2.470
Fuel i fuel/gas (territori no peninsular)	3.708	3.708	3.708	3.708
Residus i altres	893	610	470	341
Nuclear	7.399	7.399	7.399	7.399
<b>Total</b>	<b>107.173</b>	<b>111.679</b>	<b>114.940</b>	<b>122.909</b>

Font: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.

Les dades de la taula 2 només arriben fins al 2019, però disposem de dades més actualitzades del Club Espanyol de l'Energia. Així, el 2021 va assolir-se una generació de 273 TWh, que representa un increment del 3,6 % respecte a l'any anterior. Si bé la dada més destacada fou la posada en funcionament de centrals amb ER, que van consolidar la seva participació en el mix elèctric i van passar a significar un 45,8 %. La fotovoltaica és la que va créixer més: va augmentar la potència en un 28,8 %, fins a valors de 3,3 GW en terrenys i uns 1,2 GW en auto-consum a les teulades. Per la seva banda, l'energia eòlica comptava amb 28.138 MW: va incrementar la potència amb 842,6 MW i va produir el 23 % de l'electricitat consumida a Espanya.

L'evolució de les ER a l'Estat pot explicar-se per les grans extensions de territori (Andalusia, Extremadura, Castella, Aragó...), zones amb baixa densitat de població i preus del sòl assequibles, que no es donen amb tanta abundor a Catalunya; també cal considerar aspectes com ara l'empenta de les administracions en la tramitació de projectes i la feble oposició social en la majoria dels casos.

A Catalunya les coses han anat de manera diferent i, seguint les dades que ens ofereix l'OBERCat, resultaria que la potència instal·lada en ER en els darrers anys representaria una xifra insignificant. Això ha portat a afirmar de manera prou contundent que "Catalunya no avança amb la transició energètica".

## Quadre 2. Desglossament de la producció bruta total (GWh)

	2018	2019	%	
Nuclear	55.766	58.349	21,35%	
Hidràulica	36.803	26.874	9,83%	100%
Per bombament	2.469	2.228		9,04%
Solar	12.744	15.103	5,53%	
* Marea, onades i oceànica	0	20	0,01%	
Eòlica	50.896	55.647	20,36%	
Combustibles fòssils	118.149	117.125	42,86%	100%
Carbó	38.716	13.982		11,94%
Fuel	14.498	12.883		11,00%
Gas natural	58.004	83.703		71,46%
Biocombustibles i residus	6.931	6.557		5,60%
Altres fonts (recuperació de calor)	94	132	0,05%	
Total	274.452	273.257	100,00%	

“Font: La energía en España 2019 [en línia].

<<https://energia.gob.es/balances/Balances/LibrosEnergia/libro-energia-espana-2019.pdf>>.”

De manera literal, l’OBERCat ens diu: “L’energia nuclear segueix essent la primera font de generació elèctrica a Catalunya malgrat que el 2021 s’han produït dues llargues aturades per recàrrega de combustible i diverses incidències que n’han reduït l’aportació en 501,8 GWh respecte a l’any anterior, un 2,1% menys. És que mentre no s’augmenta decididament la capacitat de generació amb les fonts energètiques pròpies del país que encara són per desenvolupar (el sol i el vent), no hi ha qui li faci la competència als reactors nuclears d’Ascó i Vandellòs, per moltes incidències que puguin tenir. La diferència amb la segona i tercera tecnologies de generació és més que notable. L’any 2021 els tres reactors nuclears d’Ascó i Vandellòs gairebé multipliquen per cinc l’aportació dels cicles combinats i de les instal·lacions de cogeneració. Els reactors nuclears han aportat gairebé set vegades el que ha aportat la hidràulica, gairebé nou vegades més electricitat que els parcs eòlics i més de 62 cops l’aportació de l’energia solar fotovoltaica”.

**Taula 3. Evolució de la potència d'ER a Catalunya 2017-2021 (MW)**

	2017	2018	2019	2020	2021	Variació 2021-2020
Hidràulica	1.921,58	1.921,58	1.921,58	1.922,05	1.922,22	0,17
Hidràulica reversible	439,84	439,84	439,84	439,84	439,84	0,00
Eòlica	1.268,81	1.271,16	1.271,16	1.271,16	1.271,16	0,00
Solar fotovoltaica	267,58	272,00	278,28	281,05	282,31	1,26
Solar tèrmica	24,29	24,29	24,29	24,29	24,29	0,00
Altres renovables	63,66	63,66	63,85	63,85	63,85	0,00
Residus renovables	27,18	27,18	27,18	27,18	27,18	0,00
Potència renovable	4.012,94	4.019,71	4.026,18	4.029,42	4.030,85	1,43

Font: Observatori de les Energies Renovables de Catalunya. <<https://observatorirenovables.cat/wp-content/uploads/2021/07/NP-Observatori-Catalunya-no-avanc%CC%A7a-amb-la-transicio%CC%81-energe%CC%8>>

El 20 % de cobertura de la demanda elèctrica amb fonts d'energia renovables és el màxim a què de moment pot aspirar Catalunya mentre no s'augmenti significativament la capacitat de generació amb fonts d'ER no hidràuliques, ja que aquest 20 % només s'assoleix en anys de bona disponibilitat de recursos hidràulics. En els darrers cinc anys, a Catalunya només s'han instal·lat 2,5 MW eòlics.

Disposem d'espai industrial i terrenys privats (teulades, superfícies d'aparcament, terrenys erms en sòl rústic...) per instal·lar-hi fotovoltaica, però possiblement els mecanismes de remuneració per generar excedents no siguin prou interessants per a la incentivació; per ara, avança lentament.

Com a dada interessant per saber el camí que hem de recórrer, cal observar la potència fotovoltaica instal·lada per habitant en alguns països de la UE; Àustria, 1.050 Wp; els Països Baixos, 825 Wp; Alemanya, 714 Wp; Dinamarca, 426 Wp, i Espanya, 337 Wp. Catalunya disposa de tan sols 57 Wp, si bé aquesta xifra està millorant gràcies a les instal·lacions PV d'autoconsum: ara n'hi ha unes 50.000, que totalitzen més de 385 MW, amb un potencial de generació de 500 GWh/any, un ordre similar al que van deixar de produir les centrals nuclears i que necessitem per a la nova mobilitat.

L'autoconsum privat ha crescut força, encara té un llarg camí per fer-ho i segurament podrà augmentar considerablement en la mesura que es difonguin les tecnologies de recàrrega directa dels VE amb energia solar. Respecte a l'energia eòlica i les grans instal·lacions solars sobre el territori, a banda de saber-ne el potencial, cal pensar en una millor

equitat territorial o en una compensació per a les regions generadores (pràcticament tota l'èolica és a la demarcació de poques comarques). Tanmateix, caldrà treballar amb el potencial ramader, el biogàs i el forestal, a banda d'esgotar la capacitat que pugui obtenir-se en centrals reversibles de bombament. Amb els actuals preus de l'energia, podem accelerar totes les actuacions, sense necessitat de subestimar els impactes ambientals, ni la convivència amb el sector agrícola i ramader del país; bo i sabent que l'electricitat de procedència renovable és el complement ideal per a la mobilitat elèctrica.

#### 4.

#### La mobilitat que tenim

A escala mundial, la mobilitat elèctrica ha crescut de manera exponencial en pocs anys: el 2015 es fabricaren prop de 500.000 VE; el 2017 ja foren 1,2 milions; el 2019, uns 2,2 milions, i el 2021, aproximadament 6,6 milions; si ho plasméssim en una gràfica, hi veuríem la funció exponencial perfectament representada. Pel que fa a Espanya, a partir de les dades de l'Associació Espanyola de Fabricants d'Automòbils i Camions (ANFAC), podem actualitzar algunes de les principals característiques del sector de l'automoció: l'any 2021 va representar un 7,7 % del PIB, amb una incidència sobre el nivell d'ocupació del 9 %. Durant l'any s'haurien produït 2.098.133 vehicles, dels quals 1,6 milions serien turismes. Les xifres de matriculació, amb 859.477 unitats venudes, són relativament a causa de la crisi dels microxips, els colls d'ampolla a les cadenes de valor globals i les incerteses per la pandèmia. De la xifra total de vehicles, correspondrien a Catalunya 110.728 unitats, a les quals hauríem d'afegir unes 19.500 furgonetes i 3.095 vehicles industrials i autobusos.

Catalunya disposa d'un important teixit industrial, especialment relevant al sector de l'automoció, però també mostra fortalesa en la logística i els serveis. Totes aquestes activitats incideixen de manera important en el transport generant unes altes necessitats de mobilitat de persones i transport de mercaderies.

De fa uns anys, el creixement del parc de vehicles a l'Estat sembla haver-se amortit, situant-se entorn d'unes 30 milions d'unitats: quasi 25 milions de turismes, uns 5 milions de camions i furgonetes i uns 64.500 autobusos, a banda d'uns 3,8 milions de motocicletes. A totes les tipologies, excepte en el cas de les motocicletes, el gasoil és el principal combustible fòssil. Per la seva banda, podem dir que l'índex de motorització (nombre de vehicles particulars sobre la població total) és molt similar al de la UE, amb unes 530 unitats cada 1.000 habitants.

A la taula 4 hi veiem que la proporció de vehicles de Catalunya respecte a l'Estat sembla una mica baixa, situant-se entorn del 14-15 % en turismes, furgonetes, camions i autobusos, amb la notable excepció de les motocicletes, amb més d'un 23 %.

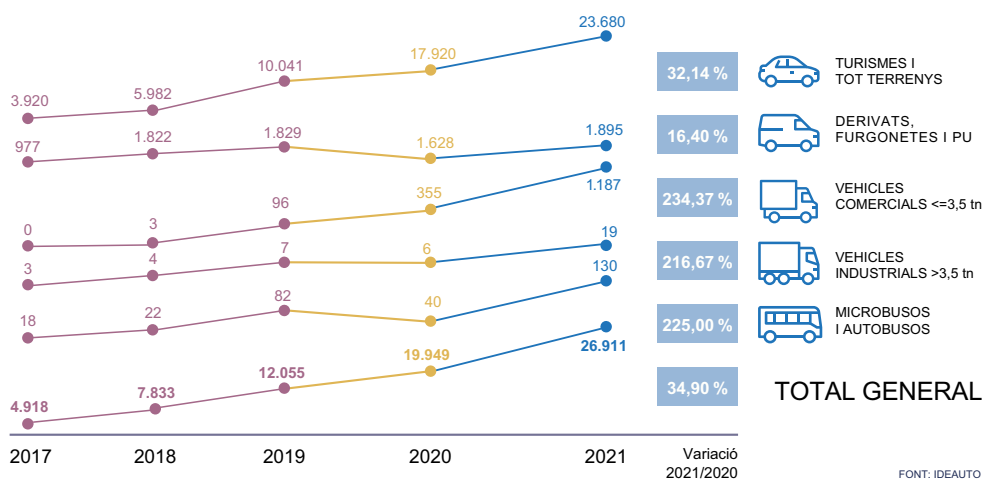
**Taula 4. Tipologia del parc de vehicles. Catalunya i Espanya. 2021 (unitats)**

	Catalunya	Espanya	% Cat./Esp.
Turismes	3.524.212	24.940.969	14,1
Autobusos	9.102	64.447	14,1
Motocicletes	901.489	3.886.220	23,2
Camions, furgonetes	734.343	5.050.416	14,5
<b>Total</b>	<b>5.169.146</b>	<b>33.942.052</b>	

Font: Direcció General de Trànsit i Idescat.

Mentrestant, les matriculacions dels vehicles alternatius, tot i ser relativament baixes, van augmentar un 52 % en comparació amb l'any anterior i van aconseguir un 30 % de la quota total del mercat, amb 71.079 unitats de vehicles electrificats, dels quals destaquen els turismes, les furgonetes i els autobusos (van aparèixer al mercat els primers vehicles comercials de més de 3,5 t).

**Gràfic 5. Matriculacions de vehicles elèctrics a Espanya per tipologia 2021**



Font: Associació Espanyola de Fabricants d'Automòbils i Camions. <<https://anfac.com/publicaciones/informe-anual-2021/>>.

El transport és el sector que consumeix més energia a Espanya, assolint el 40 % del total nacional, de manera que tan sols els turismes ja representen més del 15 % de tota l'energia final consumida.

Fins fa pocs anys, el gruix de la indústria de l'automoció veia amb escepticisme l'aplicació de l'energia elèctrica als seus vehicles, però amb



l'aparició dels primers vehicles elèctrics, s'adonaren del gran potencial i l'eficiència energètica de la mobilitat elèctrica.

El món del petroli, que comprèn els carburants i l'automoció, s'ha mantingut al marge de l'altre gran sector energètic, com era el de l'electricitat, tal com es detalla a l'apartat 5. El domini del petroli en el món del transport era explicable per la seva alta densitat energètica.<sup>7</sup> Però, com a resultat de l'evolució dels dispositius dels telèfons mòbils i els ordinadors portàtils, va desenvolupar-se una nova tecnologia de bateries d'ió liti, les quals possibilitaren emmagatzemar quantitats importants d'electricitat en pesos i volums cada cop més reduïts, i amb la seva fabricació en sèrie s'aconseguien uns costos decreixents, perquè en poc més d'una dècada passaren de 1.000 €/kWh a 200 €/kWh.

Adicionalment, es produí un salt enorme en l'eficiència dels vehicles. Comparant una mateixa unitat energètica, un vehicle de combustió interna de tipus mitjà consumeix 7-10 l / 100 km (que equivaldria a 70-100 kWh / 100 km), mentre que un VE similar tan sols consumirà entre 15 i 35 kWh, aconseguint així el triple d'eficiència. Aquest és el principal motiu pel qual la mobilitat elèctrica es considera del tot imparabile. Ara bé, malgrat els evidents avantatges dels vehicles elèctrics, s'ha de dir que encara no s'ha assolit el repte de fabricar un VE equivalent al que al seu moment fou el model del Ford T, que va possibilitar la motorització de la societat. Els fabricants de VE inicialment començaren amb models petits, de poques prestacions, possiblement amb l'excepció de Tesla,<sup>8</sup> i posteriorment s'han decantat per fabricar VE de gamma mitjana-alta. De ben segur que d'aquí a pocs anys apareixeran models amb bones prestacions i preus més assequibles, objectiu que ja estan aconseguint els grans fabricants xinesos d'automoció.

Són evidents els problemes relatius a la dependència econòmica que representa el petroli, així com les externalitats ambientals que ocasiona (esgotament de matèries primeres, emissions i, molt particularment, el repte envers el canvi climàtic). És per aquesta confluència d'efectes que apareix de manera imperiosa una necessitat de canvi de model que possibiliti alhora un alliberament progressiu dels combustibles fòssils, una reducció de les emissions i l'aprofitament de les ER.

7 L'equivalència energètica de la benzina pot estimar-se en uns 10 kWh/l amb menys d'1 kg de pes, i és un producte fàcil d'emmagatzemar, transportar i utilitzar als motors de combustió interna. Per la seva banda, de l'electricitat, si bé resulta fàcil de generar i de transportar a grans distàncies, pot afirmar-se que no més pot emmagatzemar-se en petites quantitats. Així, per emmagatzemar 1 kWh a les bateries d'àcid plom, es requereix un pes d'uns 20 kg, que ocupa un volum considerable.

8 Tesla fabricà els primers VE que disposaven d'una gran autonomia i prestacions, molt per sobre de tots els altres fabricants.

## 5. Emissions contaminants i canvi climàtic

L'informe de l'Agència Europea del Medi Ambient esmentat anteriorment (European Environment Agency, 2022) destaca el transport com l'únic sector en què les emissions de GEH han augmentat en les darreres tres dècades, amb un increment del 33,5 % entre el 1990 i el 2019.<sup>9</sup>

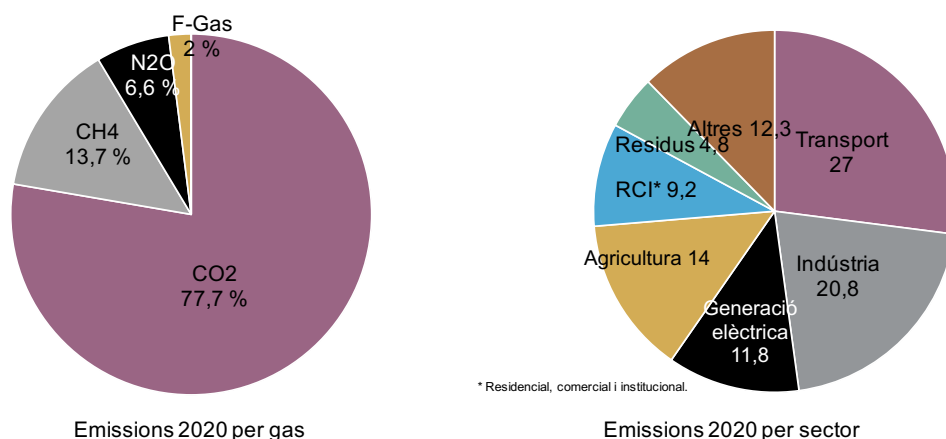
Les emissions brutes de GEH a l'Estat per a l'any 2019 varen estimar-se en 314,5 milions de  $\text{TECO}_2$ , que suposaren una disminució del 5,6 % respecte a l'any anterior, en un context econòmic favorable de creixement del 2 % del PIB, aspecte que indica que les emissions poden desacoblar-se del creixement econòmic.

El descens s'explica per la reducció de l'ús del carbó en la producció elèctrica i per una producció més elevada amb ER, com ara l'eòlica, la fotovoltaica i la solar tèrmica. Pel que fa al transport (que contribueix en un 29,1 % al total de les emissions), mostra un lleuger increment (+1,2 %), ocasionat per les emissions del transport per carretera (que per si sol suposa un 26,9 % del total de les emissions de GEH de l'inventari), el qual experimentà un increment interanual de +1,0 %. Les emissions del transport aeri i la navegació nacionals representen un 1,0 % i un 1,1 % del total de les emissions, respectivament, i també van registrar un augment (+3,4 % i +5,0 %).

Al gràfic 6 hi queda palès que el sector amb més pes en les emissions globals de GEH el 2020 és el transport (27 %). El 95 % d'aquestes emissions es concentren al transport per carreteres, seguit de les activitats industrials (20,8 %); l'agricultura i la ramaderia en conjunt (14 %); la generació d'electricitat (11,8 %); el consum de combustibles en els sectors residencial, comercial i institucional (9,2 %), i els residus (4,8 %), mentre que si ho mirem per tipus de gas, el  $\text{CO}_2$  suposa un 77,7 % de les emissions totals de GEH, seguit del metà (13,7 %). El total de les emissions es va situar en 327,4  $\text{MTECO}_2$  (nota resum del PNIEC 2021-2030).

9 European Environment Agency. *Transport and environment report 2021. Decarbonising road transport – the role of vehicles, fuels and transport demand* [en línia]. EEA Report No. 02/2022. <<https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2021>>.

**Gràfic 6. Emissions de GEH per tipus i per sector a Espanya 2020 (%)**



Font: Inventario nacional de emisiones a la atmósfera. Emisiones de gases de efecto invernadero. Serie 1990-2020 [en línia]. <[https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/resumen\\_inventario\\_gei-ed\\_2022\\_tcm30-534394.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/resumen_inventario_gei-ed_2022_tcm30-534394.pdf)>

**Taula 5. Emissions de TECO<sub>2</sub> per sectors i projecció per al 2030 (kt)**

Anys	1990	2005	2015	2020*	2025*	2030*
Transport	59.199	102.310	83.197	85.722	74.638	57.695
Generació d'energia elèctrica	65.864	112.623	74.051	63.518	27.203	19.650
Sector industrial (processos de combustió)	45.099	68.598	40.462	40.499	37.246	33.530
Sector industrial (emissions de processos)	28.559	31.992	21.036	21.509	22.026	22.429
Sectors residencial, comercial i institucional	17.571	31.124	28.135	26.558	23.300	19.432
Ramaderia	21.885	25.726	22.854	23.247	21.216	19.184
Cultius	12.275	10.868	11.679	11.382	11.086	10.791
Residus	9.825	13.389	14.375	13.657	11.898	9.650
Indústria de refinats	10.878	13.078	11.560	12.247	11.607	10.968
Altres indústries energètiques	2.161	1.020	782	721	568	543
Altres sectors	9.082	11.729	11.991	14.169	13.701	13.259
Emissions fugitives	3.837	3.386	4.455	4.715	4.419	4.254
Ús de productes	1.358	1.762	1.146	1.231	1.283	1.316
Gasos fluorats	64	11.465	10.086	8.267	6.152	4.037
<b>Total</b>	<b>287.656</b>	<b>439.070</b>	<b>335.809</b>	<b>327.443</b>	<b>266.343</b>	<b>226.737</b>

Font: Nota resumen del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 [en línia]. <[https://www.miteco.gob.es/images/es/notaexplicativadelborradordeipniec2021-2030\\_tcm30-487346.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/notaexplicativadelborradordeipniec2021-2030_tcm30-487346.pdf)>.

Per la seva banda, ja hem vist com el transport ocupa prop del 45 % de l'energia final a Catalunya i, segons l'inventari d'emissions, un total de 39,94 MTECO<sub>2</sub> (un 9,3 % menys respecte al 2019, és a dir, 4,08 MTECO<sub>2</sub> menys). Les emissions del transport per carretera foren d'11,69 MTECO<sub>2</sub>, que representen el 29,2 % del total.

A part de les emissions de GEH, dins l'escenari actual caldria comptabilitzar les emissions de gasos tòxics, les partícules i el soroll com a contaminants, amb els efectes adversos que tenen sobre la salut, agreujats a les àrees urbanes i metropolitanes per la seva alta densitat, que ocasionen despeses creixents i dificultat de gestió. Amb l'eliminació dels tubs d'escapament, vinculada a la mobilitat elèctrica, aquests problemes pràcticament s'eliminarien: quedarien reduïts a una resuspensió de partícules per rodament i als factors d'emissió de les centrals corresponents, que amb l'actual mix de generació estarien entre 250 i 300 grams de CO<sub>2</sub> equivalent / kWh.

Des d'ANFAC reconeixen que l'Estat espanyol té un dels parcs automobilístics més envellits de tot Europa, mentre que l'electromobilitat ofereix una possibilitat de renovació, sempre que l'Administració i els fabricants hi dediquin l'atenció que la situació requereix.

Finalment, només ens quedaria recordar que la Generalitat, com moltes altres institucions, va declarar l'emergència climàtica a Catalunya el maig del 2019, amb l'adopció d'un seguit de compromisos, molts dels quals es reflecteixen en el canvi de model en la mobilitat.

## 6. El potencial de la mobilitat elèctrica

A partir d'un coneixement de l'estructura energètica del país, del paper que hi exerceix el petroli, de les formes de generació elèctrica, de les característiques del parc mòbil i d'algunes dades d'emissions de gasos contaminants i de GEH, estem en situació d'aprofundir en el potencial i les necessitats de la mobilitat elèctrica a Catalunya, quins en poden ser els reptes i les mancances i com podem ajudar o facilitar la transició cap a una mobilitat elèctrica de manera més ràpida.

A començaments del 2022, la Comissió Europea va proposar el paquet Fit for 55, sobre el qual, el novembre del 2022, el Consell i el Parlament Europeu han arribat a un acord provisional. El paquet està compost per més d'onze textos legislatius, amb mesures per aconseguir l'objectiu de reduir les emissions de GEH en un 55 % l'any 2030, entre les quals destaca la prohibició de vendre vehicles de combustió interna més enllà de l'any 2035. Per més que es proposen un parell d'etapes intermèdies, aquest objectiu constitueix un repte enorme per a la recon-

versió de la indústria de l'automoció i per al transport, en un període de pocs anys. Els nous escenaris semblen accelerar-se per moments.

