

ENERGIA I TERRITORI. CRITERIS PER A UN NOU EQUILIBRI A CATALUNYA

Eduard Furró Estany,¹ Carles Riba Romeva,² Joaquim Sempere Carreras³ i Josep Maria Peiró Alemany⁴

1. Enginyer i empresari jubilat, coordinador general del Col·lectiu per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible (CMES). Autor del llibre Catalunya. Aproximació a un nou model energètic sostenible. efurro@gmail.com

2. Professor emèrit de la Universitat Politècnica de Catalunya i president de CMES

3. Professor emèrit de sociologia de la Universitat de Barcelona i vicepresident de CMES

4. Enginyer jubilat i secretari de CMES

Resum: La humanitat està a les portes d'una doble crisi energètica i ambiental a causa de la finitud dels combustibles fòssils i de les repercussions del seu ús sobre el clima. Durant els més de 200 anys des de la Revolució Industrial, i gràcies a la seva energia abundant i disponible, els combustibles fòssils han anat adquirint un paper cada cop més decisiu (avui dia el 80% del sistema energètic humà), alhora que han permès un gran desenvolupament tècnic, econòmic i també poblacional. En la transició vers les energies renovables, cal de nou destinar importants superfícies de territori per captar energia, requeriment que no és necessari en els combustibles fòssils, ja que la captació es va produir fa centenars de milions d'anys; a més, s'han de cobrir necessitats energètiques molt superiors a les de l'època preindustrial, quan les poblacions eren molt menors i les activitats molt menys necessitades d'energia. A Catalunya, on hi ha una elevada població distribuïda de forma molt desequilibrada, una economia desenvolupada i una orografia accidentada, la cobertura d'aquests nous requeriments territorials resulta complexa. L'objectiu d'aquest article és exposar criteris i establir prioritats sobre les necessitats territorials de l'energia i el seu repartiment tot respectant els altres usos i funcions, especialment les ecosistèmiques. Aquests criteris i prioritats emmarquen el projecte «Transició energètica i territori» (TeiT), que el Col·lectiu per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible (CMES) està duent a terme en els darrers anys en col·laboració amb centres d'estudis locals i altres organitzacions.

Paraules clau: energia, territori, transició energètica.

ENERGY AND TERRITORY. CRITERIA FOR A NEW BALANCE IN CATALONIA

Abstract: Humanity is at the gates of a double energy and environmental crisis due to the finiteness of fossil fuels and the repercussions of their use on the climate. For more than 200 years since the industrial revolution, fossil fuels, thanks to the abundance and availability of the energy which they provide, have been acquiring an increasingly decisive role (forming 80% of the human energy system today). Likewise, they have allowed great technical, economic and population development. In the transition towards renewable energies, though, it is necessary to allocate again large areas of land to the capture of energy, something which is not necessary with fossil fuels since the capture took place hundreds of millions of years ago. Moreover, it is necessary to cover energy needs that are much larger than those of pre-industrial times, when populations were much smaller and activities required much less energy. In Catalonia, where there is a large population distributed in a very unbalanced way, together with a developed economy and a rugged terrain, the coverage of these new territorial requirements is complex. This article presents criteria and establishes priorities on the territorial needs of energy and on its distribution, which should respect other uses and functions, especially ecosystemic ones. These criteria and priorities form the framework of the «Energy transition and territory» project that the CMES collective has been carrying out in recent years in collaboration with local study centres and other organizations.

Keywords: energy, territory, energy transition.

1. Introducció

Sense energia no hi hauria vida ni civilitzacions humanes. Obtenir l'energia necessària és i ha estat la lluita de tots els éssers vius per assegurar la seva subsistència.

Gràcies a la font d'energia solar, ara fa uns 3.500 milions d'anys, varen aparèixer les primeres formes de vida. Les primeres cèl·lules, que anomenem *procariotes*, varen propiciar la formació de l'oxigen atmosfèric i obriren pas a la formació de les cèl·lules *eucariotes*. Molt més tard, ara farà uns 540 milions d'anys, hi va haver un esclat de vida amb

l'aparició d'éssers pluricel·lulars, plantes i animals, en una evolució que ha arribat fins als nostres dies. A partir de l'energia del sol, les plantes sintetitzaven matèria orgànica que després recorria tota la cadena tròfica fins als animals més evolucionats i, d'aquesta manera, s'estableix la correlació del binomi energia solar i territori amb la vida.

Durant diversos centenars de milions d'anys, la matèria orgànica sintetitzada gràcies a l'energia del sol, després de ser enterrada i transformada sota els efectes de la pressió i la temperatura, ha donat lloc als recursos fòssils que avui dia aprofitem.

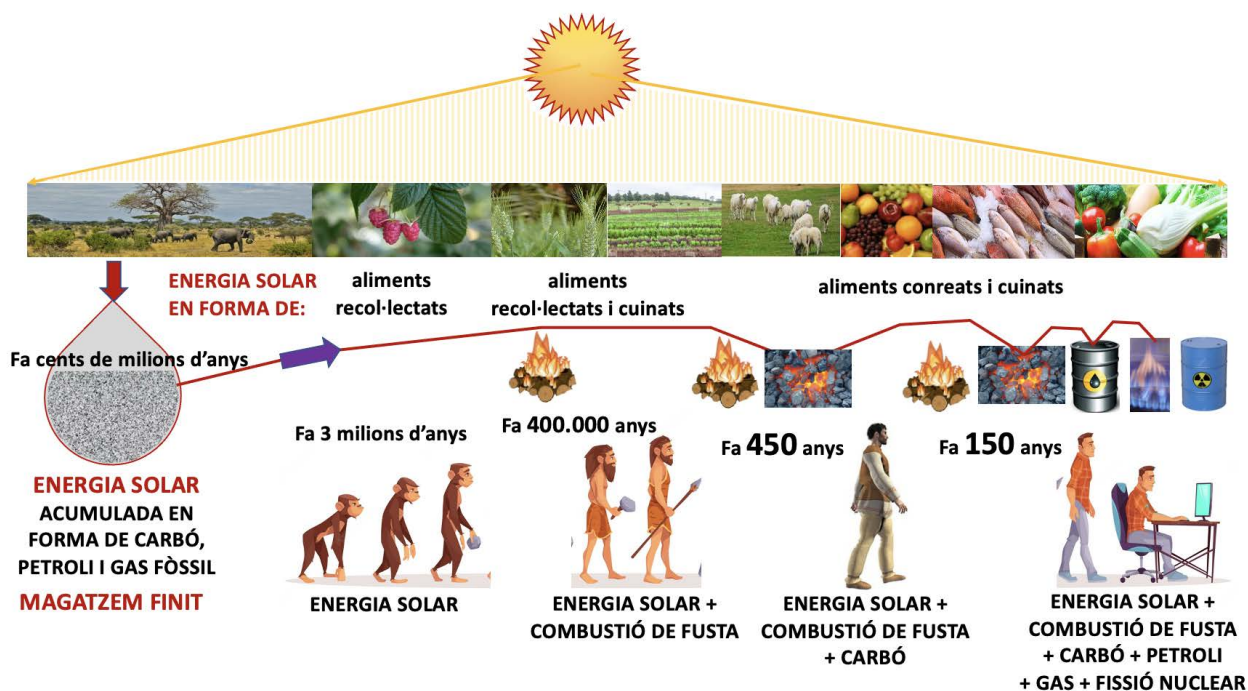


FIGURA 1. Civilitzacions humanes i energia.
FONT: Elaboració pròpia.

Ara fa uns 400.000 anys, els nostres avantpassats varen descobrir la manera d'iniciar i controlar el foc, és a dir, la combustió de matèries orgàniques (bàsicament la fusta), cosa que va permetre fer un salt molt important per al desenvolupament de la nostra espècie.

Des d'aleshores, l'espècie humana ha estat capaç de desenvolupar tecnologies que, més enllà de l'energia endosomàtica¹ implicada en el funcionament del seu propi cos, han posat al seu servei quantitats creixents d'energies exosomàtiques² (entre elles el foc), que, juntament amb l'evolució de formes d'organització social i política cada cop més complexes, han permès el desenvolupament de les successives civilitzacions (figura 1).

Totes aquestes energies associades als boscos, l'agricultura, la ramaderia, els vents i els corrents d'aigua, sense oblidar la força muscular humana, que en el cas de l'esclavatge es pot considerar energia exosomàtica, procedeixen de la radiació solar immediata o de temps anteriors molt breus en termes geològics. És el que s'ha denominat *pressupost energètic solar*, que depèn dels fluxos de la radiació solar i de les seves derivades.

En canvi, els grans estocs subterranis procedents de matèria orgànica formats fa centenars de milions d'anys (els combustibles fòssils) són disponibles ara de forma im-

mediata i en grans quantitats, tan sols limitats per les capacitats d'extracció i de processament.

El carbó, el petroli i el gas fòssils eren coneguts des d'antic i tenien algunes aplicacions locals. Per exemple, Anglaterra explotava mines de carbó mineral per a les llars i els obradors com a substitut del carbó vegetal a fi de preservar la fusta dels boscos per construir vaixells. Tanmateix, l'explotació en massa del carbó mineral no va arribar fins a la màquina de vapor, patentada per J. Watt el 1769, que va proporcionar la potència necessària per impulsar la revolució industrial. A principis del segle XIX, l'ús del carbó i la màquina de vapor es van estendre a l'Europa continental (Alemanya, França i Bèlgica) i a la costa est dels Estats Units d'Amèrica i posteriorment a la resta del món.

A partir de mitjans del segle XIX es comença a explotar el petroli i els seus derivats, primer cremant-lo en llums de petroli, però, més endavant, amb la indústria dels vehicles de motor, ja durant el segle XX. Vers la fi del segle XIX es van construir les primeres centrals hidroelèctriques per generar electricitat, i també a finals del segle XIX es va començar a usar el gas natural (també un combustible fòssil), que, tot i la dificultat de ser transportat a llarga distància, ha tingut un creixement persistent en el temps.

Amb la irrupció dels combustibles fòssils es produïa un canvi de paradigma. Començava una nova etapa històrica en què ja no es vivia d'un pressupost energètic solar captat en el mateix moment (o en temps anteriors breus) en cada territori, sinó d'uns estocs (inicialment immensos) en unes poques localitzacions en el món que no tan sols permetien créixer mentre els estocs no s'exhaurissin (com així ha anat succeint), sinó que permetien realitzar processos i activitats d'intensitat energètica molt superior a fins aleshores.

1. L'energia endosomàtica és la que contenen els aliments, lligada al metabolisme dels organismes i que, un cop transformada, fa possible les activitats vitals de les cèl·lules dels éssers vius i, en concret, dels humans.

2. L'energia exosomàtica és la que s'utilitza fora del propi cos (cuinar aliments, il·luminació, transport, etc.) i de la qual es beneficia especialment l'ésser humà.

2. La doble crisi energètica i climàtica dels fòssils

Avui dia, els combustibles fòssils cobreixen el 80% del sistema energètic humà i, juntament amb l'energia nuclear, el 85%. Tanmateix, en les darreres dècades la humanitat ha anat prenent consciència de la fi del sistema basat en aquests recursos energètics no renovables a causa fonamentalment de dues crisis interrelacionades: la crisi energètica i la crisi climàtica.

La crisi energètica deriva de la degradació i la finitud de les reserves de carbó, petroli i gas fòssil i incideix directament en la sostenibilitat de les societats humanes en totes les seves dimensions; la seva solució és la transició vers un sistema energètic basat en fonts d'energia renovable. La crisi climàtica és conseqüència fonamentalment de la crema dels combustibles fòssils i l'emissió de gasos efecte d'hivernacle i els seus efectes negatius seran molt persistents a l'escala de temps humana; com abans se substitueixin els fòssils i es redueixin les seves emissions, menys greus seran els seus efectes.

Endarrerir la transició energètica per interessos econòmics, per comoditat o per desídia no condueix a altra cosa que situar-la en moments en què cada vegada s'estarà en pitjors condicions per fer-la (sense el suport dels darrers fòssils per fer les noves instal·lacions) i, alhora, haver d'assumir les pitjors conseqüències del canvi climàtic.

La comunitat internacional, alertada per les previsions del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC), va adoptar un important acord a París el dia 12 de desembre de 2015 en el marc de la XXI Conferència de les Parts (COP21) de la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (CMNUCC), amb 193 països i la Unió Europea (United Nations, 2015). Aquest acord té per objectiu limitar l'escalfament de la superfície de la Terra per sota de 2 °C (preferiblement a 1,5 °C) en relació amb la temperatura mitjana de l'època preindustrial (segle XVIII). A tal fi, preveu accions i inversions (la major part, però, voluntàries) per tal d'assegurar un futur sostenible amb baixes emissions de carboni.

Tanmateix, limitar l'increment de temperatura mitjana de la Terra comporta també establir un límit d'emissions futures de gasos efecte d'hivernacle. Diversos científics han fet aquestes avaluacions, entre els quals C. McGlade i P. Ekins, que en el seu treball (McGlade i Ekins, 2015) indiquen que, per aconseguir l'objectiu de la limitació als 2 °C, cal que entre 2010 i 2050 restin sense usar (sota terra, sense cremar):

- 4/5 parts de les reserves actuals de carbó,
- 1/3 de les reserves actuals de petroli,
- 1/2 de les reserves actuals de gas fòssil.