La situació actual de la mobilitat elèctrica, tant a escala mundial com a Europa i Espanya, encara sembla molt allunyada del nou paradigma. Si recopilem les dades de diferents organitzacions (EAFO, ANFAC, AEDIVE, Circontrol)<sup>10</sup> sobre la situació de l'electromobilitat, i fent grans números, podem considerar que arreu del món hi circulen 16,5 milions de VE, enfront d'un parc de 1.400 milions de VCI, percentatge que representaria un 1,17 %. Europa tindria 6,2 milions de VE contra els 250 milions de combustió, un 2,8 %, mentre que a Espanya hi hauria uns 225.000 VE, que suposen quasi l'1 % del total dels 24,5 milions de VCI.

**Taula 6. Situació actual i perspectiva per al 2025 dels turismes (milions)**

	2021				2025			
	Estoc de vehicles		Noves vendes		Estoc de vehicles		Noves vendes	
	Vehicle tradicional	Vehicle elèctric	Vehicle tradicional	Vehicle elèctric	Vehicle tradicional	Vehicle elèctric	Vehicle tradicional	Vehicle elèctric
Món	1.400	17	80	6,6	1.600	54	80	21
Europa	250	6,2	12	2,2	295	24	12	6
Espanya	24,5	0,225	0,90	0,07	28	0,7	0,9	0,25

Font: Circontrol.

Per la seva banda, si el que considerem són les noves vendes, que en els darrers anys s'han incrementat de manera exponencial, malgrat que en el cas particular espanyol encara hi ha un endarreriment respecte als països capdavanters de la UE, es van vendre 67.000 VE durant l'exercici 2021, enfront d'unes 900.000 unitats de VCI: tot i representar una xifra modesta, comença a ser significativa, en assolir una quota de mercat del 7,4 %. D'acord amb les previsions de diverses consultores i governs, en un escenari moderat de transició, estimem que cap al 2025 es vendran a Espanya més de 250.000 VE, és a dir, una quarta part dels vehicles despatxats, dels quals entre 35.500 i 45.000 VE correspondrien a Catalunya. Podem aproximar, també, la magnitud de les infraestructures de recàrrega necessàries, considerant un factor superior a 1 de la ràtio vehicles / punts de càrrega (el carregador propi, els disposats en aparcaments i vies públiques, els del lloc de treball, els *hubs* de recàrrega i les electrolinereres).

Podríem fer una estimació similar amb autobusos i camions, dels quals disposem de dades europees i estatals, i així poder preveure les neces-

<sup>10</sup> Observatori Europeu dels Combustibles Alternatius (EAFO), Associació Espanyola de Fabricants d'Automòbils i Camions (ANFAC), Associació Empresarial per al Desenvolupament i Impuls de la Mobilitat Elèctrica (AEDIVE) i Circontrol, SA.

sitats de cara al futur: si bé les xifres són més modestes, permetrien anticipar-nos a problemes en el futur.

Les preguntes que podem formular-nos, davant la magnitud d'aquestes xifres i terminis, serien si la indústria de l'automoció i el sector elèctric de generació, transport i distribució estan preparats; si les administracions respondran als requeriments que suposa aquest canvi de paradigma, i si disposarem de prou infraestructures de recàrrega.

Donar resposta a totes les qüestions anteriors requereix equips pluridisciplinaris de professionals. Tal com va declarar recentment el conseller delegat de SEAT, Wayne Griffiths, el problema ja el tenim a sobre: "Si no se sube ahora al carro, perderá el tren que ya está en marcha, y hay otros países de la UE que ya tienen muy lanzada su industria del vehículo conectado. No hay plan B posible, porque los coches de combustión tienen fecha de caducidad".<sup>11</sup>

A molts estudis i enquestes d'opinió es considera que el principal repte que s'ha d'escometre per aconseguir una transició reeixida cap a la mobilitat elèctrica, a banda del preu més alt d'adquisició dels VE i la demanda més alta d'electricitat, és la manca d'infraestructures de recàrrega, el problema més important.

Saber si disposarem de prou potència i capacitat de generació elèctrica per a un parc mòbil format per un 25 % de VE ens obliga a plantejar un escenari i fer uns senzills càlculs. Comptar amb un parc mòbil amb 100.000 vehicles elèctrics, amb un recorregut mitjà anual de 12.500 km i un consum d'uns 25 kWh / 100 km (xifra mitjana força elevada), tindria com a conseqüència un augment de la demanda anual de 315 GWh, és a dir, menys de l'1 % de l'energia generada a Catalunya el 2021 o, expressat d'una altra manera, el que es pot generar amb menys de tres parcs eòlics de 50 MW. Així doncs, retornant a l'apartat 3, veurem que, tot i disposar de prou potència per abastir les noves demandes, si veritablement volem avançar cap a la independència energètica i la sostenibilitat, cal endegar un pla de construcció de centrals de generació fonamentat amb ER, per tal de no haver de dependre del subministrament de fonts convencionals que exigiran més combustibles fòssils, alhora que ens allunyan dels objectius de reducció d'emissions de GEH.

Segons un interessant document de l'ANFAC,<sup>12</sup> les dues qüestions que preocupen més els futurs usuaris de VE són, en primer lloc, el dife-

11 Lamentant-se per la lentitud d'algunes decisions polítiques i pels recursos estatals destinats per al PERTE (*La Vanguardia*, 4 novembre 2022).

12 ANFAC. *16 medidas para impulsar el despliegue de infraestructuras de recarga eléctrica de acceso público en España* [en línia]. <<https://anfac.com/publicaciones/16-medidas-impulso-despliegue-infraestructuras-recarga-electrica/>>.

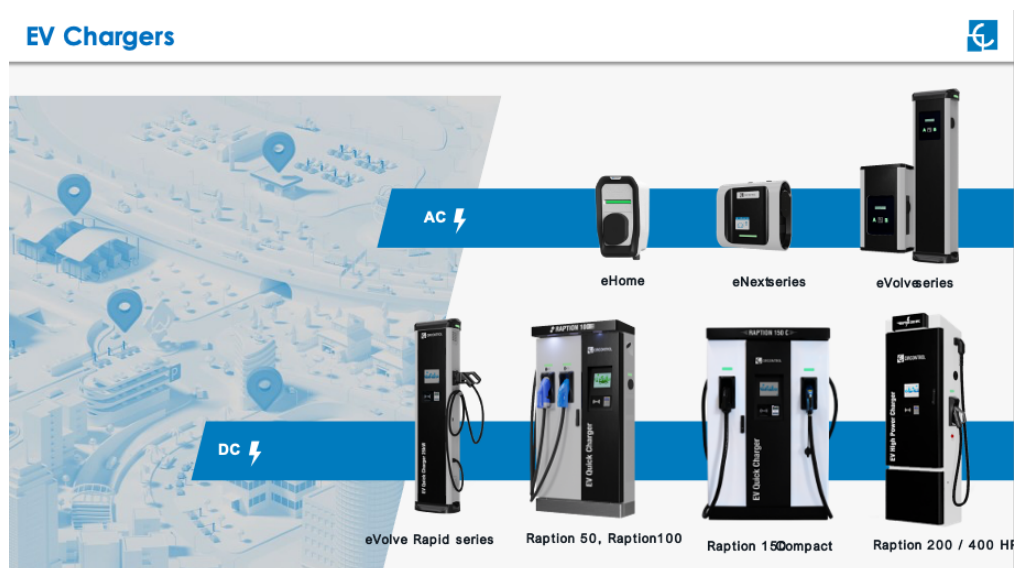
rencial en el preu de compra respecte dels VCI i, després, hi hauria tot un seguit d'objeccions pel que fa a les dificultats per usar-los, entre les quals destaquem la falta d'infraestructures i els llargs temps de recàrrega.

Començant pel temps de recàrrega dels VE, cal saber que està directament relacionat amb la potència disponible per fer-ho: com més potència disponible, menys temps de recàrrega. Ara bé, si considerem quina és l'opció més adequada des del punt de vista de l'eficiència energètica i la sostenibilitat, la resposta clara és, sens dubte, carregar de manera lenta, amb una potència baixa i, si és possible, amb electricitat generada a partir de fonts renovables, o si no es pot, traslladar el consum cap a hores nocturnes vall, quan el cost del kWh sigui més baix. Però és això econòmicament i tecnològicament possible avui dia?

El sector industrial de Catalunya disposa actualment d'un seguit d'empreses i tecnologies que la situen com a capdavantera a l'Estat, amb capacitat per exportar a més d'un centenar de països. Entre els equips dissenyats i fabricats, s'ha desenvolupat tota la gamma de necessitats i prestacions amb capacitat per donar solució a tots els requeriments de recàrrega: destaquen especialment els grans equips de carregadors ultraràpids HPC (*high power charging*) amb potències elevades, i també els equips individuals que possibiliten carregar els VE directament de l'energia solar, mitjançant la instal·lació de plaques fotovoltaïques a la teulada o en marquesines. Per altra banda, atesos l'alta tecnologia i el nivell de digitalització, els equips poden programar-se per carregar a l'horari volgut, disposar-se en una topologia que permeti el control dinàmic de potència (DLM), així com gestionar-se des del núvol, o des de qualsevol servidor, per aconseguir el màxim d'eficiència i d'operativitat.

En relació amb els temps de recàrrega, podem optimitzar-la energèticament i econòmicament carregant a hores nocturnes, quan l'electricitat és més barata, o bé al lloc de treball. Només en el cas d'alguna urgència, o per a llargs desplaçaments, hauríem d'acudir als equips de recàrrega ràpida, o ultraràpida HPC; es dona la paradoxa que aquests equips han aconseguit potències superiors a les que permeten molts VE.

**Figura 10. Tipologia de carregadors elèctrics (CA/CC)**



Font: Circontrol.

El ventall de possibilitats de les infraestructures de recàrrega és molt ampli. Hi ha dispositius i equips adequats per a la llar o per l'aparcament en blocs residencials, on s'instal·larien potències d'entre 3,6 i 7,4 kW, en funció de les hores que el vehicle ha d'estar connectat. Una altra opció molt adient és la recàrrega al lloc de treball, amb 7,4 kW de potència. Pel que fa als aparcaments públics, o de rotació, caldria augmentar la velocitat de càrrega amb potències d'11 a 25 kW en corrent altern, que amb l'aplicació de dispositius de control dinàmic de potència permetrien rendibilitzar les places d'aparcament. I d'aquí ja passaríem als equips d'elevades prestacions en corrent continu de 50 a 100 kW. Actualment, el límit el tenim amb equips de 150 a 350 kW, apropant-nos als temps de càrrega dels VCI.

Especialment en els equips de recàrrega ràpida, s'ha d'aconseguir que tant els operadors com les administracions tinguin cura de dos aspectes. El primer és garantir una alta disponibilitat dels equips, atès que representa un greu problema quan un usuari arriba a un punt de càrrega amb poca bateria i se'l troba avariats o fora de servei.

El segon, tècnicament més subtil, implicaria vetllar per l'eficiència i les prestacions dels equips HPC, atès que només s'haurien de promocionar els equips que disposin d'una elevada eficiència en tot l'interval de potències de subministrament; és a dir, no s'haurien de subvencionar equips que, quan treballen a potències inferiors a la nominal, situació molt comuna en el procés de càrrega, tenen un nivell de pèrdues exagerat.



Així doncs, pot afirmar-se que els equips de recàrrega s'han anticipat als mateixos VE; ara mateix hi ha equips que s'adeqüen a tot tipus d'emplaçament, localització, tipus de gestió i temps disponible per a la recàrrega.

Desplegar una xarxa d'infraestructures urbanes i interurbanes suficient requerirà un important esforç de tots els agents econòmics i de les administracions, que caldrà acompanyar amb mesures de caràcter institucional, dirigides a eliminar barreres normatives; mesures de tipus econòmic, per incentivar tant la instal·lació com la gestió i operació dels punts públics de recàrrega, i mesures liberalitzadores de protecció per als consumidors. D'entre un conjunt de setze mesures proposades per l'ANFAC, n'hem seleccionat algunes que creiem d'interès per aplicar a Catalunya:

- Mesura 2: reconeixement de l'interès estratègic per als projectes de desenvolupament d'infraestructures d'accés públic d'alta potència (+250 kW), que, conjuntament amb la mesura 4, de declaració d'utilitat pública d'aquests equipaments, i la mesura 11, d'exempció de càrrecs a l'electricitat destinada a l'ús com a carburant en punts de recàrrega públics, facilitaria el desplegament d'aquestes instal·lacions pel territori, per més que alguna de les mesures requereixi acords estatals.
- Mesura 3: actuacions per incrementar el nombre de punts de recàrrega d'accés públic interurbà a curt termini.
- Mesures 13 i 14: disposar d'un registre de punts de recàrrega d'accés públic, així com d'un sistema d'interoperabilitat per al pagament.
- Mesura 16: aconseguir un manteniment dels punts de recàrrega i garantir-ne l'operativitat.

Des dels seus inicis, el desplegament de punts de recàrrega també ha assolit un creixement exponencial, fins i tot amb un pendent més pronunciat que el dels VE. Ni la manca d'infraestructures ni els temps de recàrrega no haurien de representar cap impediment per aconseguir la transició cap a una mobilitat més sostenible, si bé qualsevol esforç complementari en el desplegament de les infraestructures amb més prestacions ens aproparà vers un escenari més sostenible i en una posició tecnològica capdavantera, pel que suposa la digitalització inherent als VE per al subministrament d'energia i les infraestructures de recàrrega i la seva gestió.

Per a les places d'aparcament als llocs de treball, les flotes d'empresa i els habitatges unifamiliars, s'han de promocionar equipaments d'auto-

consum amb instal·lacions fotovoltaïques, tant a les teulades com amb marquesines solars, ja que l'opció més eficient i sostenible és carregar amb electricitat de procedència renovable. Com han fet, d'altra banda, algunes ciutats i projectes capdavanters com Dundee (Regne Unit) promocionant taxis elèctrics i marquesines fotovoltaïques; les instal·lacions de Reading i Manchester, i els projectes de París, ADIF (Administrador d'Infraestructures Ferroviàries) i TMB per desplegar equips de recàrrega en indrets singulars com els aparcaments a prop de les estacions de la xarxa ferroviària, que representen una bona opció per descongestionar el trànsit de les ciutats.

Una altra opció prioritària, ja endegada, consisteix a afavorir la mobilitat elèctrica en les flotes de taxis, autobusos, furgonetes i camionetes de distribució urbana de mercaderies (DUM), bo i sabent que tots els qui necessitin una recàrrega ultraràpida podran fer-ho en estacions d'alta potència de més de 100 kW, tan ràpidament com el seu vehicle ho permeti.

L'electrificació de l'economia i la mobilitat elèctrica van íntimament associades i, en vista de la ràpida evolució, cal preveure els sectors que poden liderar aquesta transició. El transport de passatgers dins les ciutats mitjançant autobusos elèctrics, la distribució urbana en furgonetes i camionetes, les flotes de taxis i les flotes d'empreses i les de les administracions són alguns dels segments que ja han començat el procés que ens ha de dur al nou escenari.

En el futur, el cost de l'electricitat podria variar molt al llarg del dia, per la qual cosa un dels objectius principals ha de consistir a acumular electricitat, al banc de bateries que representa el cotxe elèctric, a les hores de cost reduït i potser fins de cost zero i alliberar-la en els moments de preu alt. Tanmateix, en aquest camp, els VE poden representar un element cabdal per a noves prestacions, com ara les potencialitats del *vehicle to home* (V2H) i del vehicle a la xarxa (V2G) que ja s'estan experimentant, perquè del que es tractarà serà de no desaproveitar ni un sol kWh que es pugui generar de manera renovable al territori. A més llarg termini, tenim els escenaris que poden representar l'acumulació d'electricitat, en paquets de bateries o bé amb els nous potencials que podria representar l'anomenat *hidrogen verd* en l'acumulació, prioritant sempre que quan hom pugui utilitzar directament l'electricitat, no ho faci amb conversions que en disminuirien l'eficiència.

Davant de reptes tan importants com ara la descarbonització de l'economia, la reducció de la dependència del petroli, el desplaçament de centrals eòliques i fotovoltaïques, l'augment de l'eficiència energètica, la reducció d'emissions d'acord amb els objectius i protocols signats i la transició cap a una nova mobilitat, tot sembla orientar-nos de manera imperiosa cap a la mobilitat elèctrica, la qual s'ha convertit en un aliat

indispensable per avançar i trobar solució a tots aquests reptes. Catalunya disposa de la condició necessària (coneixement, infraestructura i recursos), però, pel que hem vist, encara insuficient, per liderar aquesta transició. La superació de les barreres i obstacles que ho impedeixen donarà el resultat de l'equació i la solució.

## 7. Epíleg

L'escenari energètic presentat ens indica de manera clara que som dependents de recursos energètics procedents dels combustibles fòssils. Les necessitats d'aconseguir una independència energètica i les implicacions del canvi climàtic ens obliguen a canviar. Com s'ha vist al llarg de l'article, hi ha una necessitat urgent d'alliberar-nos d'aquesta dependència i, especialment, del predomini dels combustibles fòssils.

El sector del transport i el de la mobilitat són actualment captius dels carburants i alhora apareixen com els principals responsables d'un escenari poc sostenible que no podrà perllongar-se gaire en el temps.

Des de la UE, però també des de les institucions estatals i de la Generalitat de Catalunya, s'ha decretat una situació d'emergència en relació amb el canvi climàtic i les emissions de GEH. Entre les mesures considerades, destaquen una implantació més gran de l'ús de les ER i una transició urgent cap a l'electromobilitat.

Amb la primera opció, disminuiria la participació del petroli i de les fonts convencionals tant en el món de l'energia com en la generació d'electricitat, apropant-nos més cap a una independència energètica, alhora que es reduirien notablement les emissions de gasos.

Per aconseguir aquests objectius, s'ha de dur a terme un gran esforç per desplegar centrals eòliques, fotovoltaïques, hidroelèctriques de bombament, de biomassa..., tenint molt en compte l'equitat i l'equilibri territorial, la compatibilitat amb l'agricultura i el respecte al medi ambient, i evitant concentrar-ho tot en unes poques comarques de la Catalunya rural; només així, si tots els territoris s'hi esforcen, ho podrà entendre la societat. Cal que l'Administració vetlli per evitar una aglomeració de macroprojectes concentrats, o de tipus especulatiu, i fins podria promocionar projectes col·lectius amb la participació del territori, com s'ha fet tradicionalment en diversos països de la UE.

Les necessitats de subministrament d'energia per als nous vehicles elèctrics, en aquesta etapa inicial, tan sols representen un petit percentatge de la generació actual, i hauria de procedir prioritàriament de fonts renovables. Caldrà estar amatent, però, en el cas que en pocs anys

es doni un creixement exponencial, atès que la generació, el transport i la distribució d'electricitat haurien de créixer en paral·lel per evitar que ens trobem col·lapsats.

Amb l'electromobilitat, es transforma la indústria de l'automoció; s'implanten la digitalització del transport, la innovació i la tecnologia punta, i es redueixen intensament la dependència del petroli, les emissions contaminants a les ciutats i els GEH.

Conjuntament amb la generació renovable, s'han de desenvolupar tot tipus de projectes per a l'acumulació d'electricitat, atès que constitueix l'altre component essencial per aconseguir els objectius d'ER en l'horitzó 2030-2050. Si bé les bateries dels VE seran una part fonamental a partir del moment en què puguin generalitzar-se les aplicacions *vehicle to grid* (V2G) i *vehicle to home* (V2H), caldrà complementar-ho amb altres sistemes, com ara els nous potencials de les centrals hidràuliques reversibles, l'emmagatzematge en bateries d'ió liti o de nova generació i l'hidrogen verd, si bé caldrà esbrinar en profunditat la disponibilitat i l'eficiència d'aquesta opció; tot i això, se sap que la millor opció serà sempre utilitzar l'electricitat directament.

Cal no desaprofitar cap quilowatt hora de procedència renovable i poder-lo injectar a les xarxes i dispositius en el moment més convenient, molt particularment a les hores en què l'electricitat sigui més cara.

Tot i que ja s'han dut a terme diverses actuacions i ajuts, si volem atansar-nos al compliment dels objectius fixats per la UE de cara al 2032, mentre no apareguin models de VE amb millors preus i prestacions, s'ha de seguir ajudant a l'adquisició de VE i a la instal·lació de punts de recàrrega, molt especialment en els sectors que han de liderar la reconversió, com serien les flotes d'autobusos i taxis a les ciutats, les flotes d'empreses de DUM, les flotes d'altres empreses, els vehicles oficials, etc.

Per evitar problemes a la xarxa de BT i promocionar la recàrrega de procedència solar, o bé orientar-la cap a les hores vall, s'haurà d'acudir als nous sistemes de gestió intel·ligents, el control dinàmic de potència i altres sistemes de càrrega eficients.

Els grans *hubs* de recàrrega i els equips HPC són necessaris per donar seguretat i robustesa a l'electromobilitat, així com per garantir els desplaçaments de llarg recorregut. Cal dissenyar i homogeneïtzar una xarxa d'electrolineres que cobreixin tot el territori, començant per les vies principals, i anar-les adequant-les amb noves prestacions a mesura que vagi augmentant el parc de VE.

La mobilitat elèctrica ha arribat per quedar-se.

## 8.

### Bibliografia

ANFAC. *16 medidas para impulsar el despliegue de infraestructuras de recarga eléctrica de acceso público en España* [en línia]. 2021. <<https://anfac.com/publicaciones/16-medidas-impulso-despliegue-infraestructuras-recarga-electrica/>>.

ANFAC (Associació Nacional de Fabricants d'Automòbils i Camions) (2021). Informe anual. En línia a: <<https://anfac.com/publicaciones/informe-anual-2021/>>

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Transport and environment report 2021. Decarbonising road transport — the role of vehicles, fuels and transport demand* [en línia]. EEA Report No. 02/2022. <<https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2021>>.

OBSERVATORI DE LES ENERGIES RENOVABLES A CATALUNYA. *Catalunya no avança amb la transició energètica* [en línia]. 2021. <<https://observatorienergies.cat/wp-content/uploads/2021/07/NP-Observatori-Catalunya-no-avanc%CC%A7a-amb-la-transicio%CC%81-energe%CC%80tica.pdf>>.

SÁNCHEZ, Irma. “Europa ya gasta el 10% de su PIB en energía”. *El Economista* [en línia] (8 abril 2022). <<https://www.economista.es/energia/noticias/11711411/04/22/Europa-ya-gasta-el-10-de-su-PIB-en-energia-segun-BlackRock.html>>.

### Paraules clau

energia, eficiència energètica, canvi climàtic, electromobilitat, vehicles elèctrics, infraestructures de recàrrega.

# L'hidrogen en la transició energètica a Catalunya

## J.R.Morante

Director de l'Institut de Recerca en Energia de Catalunya i professor catedràtic de la Universitat de Barcelona

## J.R. Galan-Mascaros

Professor ICREA en l'Institut Català d'Investigació Química (ICIQ-CERCA), The Barcelona Institute of Science and Technology (BIST)

### 1.

#### Consum d'energia a Catalunya: anàlisi del consum i necessitats energètiques al transport i a la indústria

El punt de partida per abordar qualsevol nou model energètic requereix fer un repàs de la situació actual en el consum de l'energia primària i en el consum d'energia final, que reflecteix directament la demanda energètica. Es pot veure aquesta anàlisi als articles introductoris d'aquest monogràfic.<sup>1</sup> Abans de la pandèmia, el 2019, el consum d'energia primària va ser de 25.371,2 kTep (294,3 TWh), dels quals el 69,1 % (203,4 TWh) eren d'origen fòssil, el 24,5 % (72,1 TWh) eren d'origen nuclear i tan sols el 5,4 % eren d'origen renovable (15,9 TWh).

El transport és, amb diferència, el sector que consumeix més fonts fòssils, productes derivats del petroli i del gas, i que contribueix més a les emissions de CO<sub>2</sub> que afecten el canvi climàtic. En segon lloc, hi ha la indústria, en què, a diferència del sector del transport, una gran part de l'energia consumida és elèctrica, seguida pel gas i per un consum de productes derivats del petroli i del gas com a matèries primeres, sobretot a la indústria química i petroquímica.