I reblen el clau afegint que el desenvolupament dels recursos d'hidrocarburs de l'Àrtic i l'increment de producció de petrolis no convencionals són incongruents amb els esforços per limitar l'increment de temperatura a 2 °C.

Encara hi hauria un altre motiu per accelerar la transició energètica a Catalunya (com també a Espanya i a tot el sud d'Europa). Catalunya és un país de renda *per capita*

relativament elevada (31.531 euros/habitant el 2021) (IDESCAT, 2021), quasi tres vegades superior a la mitjana mundial, i uns consums energètics elevats (36.053 kWh/hab./any), essent quasi la totalitat combustibles fòssils i l'urani d'importació (el 93,8% del mix energètic català el 2019 (ICAEN, 2020)); en el context actual d'inestabilitat mundial, aquesta dependència energètica és extremament delicada i pot revertir en una dinàmica d'empobriment del país.

En canvi, Catalunya té recursos (radiació solar, hidràulica, vent) suficients per autoproveir-se d'energia (Furró, 2016). A què esperem, doncs, per impulsar decididament la transició energètica?

3. Fer un salt endavant

Durant aquests darrers dos segles s'ha obviat el binomi energia solar i territori per passar a utilitzar uns recursos d'estoc; però, en les properes dècades, la humanitat haurà d'afrontar el repte de la doble crisi dels fòssils, l'energètica i la climàtica (prioritària), acompanyada d'un canvi d'usos d'altres recursos naturals, molts dels quals també estan arribant als seus límits a causa de la degradació mediambiental, la pèrdua de biodiversitat, la contaminació de les aigües, la desforestació o la degradació dels sòls fèrtils.

Per tant, no queda altre camí que fer una transició vers un model energètic fonamentat en l'aprofitament de les fonts mediambientalment netes i renovables d'accés a l'energia solar. És a dir, aprofitar de manera directa i eficient l'única font primària d'energia de què disposem.

Però toca fer un altre advertiment. Aquesta transició no consisteix a tornar enrere a la civilització del segle XVIII, com algunes persones profetitzen (de vegades per ignorància i, sovint, de forma interessada). Tot al contrari, ja que aquesta transició pot suposar un veritable salt endavant de noves possibilitats en un procés de culminació de les etapes següents.

Des del control del foc, l'horitzó energètic de les generacions humanes estava limitat a l'ús de la biomassa forestal, la tracció animal i a un aprofitament precari dels vents i corrents d'aigua, amb unes capacitats de desplaçament precàries.

Amb els combustibles fòssils, les generacions nascudes als segles XIX i XX hem disposat d'un horitzó energètic creixent, fins i tot amb possibilitats d'iniciar l'exploració de l'espai, però limitat a un període de 200 anys i escaig que ara s'acaba.

En canvi, si som capaços de transitar, amb el suport de noves tecnologies, a un model basat en l'energia solar i altres fonts renovables derivades i, alhora, construir una societat orientada a la cooperació i al respecte a la naturalesa, les generacions nascudes ja en el segle XXI evitaran el col·lapse i podran accedir a un horitzó d'energia solar durant milions d'anys amb un potencial fins ara inimaginable (figura 2).

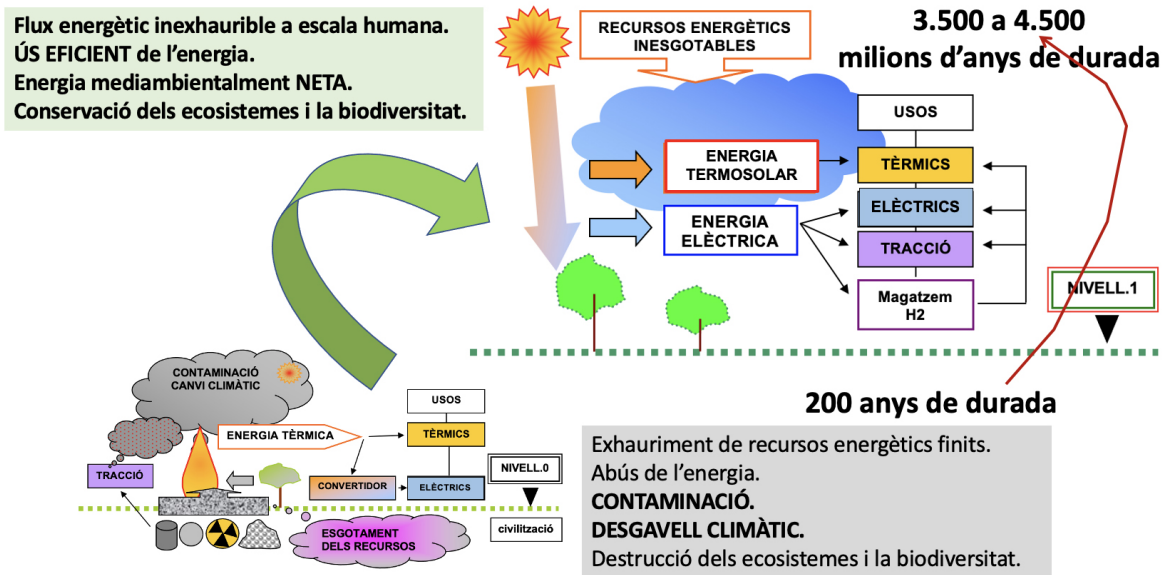


FIGURA 2. Transició d'un sistema energètic no renovable a renovable.
FONT: Elaboració pròpia.

4. Restablir l'equilibri entre energia i territori

Després d'un breu recorregut per l'evolució de la vida, els humans i la seva connexió amb l'energia solar, pertoca preguntar-nos on som ara. En els dos segles darrers la humanitat s'ha distanciat de l'energia solar per dependre d'uns estocs de combustibles fòssils que ara, a més d'estar arribant a la seva fi, han generat un desgavell climàtic de conseqüències greus.

En aquesta qüestió no tenim opció: els fòssils i l'urani s'exhaureixen i hem iniciat un desequilibri climàtic. On sí que tenim opcions és en com encarem l'alternativa: continuar com ara fins al col·lapse o treballar per fer la transició energètica, i dintre d'aquesta darrera opció, deixar la transició en mans de les grans empreses que han controlat el sistema fòssil i nuclear i se n'han beneficiat fins ara o activar tota la societat per construir un sistema energètic participat i socialment més just.

Probablement, les característiques de les noves fonts renovables (distribuïdes en superfície i menys intensives que les fòssils i la nuclear) facilitaran aquesta darrera opció partint del restabliment de l'equilibri entre energia solar i territori. O sigui, captar directament la radiació solar en forma d'energia termosolar o fotovoltaica i, indirectament, en les seves formes derivades d'energies hidroelèctrica, eòlica i de biomassa, tant la forestal com altres formes de biomassa.

Aquest salt al sistema renovable demana la convicció d'assumir unes ocupacions de sòls per captar energia que caldrà avaluar i fer compatibles amb la resta de recursos i serveis que presten els sòls i que fan possible la vida. Cal fer un pas més i convertir els discursos d'intencions en realitats d'acció, esforç que sovint es veu retardat per les lluites d'interessos i les indecisions d'un sistema financer i una governança política en la fase final del model fòssil

i nuclear que cal canviar des de l'arrel, tant en l'obtenció com en els usos de l'energia.

Possiblement aquest sigui l'escull més complex d'afrontar i que cal resoldre al més aviat possible, ja que estem en una situació d'emergència i el temps va en contra. Ens hi juguem el benestar futur, nostre i de les generacions dels nostres fills i nets.

Els combustibles fòssils i, en particular, els derivats del petroli ens han acostumat a uns usos creixents i molt intensius de l'energia, amb independència de la seva localització i temporalitat. Com a conseqüència, la població mundial ha experimentat un fort creixement i, a més, s'ha concentrat en grans aglomeracions urbanes de milions d'habitants (Riba Sanmartí i Riba Romeva, 2021 i 2022), gràcies a una agricultura intensiva i a un transport de baix cost que ha fomentat uns intercanvis massius a escala planetària.

Les fonts d'energia netes i renovables són més distribuïdes però menys intensives i requereixen grans superfícies de territori per a la seva captació, fets que obligaran a una moderació de la intensitat dels usos, així com a un important replantejament de l'energia en relació amb el territori. Alhora, la distribució de les fonts renovables no és uniforme sobre tota la superfície del planeta, sinó que cada ecosistema disposa dels seus recursos propis.

En el nou sistema, el primer pas que cal fer és, doncs, avaluar les necessitats energètiques de la població que viu en el territori —buscant, a través de l'estalvi, l'eficiència i el canvi d'hàbits, una reducció d'aquestes necessitats—, cercar després les fonts disponibles en el seu ecosistema i les formes d'adaptar les fonts a aquestes necessitats. Però, recíprocament, també caldrà tendir a adaptar la intensitat dels usos energètics (per tant, el volum de població i les activitats) a les disponibilitats de les fonts energètiques en els territoris.

5. Població i orografia de Catalunya

Catalunya és un país densament poblat. L'any 2022, en el seu territori de 32.108 km², hi vivien 7.792.611 persones, que corresponen a una densitat de 241,8 habitants per km², força elevada en relació amb Europa. A més, la població està molt desigualment repartida (IDESCAT 2020). En efecte, si les comarques de Catalunya s'agrupen en tres blocs (> de 400.000 habitants, de 100.000 a 400.000 habitants i < de 100.000 habitants), resulten tres àrees ben definides:

a) Àrea metropolitana de Barcelona, formada per cinc comarques (Barcelonès, Baix Llobregat, Vallès Occidental, Vallès Oriental i Maresme), amb una població de 4.934.219 habitants, una superfície de 2.348 km² i una densitat de 2.101 habitants per km². El 63,3% de la població catalana viu en el 7,3% del territori, l'àmbit metropolità de Barcelona.

b) Territori intermedi, format per tretze comarques (franja costanera excepte les Terres de l'Ebre, l'entorn metropolità de Barcelona i Lleida): Alt i Baix Empordà, Gironès, la Selva, Osona, Bages, Anoia, Garraf, l'Alt i el Baix Penedès, Tarragonès, Baix Camp i Segrià. Hi viuen 2.184.258 habitants, en una superfície de 10.320 km² i una densitat elevada (212 habitants per km²), però unes deu vegades inferior a la metropolitana de Barcelona. El 28% de la població catalana viu en el 32,1% del territori.

c) Territori despoblat, format per 24 comarques (Pirineu, comarques de Lleida, excepte el Segrià, i sud de Tarragona). Hi viuen 674.134 habitants, en una superfície de 19.439 km², amb una densitat mitjana de 35 habitants per km². El 8,7% de la població catalana viu en el 60,5% del territori.

D'altra banda, l'orografia del territori de Catalunya és complexa, amb nombroses cadenes de muntanyes (Pirineu, serralada Litoral, serralada Prelitoral), on escassegen les superfícies planes i les comunicacions han de superar contínues barreres. Així ho avala el fet que la meitat de la superfície de Catalunya (concretament, el 50,2%) tingui pendents superiors al 20% (IDESCAT, 2019).

6. Energia i territori a Catalunya

Les captacions fotovoltaïques i termosolars es basen en l'aprofitament d'uns 1.700 kWh per m² que rep Catalunya de mitjana anual, mentre que l'energia solar externa que rebem en forma d'eòlica s'ha d'anar a captar sobre determinats indrets on es produeixen els corredors eòlics dels vents dominants. L'energia hidràulica també suposa importants ocupacions de territori, així com l'aprofitament de la biomassa distribuïda en els boscos.

L'anàlisi que proporciona Smil (2010), sobre les densitats de potència (o potència per unitat de territori, considerant tot l'itinerari d'obtenció) de les diferents tecnologies que proporcionen energia, porta a afirmar que unes 1.600 ha de biomassa aporten la mateixa energia que 1 ha

d'instal·lacions de fòssils i que unes 80 ha de noves fonts renovables.

Per a una mateixa energia, el nou sistema energètic renovable demanarà molt més territori que el que requereix el sistema fòssil i nuclear, tot i que, gràcies a les noves tecnologies de captació, molt menys que el que requeria la biomassa del sistema preindustrial. Per tant, el subministrament d'energia renovable introdueix nous requeriments de territori que cal racionalitzar, de manera que el seu desplegament esdevingui sostenible i, alhora, profitós tant per a les societats com per als ecosistemes de cada contrada.

Avui parlem molt de sobirania per tal d'avançar vers societats més justes, però no podem obviar que el grau de sobirania d'una societat ve condicionat per quatre vectors bàsics: energia (i, dins seu, alimentació), aigua, medi natural i biodiversitat. Cada ecosistema permet un determinat equilibri entre ells, però cap d'ells no ha d'excloure cap dels altres.

A continuació s'estableix una aproximació del binomi energia solar i territori centrada en Catalunya. Els criteris i les xifres es basen en el model establert per E. Furró en el seu llibre *Catalunya. Aproximació a un model energètic sostenible* (Furró, 2016). Tot i que les xifres corresponen a dades de 2015, les variacions que han experimentat des d'aleshores no en posen en qüestió ni la metodologia ni les principals conclusions.