Aquestes quantitats indiquen la magnitud del repte per al territori i l'economia de Catalunya a l'hora d'escometre els objectius acceptats per la Unió Europea d'electrificar i descarbonitzar els països que la componen, com a estratègia per lluitar contra el canvi climàtic en l'horitzó temporal del 2030 i el 2050. Per al primer paquet d'objectius,

1 MONTAGUT, JM. (2023). "El paper de l'energia en el benestar i en el progrés econòmic i social. Visió de futur dels enginyers industrials". La transició cap a un nou model energètic més net i just. Nota d'Economia 107. Departament d'Economia i Finances. Generalitat de Catalunya.

el 2030, ja es va acordar tenir més del 72 % de l'energia elèctrica i més del 42 % de l'energia total consumida d'origen renovable.

En aquest escenari es fan palesos els principals punts estratègics del full de ruta per desplegar un nou model energètic a Europa en general i a Catalunya en particular:

- a) Primer, i més prioritari, desplegar una cistella energètica amb totes les energies renovables possibles, d'acord amb principis d'estalvi energètic i d'eficiència energètica, per incrementar la sobirania energètica tant com sigui possible.
- b) La UE, al seu pla REPowerEU, ja menciona, a més de les fonts renovables fotovoltaïques, la concentració solar i les eòliques (incloent-hi la marina), les energies geotèrmiques, amb l'ús de bombes de calor, i les energies bioenergètiques, amb l'ús del biometà.
- c) Promoure l'electrificació verda arreu, perquè és més eficient i estalvia energia: bombes de calor per als sistemes de fred i calor, evitar l'ús de gas als sectors residencial i industrial, vehicles elèctrics amb bateries, electrificació de processos...
- d) Descarbonitzar, entenent-ho com les iniciatives necessàries que eviten emissions de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera en tots els processos que no es puguin electrificar. Entre aquests, destaquen:
  - El transport terrestre pesant.
  - El transport marítim.
  - El transport aeri.
  - L'ús de productes derivats del petroli per part de la indústria petroquímica amb l'ús de combustibles fòssils en els seus productes, com són els plàstics, per exemple.
  - L'ús del gas metà per produir hidrogen com a matèria primera per a la petroquímica amb emissions de CO<sub>2</sub>.
  - L'ús del gas metà per produir hidrogen per a la indústria de fertilitzants amb emissions de CO<sub>2</sub>.
  - L'ús del carbó per part de la indústria siderúrgica o metal·lúrgica amb emissions de CO<sub>2</sub>.
  - Processos industrials que requereixen temperatures molt altes, assolides actualment pels combustibles fòssils. L'ús de processos de combustió en incineradores.

Tota aquesta casuística implica que cal substituir els vectors energètics utilitzats avui en dia, com són la gasolina (productes derivats del petroli), el gas natural i el carbó, per un nou vector energètic. Qualsevol nou vector energètic ha de complir diverses condicions:

- Alta densitat energètica.
- No produir emissions de CO<sub>2</sub> ni altres contaminacions.

- Implicar fonts abundants i tecnologies madures i fàcils per a la producció.
- Costos competitius.
- Facilitat d'emmagatzematge.
- Facilitat de transport. Tecnologies de recuperació de l'energia eficients i disponibles.

L'hidrogen verd, produït a partir de l'electròlisi de l'aigua, compleix totes aquestes condicions:

- Té una densitat energètica de 33,3 kWh/kg enfront dels 12 kWh/kg de la gasolina.
- La seva oxidació genera aigua, la matèria primera a partir de la qual es produeix l'hidrogen verd (en un cicle tancat). Concretament, per l'oxidació d'1 kg d'hidrogen, es produeixen 9 kg d'aigua.
- És un element molt abundant, que es pot produir a partir de l'aigua amb una tecnologia d'electròlisi madura i validada.
- S'estima que el seu cost depèn en un 75 % del cost de l'electricitat i en un 25 % de l'amortització dels electrolitzadors i sistemes auxiliars.
- Es pot emmagatzemar a diferents pressions, o com a líquid o com a part de certes molècules, com ara l'amoníac, el metanol, l'àcid fòrmic, líquids orgànics..., fet que contribueix a definir diverses opcions dins de les tecnologies de l'hidrogen.
- Es pot transportar com a gas a pressió, com a líquid o en forma d'alguna de les molècules esmentades. En aquest punt, cal aclarir que, si bé es podrien aprofitar els gasoductes actuals, caldria invertir en la supervisió de les instal·lacions i canviar totalment les estacions de control i bombament del gas per injectar-lo i fer-lo circular.
- Hi ha una tecnologia madura i competitiva de piles de combustible per recuperar l'energia continguda en la molècula d'hidrogen amb una alta eficiència.

Amb aquest escenari, la UE ha inclòs les tecnologies de l'hidrogen dins de l'estratègia REPowerEU per al 2030: es preveuen 10.000.000 de tones de producció pròpia dins de la UE-27, per la qual cosa cal haver instal·lat una potència d'electrolitzadors de 60 GW. I aquesta estratègia, que també recull la necessitat d'importar 10.000.000 de tones d'arreu del món, reconeix la impossibilitat de tenir una producció total pròpia i, alhora, el fet que caldrà definir una nova geopolítica. En aquest sentit, Europa ha de definir certs *hubs* estratègics d'importació, com està previst que sigui el port de Barcelona. Una vegada arribats a port els vaixells, cal que el port de Barcelona disposi d'unes infraestructures per recuperar l'hidrogen transportat per les embarcacions, atès que l'hidrogen pot venir en forma de compostos diferents, com



poden ser l'aigua líquida, l'amoniac i el metanol, per exemple, i també cal dotar el *hub* d'infraestructures per injectar aquest hidrogen en un hidroducte cap a Europa.

## 2.

### Què és l'hidrogen i quins usos actuals té? Estimació de les necessitats d'hidrogen per a la indústria i per a la mobilitat pesant a Catalunya

L'hidrogen és l'element químic més abundant i lleuger de l'univers. En el seu estat pur apareix com una molècula binuclear ( $H_2$ ), en forma de gas en les condicions ambientals de la Terra.

Actualment, l'hidrogen és una matèria primera que s'utilitza en molts sectors industrials, com ara les indústries química, tèxtil, electrònica, metal·lúrgica, del vidre i dels plàstics. A la indústria química s'empra per fer amoniac i metanol, produir altres productes intermedis per a l'agricultura (fertilitzants) i la farmàcia i, fins i tot, per hidrogenar olis i obtenir greixos (per exemple, per produir margarines). Fins ara, l'hidrogen d'ús industrial prové majoritàriament de la combustió del gas natural amb aigua, que provoca grans emissions de  $CO_2$ . Aquest hidrogen es denomina *hidrogen gris*, per indicar-ne l'origen contaminant, però es poden oferir alternatives per fer que l'hidrogen sigui net i sostenible. La primera opció per aprofitar les instal·lacions de producció d'hidrogen que ja estan en ús seria capturar i emmagatzemar el  $CO_2$  que s'emet durant la reformació de gas natural. Aquest hidrogen obtingut a partir del gas natural s'anomena *hidrogen blau*, i permetria el funcionament de les plantes de producció a partir del gas natural, però sense emissions. El tancament de les plantes de producció d'hidrogen gris pot ser una idea atractiva, però és difícil d'implantar amb paràmetres econòmics i industrials. Aquestes plantes industrials, algunes instal·lades no fa tant, encara tenen vida útil i amortitzacions pendents. Una primera inversió en tecnologies de captura, i després en la seva introducció industrial, pareix la iniciativa més raonable, a fi d'evitar una part important de les emissions de les indústries químiques.

En perspectives a mitjà i llarg termini, és clar que el futur exigeix la producció d'*hidrogen verd*. Així es denomina l'hidrogen obtingut a partir de la descomposició de l'aigua; per tant, per obtenir-lo, no s'han generat emissions de  $CO_2$  i s'han utilitzat exclusivament fonts d'energia renovable. I des d'una visió complementària, aquest hidrogen verd és una de les formes més eficients d'emmagatzemar aquestes energies renovables, una qüestió també molt necessària.

A més, l'hidrogen verd és un vector energètic totalment descarbonitzat, que s'obté a través de l'electròlisi de l'aigua utilitzant energies renovables: de la seva combustió en resulta vapor d'aigua, a partir del qual es

pot extreure novament hidrogen amb energies renovables, de manera que es tanca un cicle energètic net i sostenible.

A Catalunya, la petroquímica de Tarragona és actualment la principal consumidora d'hidrogen, però es tracta del denominat *hidrogen gris*. El consum del sector petroquímic és superior a les 200 tones d'hidrogen/dia i emet més de 1.400 tones diàries de CO<sub>2</sub>.<sup>2</sup> Aquesta xifra correspon a més de l'1 % de totes les emissions de Catalunya, només fabricant hidrogen per abastir la indústria petroquímica.<sup>3</sup> Finalment, cal esmentar que també existeix l'hidrogen rosa, que és el que s'obté a partir de l'energia nuclear.

Les tecnologies renovables són molt eficients i, a més, econòmicament competitives, transformant les fonts d'energia inesgotables (sol, vent, aigua en moviment) en electricitat. El problema, però, és que l'electricitat és una forma d'energia difícil d'emmagatzemar i, al seu torn, les energies renovables són, per la seva naturalesa, intermitents. L'hidrogen permet emmagatzemar energies renovables provinents del sol i el vent. En jornades ventoses o en períodes de sol, hi pot haver superproducció d'electricitat verda que, si no es consumeix, es perd, perquè per ara és complicada d'emmagatzemar. Així doncs, l'energia elèctrica solar i fotovoltaica es pot transformar, amb un electrolitzador comercial, en energia química, que queda emmagatzemada en una molècula d'hidrogen per a quan calgui energia elèctrica i no faci ni sol ni vent. Amb aquest procés, que implica passar de nou d'energia química a energia elèctrica, es tanca un procés global de tres etapes (d'energia renovable a química, emmagatzematge i d'energia química a elèctrica) que permet aprofitar per sobre del 30 % de l'energia renovable obtinguda que, si no, es perdria. I aquest procés es pot completar a gran escala (de MW a GW). Unes escales prohibitives per a les bateries quan el que es demana és donar equilibri i sostenibilitat a la xarxa elèctrica.

Si mirem el sector del transport a Catalunya,<sup>4</sup> hi veiem un consum mensual de combustibles molt elevat, que caldria reemplaçar per hidrogen verd en el cas del transport pesant. Com ja s'ha esmentat, la producció d'hidrogen verd s'ha de fer a partir d'energies renovables, i per això es requeriria una potència d'electrolitzadors d'uns quants GW.

---

2 Taula de l'hidrogen en la transició energètica de Catalunya. Bases per a una estratègia de valorització energètica de l'hidrogen. Treballs i conclusions de la Taula [en línia] (desembre 2020). <[https://icaen.gencat.cat/web/.content/35\\_Participacio/Taula\\_hidrogen/Documentacio/Docs-conclusio-TdH/20210127-Taula-de-lhidrogen-de-Catalunya.pdf](https://icaen.gencat.cat/web/.content/35_Participacio/Taula_hidrogen/Documentacio/Docs-conclusio-TdH/20210127-Taula-de-lhidrogen-de-Catalunya.pdf)>.

3 Emissions de GEH a Catalunya [en línia]. <[https://canviclimatic.gencat.cat/ca/canvi/inventaris/emissions\\_de\\_geh\\_a\\_catalunya/](https://canviclimatic.gencat.cat/ca/canvi/inventaris/emissions_de_geh_a_catalunya/)>.

4 Institut Català d'Energia. Indicadors energètics [en línia] (maig 2022). <[https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/conjuntura\\_catalunya/indicadors/](https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/conjuntura_catalunya/indicadors/)>.

El problema no és únicament la disponibilitat de renovables, sinó que manca tota la resta de la cadena de valor. L'hidrogen verd s'hauria de generar (electrolitzadors) i després distribuir (transport i hidrolineres o hidrogeneres, és a dir, estacions de servei que dispensen hidrogen, o HRS [*hydrogen refuelling stations*]), amb una flota de vehicles que hauria de transformar-se. Però qui hauria de començar la transformació? Sense un pla de desplegament no serà viable una flota de camions i autobusos que marxin amb hidrogen. Sense flota, no hi ha incentius per instal·lar estacions de recàrrega d'hidrogen. I a més a més, no es pot instal·lar una HRS sense un pla de país per produir i portar l'hidrogen verd fins als usuaris. No pareix fàcil trencar aquest cercle sense una actuació global coordinada des de la política pública, i tenint en consideració tots els integrants del sector, especialment ara que la UE acaba d'indicar la necessitat de disposar d'una HRS cada 100 quilòmetres.

A banda de les qüestions pendents de resoldre al sector del transport, s'obren altres reptes al sector industrial. La indústria demana gas natural, principalment per als processos tèrmics, i seria tècnicament possible substituir aquests processos per nous sistemes de bombes de calor d'alta temperatura, tal com recomanen la UE i el Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic (MITECO), però cal tenir present que també es necessitaria hidrogen verd per a tota la casuística no coberta per les bombes de calor. Aquestes necessitats són prou significatives i poden requerir grans quantitats d'energies renovables que no es poden satisfer amb tota l'energia elèctrica renovable que es produeix a Catalunya en un any (6,9 TWh disponibles el 2021).<sup>5</sup> Inclús mirant a l'objectiu per al 2030 (33,4 TWh), no seria possible produir a Catalunya prou hidrogen verd per descarbonitzar la indústria, almenys la que depèn del gas. Tampoc no hi ha plans d'instal·lació de la potència d'electrolitzadors corresponent. L'electrolitzador més gran d'hidrogen verd s'ha anunciat a Tarragona, amb una potència inicial de 150 MW, que augmentaria fins a 1 GW en una segona fase que començaria el 2027.<sup>6</sup> Sense un replantejament per al futur, amb una aposta clara primer per les renovables, i després per la producció d'hidrogen verd, no pareix que els objectius de descarbonització siguin realistes.

5 Observatori de les Energies Renovables de Catalunya. Objectius d'energies renovables 2030 i 2050 [en línia]. <<https://observatorirenovables.cat/objectius-2030-i-2050/>>.

6 Eduardo López Alonso. "Tarragona avanza en el objetivo de crear la mayor planta de hidrógeno de España". El Periódico [en línia] (26 setembre 2022). <<https://www.elperiodico.com/es/economia/20220926/tarragona-avanza-objetivo-crear-mayor-75917548>>.

### 3.

#### La perspectiva de l'hidrogen: producció, logística i usos. Com es pot activar el desplegament de les tecnologies de l'hidrogen? El paper de la Vall de l'Hidrogen de Catalunya (VHC)

Aprofitar la producció d'hidrogen verd per abastir la indústria que ja consumeix hidrogen constitueix, inicialment, la millor estratègia per desplegar la producció i donar temps a un futur establiment de l'hidrogen com a vector energètic, d'una banda, i com a eina d'emmagatzematge d'energies renovables, de l'altra. Així, la inversió per produir hidrogen verd tindria una rendibilitat més immediata i seria més atractiva de cara als inversors. Sense inversors privats, i depenent exclusivament d'inversions públiques, la implantació serà molt més lenta i difícil, perquè cal transformar la indústria i, al mateix temps, desplegar les infraestructures públiques per a una mobilitat sostenible.

Per donar resposta a aquests problemes, apareix el concepte de la Vall de l'Hidrogen de Catalunya (VHC), com a centre de coordinació de tots els actors públics i privats a fi de promocionar sinergies per al desplegament de les tecnologies de l'hidrogen. La idea és ajuntar tots els actors de tota la cadena de valor de l'hidrogen amb els usuaris d'hidrogen i fer un cercle virtuós. És clar que aquest cercle no es pot desenvolupar sense la instal·lació d'energies renovables, sense les quals no hi ha hidrogen verd. I els plans de renovables haurien de ser el fonament per a la transició i la descarbonització.

Com s'ha dit, la petroquímica de Tarragona és actualment la principal consumidora d'hidrogen a Catalunya, la qual cosa fa pensar en el pol petroquímic tarragoní com a punt de partida i promotor d'aquest desplegament. Afegir producció d'hidrogen verd al primer consumidor d'hidrogen industrial seria la mesura més eficaç, amb un impacte immediat en la ruptura d'emissions de CO<sub>2</sub>. Altres indústries, com les metal·lúrgiques, i altres instal·lacions, com ara les incineradores, cimeteres, etc., també hauran de seguir aquest camí traient profit de les experiències inicials de la VHC. La instal·lació anunciada de l'electrolitzador, amb una inversió de 230 milions d'euros, és una gran notícia i aposta per la transformació.<sup>7</sup> Però, perquè sigui un èxit, la VHC necessita una planificació integral. L'hidrogen que es produirà, si és suficient, haurà de ser distribuït a la VHC. De moment, les notícies indiquen que l'electrolitzador utilitzarà "preferentment" energia renovable de proximitat. Aquesta afirmació confirma la voluntat de la VHC de ser un referent, però també pareix indicar que hi ha obstacles importants que no deixen que la VHC creixi com seria desitjable. Sense un suport decidit de tots els actors, pot ser que la VHC tingui més dificultats per ser

<sup>7</sup> "Tarragona tindrà la planta d'hidrogen verd més gran de l'estat". Vall de l'Hidrogen de Catalunya [en línia] (27 setembre 2022). <<https://www.h2valley.cat/tarragona-tindra-la-planta-dhidrogen-verd-mes-gran-de-lestat/>>.

el que, des d'una perspectiva econòmica, social i mediambiental, tots els sectors desitgen. És contradictori que, quan hom cerca informació sobre el programa europeu H<sub>2</sub> Valleys,<sup>8</sup> a l'Estat espanyol únicament hi figurin Green Hysland (liderat per Enagás a les Balears), el Basque Hydrogen Corridor (liderat per Repsol al País Basc) i Green Crane (liderat per Enagás a Castella i Lleó), i no es trobi cap referència a la VHC, que és la que ha d'instal·lar, per ara, l'electrolitzador d'hidrogen verd més gran d'Europa. Aquest detall fa entendre que els plans globals per a aquesta vall, que és imprescindible per a la descarbonització catalana, no estan complets. I sense un pla global, és clar que la transformació no serà possible, amb el perill de deixar la indústria catalana enrere en aquesta carrera pel futur.

#### 4.

#### **La necessitat d'energies renovables per a l'hidrogen verd. Els actius i els reptes de Catalunya per a l'era de l'hidrogen**

La demanda d'hidrogen a Catalunya està focalitzada en les actuals indústries petroquímica i metal·lúrgica, així com en el transport no lleuger. La part industrial es pot estimar considerant tant l'actual consum d'hidrogen gris i les previsions de creixement per part de la petroquímica i d'altres indústries, com també les necessitats de descarbonització d'altres indústries (per exemple, les metal·lúrgiques). Per contra, la demanda del sector del transport està menys definida. Mentre que la UE fa recomanacions per tenir una hidrogenera cada 100 km a les vies principals, hi ha una incertesa molt gran sobre la introducció de vehicles amb piles de combustibles que consumeixin hidrogen.

Com a referència, se sol fer servir un cotxe de turisme, com a vehicle urbà, com el Toyota Mirai, amb un consum de 0,8 kg d'hidrogen per fer 100 km. Però aquest consum augmenta fins a 10 kg / 100 km en funció del pes i la tara de càrrega dels vehicles.

En qualsevol cas, es podrien estimar, en una primera aproximació bàsica, unes necessitats de 10 tones/hora per a la indústria i unes 15 tones/hora per satisfer el transport pesant (eix del Mediterrani) i els centres de logística instal·lats a casa nostra. Per produir aquestes tones, cal tenir presents certes xifres:

- 1 kg d'hidrogen conté una energia de 33,3 kWh; per tant, es necessiten 30 kg d'hidrogen per disposar d'1 MWh d'energia.
- Les diverses tecnologies comercials d'electròlisi necessiten de mitjana 50 kWh per produir 1 kg d'hidrogen, fet que indica una eficiència d'un 66 %. Per tant, per tenir una produc-

8 H<sub>2</sub> Valleys [en línia]. <<https://h2v.eu/>>.

ció d'unes 25 tones/hora, caldria una potència instal·lada d'electrolitzadors d'1,25 GW, que haurien de funcionar de manera contínua durant les 8.760 hores de l'any amb energia renovable.

- Però les energies renovables no tenen aquest funcionament continu, per la qual cosa es requereixen instal·lacions d'energies renovables addicionals per emmagatzemar l'energia per a quan no hi ha sol o no fa vent. Així, caldria una potència addicional d'energia fotovoltaica d'uns 5 GW, o una potència eòlica terrestre d'uns 3,5 GW o uns 2,7 GW d'energia eòlica marina.

Catalunya, en aquests moments, no ha desenvolupat aquestes capacitats d'energia renovable. Són unes necessitats que s'afegeixen a les d'assolir els objectius d'electrificació per al 2030 marcats per la UE (més del 72 % de tota l'energia elèctrica hauria de ser d'origen renovable). També cal pensar en el consum d'electricitat reclamat per les bateries per a la mobilitat elèctrica o pels sectors residencial, de serveis i primari.

Els reptes són molt significatius per a Catalunya:

- a) Desplegar les energies renovables requerides per a l'electrificació, més les necessàries per assolir la descarbonització, i recuperar el temps de retard respecte d'altres territoris;
- b) Catalunya haurà d'importar l'energia renovable d'altres territoris de l'Estat espanyol. En el mercat elèctric, hi ha contractes PPA de subministrament d'energia elèctrica que podrien arribar a estar per sobre dels 100 €/MWh. Les sigles PPA responen al concepte *power purchase agreement*: són contractes bilaterals a llarg termini de compra d'energia.
- c) Catalunya ha d'importar l'hidrogen dins del nou mapa geopolític previst per la UE i que inclou l'Orient Mitjà, el nord de l'Àfrica, la costa atlàntica de l'Àfrica i Sud-amèrica. Com a referència, cal dir que, per exemple, Corea, el Japó i Singapur també es basen en importacions d'hidrogen d'Austràlia. Hi ha zones en què les condicions del clima i el desplegament de les instal·lacions fan possible una producció d'hidrogen de quilòmetre zero a costos molt baixos: per exemple, l'Aràbia Saudí, el nord de l'Àfrica i la costa atlàntica del continent africà. En aquests casos, el cost de produir hidrogen es pot establir en uns 2 dòlars per quilogram. L'ús de plantes d'energia renovable dedicades directament a la producció d'hidrogen de quilòmetre zero fa que els costos siguin molt més barats i que compensin els costos del transport en vaixell, que s'estimen en uns 2-3 dòlars per litre d'hidrogen.

Aquest no és el cas de Catalunya, amb un desplegament de renovables encara insuficient. Malgrat que a l'Espanya buida sí que hi ha grans plans per a grans instal·lacions de renovables, encara queda sense definir una variable fonamental per estimar costos, com és el transport de l'energia des de l'Espanya buida cap als centres de consum, com ara Catalunya, el País Basc i el País Valencià.

## 5. PNIEC 2021-2030 i estimació de les inversions

Per desplegar les energies renovables a Espanya, l'Estat espanyol es regeix pel Pla nacional integrat d'energia i clima (PNIEC) 2021-2030. En aquest pla, hi ha un full de ruta que consisteix a augmentar, almenys, en 60 GW les fonts renovables i en una previsió d'inversió en sistemes renovables, així com en xarxes elèctriques, d'aproximadament uns 90.000 milions d'euros. Molt *grosso modo*, es pot estimar aproximadament un cost d'un milió d'euros per megawatt d'energia renovable, i a aquesta quantitat s'hi ha d'afegir el cost de construir i adequar les xarxes per transportar aquesta energia.

Actualment, les propostes presentades al Ministeri sobrepassen amb escreix la previsió de 60 GW i corroboren les prometedores capacitats fotovoltaïques i eòliques d'Espanya; destaquen les previsions d'inversions en regions com ara Andalusia, Extremadura, Castella-la Manxa i Aragó.

Els objectius del PNIEC estan ben alineats amb els objectius europeus per disposar, en primer lloc, de les fonts renovables per a l'electrificació.

A Catalunya, a més a més de les renovables per a les necessitats generals d'electrificació, caldrien almenys 1,25 GW per produir una quantitat potencial de 25 tones/hora d'hidrogen per a les demandes de la indústria i la demanda previsible de la mobilitat sostenible. Aquesta anàlisi no entra a valorar la substitució de les centrals nuclears a casa nostra, que tenen una potència de 3 GW. A més, l'hidrogen, com a vector energètic que permet emmagatzemar energia, també es constitueix com a font per produir electricitat, i desbanca la producció d'electricitat amb gas metà d'origen fòssil per a les situacions en què escau compensar les fluctuacions i intermitències de les renovables com ara la fotovoltaica i l'eòlica.

Actualment, s'estima una inversió de l'ordre de 1.500 €/kW per als electrolitzadors, amb expectatives de forts decreixements d'aquesta quantitat, i d'uns 0,8 M€/MW per a la fotovoltaica. Caldrien, doncs, inversions de l'ordre de 7.500 M€ per produir 50 tones per hora, sempre que sigui una producció de quilòmetre zero.

## 6.

### Necessitat d'un full de ruta a Catalunya sobre el vector energètic de l'hidrogen

Per a un desplegament eficient de les tecnologies de l'hidrogen, cal una coordinació entre les infraestructures generals del país i les accions que les empreses, com a iniciativa privada, es plantegin desenvolupar per descarbonitzar-se.

D'una banda, el país ha de desplegar energies renovables i endegar la xarxa d'hidrogeneres, o "benzineres d'hidrogen", al mateix temps que les autoritats han de promoure ajuts per estimular el creixement del parc de vehicles d'hidrogen, a fi d'incentivar la demanda.

D'altra banda, les empreses necessiten disposar d'energies renovables per produir l'hidrogen que necessiten com a matèria primera o, alternativament, comptar amb el subministrament d'hidrogen, buscant la col·laboració publicoprivada per promoure totes aquestes iniciatives.

La cadena de valor de les tecnologies de l'hidrogen va més enllà de la producció de l'hidrogen verd, i el paper de la indústria de Catalunya ha de ser rellevant i cobrir tots els aspectes d'aquesta cadena de valor. La fabricació d'electrolitzadors, la producció de piles de combustibles, la manufactura de dipòsits, sistemes de pressurització, canonades, alarmes, sistemes de seguretat, control i gestió de les plantes d'hidrogen, captura i reducció de CO<sub>2</sub>, hidrogenació del CO<sub>2</sub>, combustibles sintètics... són oportunitats per a l'expertesa i les capacitats industrials de diferents entitats de Catalunya. Escau, per tant, que hi hagi un full de ruta amb objectius ben definits, calendari i dates d'execució, i que s'acompanyi d'un pla de treball que es pugui connectar a un pla d'inversions, així com al pla d'ajuts i finançament públic.

Hi ha moltes incerteses que condicionen tot el pla de desplegament de l'hidrogen i el seu futur. En essència, de manera general, tot depèn de la disponibilitat, cost i abundància de fonts renovables per produir hidrogen verd. Aquest hauria de ser el primer punt contingut en un full de ruta sobre el qual s'hauria de vertebrar tota l'estratègia, segons es tracti de renovables pròpies de quilòmetre zero, de renovables exteriors al territori de Catalunya o, fins i tot, si es tracta d'importació de fora d'Europa, tenint en compte que cada opció té els seus costos.

L'energia renovable d'una planta de quilòmetre zero dedicada directament a la producció d'hidrogen presenta un cost d'uns 30 €/MWh, mentre que un contracte PPA, necessari per adquirir l'hidrogen a tercers, pot elevar força el valor de l'energia. Als preus actuals podria fins i tot enfilarse cap als 100 €/MWh.



Tanmateix, el full de ruta ha de marcar els objectius de producció dels components i sistemes al llarg de la cadena de valor de l'hidrogen. Tal com s'ha indicat més amunt, el full de ruta ha d'incloure els objectius qualitatius, quantitatius, temporals i econòmics a Catalunya per a cadascun dels punts de la cadena que s'han esmentat.

No obstant, totes aquestes consideracions queden condicionades a tot allò que es decideixi sobre el futur de les nuclears. Cal tenir en compte que, a Catalunya, el 55 % de la producció d'energia elèctrica prové de l'energia nuclear, de 3 GW de potència. Si el futur implica mantenir el funcionament de les tres centrals nuclears, creixen les opcions per disposar de fonts renovables per produir hidrogen.

## 7. Conclusions

L'hidrogen verd és un vector energètic que forma, i formarà part, de la cistella energètica.

Per desplegar-lo a Catalunya, cal un full de ruta clar i transparent per cobrir les demandes d'infraestructura com a país, així com les necessitats per descarbonitzar la indústria, i determinar els objectius per cobrir tota la cadena de valor de les tecnologies de l'hidrogen.

La disponibilitat de fonts renovables és un condicionant i el full de ruta de desplegament de les tecnologies de l'hidrogen ha de considerar aquesta variable.

Tanmateix, les condicions de contorn són molt diferents en funció del paper d'importació/exportació que projectes com ara el gasoducte Midi-Catalunya (Midcat) i el gasoducte Barcelona-Marsella (Bar-Mar) posen sobre la taula.

En qualsevol cas, més enllà dels problemes inherents a la producció de l'hidrogen verd, hi ha el valor industrial afegit per Catalunya per desplegar el lideratge en la manufactura i comercialització de tots els sistemes, components i gestió intel·ligent de les plantes d'hidrogen.

Complementàriament, tant el full de ruta com el pla de treball també han d'estar connectats amb les tecnologies de captura i reutilització de CO<sub>2</sub>.

Finalment, cal indicar que la posada en marxa del full de ruta necessita fortes inversions, que en una primera fase, el 2030, es xifren per sobre dels 7.500 milions d'euros per cobrir electrolitzadors, instal·lacions i les fonts renovables associades.

## 8.

### Bibliografia

EMISSIONS DE GEH A CATALUNYA [en línia]. <[https://canviclimatic.gencat.cat/ca/canvi/inventaris/emissions\\_de\\_geh\\_a\\_catalunya/](https://canviclimatic.gencat.cat/ca/canvi/inventaris/emissions_de_geh_a_catalunya/)>.

H<sub>2</sub> VALLEYS [en línia]. <<https://h2v.eu/>>.

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA. Indicadors energètics [en línia] (maig 2022). <[https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/conjuntura\\_catalunya/indicadors/](https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/conjuntura_catalunya/indicadors/)>.

LÓPEZ ALONSO, Eduardo. “Tarragona avança en el objetivo de crear la mayor planta de hidrógeno de España”. El Periódico [en línia] (26 setembre 2022). <<https://www.elperiodico.com/es/economia/20220926/tarragona-avanza-objetivo-crear-mayor-75917548>>.

MONTAGUT, JM. (2023). “El paper de l'energia en el benestar i en el progrés econòmic i social. Visió de futur dels enginyers industrials”. *La transició cap a un nou model energètic més net i just. Nota d'Economia*, 107. Departament d'Economia i Finances. Generalitat de Catalunya.

OBSERVATORI DE LES ENERGIES RENOVABLES DE CATALUNYA. Objectius d'energies renovables 2030 i 2050 [en línia]. <<https://observatorirenovables.cat/objectius-2030-i-2050/>>.

TAULA DE L'HIDROGEN EN LA TRANSICIÓ ENERGÈTICA DE CATALUNYA. Bases per a una estratègia de valorització energètica de l'hidrogen. Treballs i conclusions de la Taula [en línia] (desembre 2020). <[https://icaen.gencat.cat/web/.content/35\\_Participacio/Taula\\_hidrogen/Documentacio/Docs-conclusio-TdH/20210127-Taula-de-lhidrogen-de-Catalunya.pdf](https://icaen.gencat.cat/web/.content/35_Participacio/Taula_hidrogen/Documentacio/Docs-conclusio-TdH/20210127-Taula-de-lhidrogen-de-Catalunya.pdf)>.

VALL DE L'HIDROGEN DE CATALUNYA. “Tarragona tindrà la planta d'hidrogen verd més gran de l'estat”. [en línia] (27 setembre 2022). <<https://www.h2valley.cat/tarragona-tindra-la-planta-dhidrogen-verd-mes-gran-de-lestat/>>.

### Paraules clau

hidrogen verd, energia renovable, canvi climàtic, emissions de CO<sub>2</sub>, descarbonització de la indústria, mobilitat sostenible.

# Les comunitats ciutadanes d'energia: evolució o revolució

**Santi Martínez Farrero**

PhD en Ciència Política i de l'Administració

Llicenciat en ADE i en Màrqueting

## 0. Terminologia

Agregador	Operador del sistema elèctric que té contractes amb diferents consumidors que poden alterar els seus patrons de consum, atenent les necessitats del sistema elèctric. De manera individual no podrien operar, però l'agregador fa d'intermediari, sumant les seves capacitats.
Autoconsum	També s'anomena <i>autoproducció</i> . Generar electricitat per a ús propi.
Autoconsum col·lectiu	Autoconsum regulat pel Reial decret 244/2019, que permet compartir entre veïns el que es genera en una teulada.
CEP	Clean Energy for All Europeans Package.
CNMC	Comissió Nacional dels Mercats i la Competència. És un ens consultiu, independent del Govern. Tracta dels mercats regulats, com ara l'elèctric i el del gas, i de temes de competència.
Comunitat ciutadana d'energia	Es descriu a la Directiva 2019/944 de normes comunes per al mercat elèctric intern.
Comunitat d'energies renovables	Es descriu al Reial decret llei 23/2020 i a la Directiva de renovables 2018/2001.
Comunitat energètica	Denominació genèrica per a tots els esquemes en què diversos consumidors interactuen entre si en l'àmbit energètic.
Consumidor actiu	Aquell que vol participar i influir en el mercat elèctric.
COP21	La Conferència de les Parts del 2015 (COP21) va tenir lloc a París.
Directiva europea	Legislació secundària de la Unió Europea, dictada pel Consell i el Parlament, o només pel Consell de manera extraordinària. És obligatori transposar-la a la normativa estatal en els terminis que s'estableixin.
Eficiència energètica	Reduir el consum d'energia, mantenint el nivell de confort o la productivitat.
Energia renovable	Aquella que es genera fent servir fonts renovables, com ara el sol, el vent i la biomassa, entre d'altres.

Flexibilitat de la demanda	Aprofitar les característiques d'un determinat element de consum per modificar-ne el patró en funció de les necessitats del sistema. Un congelador es pot aturar durant unes hores sense que això afecti la qualitat dels productes emmagatzemats.
Garanties d'origen	Es coneixen com a certificats verds. Els emeten els generadors d'energia renovable i serveixen a les comercialitzadores per provar davant els consumidors l'origen de l'energia que compren.
MITECO	Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic.
ODS	Objectius de Desenvolupament Sostenible de l'Organització de les Nacions Unides (2015)
PNIEC	Pla nacional integrat d'energia i clima (gener del 2020)
Prosumidor	Productor i consumidor d'un mateix bé o servei.
Resiliència	Ser capaç de recuperar-se d'un xoc i tenir eines per seguir afrontant el dia a dia.
Smart grid	Xarxa intel·ligent. Es refereix a les xarxes elèctriques que es gestionen de manera digital.

## 1. Introducció

Les comunitats ciutadanes d'energia es descriuen a la Directiva 2019/944 de normes comunes per al mercat elèctric intern, que formava part de l'anomenat Winter Package de la Comissió Europea: en el moment de la seva publicació, l'any 2019, va rebre el nom de Clean Energy for All Europeans Package (Paquet d'Energia Neta per a Tots els Europeus).

Una comunitat energètica es defineix, a la directiva, com una «entitat jurídica de participació voluntària i oberta que estigui efectivament controlada per accionistes o els membres de la qual siguin persones físiques, autoritats locals, incloent-hi els municipis, o petites i mitjanes empreses, l'objectiu principal dels quals sigui oferir beneficis mediamambientals, econòmics o socials als seus membres o a la localitat on es desenvolupa la seva activitat, més que no pas generar rendibilitat financera». A més, segons la directiva, «una comunitat ciutadana d'energia pot participar en la generació, incloent-hi la provinent de fonts renovables, la distribució, el subministrament, el consum, l'agregació, l'emmagatzemament d'energia, la prestació de serveis d'eficiència energètica, la prestació de serveis de recàrrega per a vehicles elèctrics o altres serveis energètics als seus accionistes o membres».

El Clean Energy Package no surt del no-res, sinó que és conseqüència d'una sèrie de declaracions i compromisos previs que es van formalitzar, majoritàriament el 2015, després de documents científics que avalaven l'evidència d'un canvi climàtic accelerat.

El mes de maig del 2015 es va publicar l'encíclica *Laudato si* (també anomenada *l'encíclica del clima*), del papa Francesc, que ens diu que el clima és un bé comú i, com a tal, responsabilitat de tots. Al juny, els líders del G7 van acordar que el 2100 no es podran fer servir combustibles fòssils. El setembre d'aquell mateix any, l'ONU va fer públics els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS),<sup>1</sup> que constitueixen disset objectius, cadascun amb les seves respectives fites, per assolir el 2030.

Finalment, al desembre va tenir lloc la COP21, la Conferència de les Parts de París,<sup>2</sup> que, basant-se en cinc pilars fonamentals, com són la seguretat de subministrament, un mercat europeu integrat, eficiència energètica, descarbonització, i innovació i competitivitat, va finalitzar amb els acords següents, els quals havien d'afectar la política climàtica:

- Reducció de les emissions, a fi d'aconseguir l'objectiu de mantenir l'augment de la temperatura mitjana mundial molt per sota de 2 °C respecte als nivells preindustrials, i prosseguir els esforços per limitar aquest augment de la temperatura a 1,5 °C.
- Un sistema de transparència i de balanç global i una comptabilitat per a l'acció climàtica.
- Enfortiment de la capacitat dels països per fer front als impactes climàtics.
- Enfortiment de l'habilitat per recuperar-se dels impactes climàtics.
- Suport financer perquè les nacions construeixin futurs nets i resilient.

A continuació, i com a conseqüència de totes aquestes declaracions, Europa va activar els mecanismes per donar resposta als seus compromisos, i el resultat va ser el Clean Energy Package, que contenia les vuit directives i reglaments que s'enumeren tot seguit:

- Directiva d'eficiència energètica als edificis (2018/844)<sup>3</sup>
- Directiva d'eficiència energètica (2018/2002)<sup>4</sup>

1 DIPUTACIÓ DE BARCELONA. *L'Agenda 2030 i els ODS* [en línia]. <<https://www.diba.cat/web/ods/que-son-els-ods>>.

2 *Acord de París* [en línia]. <[https://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/02\\_OFICINA/actuacio\\_internacional/Acord\\_de\\_Paris/acord\\_paris\\_maqueta-cio-v2\\_final.pdf](https://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/02_OFICINA/actuacio_internacional/Acord_de_Paris/acord_paris_maqueta-cio-v2_final.pdf)>.

3 <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=EN>>.

4 <<https://www.boe.es/doue/2018/328/L00210-00230.pdf>>.

- Directiva d'energies renovables (2018/2001)<sup>5</sup>
- Reglament de governança de la unió energètica i l'acció climàtica (2018/1999)<sup>6</sup>
- Reglament sobre el mercat elèctric (2019/943)<sup>7</sup>
- Directiva de normes comunes per al mercat elèctric intern (2019/944)<sup>8</sup>
- Reglament de preparació per afrontar els riscos al sector energètic (2005/89/EC)<sup>9</sup>
- Reglament per reforçar la figura de l'Agència per a la Cooperació dels Reguladors Energètics (ACER) (2019/942)<sup>10</sup>

El procés negociador al si de les institucions europees és complex i ha de recollir interessos comuns dels estats membres, així com interessos particulars de cadascun d'ells. És per això que les directives deixen un cert marge per a la interpretació a l'hora de transposar-les a la legislació nacional.

## 2. La directiva que activa la ciutadania

A continuació desgranarem les consideracions de la Directiva 2019/944 de normes comunes per al mercat elèctric intern, el preàmbul que ha de servir per entendre l'esperit de la norma. La directiva obre noves opcions a la participació de la ciutadania en temes energètics, i no solament com a actors passius, sinó com a elements actius i centrals.

5 <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2018:328:-FULL&from=ES>>.

6 <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1999&qid=1612808095040&from=en>>.

7 <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0943&from=EN>>.

8 <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=EN>>.

9 <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005L0089&from=EN>>.

10 <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0942&from=EN>>.

Hem d'entendre les comunitats ciutadanes d'energia com l'eina que es posa a disposició de la ciutadania per canviar el model energètic, no només tecnològicament sinó també socialment, modificant l'*statu quo* dels últims 120 anys, basat en grans inversions i sistemes centralitzats de generació i xarxes de transport en què la ciutadania no ha pogut influir.

### 3.

#### Directiva de normes comunes per al mercat elèctric intern

Pel que fa a la Directiva de normes comunes per al mercat elèctric intern, que s'havia de transposar abans del 31 de desembre del 2020, però continua pendent a Espanya en la data de publicació d'aquest article, tracta, a l'exposició de motius, de tot el relatiu a les comunitats energètiques i alguns temes relacionats. A continuació destaquem els elements de la directiva que estan directament relacionats amb el tema que ens ocupa:

- «Els consumidors han de tenir la possibilitat de participar en totes les formes de gestió de la demanda. És probable que els beneficis obtinguts per aquesta participació activa augmentin amb el pas del temps, a mesura que els consumidors passius tinguin coneixement de les possibilitats com a clients actius.»

Quan es parla de gestió de la demanda, es fa referència a totes les accions que es poden emprendre des del costat de la demanda (l'ús de l'energia) per millorar i facilitar la gestió del sistema elèctric, canviant determinats patrons de consum. És conegut que el consum industrial es redueix en hores nocturnes, mentre que la capacitat de generació es manté. L'electricitat sol ser més econòmica en aquestes hores, perquè hi pot haver franges horàries en què no hi hagi prou consum per absorbir tota l'energia que es genera amb fonts renovables. Gestionar la demanda seria, en aquest cas, programar determinats electrodomèstics per funcionar en hores nocturnes, a fi d'evitar les hores de màxim consum. El problema de les hores punta és que ara se solucionen activant centrals de generació antigues, amb pitjors rendiments i amb costos de funcionament elevats, que fan augmentar el preu dels mercats energètics.

- «Els consumidors han de poder consumir, emmagatzemar o vendre l'electricitat autogenerada al mercat i participar en tots els mercats de flexibilitat, proporcionant flexibilitat al sistema.»

No només s'ha de poder participar en els mercats de flexibilitat amb elements de consum i de generació, sinó també amb sistemes d'emmagatzematge, entesos de manera extensa, és a dir,

bateries, acumuladors d'aigua calenta i sistemes de fred industrial, entre d'altres.

- «L'energia comunitària ofereix a tots els consumidors una opció de participació directa en la producció, consum o repartiment d'energia.»

Aquesta primera referència a l'energia comunitària, encara que genèrica, ens dibuixa el paraigua sota el qual es desenvoluparà el concepte de *comunitats energètiques*. Explicita que és una opció de *participació directa*, és a dir, sense altres intermediaris, com poden ser representants al mercat i comercialitzadors.

- «L'energia comunitària pot impulsar l'eficiència energètica en l'àmbit domèstic i ajudar a combatre la pobresa energètica, a través de la reducció del consum i de tarifes de subministrament més baixes.»

L'energia generada i gestionada de manera comunitària hauria d'oferir consells i solucions per impulsar l'eficiència energètica en l'àmbit domèstic. S'entén per *eficiència energètica* la reducció del consum mantenint el nivell de confort, la qual cosa requereix un esforç col·lectiu important per fer-ho de manera massiva, i no només amb el sector de la ciutadania motivat per la sostenibilitat. Si eficiència energètica és reduir el consum, l'optimització de la gestió hauria de reduir el cost de l'electricitat, ja que l'energia comunitària no necessita xarxes de transport, ni d'alta tensió, ni intermediaris que capten part dels marges de la cadena de valor.

- «Formar part d'una comunitat ciutadana d'energia ha d'estar obert a totes les categories d'entitats. Tot i això, s'han de reservar les competències de decisió als socis que no participin en una activitat econòmica a gran escala i per als quals el sector de l'energia no sigui el seu àmbit econòmic principal.»

Aquest és un punt de diferenciació amb les comunitats d'energies renovables, perquè no posa cap límit a la tipologia d'empresa que pot formar part d'una comunitat ciutadana d'energia, però evita que grans empreses o empreses del sector energètic puguin participar en la presa de decisions. De manera indirecta, es pot entendre que les exclou, ja que difícilment una gran empresa o una energètica formaran part d'una entitat en què no tinguin capacitat de decisió, si al mateix temps l'objectiu d'aquesta entitat no és maximitzar el resultat financer.



- «L'electricitat compartida permet subministrar als membres o socis electricitat provinent de les instal·lacions de la comunitat sense que estiguin geogràficament a prop de les instal·lacions generadores.»

Aquesta especificació de dos elements propis de les comunitats energètiques (que són instal·lacions de generació propietat de la comunitat i que no han d'estar geogràficament a prop) obre la porta perquè les comunitats ciutadanes establertes en zones urbanes puguin gaudir d'energia generada gràcies a inversions fetes en llocs adients, sense les restriccions que imposaria l'exigència d'una distància mínima.

- «Aquesta directiva faculta els estats membres a permetre que les comunitats ciutadanes d'energia es converteixin en gestores de les xarxes de distribució, d'acord amb el règim general o com a “gestores de xarxa de distribució tancada”.»

La redacció d'aquest punt fa que quedi a la discreció dels estats membres la transposició de la directiva. En aquest sentit, el legislador dona dues opcions per a les comunitats ciutadanes d'energia: la primera com a gestores de xarxa de distribució d'acord amb el règim general, que vol dir gestionar la xarxa de distribució que fins a un moment determinat és d'una empresa distribuïdora, fet que requereix una definició molt clara de com i per quin import es fa la transferència d'aquesta xarxa o d'una xarxa nova (no preexistent). Podem entendre que les exigències seran les mateixes que per a qualsevol distribuïdora, en termes de seguretat en l'operació i règim d'inversions. La segona opció és com a gestores d'una xarxa de distribució tancada. El 10 de juny del 2021, el MITECO va obrir el procés d'informació pública del reial decret que crea les xarxes de distribució d'energia elèctrica tancada. En aquest cas hi ha una condició que fa que no sigui viable per a les comunitats ciutadanes d'energia, perquè exigeix que tots els participants tinguin el mateix CNAE (codi nacional d'activitats empresarials).

- «Per incentivar la participació dels consumidors en els mercats de l'electricitat, els sistemes de mesura intel·ligent que despleguin els estats membres al seu territori han de ser interoperables.»

Això significa que aquests sistemes de mesura han de permetre compartir dades i intercanviar informació i coneixement entre ells. Per fer-ho, a Espanya s'han desplegat dos protocols principals respecte a les dades dels comptadors. D'una banda, Endesa i altres companyies treballen amb el protocol Meters and More,<sup>11</sup> liderat per Enel i Endesa, mentre que Iberdrola i altres em-

11 <<https://www.metersandmore.com/>>.

preses han optat pel protocol obert de la PRIME Alliance,<sup>12</sup> amb la mateixa Iberdrola al capdavant. Com a alternativa, i forçats per la Comissió Europea, les distribuïdores espanyoles aboquen tota la informació dels seus comptadors en una base de dades única, anomenada Datadis,<sup>13</sup> on 24 hores després es disposa de la corba horària.

Tenim, per tant, aquesta informació, que ens permet imaginar-nos l'abast de les comunitats ciutadanes d'energia, però, donada la discrecionalitat que deixa oberta la redacció de la directiva, l'aplicació final depèn de com es transposi a la normativa espanyola.