La proposta s'estructura en cinc apartats, en els quals s'estableixen conceptes i es proporcionen xifres d'ordres de magnitud per al conjunt de Catalunya i de cada una de les seves comarques: 1) on som, 2) quanta energia necessitem, 3) de quins recursos disposem, 4) quant de territori ocuparem i 5) un model d'aportacions comarcals. L'objectiu és establir un marc conceptual comú, uns criteris i uns paràmetres bàsics de transició energètica per plantejar les aportacions equitatives de potencials energètics i de superfícies de captació per part de cadascuna de les comarques de Catalunya.

6.1. On som

Prenent com a punt de partida les dades d'energia consumida l'any 2015 a Catalunya, entre petroli, gas fòssil, urani (a Catalunya ja no es consumeix carbó) i uns valors quasi testimonials de renovables, cremem de l'ordre de 222.500 GWh/any (energia primària) per garantir la utilització de 99.000 GWh/any (energia útil), sense comptar l'aviació ni la navegació internacionals en ports i aeroports del país (com fan els balanços energètics de l'Agència Internacional de l'Energia, AIE).

6.2. Quanta energia necessitem

Atesa la menor intensitat energètica de les fonts renovables i, per tant, la necessitat d'ocupacions importants de

territori per a la captació d'energies renovables, el primer objectiu de la transició energètica hauria de ser reduir al màxim possible els requeriments d'energia útil. Tan sols que es fes un ús més responsable de l'energia i que s'apliquessin unes mínimes mesures tecnològiques d'estalvi i eficiència, els usos energètics es podrien reduir fàcilment un 20%. Això permetria rebaixar els 99.000 GWh/any d'energia útil a 78.000 GWh/any. Això representa assolir un objectiu d'estalvi d'una mitjana de 2.800 kWh anuals per habitant respecte a la despesa actual. L'anomenarem *primer paràmetre de la transició*.

Però quanta energia hauríem de captar per poder garantir la utilització d'aquests 78.000 GWh anuals? El model elaborat per Furró (2016) estima la necessitat de captar 144.000 GWh anuals per tal de cobrir les pèrdues per l'emmagatzematge massiu i la distribució d'energia per adaptar, en lloc i en temps, l'obtenció d'energia de les fonts renovables (majoritàriament intermitents i/o aleatòries) a les necessitats dels usuaris.

El sistema energètic renovable (basat fonamentalment en fluxos) requereix una funció nova que en el sistema fòssil (recursos d'estoc) era residual: l'emmagatzematge massiu d'energia i, específicament, d'electricitat. Les bateries o les centrals reversibles poden cobrir de forma moderada aquesta funció; tanmateix, la solució vindrà a través d'un nou vector energètic polivalent i mediambientalment net, l'hidrogen, que ha de permetre atendre tant la regularitat en la generació elèctrica com una bona part dels usos tèrmics (sobretot a alta temperatura) i una part important de la mobilitat, especialment la de llarg abast i gran tonatge.

Captar 144.000 GWh/any per garantir un ús de 78.000 GWh/any. És a dir, captar 19.200 kWh per persona i any. L'anomenarem *segon paràmetre de la transició*.

6.3. De quins recursos disposem

Ordenats de menor a major quantia, disposem dels recursos següents:

— El biogàs, resultat de la valorització energètica dels residus orgànics (purins, restes agràries i d'alimentació, fangs de depuradora, etc.). Convenientment tractats i buscant la sinergia amb les necessitats d'adobs per a la regeneració orgànica dels sòls, podrien aportar de l'ordre de 1.800 GWh/any al sistema energètic, bàsicament en forma de gas metà.

— L'aprofitament de l'energia eòlica flotant sobre el mar, que podria aportar uns 4.000 GWh/any. Cal tenir en compte que es tracta d'una tecnologia encara poc madura i en fase de projecte, la qual, en tot cas, caldrà sotmetre a estudis previs i a condicionaments mediambientals per assegurar-ne la compatibilitat, tant amb la protecció dels ecosistemes marins com de refugis vedats de pesca per a la reproducció d'espècies.

— L'aprofitament (fàcilment millorable) de la biomassa per aplicació a usos tèrmics bàsicament industrials, que podria aportar uns altres 4.200 GWh/any.

— Els recursos hidroelèctrics, que podrien arribar a aportar uns 8.000 GWh/any. Cal no oblidar, però, que els recursos hídrics han de cobrir prioritàriament necessitats d'aigua tan vitals com l'aigua de boca, els conreus agraris o el manteniment dels ecosistemes. A més, previsiblement, aquests recursos es veuran afectats per les possibles irregularitats pluviomètriques derivades del desgavell climàtic que la crema de combustibles fòssils està provocant.

— Les captacions termosolars, fotovoltaïques i eòliques de petit format per a ús propi, el que s'anomena popularment *autoconsum*, tant domèstic com industrial, comercial de serveis i de lleure, que podrien arribar a aportar de l'ordre de 12.000 GWh/any (1.600 kWh/any per habitant).

— Les captacions amb instal·lacions sobre infraestructures públiques, sense una ocupació addicional de sòl rústic, que podrien arribar a aportar uns 30.000 GWh/any.

— Finalment, les captacions sobre territoris rústics, tot prioritant l'ocupació de sòls erms, roquissars, matollars i rústics de menys valor agrari, forestal i paisatgístic, que podrien arribar a aportar 84.000 GWh/any.

6.4. Quant de territori necessitem

Vegem ara quines necessitats de territori podrien requerir aquestes captacions d'energia.

El biogàs, la biomassa, l'energia eòlica marina i l'energia hidroelèctrica (18.000 GWh/any en conjunt) no requereixen noves ocupacions de territori.

Les energies termosolar, fotovoltaïca i eòlica de petit format per a ús propi (12.000 GWh/any), el que s'anomena popularment *autoconsum*, pot utilitzar perfectament els patis, terrats, cobertes i teulades.

Encara uns 30.000 GWh/any poden ser obtinguts perfectament aprofitant els espais antropitzats i d'infraestructures, com ara abocadors, pedreres, carreteres, corredors ferroviaris, ports, aeroports, aparcaments, canals artificials d'aigua o làmines d'aigua d'embassaments, i, per tant, no necessiten ocupar nou sòl rústic.

En canvi, les instal·lacions per obtenir l'energia restant (84.000 GWh) necessiten captacions sobre sòls rústics. I aquí és on caldrà trobar l'equilibri entre el recurs eòlic i el fotovoltaïc segons el potencial i la morfologia de cada ecosistema. I per tal de copsar ordre de magnituds, una proporció podria ser de l'ordre de 10.000 GWh/any eòlics (4.000 MW de potència instal·lada) i 74.000 GWh/any fotovoltaïcs (51.000 MW de potència instal·lada).