#### 4. Les transposicions i l'estat de la qüestió

Fins al moment, s'han desplegat diverses normes jurídiques per transposar les directives europees, tant pel que fa a les comunitats d'energies renovables com a les comunitats ciutadanes d'energia.

##### a) Comunitats d'energies renovables

El Reial decret llei 23/2020, publicat al BOE del dia 24 de juny del 2020, incloïa la transposició de les comunitats d'energies renovables (CER), de què es parla a la Directiva 2018/2001 d'energies renovables, que s'havia de transposar abans del 30 de juny del 2021. Més enllà de compilar l'article 22 de la directiva, en aquest RDL no apareix cap compromís de desenvolupament d'aquesta nova figura en un termini temporal concret. La directiva està transposada pel que fa a les CER, però, el mes de novembre del 2022, data en què es finalitza aquest article, encara no s'han desenvolupat les normes d'acompanyament.

En qualsevol cas, de la lectura de l'apartat *j* de l'article 4 de l'RDL, en podem extreure algunes idees de què podrien ser les CER a l'Estat espanyol. Primer, són entitats jurídiques (no especifica cap tipus d'entitat, únicament la necessitat de tenir un NIF); per tant, ho podrien ser, fins que no s'especifiqui en un desenvolupament posterior, una cooperativa, una associació, una societat limitada o qualsevol altre tipus d'entitat.

Segon, es basen en la participació oberta i voluntària; per tant, no es pot rebutjar algú que vulgui participar-hi, ni tampoc es pot obligar ningú a formar-ne part.

12 <<https://www.prime-alliance.org/>>.

13 <<https://datadis.es/>>.

Tercer, donat que són autònomes i efectivament controlades pels socis o membres, no poden dependre d'altres entitats, i les decisions només les poden prendre els seus socis o membres, sense que hi pugui haver majories de control.

Quart, es menciona que estan situades a les proximitats dels projectes d'energies renovables que siguin propietat de les entitats jurídiques esmentades i que aquestes hagin desenvolupat, però no s'especifiquen distàncies. En qualsevol cas, els projectes han de desenvolupar-se dins de l'òrbita geogràfica de l'entitat que els hagi dut a terme. En relació amb això, el 19 d'agost del 2021 es va publicar l'esborrany de la proposta de resolució del MITECO per convocar la segona subhasta per a generació renovable a Espanya. Aquesta subhasta reserva 300 MW per a parcs de menys de 5 MW relacionats amb la participació ciutadana. Els requisits que s'han de complir són els següents:

- Una empresa (sense especificar res més) com a titular de la instal·lació.
- Almenys un 25 % del capital amb un mínim de quatre titulars i amb domicilis fiscals a menys de 20 km de la instal·lació.
- Els titulars del 25 % no poden ser grans empreses. No diu res de la resta de les accions, és a dir, si el 75 % pot estar en mans de grans empreses o no.
- Alternativament, el 25 % pot ser d'una cooperativa amb domicili fiscal a menys de 20 km de la instal·lació.

Cinquè, els socis o membres de les CER han de ser persones físiques, pimes o autoritats locals, incloent-hi els municipis, i això significa que, seguint les propostes de la directiva, se n'exclouen, indirectament, les grans empreses.

[...] i la finalitat primordial de les quals sigui proporcionar beneficis mediambientals, econòmics o socials als socis o membres o a les zones locals on operen, en lloc de guanys financers.

Com a element comú a tota mena de comunitats energètiques, tal com apareix a les directives, la finalitat principal no ha de ser el guany financer. Ara bé, enlloc diu que hagin de ser entitats sense ànim de lucre. Només explicita que els beneficis mediambientals han de ser prioritaris, així com els dels socis o membres o els de la zona local on operen. Això ha fet que s'hagi pensat en cooperatives o associacions, però de cap manera exclou altres tipus de societats mercantils, sempre que els seus objectius i estatuts s'alineïn amb els de la norma.

Aquests elements són, a grans trets, els que es poden extreure i valorar de la transposició de la Directiva d'energies renovables, pel que fa a les comunitats d'energies renovables.

## b) Comunitats ciutadanes d'energia

Respecte a les comunitats ciutadanes d'energia de què ens parla la Directiva de normes comunes per al mercat elèctric intern, no hi ha cap indicatiu que apunti cap a una transposició immediata.

Tot i això, el 22 de desembre del 2021 es va publicar l'Ordre TED/1446/2021 de l'IDAE, per la qual es van aprovar les bases reguladores per a la concessió d'ajuts del programa d'incentius als projectes pilot singulars de comunitats energètiques (Programa Implementa). Es tracta d'una norma de rang inferior a una llei, que fa referència a les directives i defineix, per primera vegada a Espanya, què és una comunitat energètica, i ho fa d'una manera que conjuga el que seria una comunitat ciutadana d'energia amb una comunitat d'energies renovables, amb la descripció següent:

Comunitat energètica: persona jurídica basada en la participació oberta i voluntària; efectivament controlada per socis o membres que siguin persones físiques, pimes o entitats locals; que desenvolupi projectes d'energies renovables, eficiència energètica o mobilitat sostenible que siguin propietat de la dita persona jurídica, i la finalitat primordial de la qual sigui proporcionar beneficis mediambientals, econòmics o socials als seus socis o membres o a les zones locals on operen, en lloc de guanys financers.

Així doncs, veiem que manté l'esperit de la directiva, però no els detalls, ja que segueix exclouent, de manera indirecta, les grans empreses; només accepta els projectes d'energies renovables, és a dir, està més a prop d'una comunitat d'energies renovables que no pas ciutadana; evita parlar de la distribució d'electricitat i altres capacitats, limitant-se a la generació, l'eficiència energètica i la mobilitat sostenible, i l'IDAE interpreta «en lloc de guanys financers» com «sense ànim de lucre».

A més, la implantació d'energies renovables proposada per aquesta ordre queda sotmesa al Reial decret 244/2019, que limitava la distància entre el comptador de la instal·lació de generació i el del consumidor a 500 metres en línia recta, entre altres regles de validació. En relació amb això, el 19 d'octubre del 2022, al Reial decret llei 18/2022, es va estendre la distància a 1 km, però limitada a instal·lacions fotovoltaïques instal·lades en teulada, és a dir, deixant fora qualsevol altra tecnologia i ubicació. En contrast, a Portugal, copiant el model francès, el Decret llei 15/2022, de 14 de gener de 2022, estableix una distància de 2 km si la connexió es fa en baixa tensió, 4 km en mitjana tensió, 10 km en alta tensió i 20 km en molt alta tensió, i permet unes comunitats que poden gestionar les seves xarxes de distribució.

Pensem que 1 km, o els 2 km que s'havien de negociar al Congrés dels Diputats abans de finals del 2022, no solucionen la creació de comunitats en zones rurals, on no hi ha densitat de població suficient per crear comunitats energètiques amb els limitadors actuals.

## 5. Conclusions

És evident que les directives volen posar a l'abast de les institucions, la ciutadania i les empreses eines per provocar un canvi radical en la governança del sistema elèctric, i que això deu haver activat els lobbys del sector per protegir *l'statu quo* que tants beneficis els ha aportat.

Si se segueix l'evolució dels esborranys previs a una directiva, s'evidencia la influència de països i de grups de pressió per anar retallant o ampliant l'articulat final, que depèn de complexos processos de negociació, de manera que el resultat sol ser més conservador i continuista que no pas els esborranys inicials, que són redactats per tècnics que han pogut actuar amb independència i que solen ser de màxims.

En molts casos, les directives acaben fent recomanacions, i depèn del moment polític de cada estat membre que la transposició sigui més o menys fidel a l'esperit i la lletra del text comunitari.

Per tant, hi pot haver força distància entre el document per transposar i allò que arriba a la legislació nacional, ja que totes les forces tornaran a voler influir en la redacció final, gràcies al grau de llibertat que deixen obert les directives.

A Espanya, el PNIEC (Pla nacional integrat d'energia i clima) fa referència a les comunitats energètiques de manera reiterada; concretament, formen part de la mesura 1.4, que es titula «Desenvolupament de l'autoconsum amb renovables i la generació distribuïda».

La Llei 16/2017 del canvi climàtic de la Generalitat de Catalunya no fa cap menció de les comunitats energètiques, ja que és prèvia a les directives aquí analitzades. Tot i això, en fa una aproximació en alguns apartats de l'article 19, com són els següents:

- d) L'adopció de mesures de caràcter normatiu que afavoreixin l'autoconsum energètic a partir d'energies renovables i la participació d'actors locals en la producció i distribució d'energia renovable.
- e) El foment de la generació d'energia distribuïda i noves opcions en distribució i contractació de subministraments, i la implantació de xarxes de distribució d'energia intel·ligents i xarxes tancades.

5. El Govern ha d'adoptar les propostes normatives pertinents, una vegada acordat el Pacte nacional per a la transició energètica a Catalunya, amb relació a l'autoconsum d'electricitat solar fotovoltaica, per a afavorir la implantació de les tecnologies de generació elèctrica distribuïda als edificis, amb una gestió activa de la demanda i producció d'energia elèctrica i amb el suport de les tecnologies d'emmagatzematge d'energia, per a reduir els consums energètics, maximitzar les capacitats del sistema elèctric i millorar-ne la sostenibilitat ambiental i econòmica global.

Tenim al davant molta feina, com a ciutadans i com a país, a fi de pressionar les institucions de l'Estat per fer transposicions àmplies i generoses, que facilitin la implantació de tot tipus de comunitats energètiques, que seran generadores de coneixement, facilitaran el reequilibri territorial, oferiran molts llocs de feina qualificats, permetran fer política energètica a favor de la competitivitat de les empreses i, sobretot, posaran una part important de la població en el camí de la sostenibilitat i la mitigació de l'escalfament global.

Tot i això, hi ha dues evidències. D'una banda, les comunitats d'energies renovables no han estat desenvolupades. I, de l'altra, la figura de les comunitats ciutadanes d'energia no ha estat transposada a la legislació nacional.

Resumint, és imprescindible transposar i desplegar aquestes dues figures, que són imprescindibles per activar la ciutadania i fomentar la seva participació en la descarbonització, així com per obrir la possibilitat que el desplegament sigui plenament democràtic, perquè les comunitats energètiques són a l'abast de qui no disposi de teulades o de la liquiditat necessària per fer autoconsum.

## 6. Bibliografia

CARAMIZARU, A.; UIHLEIN, A. *Energy communities: An overview of energy and social innovation*. Elsene: Joint Research Centre, 2020.

CASTANIÉ, M. *Comunidades energéticas: Una guía práctica para impulsar la energía comunitaria*. Madrid: Amigos de la Tierra: Rescoop.eu, 2021.

FAJARDO, G. «El autoconsumo de energía renovable, las comunidades energéticas y las cooperativas». *Noticias de la Economía Pública, Social y Cooperativa [CIDEA]*, núm. 66 (2021), p. 34-61.

GIRBAU LISTUELLA, F.; SUMPER, A.; GALLART FERNÁNDEZ, R.; MARTÍNEZ FARRERO, S. *The Energy Internet: An Open Energy Platform to Transform Legacy Power Systems into Open Innovation and Global Economic Engines*. Duxford: Elsevier, 2019.

IVANCIC, A.; ARRANZ I PIERA, P. *Guía para el desarrollo de instrumentos de fomento de comunidades energéticas locales*. Madrid: IDAE, 2019.

MARTÍNEZ FARRERO, S. «L'Agenda 2030: un full de ruta global per al desenvolupament sostenible, en temps de la covid-19». *Eines*, núm. 39 (2020), p. 90-101.

SALAS, P. *La transició energètica a Catalunya: Impacte a Catalunya del paquet 'Clean Energy for all Europeans' de la Comissió Europea*. Barcelona, 2019.

VILA I SIMON, J. *Economia en el canvi climàtic: Full de ruta cap a la societat frugal*. Icaria, 2021.

### **Paraules clau**

Comunitats Ciutadanes d'Energia, Comunitats Energètiques, Directiva 2019/944, Comunitats d'Energies Renovables, transició energètica

# Comunitats energètiques: guanys i reptes ambientals, econòmics i socials<sup>1</sup>

**Albert Banal-Estañol**

Universitat Pompeu Fabra (UPF) i Barcelona School of Economics (BSE)

## 1. Introducció

La transició a una societat sostenible i baixa en carboni és molt més complicada que una simple adaptació del sistema existent a noves tecnologies i pràctiques de consum (Lilliestam *et al.*, 2019). Un futur mercat energètic descarbonitzat haurà de dependre de fonts renovables fluctuants, com ara l'energia solar fotovoltaica (PV) i l'eòlica, i allunyar-se dels combustibles fòssils aparentment més estables, com ara el petroli, el carbó i el gas natural. Això vol dir que hem d'augmentar la disponibilitat i l'ús d'opcions de flexibilitat per tal d'equilibrar la xarxa elèctrica, que, a més, hauria de tenir més importància amb l'electrificació de, per exemple, el transport i la calefacció. Aquestes opcions de flexibilitat inclouen no només fonts renovables despatxables i l'emmagatzematge d'electricitat a gran escala (com per exemple l'energia hidràulica de preses), sinó també recursos energètics distribuïts, com ara panells solars fotovoltaics individuals, bateries de vehicles elèctrics i resposta a la demanda.<sup>2</sup>

---

1 M'agradaria donar les gràcies a Karianne Reinertsen per la seva excel·lent assistència i a Núria Albet, Marc Roselló i Francesc Pujol pels seus excel·lents comentaris en una versió preliminar. També agraeixo el suport financer del Ministeri d'Economia i Competitivitat (projecte PID2019-109377GB-I00) i el suport del Programa Severo Ochoa (CEX2019-000915-S).

2 Degut a tot això, aquests recursos energètics distribuïts haurien de tenir un paper cada cop més gran en els propers anys (Gui i MacGill 2018). De fet, s'espera que les addicions de capacitat dels recursos energètics distribuïts siguin molt més grans que les de la generació centralitzada (Jacobson *et al.*, 2017).



La distribució aporta nous actors al mercat elèctric i està provocant una reconfiguració completa dels rols dels participants en la cadena de subministrament d'energia (Gui i MacGill 2018). L'estructura tradicional i centralitzada de la indústria del subministrament d'electricitat i el règim de presa de decisions dominat per les grans empreses es veuen desafiats pels nous rols dels usuaris de l'energia. Les famílies, així com les empreses, les autoritats públiques, les ciutats i els municipis, ja no es limiten a participar com a consumidors passius de serveis elèctrics, sinó que poden participar com a productors, inversors i propietaris d'actius, prenent decisions clau d'inversió ells mateixos, ja sigui individualment o col·lectivament. Aquesta tendència es veu facilitada per la creixent conscienciació sobre els problemes energètics (preus de l'energia, petjada ecològica...) i pels desenvolupaments tecnològics en els àmbits de la generació d'energies renovables, bateries, tecnologies de resposta a la demanda, comptadors i xarxes intel·ligents, etc. (Euroelectric, 2019).

En aquest nou paradigma, la ciutadania, així com les institucions privades i públiques, ara pot unir esforços en iniciatives energètiques col·lectives i formar *comunitats energètiques* destinades, entre d'altres, a produir les necessitats energètiques dels seus membres utilitzant energies renovables. Gràcies a la comunitat energètica, el consumidor tradicionalment passiu ara pot convertir-se en un consumidor proactiu d'energia, un individu que consumeix i produeix energia, no només individualment amb instal·lacions solars fotovoltaïques individuals, sinó també col·lectivament com a copropietari d'instal·lacions energètiques (possiblement més grans) (Van der Schoor *et al.*, 2016).

Al present article faig una anàlisi dels beneficis econòmics, ambientals i, especialment, socials que poden aportar les comunitats energètiques, així com els reptes als quals s'enfronten. A partir d'una revisió de la literatura acadèmica recent que analitza les característiques i el rendiment de les comunitats energètiques d'arreu d'Europa, argumentem que les comunitats energètiques poden i haurien de tenir un paper crucial a l'hora de garantir una transició energètica eficaç, assequible i justa (Biresselioglu *et al.*, 2021). Les comunitats energètiques poden contribuir a democratitzar el sistema energètic (Hanke *et al.*, 2021) i, en definitiva, a aconseguir una transició justa. De fet, on han funcionat amb èxit, les comunitats energètiques han aportat valor econòmic, social i ambiental, més enllà dels mers beneficis derivats de la prestació de serveis energètics (Cunha *et al.*, 2021).

El present article està dividit en cinc blocs. El primer bloc (apartats 2 i 3) ofereix antecedents i una visió general del desenvolupament de les comunitats energètiques a Europa. El segon bloc (apartats 4 i 5) analitza els guanys econòmics i ambientals que poden aportar les comunitats energètiques, així com les barreres a què s'enfronten per desenvolupar-

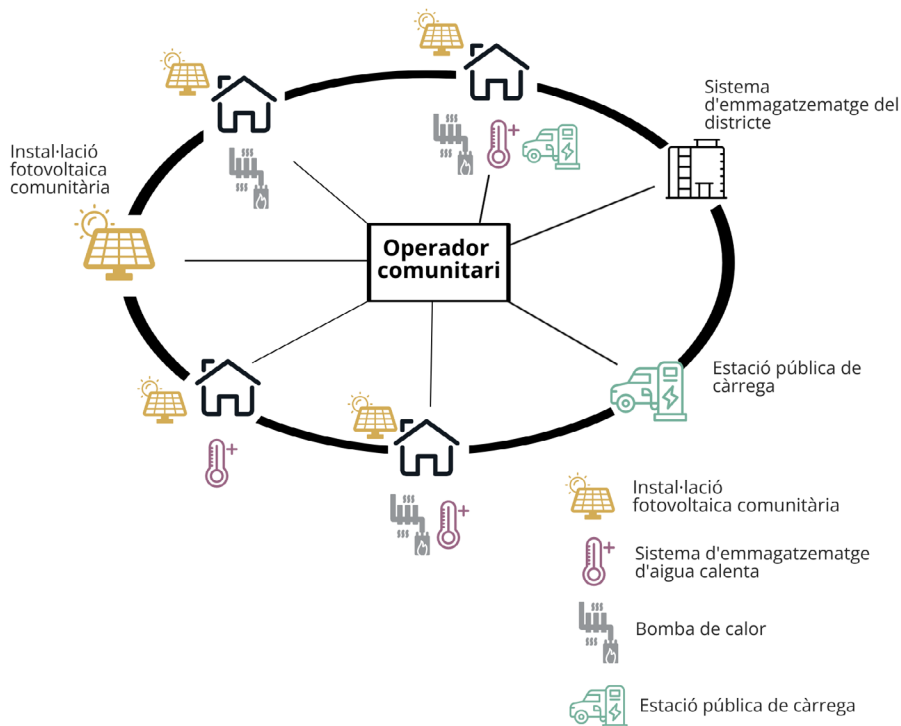
par-se. El tercer bloc (apartats 6 i 7) argumenta que les comunitats energètiques tindran un paper important per facilitar la participació dels ciutadans en el sistema energètic, tal com demanen les directives de la UE (Biresselioglu *et al.*, 2021). Raonem que la participació ciutadana en la presa de decisions no és *una* opció, sinó que en realitat és l'*única* opció si la descarbonització s'ha de produir d'una manera justa i inclusiva. El capítol 8 ofereix una conclusió, recomanacions de polítiques públiques per superar les barreres comentades anteriorment i propostes per a la recerca, tan necessària, sobre les comunitats energètiques.

## 2.

### Antecedents: què és una comunitat energètica?

A grans trets, l'energia comunitària fa referència a un ampli ventall d'accions energètiques col·lectives que impliquen la participació dels ciutadans en el sistema energètic. Aquestes activitats energètiques poden comprendre no només la producció, l'intercanvi i el consum d'energies renovables, sinó que poden incloure estacions de recàrrega de vehicles elèctrics, bombes de calor, sistemes d'emmagatzematge individual o col·lectiu i edificis eficients energèticament, i també serveis com ara l'eficiència energètica i els esquemes de reducció de la demanda o agregació de la demanda. La comunitat energètica es pot entendre com una manera d'organitzar aquestes accions energètiques col·lectives al voltant de la participació i la governança obertes i democràtiques i la provisió de beneficis per als membres o la comunitat (Roberts *et al.*, 2019). Algunes d'aquestes comunitats poden ser comunitats energètiques locals i implicar ciutadans, institucions municipals i empreses d'una àrea específica. D'altres poden facilitar l'accés a la producció i el consum d'energies renovables als ciutadans sense cap àmbit geogràfic limitat. Alguns exemples concrets de comunitats energètiques serien un govern municipal que comparteix l'energia d'un panell solar d'una escola amb un grup de veïns, un molí de vent instal·lat pels residents en un poble i una cooperativa agrícola que estableix mesures d'eficiència energètica en els seus processos de producció.

**Figura 1. Comunitat energètica amb llars, sistema d'emmagatzematge de districte i infraestructura de càrrega de vehicles elèctrics**



Font: Energy Innovation Austria [en línia]. <<https://www.energy-innovation-austria.at/article/clue-2/?lang=en>>.

Les comunitats energètiques tenen formes molt diferents, però l'element comú és que els socis no només són els destinataris dels beneficis generats pels projectes d'energies renovables, sinó també els copropietaris i, per tant, poden i han de participar en la presa de decisions. Hi ha, però, menys consens pel que fa a l'àmbit geogràfic, l'orientació al benefici i el paper de les autoritats i les empreses locals. Els projectes energètics comunitaris també poden tenir diferents graus d'implicació de la comunitat en la presa de decisions i l'intercanvi de beneficis (Walker i Devine-Wright, 2008).

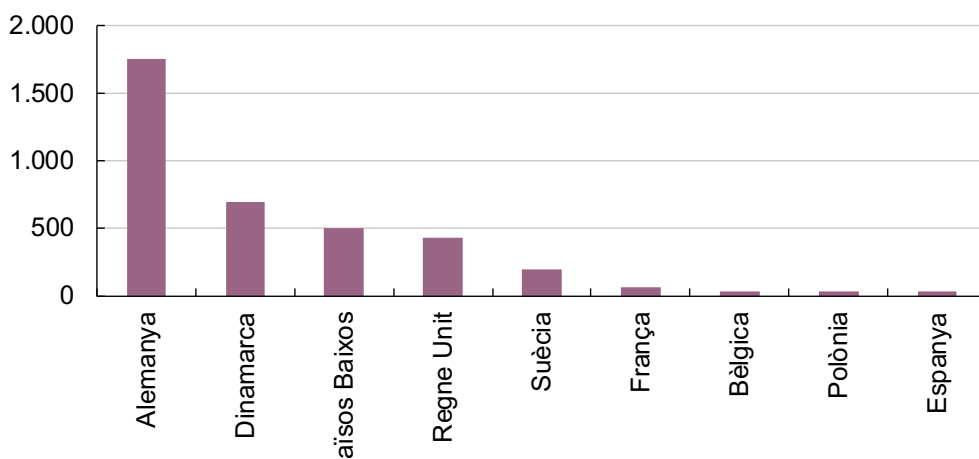
Fins fa poc, les comunitats energètiques no tenien un estatus clar ni a la legislació de la UE ni a la nacional. Gràcies a l'anomenat Clean Energy Package, ara hi ha dos models oficials de comunitat energètica: *comunitats energètiques ciutadanes*, que s'inclouen a la Directiva 2019/944 revisada del mercat interior de l'electricitat (Parlament Europeu i Consell de la Unió Europea, 2019), i *comunitats d'energies renovables*, que figuren a la revisió de la Directiva 2018/2001 d'energies renovables (Parlament Europeu i Consell de la Unió Europea, 2018). Aquests dos documents legislatius proporcionen, per primera vegada, un marc legal de la UE favorable a la participació col·lectiva dels ciutadans en el sistema energètic. Ara és el torn dels estats membres per habilitar mecanismes a fi que la ciutadania organitzada pugui participar

en el sistema energètic, ja siguin sols o conjuntament amb el municipi i el petit comerç.

### 3. Comunitats energètiques a Europa

Els primers exemples de generació d'energia basada en la comunitat es van desenvolupar a Dinamarca durant les últimes dècades del segle xx (Verde *et al.*, 2020). Tot i que les comunitats energètiques poden adoptar moltes formes legals, les cooperatives són el tipus més habitual, ja que permeten un sistema de gestió centralitzat (Caramizaru i Uihlein, 2020). L'any 2020, Europa tenia unes 3.500 cooperatives d'energies renovables, un tipus de comunitat energètica (Wuebben *et al.*, 2020). Aquesta xifra encara és més elevada quan s'inclouen altres tipus d'iniciatives energètiques comunitàries. La figura 2 (Caramizaru i Uihlein, 2020) mostra un nombre indicatiu d'iniciatives energètiques comunitàries, com ara cooperatives, ecoviles, organitzacions de calefacció a petita escala i altres projectes liderats per grups de ciutadans, en nou països europeus.

**Figura 2. Nombre aproximat d'iniciatives energètiques comunitàries per països**



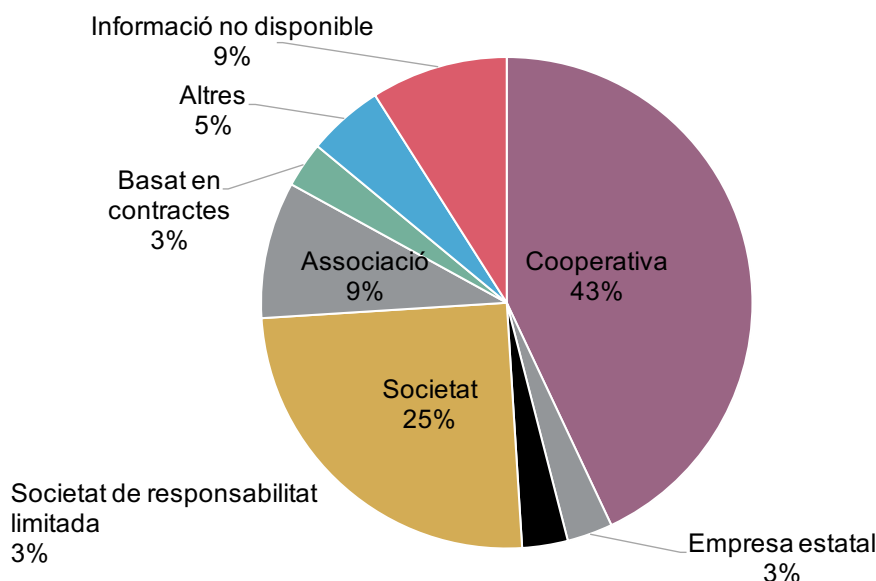
Font: Caramizaru i Uihlein (2020).

Segons Romero-Rubio i De Andrés Díaz (2015), Alemanya i Espanya tenien incentius similars per produir electricitat renovable, però hi ha hagut una gran diferència en el desenvolupament de les comunitats energètiques en els darrers deu anys. Entre les causes d'aquesta desigualtat, hi ha que les cooperatives no han estat tradicionalment afavorides per la llei a Espanya.

Pel que fa a l'estructura organitzativa i als accionistes implicats, Sæle *et al.* (2022) mostren que el model organitzatiu més comú de les 76

comunitats energètiques europees que revisen és la cooperativa. Però també s'utilitzen altres models organitzatius, com ara la societat de responsabilitat limitada, l'associació, etc.

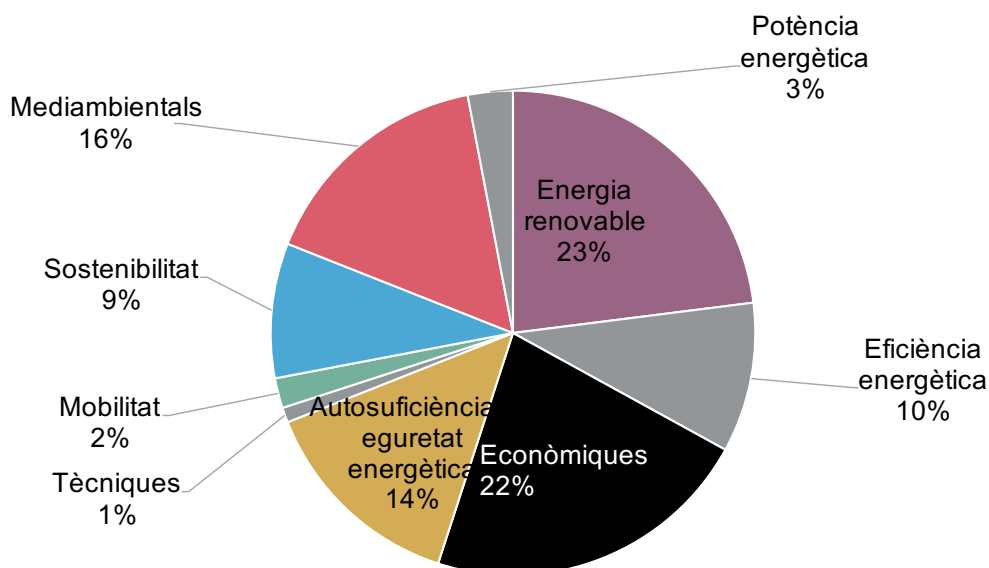
**Figura 3. Model organitzatiu i accionistes implicats**



Font: Sæle *et al.* (2022).

Respecte a les motivacions principals per establir una comunitat energètica, Sæle *et al.* (2022) mostren que hi ha un ampli ventall de motivacions entre les 76 comunitats energètiques europees que estudien, incloent-hi les motivacions ambientals, econòmiques i socials.

**Figura 4. Motivacions per establir una comunitat energètica**



Font: Sæle *et al.* (2022).

## 4.

### Beneficis ambientals i econòmics

Tal com expliquem en aquest apartat, les comunitats energètiques proporcionen una àmplia gamma de beneficis ambientals i econòmics en l'àmbit individual i comunitari, així com a escala global del sistema.

**Acceleren la transició energètica.** Les comunitats energètiques locals contribueixen als objectius generals d'energia i clima, ajudant a reduir el consum d'energia i les tendències d'emissions a tot el món (Koirala *et al.*, 2016). Les comunitats energètiques locals faciliten el desenvolupament de la generació distribuïda, que exercirà un paper fonamental en la xarxa elèctrica del futur. Mitjançant la inversió local en projectes d'energies renovables, les comunitats energètiques locals també augmenten la consciència de la transició energètica, impliquen el coneixement i l'experiència de la comunitat local i creen oportunitats d'ocupació local (Heinbach *et al.*, 2014).

**Guanys econòmics, eficiència energètica i seguretat de subministrament.** Els membres de les comunitats energètiques també es poden beneficiar de la rendibilitat de la inversió i dels preus de l'energia més baixos i menys volàtils (Bauwens, 2019; Biresselioglu *et al.*, 2021).

Les comunitats energètiques també poden millorar l'eficiència energètica i la resposta a la demanda dins de la llar, ja que els propietaris d'unitats d'energia renovable són més conscients dels nivells de preus de l'energia i les diferències de preu durant els períodes del dia, la setmana i l'època de l'any. En l'àmbit comercial i industrial, poden augmentar la competitivitat i reduir les tarifes de subministrament, aprofitant sinergies i la simbiosi energètica entre usuaris (Cunha *et al.*, 2021). Les comunitats energètiques maximitzen l'autoconsum instantani d'energia i augmenten la seguretat del subministrament local en cas de perturbacions energètiques en altres llocs de la xarxa. Això augmenta la independència de les fonts energètiques externes, reduint la vulnerabilitat. En comunitats aïllades (per exemple, illes o zones molt rurals), l'ús de tecnologies renovables de generació distribuïda pot proporcionar energia neta, fiable i sostenible per millorar la qualitat de vida de les persones.

**Agregació de la demanda, augment de la flexibilitat de la demanda i serveis auxiliars.** Les noves regulacions haurien de permetre a les comunitats energètiques accedir al mercat majorista d'energia i actuar com a agregadors, fet que crearia un nou actor en el camp energètic (Caramizaru i Uihlein, 2020). Les comunitats energètiques també poden millorar la implantació d'estratègies per reduir màxims de demanda (*peak demand shaving*), de respostes a la deman-

da i de tecnologies d'emmagatzematge d'energia, facilitant així l'adopció de noves tecnologies i patrons de consum, per contribuir encara més a la flexibilitat energètica (Biresselioglu *et al.*, 2021). La comunitat energètica fins i tot pot ajudar a equilibrar la distribució per la xarxa, fent coincidir la generació i la demanda en temps real.

La instal·lació d'energia renovable distribuïda, planificada i executada per comunitats energètiques, però també amb la possible participació de l'empresa distribuïdora local en la planificació, podria ajudar el sistema, amb la instal·lació de producció d'energia en llocs concrets, i reduir les necessitats de reforç de la xarxa i les pèrdues de transport d'electricitat (Cunha *et al.*, 2021).

Les comunitats energètiques també poden oferir serveis auxiliars, com les reserves de freqüència, que intervenen quan es produeixen desviacions de freqüència per restablir l'equilibri entre l'oferta i la demanda, la qual cosa serà molt important en el futur.

**Aborden el problema del NIMBY («al pati de casa meva, no»).** El camí cap a la transició energètica en alguns països com Espanya ha estat fins ara dominat pel desplegament de projectes d'energies renovables a gran escala. Les comunitats energètiques locals poden implantar les seves pròpies plantes de generació distribuïda, que afavoreixin la participació de la població local, el petit comerç i els municipis, i així redistribueixin la riquesa generada al territori. Que la població local i les pimes puguin invertir-hi i fer que una part o tots els rendiments del projecte siguin locals contribueix a l'acceptació social dels projectes d'energies renovables (Caramizaru i Uihlein, 2020).

**Beneficis econòmics i socials del model de negoci centrat en la persona.** Les comunitats energètiques solen tenir un model de negoci en què la persona se situa al centre del servei i és tractada com una persona. Com a conseqüència d'això, la qualitat del servei de les (grans) comunitats energètiques que comercialitzen energia sol ser molt alta (Heras-Saizarbitoria *et al.*, 2018).

## 5.

### Barreres per al desenvolupament de les comunitats energètiques

L'èxit, i en particular la viabilitat i implementabilitat de les comunitats energètiques, es pot veure obstaculitzat per incerteses legals, discriminació per part de les empreses actuals, reptes amb la burocràcia, problemes organitzatius, barreres tècniques i tecnològiques i riscos financers (Biresselioglu *et al.*, 2021). Aquest apartat ofereix una visió general ràpida d'aquestes barreres.

**Incerteses jurídiques.** La primera barrera per al desenvolupament de les comunitats energètiques és la seva legalitat, és a dir, les limitacions imposades pel marc legal, que restringeix les condicions en què es pot formar una comunitat energètica i en què pot operar (Gancheva *et al.*, 2021). Els possibles tipus d'actors del mercat es defineixen per la legislació dels estats membres. Els amplis poders concedits a les autoritats locals a Alemanya sovint se citen com a clau per a l'èxit de les comunitats energètiques en aquest país.

**Discriminació per part de les grans empreses tradicionals.**

Les empreses tradicionals sovint s'esforcen per preservar les seves posicions de mercat. Com a resultat d'això, els projectes energètics comunitaris poden, per exemple, tenir dificultats per accedir a la xarxa elèctrica dels operadors tradicionals de manera eficient i oportuna, si els propietaris de la xarxa també són competidors en el mercat. Les comunitats energètiques també estan en risc quan competeixen amb els grans actors del mercat.

**Reptes amb la burocràcia.** Molts ciutadans volen dur a terme els seus propis projectes d'energies renovables, però sovint es veuen intimidats pels requisits reglamentaris i la burocràcia existent (Wagemans *et al.*, 2019). Esdevenir un participant en el mercat és complicat, perquè el marc antic centralitzat encara està present i vigent en molts aspectes.

**Aspectes organitzatius.** Les comunitats energètiques locals necessiten persones, sovint voluntaris, que liderin i tinguin un paper actiu en la creació i el desenvolupament del projecte (Reis *et al.*, 2021). Molta gent hi està interessada, però no troba el temps per participar-hi activament (Wagemans *et al.*, 2019). El risc resultant és que les comunitats energètiques locals puguin estar formades i dirigides per un conjunt particular d'individus (per exemple, pensionistes), excloent-ne grans sectors de la població.

**Barreres tècniques i tecnològiques.** Una manca de densitat de la xarxa elèctrica pot perjudicar molt els projectes energètics comunitaris (Wagemans *et al.*, 2019). També hi pot haver barreres tecnològiques relacionades amb la necessitat de desplegar i reforçar les infraestructures de comunicacions i comptadors intel·ligents (Reis *et al.*, 2021).

**Riscos financers.** Les inversions en plantes de generació d'electricitat renovable comporten uns riscos financers elevats, ja que requereixen grans quantitats de diners al principi, quan la planta encara no produeix cap ingrés. La normativa que impulsa les plantes de producció d'electricitat renovable s'ha tornat molt més desfavorable i inestable. Per tant, no és fàcil poder-se permetre inversions tan grans.



## 6.

### Beneficis socials: democratització, equitat i justícia

Les comunitats energètiques també poden desenvolupar vincles forts amb la comunitat local i proporcionar externalitats socials positives, alhora que generen ingressos financers.

**Democratització.** Les comunitats energètiques poden contribuir a democratitzar el sistema energètic (Hanke *et al.*, 2021) i, en definitiva, a aconseguir una transició justa.<sup>3</sup> Les comunitats energètiques locals es relacionen amb les famílies locals i permeten la participació ciutadana local (Walker i Devine-Wright, 2008). La implicació directa de les comunitats locals en la governança del sector energètic i, per tant, en les decisions relacionades amb el sistema energètic hauria de fer que el sector energètic sigui més inclusiu i més representatiu de la població (Van Veelen, 2018).

**Equitat i justícia.** Les comunitats energètiques locals també poden exercir un paper central en la superació de les injustícies relacionades amb l'energia, amb un enfocament democràtic i que millori l'equitat. La descentralització dels mercats energètics i l'establiment de comunitats energètiques tenen un impacte positiu directe no només en la transició dels mercats energètics, sinó també en la provisió de justícia energètica (Mundaca *et al.*, 2018).

Entre altres qüestions, les comunitats energètiques locals poden abordar la pobresa energètica: per exemple, oferint tarifes més baixes als més vulnerables i ajudant-los a augmentar l'eficiència energètica (Hanke i Lowitzsch, 2020). La Directiva RED II destaca aquest paper social de les comunitats energètiques, però no ofereix detalls sobre com es pot assolir aquest paper social a la pràctica. Això queda en mans dels plans nacionals d'energia i clima dels estats membres que transposen la directiva.

Una comunitat energètica pot ser especialment beneficiosa per a les zones que pateixen un declivi agrícola, perquè aquestes comunitats energètiques poden fer servir els projectes d'energia renovable com a nova font d'ingressos i ocupació (Walker *et al.*, 2008).

---

3 La «democràcia energètica» ha evolucionat des d'un eslògan utilitzat pels activistes que demanen més influència en la presa de decisions relacionades amb l'energia a un terme utilitzat en documents polítics i a la literatura acadèmica (Szulecki i Overland, 2020).

## 7.

### Barreres a la participació inclusiva

Tot i que les comunitats energètiques locals tenen el potencial d'empoderar les persones vulnerables perquè hi participin, existeixen barreres per a la participació inclusiva (Hanke *et al.*, 2021). Els grups socioeconòmics vulnerables estan infrarepresentats a causa d'un conjunt de barreres econòmiques, socials i participatives individuals, que repassem en aquest apartat.<sup>4</sup>

**Riscos financers.** En primer lloc, és molt més probable que les llars vulnerables, és a dir, les que tenen uns ingressos i una riquesa disponibles baixos, s'abstinguin més que les llars no vulnerables d'assumir els riscos financers relacionats amb la inversió en comunitats energètiques (Holstenkamp i Kahla, 2016). El que ho fa encara més difícil és que, sovint, les comunitats energètiques locals tenen un finançament extern disponible limitat.

**Manca de capital social.** En segon lloc, els consumidors vulnerables no tenen (o pensen que no tenen) capital social: per exemple, en forma d'accés a la informació, coneixements i consciència del seu paper potencial com a membres (Hanke i Lowitzsch, 2020). Aquesta manca de coneixement sovint és el resultat d'un accés limitat a les xarxes socials locals o als iniciadors individuals implicats en una comunitat energètica local (Fischer *et al.*, 2020). A la literatura s'ha posat èmfasi amb freqüència en els factors socials d'unió a les comunitats energètiques, com ara l'aprovació social, la identitat social i la solidaritat (Bauwens, 2019). Aquests factors també es veuen afectats per l'entorn social.

**Menys propensió al voluntariat.** En tercer lloc, les comunitats energètiques locals sovint depenen del voluntariat (Fischer *et al.*, 2020; Kalkbrenner i Roosen, 2016). El temps disponible per al voluntariat és un altre requisit que restringeix la participació dels consumidors vulnerables. Sovint s'ha mostrat que les taxes de voluntariat depenen de factors socioeconòmics, que inhibeixen la participació inclusiva.

**Competència del mercat.** En quart lloc, l'obtenció de rendiments financers no és l'objectiu predominant dels membres de les comunitats energètiques, però sí que exerceix un paper en un mercat competitiu (Fischer *et al.*, 2020). Això pot limitar-ne la capacitat d'obrir-se a grups socials més amplis. Bauwens (2019) mostra que com més gran és

4 Tot i no ser el focus de l'article, cal dir que també hi ha diferències en termes de gènere. La tecnologia «moderna» continua percebent-se com un domini masculí, i això constitueix una barrera perquè la majoria de dones es converteixin en consumidoros proactives plenament compromeses, individualment o col·lectivament (Standal *et al.*, 2020).

la comunitat energètica, més prevalen els motius financers sobre els de la inclusió social a l'hora de participar.

### **Diferències i competència entre comunitats energètiques.**

A més de les barreres individuals d'una llar vulnerable per participar, també hi ha dificultats col·lectives per establir comunitats energètiques locals en zones geogràfiques més pobres. Les que sí que aconsegueixen formar-se en aquests entorns tenen, a més, dificultats per competir amb les comunitats energètiques establertes en zones més riques. Alguns autors ja han plantejat la seva preocupació pel potencial de les comunitats amb més riquesa i més capital social, ja que sovint dominen els concursos de finançament dels recursos per damunt de les comunitats més pobres (Catney *et al.*, 2014).

## **8.**

### **Conclusió, recomanacions polítiques i investigacions posteriors**

Estem en procés de reinventar tot el sistema energètic i fer-lo capaç de sostenir un nou camí evolutiu que combini el desenvolupament econòmic i el benestar de la societat. Les comunitats energètiques poden formar part de la solució per fer factible una revolució verda en el sector energètic. Les comunitats energètiques estan alineades amb els principals vectors de la transició cap a una societat baixa en carboni: descarbonització, digitalització, descentralització i democratització (Cunha *et al.*, 2021). Les comunitats energètiques se centren (i se centraran) no només a proporcionar energia renovable assequible als seus membres, sinó també a proporcionar serveis, solucions i actuacions energètiques a favor de la transició cap a un nou model energètic, en lloc de prioritzar la generació de beneficis com una empresa energètica tradicional (REScoop.eu i ClientEarth, 2020). Poden ajudar a fer front a la crisi climàtica, a la desigualtat econòmica i a la injustícia socioambiental (Brummer, 2018).

El desenvolupament de les comunitats energètiques està guanyant ritme, aquí i en altres llocs d'Europa (Forman, 2017; Koirala *et al.*, 2016; Euroelectric, 2019). Malgrat la voluntat, les comunitats energètiques s'enfronten a restriccions i reptes, que limiten la seva capacitat de créixer i, sobretot, per abordar la justícia energètica. Tot i que la majoria estan integrades localment, preval la comprensió limitada de què és i com es pot adreçar la vulnerabilitat energètica. Com a resultat, el reconeixement de les (in)justícies energètiques i la implantació de procediments adequats per implicar els col·lectius vulnerables i donar-los veu i oferir serveis energètics més justos són limitats.

Els reguladors i els responsables polítics han d'adoptar definicions i regles clares que regeixin les seves activitats, mantenint una certa

flexibilitat i sense ser massa restrictius, per permetre que els diferents models de negoci prosperin (Gancheva *et al.*, 2021). El Govern espanyol, com la resta d'estats membres, hauria d'habilitar mecanismes perquè la ciutadania organitzada pugui participar en el sistema energètic. Fins ara, el concepte de *comunitat energètica local*, proposat pel Ministeri per a la Transició Ecològica, copia els drets, privilegis i responsabilitats de les directives de la UE per a les comunitats d'energia renovable i ciutadana (Hannoset *et al.*, 2019). El Reial decret 244/2019 completa el Reial decret llei 15/2018 ampliant l'autoconsum a un grup de persones més enllà dels únics propietaris. Però el Govern encara no ha transposat el Clean Energy Package en la seva totalitat.

**Ara oferim una sèrie de recomanacions de polítiques públiques.** En efecte, hem identificat, més enllà de la transposició de les directives, una sèrie de barreres que poden afectar el desenvolupament de les comunitats energètiques, així com el seu paper en la democratització del sector energètic i la seva contribució a la justícia energètica. El disseny de polítiques públiques, econòmiques, legals i socials, és fonamental per al seu èxit. Cal, però, dissenyar polítiques escoltant les parts implicades, per evitar que s'acabin duent a terme propostes dissenyades per ajudar, però que no ajuden, o que no ajuden com haurien pogut ajudar si estiguessin ben dissenyades.

- Per superar les limitacions financeres, hem de dissenyar esquemes de finançament efectius i facilitar l'accés a fonts de crèdit per a projectes que demostrin ser tècnicament i econòmicament viables. Per exemple, els préstecs a tipus preferent dels bancs, el finançament col·lectiu (*crowdfunding*) i les col·laboracions publicoprivades amb autoritats locals o organitzacions privades.
- Més enllà d'això, els governs haurien d'oferir avals públics a les comunitats. Les comunitats energètiques poden ser més que solvents econòmicament, però, com que són organitzacions de nova creació, i sovint sense capital inicial, els bancs poden no atrevir-se a finançar-les. Aquest problema el comparteixen les *start-ups*, però, a diferència d'aquestes últimes, hi ha molt menys coneixement, tant al sector privat com al sector públic, de què són i dels beneficis econòmics que produeixen les comunitats energètiques. Uns beneficis que poden estar molt més distribuïts entre les persones que en formen part i les persones del seu entorn que en el cas de les *start-ups*. A més, a diferència de les *start-ups*, el risc de les comunitats energètiques és baix. Per tot això, els governs haurien de trobar mecanismes econòmics per donar suport a les comunitats energètiques. Tan sols amb avals, els governs podrien fer créixer exponencialment el nombre i la dimensió de les comunitats, ja que, amb els beneficis que reporten, els bancs podrien atrevir-se a finançar-les.