Un cop identificades les necessitats de captació d'energia, caldria fixar encara unes prioritats bàsiques de selecció de sòls per tal de minimitzar les afectacions en sòl rústic:

a) Compartir al màxim possible les ocupacions eòliques amb les fotovoltaïques, un criteri que, a més, evitaria duplicar les línies elèctriques d'evacuació.

b) Prioritzar l'ocupació de les instal·lacions fotovoltaïques en terrenys inclinats encarats a sud, atès que d'aquesta manera la relació entre energia captada i superfície horitzontal és més gran que no pas sobre terreny pla.

Sota aquests criteris, les necessitats de sòl rústic podrien estar al voltant de les 64.000 ha, és a dir, el 2% en terme mitjà del territori de Catalunya.

L'anomenarem *tercer paràmetre de la transició*.

6.5. Un model d'aportacions comarcals

Un cop fixades les necessitats de sòl rústic i les prioritats en la selecció d'aquests sòls, correspon plantejar els criteris de participació de cada comarca en funció d'aquests tres paràmetres de transició esmentats.

En un repartiment simple de les 64.000 ha necessàries de sòls rústics, correspon una aportació de 85 m² per habitant. I, quan es relaciona el nombre d'habitants de cada comarca amb la seva superfície, s'observa que:

— A 33 comarques els correspondrien aportacions de sòl rústic inferiors al 2% del seu territori (són les marcades en verd de la figura 3).

— En canvi, a l'altre extrem, a les 9 comarques restants els correspondrien percentatges majors d'aportació de sòl rústic, que anirien des del 2,33% del territori del Baix Camp fins al 130% del Barcelonès, passant pel 14,6% del Baix Llobregat i el Vallès Occidental, el 9,4% del Maresme i el 6,7% del Tarragonès i el Garraf (figura 3).

Això dona una idea de l'important desequilibri demogràfic existent entre les comarques de Catalunya, que, alhora, coincideix també amb una alta concentració d'economies productives industrials i de serveis. I, consegüentment, mostra com determinades comarques seran deficitàries pel que fa a les possibilitats d'aportació de territori per a captació d'energia en sòl rústic, mentre que altres en poden ser aportadores.

Els desequilibris han generat ja una reacció d'alerta en els habitants de les comarques, especialment de les menys poblades. Aquests veuen venir intrusions sobre els territoris i els paisatges que habiten, amb instal·lacions industrials de captació d'una energia destinada majoritàriament a cobrir les necessitats energètiques de les comarques més poblades, sense que reverteixin en beneficis tangibles per a les seves societats. Alhora, aquesta alerta deriva en reaccions,

fins i tot comprensibles, del tipus «que cadascú capti l'energia que necessita i s'espavili amb el territori que tingui».

El cert és que cadascú ha de procurar aportar el màxim d'energia possible a un sistema energètic que ha d'esdevenir comú, sense perdre de vista que les necessitats energètiques de cada individu o família o municipi han d'incloure les seves necessitats particulars més la part proporcional de tots els serveis de producció d'aliments, manufactures, mobilitat, telecomunicacions, sanitat, ensenyament, administracions públiques, seguretat, etc. En definitiva, de totes les prestacions que compartim tots en comú.

I això comportarà la necessitat de dialogar de manera inclusiva vers un projecte comú i ajustar els paràmetres a les possibilitats de cada comarca i, per tant, a preveure possibles necessitats d'establir acords i compensacions interterritorials que puguin pal·liar els desequilibris que venim arrossegant i que no hem sabut o no hem pogut solucionar. Ara, el canvi de model al binomi energia solar i territori obre possibilitats a tot tipus d'acords intercomarcals i intermunicipals i ofereix l'oportunitat d'encarar una nova vertebració del territori fonamentada també en l'apropament d'economies productives als punts de captació d'energia i, per tant, de generació de llocs de feina i transversalització de riquesa.

7. El projecte «Transició energètica i territori» (TEiT) impulsat pel col·lectiu CMES

Amb el convenciment que la relació entre energia i territori és un dels factors essencials per al desplegament de la transició vers les energies renovables, el Col·lectiu per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible (CMES) va ingressar l'any 2019 a la Coordinadora de Centres d'Estudis de Parla Catalana (CCEPC), que agrupa unes 130 entitats locals i comarcals fortament arrelades i compromeses amb els territoris respectius.

Conscient que el problema territorial relacionat amb l'energia no es pot resoldre de manera adequada sense el diàleg entre persones i responsables de territoris amb problemàtiques oposades (despoblació i declivi, per un cos-

PARÀMETRES COMARCALS PER A CAPTACIÓ D'ENERGIA

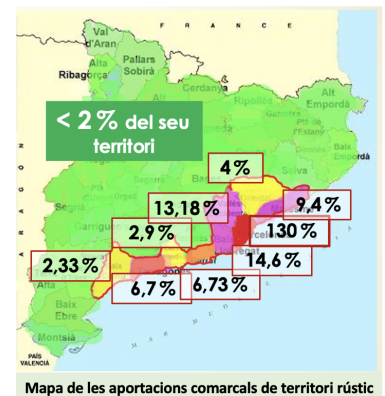
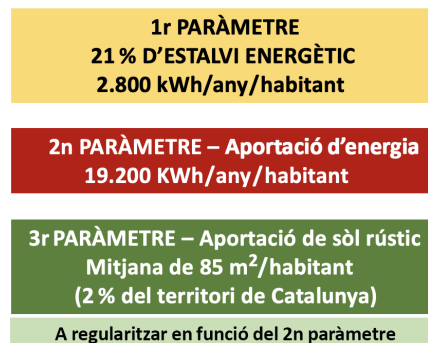


FIGURA 3. Comarques que requereixen més d'un 2% de sòl rústic per captar energia.
FONT: Elaboració pròpia.

tat, i sobre població i manca de territori, per l'altre), l'any 2021, acollint-se a les convocatòries de l'Institut Ramon Muntaner (IRMU), el col·lectiu CMES va iniciar el projecte «Transició energètica i territori» (TEiT) amb el propòsit de tenir continuïtat en els anys següents (CMES, 2023).

L'edició del projecte TEiT de 2021 es va dur a terme amb col·laboració amb els centres comarcals de les comarques de la Ribera d'Ebre (Centre d'Estudis de la Ribera d'Ebre, CEREB), del Berguedà (Àmbit de Recerques del Berguedà, ARB) i del Baix Llobregat (Centre d'Estudis Comarcals del Baix Llobregat, CECBL). Es va fer una sessió específica per a cada comarca, però en la qual eren convocades persones de les altres comarques amb l'objectiu de conèixer, debatre i compartir els diferents punts de vista.

En l'edició de 2022 hi van participar tres comarques més: Osona (Patronat d'Estudis d'Osona, PEO), Ribagorça catalana i aragonesa (Centre d'Estudis Ribagorçans, CERIB) i la Selva (Centre d'Estudis Selvatans, CES). Per a l'any 2023 està previst de fer una revisió de les conclusions i de la metodologia amb els sis centres que hi han participat fins ara, amb el propòsit de continuar amb la intervenció de noves comarques els anys següents.