- Més enllà dels mitjans econòmics, hem de proporcionar a la població més vulnerable coneixements i assistència tècnica i ajudar a desenvolupar capacitats per participar en els esquemes energètics col·lectius i fer-ne ús. S'han de promoure campanyes d'informació i conscienciació, especialment dirigides als més vulnerables. També es poden incentivar models de negoci que no necessàriament afavoreixin les persones que tenen més capacitat econòmica. Per exemple, pot ser que les comunitats siguin més inclusives si no s'han de posar diners d'inversió per poder consumir, sinó que siguin quotes anuals que es poden pagar amb el que s'estalvia de la factura elèctrica. I fer que sigui la comunitat la que es finança, ja sigui per bancs, subvencions o capital social voluntari.
- Els governs poden proporcionar suport i assessorament: ajudar els iniciadors a dur a terme els seus projectes, promovent l'accés a desenvolupadors experimentats que puguin compartir experiències i bones pràctiques, i donar suport directament als projectes pilot. Els projectes demostratius són crucials. Com a exemple, la Countryside Agency Community Renewables Initiative al Regne Unit va proporcionar finançament a principis dels anys 2000 als equips de suport locals per oferir assessorament expert a les comunitats rurals que volien desenvolupar un projecte comunitari d'energia renovable (Walker i Devine-Wright 2008).
- Els governs locals (i autonòmics) podrien promoure les comunitats energètiques donant-los accés a edificis públics (per exemple, instal·lacions esportives, escoles, etc.) per instal·lar panells solars, ja sigui en col·laboració amb l'ens públic o sense. Hi hauria d'haver la possibilitat (o l'obligació) que una part de la superfície pública total estigués reservada perquè en fessin ús les iniciatives ciutadanes. Però, com a mínim, les lleis haurien d'incloure clarament la possibilitat de cedir espais, de manera que aquesta possibilitat no depengés del criteri del responsable de cada ajuntament.
- En termes de condicions d'accés i cessió d'ús, les comunitats haurien de poder firmar convenis a llarg termini, més d'acord amb la vida útil d'aquest tipus d'instal·lacions que no pas amb els cicles polítics de quatre o vuit anys. Al mateix temps, els governs locals podrien assegurar-se, a canvi, que els consumidors vulnerables també s'integrin en aquestes comunitats. Les comunitats energètiques locals també podrien participar en projectes socials, com ara desenvolupar habitatge social.
- Cal reduir la burocràcia i les limitacions legals innecessàries. Els iniciadors sovint es queixen que determinades normatives, que no semblen tenir una finalitat clara, limiten la seva capacitat d'operar. Altres vegades, les subvencions inclouen requisits bàsics que no

compleixen, o no financen costos que són molt necessaris, com per exemple els costos de personal. Sense recursos humans professionalitzats, és molt difícil que s'arribi a fer tot el que cal. El voluntariat està molt bé, però és impossible que, només amb el voluntariat, es pugui crear tot el que necessita una comunitat energètica amb tota la seva complexitat. Fins que la comunitat no genera ingressos, pot passar un any o més.

- En relació amb les barreres tècniques i tecnològiques, relacionades amb la necessitat de desplegar i reforçar les necessitats d'infraestructures de comunicacions i mesurament intel·ligent, es poden superar amb la inversió d'empreses i governs en xarxa i en tecnologia. Com a ciutadans, hauríem de tenir accés a les dades de manera molt més lliure. Ara mateix, les dades són «propietat» de les companyies distribuïdores. Caldria crear un repositori obert de dades i que les persones poguessin «cedir» les seves dades a qui considerin i a qui els ofereixi un servei. Les dades són el nou «poder». Els governs també haurien de facilitar la transmissió d'informació sobre capacitat de la xarxa i vetllar perquè les comunitats energètiques s'hi puguin connectar. Les empreses distribuïdores no haurien d'esperar a dir si hi ha prou capacitat en un punt fins que la comunitat energètica tingui un projecte i hagi pagat per demanar el punt de connexió. Els governs haurien de crear (o demanar que es creïn) mapes públics actualitzats de capacitat de xarxa perquè les comunitats sàpiguen on es poden posar instal·lacions, abans que s'hagin d'organitzar i coordinar. Les administracions haurien de tenir més informació de com està la xarxa, perquè les distribuïdores no puguin negar punts de connexió per a instal·lacions tan petites. I si no és possible, els governs (i els reguladors d'energia) haurien de fer que les distribuïdores inverteixin per millorar la xarxa i així poder incloure noves renovables, superant els possibles problemes d'inestabilitat de xarxa. O fins i tot obligar les distribuïdores a treballar conjuntament amb les comunitats per trobar solucions alternatives (per exemple, altres localitzacions).
- També caldria preveure la creació d'una prefectura amb una normativa de regulació i control en cas que es produeixin conflictes d'interessos entre consumidors proactius, distribuïdors i comercialitzadors. Per exemple, hi podria haver un problema entre les mesures de producció fetes pels consumidors proactius (membres de la comunitat energètica i propietaris de la instal·lació) i les mesures fetes per la distribuïdora. Aquesta prefectura podria evitar abusos per part de grans distribuïdores o comercialitzadores i assegurar les petites inversions de les comunitats energètiques.
- La informació és clau perquè les persones, de manera individual o col·lectiva, participin més activament en el sector energètic, s'incre-

menti el nombre d'instal·lacions ciutadanes i augmenti l'eficiència energètica. Per exemple, s'hauria de millorar la informació que es dona a la factura elèctrica. Seria molt positiu que, obligatòriament, les factures haguessin de fer constar els tres termes següents de manera clara i diferenciada: l'energia consumida de la xarxa no autoproduïda, l'energia autoproduïda i l'energia compensada. Aquests tres conceptes proporcionen una informació molt rellevant perquè el consumidor proactiu tingui una informació clara de la factura energètica i un control detallat de la seva inversió. Facilitar que es produeixi aquesta transmissió d'informació és, una altra vegada, responsabilitat dels governs i reguladors d'energia.

- Vincular els projectes energètics comunitaris amb un objectiu polític general pot ajudar a aconseguir el suport de parts interessades i ciutadans en el desenvolupament de les comunitats energètiques. El paper potencial de la comunitat en la generació d'energia renovable s'ha incorporat al discurs de la política energètica del Regne Unit des de principis dels anys 2000. La Llei de canvi climàtic i energia sostenible del Regne Unit del 2006 va introduir el deure del secretari d'Estat de promoure els projectes energètics comunitaris, com a part d'una sèrie de mesures per fomentar la microgeneració.

**També necessitem molta més investigació econòmica** per ajudar, tant el sector privat com el sector públic, a dissenyar models de negoci, polítiques i regulacions que afavoreixin que les comunitats energètiques, i més generalment la transició energètica, incloguin els grups socioeconòmics menys privilegiats. La investigació experimental, de l'estil «economista com a lampista», promoguda per la premi Nobel Esther Duflo (2017), podria contribuir a dissenyar i a avaluar rigorosament, per exemple, diferents estratègies de participació en comunitats energètiques de diversos grups socials.

Hi ha poca investigació sobre l'efecte de les comunitats energètiques en l'assequibilitat de l'energia i en indicadors rellevants com ara el rendiment energètic, els canvis en la renda disponible, el confort tèrmic dels edificis i la salut mental i física dels residents implicats en projectes energètics comunitaris (Berka i Creamer, 2018). Però encara hi ha menys recerca sobre, per exemple, si hi ha intervencions (públiques o privades) que augmentin l'equitat en l'adopció individual i col·lectiva de PV.

De manera més general, una literatura petita però creixent està analitzant, centrant-se principalment en els EUA, les conseqüències adverses de la transició energètica per a grups socioeconòmics específics. Johnson *et al.* (2014), per exemple, afirmen que «la provisió d'energia comunitària ampliada té el potencial de reproduir, o fins i tot agreujar, les desigualtats socioeconòmiques i espacials existents». Sabem molt

poc sobre les polítiques potencials que mitiguin o eliminin les desigualtats associades a la transició. Cal analitzar la dimensió d'equitat de la transició, i intentar dissenyar polítiques de transició i pobresa energètica que, en definitiva, garanteixin que ningú no es quedi enrere.

## 9. Bibliografia

- BAUWENS, T. «Analyzing the determinants of the size of investments by community renewable energy members: Findings and policy implications from Flanders». *Energy Policy*, vol. 129 (2019), p. 841-852.
- BERKA, A. L.; CREAMER, E. «Taking stock of the local impacts of community owned renewable energy: A review and research agenda». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82 (2018), p. 3400-3419.
- BIRESSELIOGLU, M. E.; LIMONCUOGLU, S. A.; DEMIR, M. H.; REICHL, J.; BURGSTALLER, K.; SCIULLO, A.; FERRERO, E. «Legal provisions and market conditions for energy communities in Austria, Germany, Greece, Italy, Spain, and Turkey: A comparative assessment». *Sustainability*, vol. 13, núm. 20 (2021), p. 11212.
- BRISTOW, G.; COWELL, R.; MUNDAY, M. «Windfalls for whom? The evolving notion of 'community' in community benefit provisions from wind farms». *Geoforum*, vol. 43 (2012), p. 1108-1120.
- CARAMIZARU, A.; UIHLEIN, A. *Energy communities: An overview of energy and social innovation*. Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2020. Vol. 30083.
- CATNEY, P. [et al.]. «Big society, little justice? Community renewable energy and the politics of localism». *Local Environment*, vol. 19, núm. 7 (2014), p. 715-730.
- CUNHA, F. B. F.; CARANI, C.; NUCCI, C. A.; CASTRO, C.; SILVA, M. S.; TORRES, M. A. «Transitioning to a low carbon society through energy communities: Lessons learned from Brazil and Italy». *Energy Research & Social Science*, vol. 75 (2021), 101994.
- DUFLO, E. «The economist as plumber». *American Economic Review*, vol. 107, núm. 5 (2017), p. 1-26.
- EUROELECTRIC. *Citizens Energy Communities: Recommendations for a successful decarbonisation*. 2019.



- FISCHER, B.; GUTSCHE, G.; WETZEL, H. «Who wants to get involved? Determinants of citizens' willingness to participate in German renewable energy cooperatives». *Energy Research & Social Science*, vol. 76 (2021), 102013.
- FORMAN, A. «Energy justice at the end of the wire: Enacting community energy and equity in Wales». *Energy Policy*, vol. 107 (2017), p. 649-657.
- GANCHEVA, M.; O'BRIEN, S.; CROOK, N.; MONTEIRO, C. *Models of Local Energy Ownership and the Role of Local Energy Communities in Energy Transition in Europe*. European Committee of the Regions. Commission for the Environment, Climate Change and Energy, 2021.
- GUI, E. M.; MACGILL, I. «Typology of future clean energy communities: An exploratory structure, opportunities, and challenges». *Energy Research & Social Science*, vol. 35 (2018), p. 94-107.
- HANKE, F.; GUYET, R.; FEENSTRA, M. «Do renewable energy communities deliver energy justice? Exploring insights from 71 European cases». *Energy Research & Social Science*, vol. 80 (2021), 102244.
- HANKE, F.; LOWITZSCH, J. «Empowering vulnerable consumers to join renewable energy communities: Towards an inclusive design of the Clean Energy Package». *Energies*, vol. 13, núm. 7 (2020), 1615.
- HERAS-SAZARBITORIA, I.; SÁEZ, L.; ALLUR, E.; MORANDEIRA, J. «The emergence of renewable energy cooperatives in Spain: A review». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 94 (2018), p. 1036-1043. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.049>>.
- HOLSTENKAMP, L.; KAHLA, F. «What are community energy companies trying to accomplish? An empirical investigation of investment motives in the German case». *Energy Policy*, vol. 97 (2016), p. 112-122.
- JACOBSON, M. Z. [et al.]. «100% clean and renewable wind, water, and sunlight all-sector energy roadmaps for 139 countries of the world». *Joule*, vol. 1, núm. 1 (2017), p. 108-121.
- JOHNSON, V. C. A. [et al.]. «Community energy and equity: The distributional implications of a transition to a decentralised electricity system». *People, Place and Policy*, vol. 8, núm. 3 (2014), p. 149-167.
- KALKBRENNER, B. J.; ROOSEN, J. «Citizens' willingness to participate in local renewable energy projects: The role of community and trust in Germany». *Energy Research & Social Science*, vol. 13 (2016), p. 60-70

- KOIRALA, B. P.; KOLIOU, E.; FRIEGE, J.; HAKVOORT, R. A.; HERDER, P. M. «Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56 (2016), p. 722-744.
- KUNZE, C.; BECKER, S., *Energy democracy in Europe: A survey and outlook*. Brussel·les: Rosa-Luxemburg-Stiftung, 2014.
- LACEY-BARNACLE, M. «Proximities of energy justice: contesting community energy and austerity in England». *Energy Research & Social Science*, vol. 69 (2020), 101713.
- LILLIESTAM, J.; THONIG, R.; SPÄTH, L.; CALDÉS, N.; LECHÓN, Y.; RÍO, P. DEL; KIEFER, C.; ESCRIBANO, G.; LÁZARO TOUZA, L. *Policy pathways for the energy transition in Europe and selected European countries*. Zurich: ETH Zürich, 2019. MUNDACA, L.; BUSCH, H.; SCHWER, S. «“Successful” low-carbon energy transitions at the community level? An energy justice perspective». *Applied Energy*, vol. 218 (2018), p. 292-303.
- REIS, I. F. G. [et al.]. «Business models for energy communities: A review of key issues and trends». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 144 (2021), 111013.
- REScoop.EU; CLIENTEARTH. *Energy Communities under the Clean Energy Package: Transposition Guidance*. Brussel·les: REScoop.eu; ClientEarth, 2020. ROBERTS, J.; FRIEDEN, D.; GUBINA, A., «Energy Community Definitions». A: *Integrating Community Power in Energy Islands. Compile Project*. Maig 2019.
- ROMERO-RUBIO, C.; ANDRÉS DÍAZ, J. R. de. «Sustainable energy communities: a study contrasting Spain and Germany». *Energy Policy*, vol. 85 (2015), p. 397-409. ISSN 0301-4215.
- SCHOOR, T. van der; LENTE, H. van; SCHOLTENS, B.; PEINE, A. «Challenging obduracy: How local communities transform the energy system». *Energy Research & Social Science*, vol. 13 (2016), p. 94-105.
- SZULECKI, K.; OVERLAND, I. «Energy democracy as a process, an outcome and a goal: A conceptual review». *Energy Research & Social Science*, vol. 69 (2020), 101768.
- VEELEN, B. van. «Negotiating energy democracy in practice: governance processes in community energy projects». *Environmental Politics*, vol. 27, núm. 4 (2018), p. 644-665.

- VERDE, S. F.; ROSETTO, N.; FERRARI, A.; FONTENEAU, T. *The Future of Renewable Energy Communities in the EU: An investigation at the Time of the Clean Energy Package*. European University Institute, 2020.
- Vona, F. «Job losses and political acceptability of climate policies: why the “job-killing” argument is so persistent and how to overturn it». *Climate Policy*, vol. 19, núm. 4 (2019), p. 524-532.
- WAGEMANS, D.; SCHOLL, C.; VASSEUR, V. «Facilitating the Energy Transition: The Governance Role of Local Renewable Energy Cooperatives». *Energies*, vol. 12 (2019), 4171.
- WALKER, G.; DEVINE-WRIGHT, P. «Community renewable energy: What should it mean?». *Energy Policy*, vol. 36 (2008), p. 497-500.
- WALKER, G.; EVANS, B.; DEVINE-WRIGHT, P.; HUNTER, S.; FAY, H. «Harnessing community energies: explaining community based localism in renewable energy policy in the UK». *Global Environmental Politics*, vol. 7, núm. 2 (2008), p. 64-82. ISSN 1526-3800.

### Paraules clau

comunitat energètica, transició energètica, democratització, equitat, justícia, participació inclusiva

# Apèndix

---

Resúmenes de los artículos de la revista	269
Abstracts of the articles included in this number	278

---

# Resúmenes de los artículos de la revista

## La Prospectiva Energética de Catalunya. La hoja de ruta de la transición energética en el horizonte 2050.

La Prospectiva Energética de Catalunya en el horizonte 2050 (PROENCAT) es el instrumento que permite valorar los posibles escenarios futuros del sistema energético catalán, en un contexto europeo que exige lograr objetivos cada vez más exigentes en materia de energía y clima. En este sentido, la descarbonización de la economía implica reducir prácticamente la totalidad de las emisiones de gases invernadero asociadas a la energía.

Este hecho obliga a modificar los hábitos de consumo, a ser más eficientes y a electrificar usos energéticos que actualmente son térmicos. También comporta un despliegue importante de instalaciones de energías renovables autóctonas (eólica y fotovoltaica, fundamentalmente). Este nuevo modelo energético, bien diseñado, asegurará unos precios de la energía asequibles.

La transición energética requiere del compromiso y protagonismo de la sociedad en general, poniendo a los ciudadanos y a las empresas en el centro del modelo, los cuales serán los protagonistas de esta transición y participarán activamente en el sistema energético.

Las previsiones numéricas y los estudios que se han realizado en el marco de la PROENCAT demuestran que un sistema energético catalán descarbonizado, basado en energías renovables, autóctono, eficiente y competitivo es posible.

## El papel de la energía en el bienestar y el progreso económico y social. Visión de futuro de los ingenieros industriales

El artículo expone la visión de los cambios en el sector energético, que deben producirse en Cataluña para alcanzar la descarbonización completa de la economía en 2050, en base al Estudio “La transición energética en Cataluña” de la Asociación /Colegio de Ingenieros Industriales de Cataluña”

Se describe el significado de descarbonización de la economía, y del sector energético, las condiciones y garantías del proceso de cambios. La hipótesis inicial es un crecimiento del 1,5% con mejora de la intensidad energética. Se propone para 2050 un mix de demanda de 5 energías primarias: electricidad, hidrógeno, combustibles sintéticos, biocombustibles y biometano.

Se analiza sumariamente el potencial tecnológico renovable de Cataluña y los retos, de la transición no eléctrica.

Un punto crítico: la potencia firme de energía eléctrica necesaria disponible en cualquier momento. Se mencionan las tecnologías maduras que aportan firmeza: energía nuclear, hidráulica reversible y las interconexiones.

Por último, se recomiendan unos puntos clave de futuro: Ahorro, eficiencia, seguridad de suministro, prórroga nuclear hasta garantizar la robustez suficiente y la autosuficiencia energética, impulso del mercado de hidrógeno no gris, y de la bioenergía, reforma del mercado de precios energético y un seguimiento de las tecnologías emergentes, SMR y de materiales críticos.

## Transición energética y la transformación de la industria del petróleo y el gas

La velocidad de la descarbonización del sector del petróleo y el gas europeo será diferente de la del resto del mundo. En España en particular, el sector del petróleo y gas está plenamente capacitado para proseguir y acelerar una transformación cuyo objetivo es alcanzar las cero emisiones netas en 2050. En esta línea, las palancas de transformación serán la eficiencia energética, la electrificación renovable, los combustibles renovables líquidos y gaseosos, el hidrogeno verde, y la captura, uso y almacenamiento del CO<sub>2</sub>. La integración de todas esas tecnologías con las actividades tradicionales supone la conversión de las petroleras en compañías multienergéticas. En este empeño, la ciencia, la tecnología y el emprendimiento empresarial, resultan pilares

básicos que deberían ser promovidos por políticas y normativas inclusivas y tecnológicamente neutrales.

## La energía eólica, eje de la transición energética de Cataluña

Cataluña ha sido pionera en el desarrollo y la utilización de las energías renovables, tanto a nivel de España como en el conjunto de la Unión Europea.

Por lo que respecta a la energía eólica, los méritos de Cataluña son bien reconocidos. A principios de la década de los 80 ya se había elaborado el Atlas eólico de Catalunya, el primer inventario del recurso eólico de España.

Cataluña fue líder en Europa en energía eólica, con un tecnólogo propio, Ecotecnia, adquirido por Alstom y que más tarde se convertiría en la división eólica marina de General Electric, el cuarto fabricante de aerogeneradores del mundo

El recurso eólico de Cataluña se concentra en el noreste (comarcas del Alt y el Baix Empordà), todo el litoral sur (desde el sur de la comarca del Tarragonès hasta el Delta del Ebro, una amplia zona del pre-litoral sur (parte de las comarcas de la Ribera d'Ebre, Priorat, Terra Alta, Baix Ebre y del Montsià) y al suroeste de la depresión central (parte de las comarcas del Segrià, Garrigues, Urgell y Segarra, Conca de Barberà y Anoia).

Se efectúa un recorrido histórico, desde los primeros parques eólicos (1984 – 2002), el desarrollo eólico entre 2002 y 2012, la paralización derivada del Decreto 147/2009, de 22 de septiembre, por el que se regulan los procedimientos administrativos aplicables para la implantación de parques eólicos e instalaciones fotovoltaicas en Cataluña, y la actualidad a partir del Decreto-Ley 16/2019, de 26 de noviembre, de medidas urgentes para la emergencia climática y el impulso a las energías renovables.

El texto analiza el papel de la energía eólica en la Prospectiva Energética de Cataluña (PROENCAT) – 2050 y el potencial de la implantación eólica como tractor de la economía local con una rápida evaluación de las transferencias de rentas al territorio (finanzas municipales y alquileres de terrenos), y la ocupación directa e indirecta derivada de la capacidad de generación eólica a instalar en Cataluña hasta el año 2050 (PROENCAT-2050)

## El despliegue de la energía solar en Cataluña

La energía solar fotovoltaica está demostrando ser la fuente de energía más económica y con mayor facilidad de implantación, por su versatilidad y disponibilidad de recurso en todo el territorio catalán, tanto en entornos urbanos como rústicos.

La necesidad urgente que hoy tenemos de realizar la transición energética (por motivos ambientales, económicos, sociales y de autonomía energética) puede provocar, sin embargo, reticencias, barreras o rechazo en ciertos ámbitos de nuestra sociedad. Por eso conviene analizar cuidadosamente el potencial de generación fotovoltaica de que disponemos y organizar muy bien su despliegue, sin caer en más dilaciones. Conviene hacerlo bien, ordenadamente y en diálogo con el territorio, pero conviene también hacerlo rápido y decididamente.

Tenemos muchos retos de antemano si queremos hacer bien y rápido el despliegue de la energía fotovoltaica: es necesario un marco legal estable; eliminar barreras administrativas y reducir sus plazos; formar profesionales, ingenieros e instaladores eléctricos, principalmente; aumentar la capacidad de la red eléctrica para absorber esta generación distribuida; es necesario un liderazgo efectivo de la Generalitat para informar y promover instalaciones en espacios comunes, como autopistas, canales, embalses, aparcamientos públicos; y finalmente: se necesitan otras tecnologías (principalmente la eólica), así como sistemas de almacenamiento (baterías; centrales hidráulicas reversibles; e hidrógeno, que deberá ser verde).

## La segunda Transición de España necesita energía nuclear

La humanidad se enfrenta a un reto sin precedentes: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para mitigar el calentamiento global, que sea sostenible y al mismo tiempo garantice la energía que todos los seres humanos necesitamos para nuestro progreso y bienestar. La solución a un problema tan complejo no pasa por utilizar una sola herramienta, sino una combinación de mecanismos y estrategias bien balanceada basada en la ciencia y no en cuestiones ideológicas. La energía nuclear puede ser una excelente aliada de las energías renovables para conseguir esta transición energética en todo el mundo, especialmente en Europa y en España. Diversos organismos nacionales e internacionales atestiguan que la energía nuclear es tan sostenible y necesaria como las energías renovables, utilizando como criterios de evaluación los establecidos para estas mismas energías. Superando confrontaciones artificiales entre energías bajas en emisiones, que solo benefician a los promotores de los combustibles fósiles, este artículo explora qué retos debe superar la energía nuclear para ayudar a España



en su segunda transición, la transición energética, después de la realizada en el último cuarto del siglo xx con la llegada de la democracia.

### **La excepción ibérica: los efectos del tope al precio del gas**

La subida de los precios del gas en 2021 y 2022 como consecuencia, en primer lugar, de los cuellos de botella y en segundo lugar de los preparativos y el estallido de la invasión rusa de Ucrania elevaron intensamente los precios de la energía eléctrica durante el otoño de 2021 y el invierno y la primavera de 2022. El diseño marginalista del mercado eléctrico español suponía, además, que esta subida del precio de una materia prima que afectaba sobre todo a una de las tecnologías disponibles con las que se generaba electricidad provocara una transferencia de rentas desde los hogares y empresas no energéticas hacia las generadoras de electricidad. El diseño de un tope al gas, en lo que se ha llamado “excepción ibérica” o “tope al gas”, ha implicado una reducción de los precios finales en el mercado regulado que los consumidores y empresas adscritos a este. Dicha reducción la hemos cuantificado en un 24,6 %.

### **Cómo afecta a la industria el precio de la energía**

La crisis energética y de materias primas en el año 2022 no fue una consecuencia de la guerra de Ucrania. El proceso había empezado a partir del año 2014 cuando los productores de gas frenaron sus inversiones. Ello coincidió con la conversión de la generación eléctrica con carbón por gas. La pandemia de covid-19 frenó la economía. Para empujar la actividad económica los bancos centrales inyectaron liquidez al sistema económico de forma excesiva, aumentando de forma ostensible la demanda. Ello coincidió, además, con un desorden importante en la logística marítima, impidiendo la circulación de bienes entre países. El resultado ha sido un aumento espectacular de los precios industriales difícil de gestionar. Si los bancos centrales realizan el ajuste mediante elevación de tipos de interés y retirando liquidez del sistema, la recesión puede ser del estilo de la del 1979. Si, además de actuar sobre la demanda, se actúa sobre una reconversión de la oferta, disminuyendo la cantidad de materia prima y de energía fósil empleada, es posible que la recesión sea más suave.

### **La fiscalidad energético-ambiental en tiempos de crisis energética y climática**

Este artículo se ocupa de la fiscalidad ambiental y de su capacidad para abordar los grandes desafíos ambientales causados por el sector

energético. Para ello se resumen los fundamentos de este instrumental, incidiendo en su gran potencial incentivador al cambio de comportamiento e inversiones dentro de un contexto amplio de políticas públicas y apuntando también a sus implicaciones distributivas. A partir de ahí, el trabajo reflexiona sobre las opciones de estas figuras en España en la encrucijada actual, en la que conviven ambiciones ambientales y climáticas con una intensa crisis energética ocasionada por la guerra de Ucrania. El artículo no aporta nuevas evidencias o información sobre estos asuntos, recogiendo un conjunto de propuestas que se inspiran principalmente en el reciente y exhaustivo Libro Blanco de Reforma Tributaria y en la evaluación de las medidas compensatorias aplicadas por el gobierno español que, desafortunadamente, contrastan con las propuestas anteriores.

### **Por una Cataluña descarbonizada: inversión en fuentes renovables en el horizonte del 2022-2050**

El objetivo del artículo es cuantificar y periodificar la inversión necesaria en fuentes renovables en Cataluña que permitiría el cumplimiento de los compromisos climáticos de cara a 2030 y 2050. En particular, se cuantifica el coste -bajo determinados supuestos- de instalación de la potencia eléctrica adicional necesaria en energía eólica terrestre y fotovoltaica que permitiría el despliegue de un modelo eléctrico alimentado exclusivamente de fuentes renovables en 2050. El resultado de este ejercicio prospectivo muestra que Cataluña debería invertir un total de 59.024M € durante el período 2022-2050, lo que le permitiría disponer de 62.980 MW adicionales de potencia eléctrica en energías renovables en 2050 respecto a los 4.092 MW del año 2020. Sin embargo, la trayectoria prevista de inversión durante el período analizado no sería lineal -la demanda de consumo eléctrico renovable crece a medida que el proceso de electrificación de una economía se consolida- y pasaría de los 789M€ en 2022 a los 3.038M€ en 2050. Aquí este desembolso de recursos representa un esfuerzo muy considerable, dado que Cataluña debería dedicar en media el 0,67% del PIB cada año hasta 2050 para conseguir un sistema eléctrico 100% renovable.

### **Efectos redistributivos de la transición energética: retos y oportunidades para una transformación justa**

Este artículo analiza cuáles serían los costes de la transición energética para Cataluña, así como el impacto desigual que esta puede tener en el presupuesto de los hogares. En una primera parte, exponemos la falta de inversión en energías renovables de los últimos años, aun cuando el coste de estos proyectos se ha reducido substancialmente, a la vez que el precio del gas se encuentra en máximos históricos. En segundo

lugar, se analiza cómo el impacto de la crisis energética se distribuye entre los hogares en función de sus ingresos. En ella, vemos como la capacidad de ajuste del consumo de los hogares con menor renta es limitada, aumentando, a finales de 2021, la factura energética en un 80% anual. Después, exponemos una robusta relación negativa entre el nivel de ingresos e inversión en placas solares o coches eléctricos. Esta menor capacidad de adaptación hará que sean los hogares más desfavorecidos los que acaben pagando los costes del cambio climático. Finalmente, se evalúan las diferentes políticas

## **Pobreza energética: medidas y políticas para combatirla**

Esta Nota d'Economia analiza la evolución de la pobreza energética en los últimos años en Europa, España y Cataluña. Esta primera panorámica permite cuantificar y caracterizar la pobreza energética, para a continuación, abordar principales políticas que se han implementado para mitigarla de acuerdo con el mecanismo que actúa sobre la renta, gasto o conducta de los hogares. Este análisis se realiza con una perspectiva crítica respecto al potencial de las políticas en función de si se trata de actuaciones de arriba abajo (*top-down*) o de abajo arriba (*bottom-up*).

## **La contribución de los fondos del MRR a la transición energética: un análisis de las inversiones necesarias y de los planes de gasto**

La UE se propone reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 55% en 2030, en relación a los niveles de 1990. Este objetivo requiere una transformación del sistema energético, en cuanto a su oferta y demanda. Primero, este artículo discute la inversión necesaria para cumplir con el objetivo de reducción de emisiones. Segundo, se analiza hasta qué punto los planes de gasto del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (MRR) son consistentes con estas necesidades de inversión. El análisis sugiere cierto alineamiento del MRR con las necesidades de inversión en el sistema energético, en cuanto a la distribución entre estados miembros y entre sectores de inversión. Sin embargo, aunque necesarios, los fondos del MRR no son suficientes para cerrar la brecha de inversión que permitiría cumplir el objetivo de reducción de emisiones de 2030. Esto plantea la necesidad de complementar estos fondos con un aumento significativo de inversión privada, además de un aumento de inversión pública financiada por vías alternativas al MRR.

## **¿Cataluña podrá liderar la movilidad eléctrica?**

La nueva movilidad eléctrica, representa un cambio de paradigma en el sector del transporte y como toda gran innovación tecnológica, implica

retos y oportunidades. El artículo adjunto se plantea las numerosas interrelaciones que tendrá su implantación en diversos sectores económicos; analizando en primer lugar las estructuras energéticas de España y Cataluña para ver cómo están posicionadas en relación con los combustibles fósiles, seguidamente se profundiza en el sector eléctrico para examinar su capacidad de generación y suministro, posteriormente se especifican las características del parque móvil en nuestro país, así como su incidencia en las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero.

Finalmente se efectúa un pequeño ejercicio de simulación estimando las necesidades de suministro eléctrico y de las infraestructuras de recarga que podrían necesitarse para un escenario con un crecimiento moderado de la electromovilidad. En los capítulos finales se plantea las enormes potencialidades de la movilidad eléctrica, toda vez que se ofrecen algunas pautas y recomendaciones para afrontar con éxito dicho cambio.

## El hidrógeno en la transición energética de Cataluña

Para evitar las emisiones de CO<sub>2</sub> y conseguir una neutralidad climática, existe la necesidad urgente de sustituir los actuales vectores energéticos de origen fósil. Esto ha convertido el hidrógeno en una alternativa básica como nuevo vector energético debido a su elevada densidad energética, casi el triple que la de la gasolina, y a la posibilidad de convertir su energía química directamente en energía eléctrica con alta eficiencia, 65%, mediante una pila de combustible.

En esta contribución, aparte de introducir el hidrógeno y su contexto de uso, se analizan las necesidades de energía final consumida y las necesidades de hidrógeno verde en los distintos sectores de Cataluña donde su aplicación se considera esencial. También se estima la cantidad requerida de energías renovables para su producción, así como la estimación del nivel de inversión que será necesario para el despliegue de estas tecnologías como energías renovables de kilómetro cero en comparación con las previsiones para energías renovables incluidas en el PNEIC 2021-2030.

## Comunidades Ciudadanas de Energía

La Directiva de Normas Comunes del Mercado Eléctrico Interno (2019/944), abre nuevas opciones a la participación de la ciudadanía en temas energéticos, y no sólo como actores pasivos, sino como elementos activos y centrales.

Debemos entender las comunidades ciudadanas de energía como la herramienta que se pone a disposición de la ciudadanía para cambiar el modelo energético, no sólo a nivel tecnológico sino también social, cambiando el statu quo de los últimos 120 años, basado en grandes inversiones y sistemas centralizados de generación y redes de transporte donde la ciudadanía no ha podido influir en ellos.

Si se sigue la evolución de los borradores previos a una Directiva, se evidencia la influencia de países y grupos de presión para ir recortando o ampliando el articulado final, que dependerá de complejos procesos de negociación, por lo que el resultado suele ser más conservador y continuista que los borradores iniciales, que fueron redactados por técnicos que pudieron actuar con independencia, y que suelen ser de máximos.

En muchos casos, las Directivas acaban haciendo recomendaciones, y depende del momento político de cada Estado miembro de que la transposición sea más o menos fiel al espíritu y la letra del texto comunitario.

En estos momentos, lo importante es trabajar para conseguir una transposición generosa de la Directiva para poder desplegar las Comunidades Ciudadanas de Energía en España

### **Comunidades energéticas: beneficios y retos ambientales, económicos y sociales**

En el presente artículo hago un análisis de los beneficios económicos, ambientales y, especialmente, sociales que pueden aportar las comunidades energéticas, así como los retos a los que se enfrentan. A partir de una reciente revisión de la literatura académica que analiza las características y el rendimiento de las comunidades energéticas de toda Europa, argumento que las comunidades energéticas pueden y deberían tener un papel crucial a la hora de garantizar una transición energética eficaz, asequible y justa. Las comunidades energéticas pueden contribuir a la democratización del sistema energético y, en definitiva, a conseguir una “transición justa”. El artículo concluye con, por un lado, una serie de recomendaciones de políticas públicas para superar las barreras a las que se enfrentan las comunidades energéticas para su desarrollo, así como para que ayuden a descarbonizar la economía de forma justa e inclusiva. Por último, el artículo también hace propuestas para la investigación, tan necesaria, sobre las comunidades energéticas.

# Abstracts of the articles included in this number

## **The Energy Prospective of Catalonia. The road map of the energy transition in the horizon 2050.**

The Energy Prospective of Catalonia in the Horizon 2050 (PROENCAT) is the instrument that allows us to assess the possible future scenarios of the Catalan energy system, in a European context that requires achieving increasingly demanding goals in terms of energy and climate. In this way, the decarbonisation of the economy involves reducing practically all of the greenhouse gas emissions associated with energy.

This fact forces us to modify consumption habits, to be more efficient and to electrify energy uses that are currently thermal. It also implies a significant display of self-produced renewable energy installations (mainly wind and photovoltaic). This new energy model, well designed, will ensure affordable energy prices.

The energy transition requires the commitment and importance of society in general, establishing citizens and companies at the centre of the model, who will be the focus of this transition and will actively participate in the energy system.

The numerical forecasts and the studies carried out within the framework of PROENCAT demonstrate that a decarbonised, self-produced, efficient competitive Catalan energy system, based on renewable energies is possible.

## **Role of Energy in Welfare and Economic and Social Progress. Future vision of Industrial Engineers.**

This article sets out the vision of changes required in the Catalan energy sector to achieve a complete decarbonization of the economy by 2050. This brief report is based on the paper “The energy transition in Catalonia” by the Association of Industrial Engineers of Catalonia.

It describes what decarbonisation means for the economy and the energy sector, as well as the conditions and guarantees of the change process. The initial hypothesis considers a 1.5% economic growth rate with an improvement in energy intensity. A demand mix of 5 primary energies is proposed for 2050: electricity, hydrogen, synthetic fuels, biofuels and biomethane.

It analyses the technological potential for renewable energy in Catalonia, and the challenges of a non-electrical transition.

A critical point is the firm power of necessary electrical energy available at any time. It mentions the mature technologies that provide power firmness: nuclear energy, reversible hydraulics and electric and gas interconnections.

Finally, it analyses key points for the future: savings, efficiency, security of supply; maintaining nuclear technology until sufficient robustness and energy self-sufficiency can be guaranteed; development of non-grey hydrogen and bioenergy markets; reform of the energy price market and monitoring of emerging technologies, SMR and critical materials.

## **Energy transition and the transformation of the oil and gas industry**

the speed of decarbonization of Europe’s oil and gas sector will be different from the rest of the world. In Spain in particular, the oil and gas sector is fully capable of pursuing and accelerating a transformation aimed at reaching net zero emissions by 2050. In this line, the transformation levers will be energy efficiency, renewable electrification, liquid and gaseous renewable fuels, green hydrogen, and the capture, use and storage of CO<sub>2</sub>. The integration of all these technologies with traditional activities involves the conversion of oil and gas companies into multi-energy companies. In this effort, science, technology, and entrepreneurship are basic pillars that should be promoted by inclusive and technologically neutral policies and regulations.

## Wind energy, axis of the energy transition of Catalonia

Catalonia has been a pioneer in developing and using renewable energies, both in Spain and in the European Union as a whole.

Catalonia was a leader in Europe in wind energy, with its own technologist, Ecotècnia, acquired by Alstom and which would later become the marine wind division of General Electric, fourth largest manufacturer of wind turbines in the world.

Catalonia's wind resource is concentrated in the north-east of (Alt and Baix Empordà counties), the entire southern coast (from the south of the Tarragonès county to the Ebro Delta, a large area of pre-coastal south (part of the counties of Ribera d'Ebre, Priorat, Terra Alta, Baix Ebre and Montsià) and southwest of the central depression (part of the counties of Segrià, Garrigues, Urgell and Segarra, Conca de Barberà and Anoia).

A historical tour is carried out, from the first wind farms (1984 - 2002), the wind development between 2002 and 2012, the standstill resulting from Decree 147/2009, of 22 September, which regulated the applicable administrative procedures for the implementation of wind farms and photovoltaic installations in Catalonia, and the current situation from Decree-Law 16/2019, of November 26, on urgent measures for the climate emergency and the energy boost renewable

Role of wind energy in the Energy Prospective of Catalonia (PROENCAT) - 2050 is analyzed, as the potential of wind energy as local economy driver with a rapid assessment of income transfers to the territory (municipal finances and land rents), and the direct and indirect employment derived from the wind generation capacity to be installed in Catalonia until the year 2050 (PROENCAT-2050)

## The deployment of solar energy in Catalonia

Photovoltaic solar energy is proving to be the most economical source of energy and the easiest to implement, due to its versatility and resource availability throughout the Catalan territory, both in urban and rural environments.

The urgent need we have today to make the energy transition (for environmental, economic, social and energy autonomy reasons) may, however, cause reluctance, barriers or rejection in certain areas of our society. So it is very important to carefully analyze the photovoltaic generation potential that we have and organize its deployment very well, without, however, falling into further delays. It should be done



well, neatly and in dialogue with the territory, but it should also be done quickly and decisively.

We have many challenges ahead if we want to deploy photovoltaic energy well and quickly: a stable legal framework is needed; eliminate administrative barriers and reduce deadlines; train professionals, engineers and electrical installers, mainly; increase the capacity of the electricity grid to absorb this distributed generation; effective leadership from the Generalitat is needed to inform and promote installations in common spaces, such as motorways, canals, reservoirs, public car parks; and finally: other technologies are needed (mainly wind power), as well as storage systems (batteries; reversible hydraulic plants; and hydrogen, which will have to be green).

### **The second transition in Spain needs nuclear energy**

Humanity is confronting a challenge without precedents: reducing greenhouse gases emissions to ease global warming, sustainable and at the same time guarantee the energy production that all human beings need for our well-being and progress. The answer to such a complex problem cannot be fixed by just using one tool, if not a combination of mechanisms and well-balanced strategies based on science and not on ideological questions. Nuclear energy can be an excellent ally of renewable energies to get this energetic transition all over the world, especially in Europe and in Spain. Diverse national and international organisms testify that nuclear energy is as sustainable and necessary as renewable energies, using as evaluation criteria the established ones for these two same energies. Overcoming artificial confrontations between low emission energies, that only benefit the fossil fuel promoters, this article explores which challenges must nuclear energy overcome to help Spain in their second transition, the energetic transition, the one after the carried one in the last quarter of the XX century with the arrival of democracy.

### **The Iberian exception: the effects of the cap on gas**

The rise in gas prices in 2021 and 2022 due to bottlenecks and the preparations for and the outbreak of the Russian invasion of Ukraine pushed up electricity prices sharply during the autumn of 2021 and the winter and spring of 2022. The marginalist design of the Spanish electricity market also meant that this rise in the price of a raw material that affected, above all one of the available technologies with which electricity was generated would cause a transfer of income from households and non-energy firms to electricity generator corporations. The design of a gas cap, in what has been called the “Iberian exception” or

“cap on gas,” has implied a reduction in final prices in the regulated market for consumers and companies attached to it. We have quantified this reduction at 24.6%.

### **Impact of the price of energy in the industry**

The energy and raw materials crisis in 2022 were not a consequence of the war in Ukraine. The process had begun in 2014 when gas producers stopped their investments. This coincided with the conversion of electricity generation from coal to gas. The covid-19 pandemic slowed down the economy. To boost activity in the economy, central banks injected excessive liquidity into the economic system, ostensibly increasing demand. This also coincided with a significant disorder in maritime logistics, preventing the movement of goods between countries. The result has been a spectacular increase in industrial prices that is difficult to manage. If the central banks make the adjustment by raising interest rates and withdrawing liquidity from the system, the recession could be similar to that of 1979. If, in addition to acting on demand, they act on a reconversion of supply, reducing the amount of raw material and fossil energy used, it is possible that the recession will be milder.

### **Energy-environmental taxation in times of energy and climate crisis**

This article deals with environmental taxation and its capacity to address the major environmental challenges caused by the energy sector. It summarizes the fundamentals of environmental taxes, emphasizing their great potential to encourage behavioral change and investment within a broad context of public policies, also pointing out its distributive implications. Subsequently, the paper reflects on the options of these instruments in Spain at the current crossroads, where environmental and climate ambitions coexist with an intense energy crisis caused by the war in Ukraine. The article does not provide new evidence or information on these issues, gathering a set of proposals that are mainly inspired by the recent and exhaustive Spanish White Paper on Tax Reform and the evaluation of the recent compensatory measures applied by the Spanish government that, unfortunately, contrast with the previous proposals.

### **A decarbonized Catalonia: investment in renewable sources on the 2022-2050 period**

The purpose of the article is to quantify and periodify the necessary investment in renewable energy sources in Catalunya that would al-

low the accomplishment of its climate goals set for 2030 and 2050. In particular, the article quantifies -under certain assumptions- the installation cost of the additional electric power needed in land-based wind and photovoltaic energy that would provide an electric power supply system exclusively based from renewable sources in 2050. The results suggest that Catalunya would have to invest a total of 59.024M€ during the 2022-2050 period, which would provide an additional 62.980 MW of electric power in renewable energies in 2050, compared to the existing 4.092 MW in 2020. However, demand for renewable electricity consumption will presumably increase as the electrification process consolidates over time. Therefore, yearly investment would have to increase from 789M€ in 2022 to 3.038M€ in 2050. This amount of resources implies a very significant challenge, as Catalunya would have to invest on average a 0,67% of its GDP on a yearly basis until 2050 to achieve a 100% renewable electric system.

### **Distributional effects of the energy transition: risks and opportunities for a just transformation**

This article analyzes the costs of the energy transition for Catalonia, as well as its distributional effects on households. First, we illustrate the lack of investment in renewable energy during the last decade, at a time with substantial cost reductions and historical maximum gas prices. Then, we analyze how the impact of the energy crisis is distributed among income groups. We show that the capacity to adjust consumption is limited for low-income households, which has increased by 80% annually their energy bill by the end of 2021. Also, we find a robust negative relationship between income and investment in solar panels or electric vehicles. Thus, with a lower capacity of adaptation, low-income groups will disproportionately pay the costs of climate change. Finally, we evaluate the battery of public policies implemented by the Catalan Government, warning that those are insufficient and possibly regressive.

### **Energy poverty: measurement and policies**

This Nota d'Economia analyzes the evolution of energy poverty in recent years in Europe, Spain and Catalonia. This first overview allows quantifying and characterizing energy poverty, to then address the main policies that have been implemented to mitigate the problem, according to the mechanism that acts on the income, spending or behavior of households. This analysis is performed with a critical perspective regarding the policy potential depending on whether they are top-down or bottom-up actions.

## The contribution of the RRF to the energy transition: an analysis investment needs and spending plans

The EU aims to cut CO<sub>2</sub> emissions by 55% by 2030 - compared to 1990 levels. Achieving this goal requires a transformation of the energy system, in terms of supply and demand. First, this article discusses investment needs to meet the emissions reduction target. Second, it then analyses the extent to which the Recovery and Resilience Facility (RRF) spending plans are consistent with investment needs. The analysis suggests some alignment of the RRF with investment needs in the energy system, in terms of distribution among member states and investment sectors. However, while necessary, RRF spending is not sufficient to close the investment gap that would allow meeting the 2030 emissions reduction target. To do so, RRF funds need to be complemented with a significant increase in private investment, as well as with an increase in other-than-RRF public investment.

### Can Catalonia lead electric mobility?

The new electric mobility is a great paradigm shift in the transport sector. This is a great technological innovation and generates many new challenges and opportunities. The attached article considers the numerous interrelationships that electro mobility implementation will have in various economic sectors. It begins analysing the energy structures of Spain and Catalonia, to see how they are positioned in relation to fossil fuels. After this analysis it goes in deep into the power electric sector, to explore its generation and supply capacity. Then it shows the mobile fleet characteristics in our country, as well as its impact on polluting emissions and greenhouse gases.

Finally, a small simulation exercise is carried out, guessing the electricity supply needs and the recharging infrastructures that could be needed for a scenario with moderate growth in electromobility. In the final chapters, there is a view of the enormous potential of electric mobility, and some guidelines and recommendations are offered to successfully face this change.

### Hydrogen in the energy transition in Catalonia

The urgent need to replace the current energy vectors of fossil origin as to avoid CO<sub>2</sub> emissions towards achieving climate neutrality has turned hydrogen into the basic alternative as new energy vector due to its high energy density, which is almost three times that of gasoline, and to the possibility of directly converting its chemical energy into electrical power with high efficiency, 65%, using a fuel cell.

In this contribution, in addition to introducing hydrogen and its context of usage, we analyze the final energy requirements and the green hydrogen needs for the different sectors of Catalonia where its implementation is essential. The total renewable energy required for its production is also estimated, as well as the level of investment that will be necessary for the deployment of these zero-kilometer renewable technologies compared to the renewable energy forecasts included in the PNEIC 2021-2030.

## Citizen Energy Communities

The Directive on Common Rules for the Internal Electricity Market (2019/944) opens up new options for the participation of citizens in energy matters, and not only as passive actors, but as active and central elements.

We must understand citizen energy communities as the tool that is made available to citizens to change the energy model, not only at a technological level but also at a social level, changing the status quo of the last 120 years, based in large investments and centralized generation systems and transport networks where citizens have not been able to influence them.

If you follow the evolution of the drafts prior to a Directive, you can see the influence of countries and pressure groups to cut or expand the final clause, which will depend on complex negotiation processes, so the result is usually more conservative and continuist than the initial drafts, which were written by technicians who were able to act independently, and which are usually of the highest expectations.

In many cases, the Directives end up making recommendations, and it depends on the political moment of each Member State that the transposition is more or less faithful to the spirit and letter of the original text.

At this moment, the most important thing is to work to achieve a generous transposition of the Directive in order to be able to deploy Citizens' Energy Communities in Spain.

## Energy communities: environmental, economic and social gains and challenges

In this article I analyse the economic, environmental and, especially, the social benefits that the energy communities can bring, as well as the challenges they face. Based on a review of recent academic lit-

erature analysing the characteristics and performance of the energy communities across Europe, I argue that the energy communities can and should play a crucial role in ensuring an efficient, affordable and fair energy transition. The energy communities can contribute to the democratization of the energy system and ultimately to a “just transition”. The article concludes with, on the one hand, a series of public policy recommendations to overcome the barriers energy communities face to develop further, and so as they help decarbonise the economy in a fair and inclusive manner. Finally, the article makes proposals for much-needed research on the energy communities.