A continuació, a fi de copsar les magnituds d'aquest binomi d'energia solar i territori aplicat a les comarques de Catalunya, a tall d'exemple, es posa el focus en tres tipologies diferents de comarques, que han sorgit en el desenvolupament del projecte TEiT (edicions de 2021 i 2022): Osona, Baix Llobregat i Alta Ribagorça.

7.1. Osona

La comarca d'Osona podria ser considerada com a (relativament) equilibrada des del punt de vista del binomi energia i territori, o sigui, es trobaria en una zona neutra, d'autosuficiència energètica, sense necessitat de requerir ocupacions addicionals de territori a altres comarques ni d'esdevenir aportadora de territori per compensar mancances d'altres comarques.

A continuació es mostra la taula 1, que resumeix els paràmetres del binomi energia i territori d'Osona.

TAULA 1
Paràmetres per a la transició energètica a la comarca d'Osona

OSONA: 164.077 habitants - 124.518 hectàrees	
Primer paràmetre: ESTALVI ENERGÈTIC: 2.800 kWh/any per habitant	460 GWh/any
Segon paràmetre: APORTACIÓ D'ENERGIA: 19.200 kWh/any per habitant = 3.151 GWh/any	
RECURSOS:	
Hidroelèctrics	86 GWh/any
Biomassa	42 GWh/any
Captacions per a ús propi	262 GWh/any
Total	390 GWh/any
NECESSITATS DE CAPTACIÓ ADDICIONAL	2.761 GWh/any
Tercer paràmetre: APORTACIONS D'INFRAESTRUCTURES I SÒLS RÚSTICS	2.900 hectàrees 2,32% del territori

FONT: Elaboració pròpia.

La compensació de les necessitats de captació d'energia dels seus 164.077 habitants, en equilibri amb les 124.518 ha

de superfície de territori, situa la comarca en els paràmetres de transició següents:

— Primer paràmetre: caldria fer un estalvi respecte als consums actuals de 460 GWh/any.

— Segon paràmetre: fet l'estalvi, les aportacions energètiques necessàries a la comarca serien de 3.151 GWh/any i, un cop descomptades les aportacions de les fonts d'energia renovables actuals (390 GWh/any), caldrien unes aportacions addicionals de 2.761 GWh/any.

— Tercer paràmetre: les aportacions addicionals d'energia s'haurien de cobrir en instal·lacions sobre 2.900 ha d'infraestructures públiques i sòls rústics. És a dir, una mitjana del 2,32% del seu territori.

7.2. El Baix Llobregat

En canvi, en comparació amb Osona, el Baix Llobregat presenta un clar dèficit territorial per poder compensar les seves aportacions equitatives d'energia al sistema global, com es pot comprovar en la taula 2, que resumeix el binomi energia i territori per a aquesta comarca.

TAULA 2
Paràmetres per a la transició energètica a la comarca del Baix Llobregat

BAIX LLOBREGAT: 834.653 habitants - 48.599 hectàrees	
Primer paràmetre: ESTALVI ENERGÈTIC: 2.800 kWh/any per habitant	2.337 GWh/any
Segon paràmetre: APORTACIÓ D'ENERGIA: 19.200 kWh/any per habitant = 16.025 GWh/any	
RECURSOS:	
Biomassa	10 GWh/any
Captacions per a ús propi	2.100 GWh/any
Total	2.110 GWh/any
NECESSITATS DE CAPTACIÓ ADDICIONAL	13.915 GWh/any
Tercer paràmetre: APORTACIONS D'INFRAESTRUCTURES I SÒLS RÚSTICS:	14.650 hectàrees
Aportacions pròpies:	1.150 hectàrees
SUPERFÍCIES DE CAPTACIÓ A ACORDAR AMB ALTRES COMARQUES: 13.500 hectàrees	

FONT: Elaboració pròpia.

La compensació de les necessitats de captació d'energia dels seus 834.653 habitants, en equilibri amb les 48.599 ha de superfície del seu territori, situa la comarca en els paràmetres de transició següents:

— Primer paràmetre: caldria fer un estalvi respecte als consums actuals de 2.337 GWh/any.

— Segon paràmetre: fet l'estalvi, les aportacions energètiques necessàries a la comarca serien de 16.025 GWh/any i, un cop descomptades les aportacions de les fonts d'energia renovables actuals (2.110 GWh/any), caldrien unes aportacions addicionals de 13.915 GWh/any.

— Tercer paràmetre: les aportacions addicionals d'energia s'haurien de cobrir en instal·lacions sobre 14.650 ha d'infraestructures públiques i sòls rústics. És a dir, una mitjana del 30,14% del seu territori. D'aquestes, 1.150 ha podrien ser aportades per la mateixa comarca i les 13.500 ha restants correspondrien a la petjada equivalent a compensar amb la resta de comarques amb disposició neta de territori.

7.3. L'Alta Ribagorça

Finalment, la comarca catalana de l'Alta Ribagorça ja està aportant 281 GWh/anuals d'energia amb escreix sobre les aportacions que li correspondrien en terme mitjà per a cada habitant de Catalunya. Per tant, es tracta d'una comarca netament aportadora d'energia, sense cap mena d'obligació equitativa d'haver de complementar noves aportacions de territori per compensar altres comarques deficitàries.

La taula 3 resumeix el binomi energia i territori per a l'Alta Ribagorça.

TAULA 3
Paràmetres per a la transició energètica a la comarca de l'Alta Ribagorça

ALTA RIBAGORÇA: 3.945 habitants - 42.686 hectàrees	
Primer paràmetre: ESTALVI ENERGÈTIC: 2.800 kWh/any per habitant	11 GWh/any
Segon paràmetre: APORTACIÓ D'ENERGIA: 19.200 kWh/any per habitant =	76 GWh/any
RECURSOS:	
Hidroelèctrics	330 GWh/any
Biomassa	21 GWh/any
Captacions per a ús propi	6 GWh/any
Total	357 GWh/any
PRODUCCIÓ D'ENERGIA AMB ESCREIX	281 GWh/any
Tercer paràmetre: APORTACIONS D'INFRAESTRUCTURES I SÒLS RÚSTICS TOTALMENT OPCIONAL AMB UN VALOR DE REFERÈNCIA DE	542 hectàrees

FONT: Elaboració pròpia.

Les necessitats de captació d'energia dels seus 3.945 habitants es cobreixen sobradament en les 42.686 ha de superfície del seu territori i situa la comarca en els paràmetres de transició següents:

— Primer paràmetre: caldria fer un estalvi respecte als consums actuals d'11 GWh/any.

— Segon paràmetre: fet l'estalvi, les aportacions energètiques necessàries a la comarca serien de 76 GWh/any, que, amb les aportacions de les fonts d'energia renovables actuals (357 GWh/any), donen lloc a un escreix d'energia de 281 GWh/any.

— Tercer paràmetre: si es consideres beneficiós per a la comarca, l'Alta Ribagorça es podria plantejar d'oferir noves aportacions de sòls rústics prenent com a referència la mitjana del 2% del territori per al conjunt de Catalunya, o sigui, 854 ha; si se li descompta el 0,73% equivalent a l'energia amb escreix que ja aporta avui dia la comarca, posaria a disposició 542 ha addicionals de nous sòls rústics per compensar altres comarques deficitàries.

7.4. Darrers comentaris

Com es pot observar, existeixen dificultats serioses per equilibrar el binomi energia solar i territori entre les diferents comarques de Catalunya. Aquests desequilibris justifiquen perfectament la necessitat d'establir uns acords entre comarques que desitjablement s'haurien de produir en un escenari de transversalització de la riquesa, de descentralització de les economies productives i de creació de llocs de feina a les comarques aportadores per, d'aquesta

manera, pal·liar l'actual efecte de despoblament que pateixen.

Però, alhora, aquest dèficit energètic i territorial també justifica fer un sobreesforç en el sentit d'extremar l'estalvi i l'eficiència, especialment en aspectes com els aïllaments tèrmics, la racionalització de la mobilitat o la revisió dels processos industrials.

I posa el principal focus de la responsabilitat sobre les comarques territorialment deficitàries i en la necessitat de potenciar al màxim possible l'aprofitament de les seves superfícies urbanitzades per tal de reduir al màxim aquests dèficits i, per tant, la petjada sobre els espais rústics de les comarques aportadores.

Hem de ser molt conscients que, així com estem disposats a demanar i acceptar l'alteració dels paisatges rurals, amb les captacions d'energia, també hem d'acceptar i assolir l'aprofitament a màxims de cobertes i espais urbanitzats i adaptar les normatives urbanístiques per facilitar l'acció i acceptar, fins i tot per respecte, i com a símbol de progrés, la transformació també del paisatge urbà a partir de les cobertes solars integrals sobre diferents edificis.

8. Conclusions

Els desequilibris entre població i territori i, sobretot, la concentració en grans ciutats constitueixen una dificultat important per assolir el nou equilibri energia-territori que requereix la transició vers les energies renovables a la fi del sistema energètic fòssil i nuclear.

En el marc del projecte «Transició energètica i territori» (TEiT), iniciat pel col·lectiu CMES l'any 2021, i a partir de model elaborat per E. Furró (Furró, 2016), el present treball estableix criteris i valors de referència sobre energia i superfícies com a base per establir els pactes entre municipis i comarques pel que fa a l'ús del territori per a la captació d'energia i les compensacions corresponents.

Les idees aquí proposades, si són assumides per la societat catalana, hauran de ser dutes a terme amb propostes concretes i negociacions entre territoris i entre actors socials, buscant sempre reforçar la cohesió territorial i l'equitat, de manera que no s'acabin beneficiant els actors més poderosos i amb més capacitat de pressió.

Aquesta transició és, justament, una oportunitat perquè centenars de milers de ciutadans facin un pas endavant i s'impliquin en el nou model energètic, tant en la presa de decisions com en les inversions o en les possibilitats laborals que ofereixi. I també és una oportunitat per desenvolupar activitats industrials i de serveis arreu del país que ajudin a reabsorbir els desequilibris territorials i demogràfics.

En aquest procés, la Generalitat de Catalunya ha de tenir un paper determinant en la planificació territorial, establint normes racionals i justes en els usos del sòl, però també, juntament amb les altres administracions públiques, en molts altres aspectes, des de la mediació entre els actors fins a les concessions i les connexions a la xarxa.

Com s'ha pogut constatar amb el projecte TEiT, la transició energètica es presenta complexa, especialment pel que fa a la relació entre zones urbanes i rurals, però també s'ha posat de manifest que disposem de coneixements, recursos i criteris per afrontar el repte d'equilibrar adequadament el binomi entre l'energia solar i el territori.

Podem concloure, doncs, que les opcions estan obertes i que potser encara hi som a temps, però també cal dir que no podem posposar les solucions, ja que estem en temps d'emergència, i que ho hem de fer per mitjà del diàleg i d'una voluntat d'aconseguir solucions equilibrades. Ens hi juguem un futur pròsper basat en l'energia solar i el desenvolupament d'una vida digna.

Bibliografia

- COL·LECTIU PER A UN NOU MODEL ENERGÈTIC I SOCIAL SOSTENIBLE (CMES) (2023). *Transició energètica i territori - 2a edició del cicle de debats (5): Sessió de conclusions del 10 de novembre de 2022 i memòria final del projecte* [en línia]. <<https://cmes.cat/debats-cmes/transicio-energetica-i-territori-2a-edicio-del-cicle-de-debats-5/>> [Consulta: abril 2023].
- FURRÓ, E. (2016). *Catalunya: Aproximació a un model energètic sostenible*. Barcelona: Octaedro.
- INSTITUT CATALÀ DE L'ENERGIA (ICAEN) (2020). *Balanc energètic de Catalunya* [en línia]. <http://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/annuals/balanc_energetic/> [Consulta: gener 2023]. [Els resultats fan referència al període de 1990 a 2019]
- INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA (IDESCAT) (2019). *Superfície i pendents. Comarques i Aran, i àmbits* [en línia]. <<https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15181>> [Consulta: gener 2023]. [Les dades fan referència a l'any 2019]
- INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA (IDESCAT) (2021). *PIB per habitant* [en línia]. <<https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15334>> [Consulta: gener 2023]. [Les dades fan referència a l'any 2021]
- MCGLADE, C.; EKINS, P. (2015). «The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C». *C. Nature*, vol. 517, núm. 7533, p. 187-190.
- RIBA ROMEVA, C.; TUDURÍ, L.; RIBA SANMARTÍ, G. (2021). «Transició energètica i canvi de paradigma». *Revista de Tecnologia* [en línia], núm. 9, p. 4-15. <<https://raco.cat/index.php/RevistaTecnologia/article/view/392227/485460>> [Consulta: abril 2023].
- RIBA SANMARTÍ, G.; RIBA ROMEVA, C. (2021). «Transición energética y grandes ciudades». *CienciAmérica*, vol. 10, núm. 3. <<https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/368/747>> [Consulta: abril 2023].
- (2022). «Transición energética y la sostenibilidad de las grandes ciudades». *CienciAmérica* [en línia], vol. 11, núm. 2. <<https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/392/849>> [Consulta: abril 2023].
- SMIL, V. (2010). *Power density primer: Understanding the spatial dimension of the unfolding transition to renewable electricity generation (Part V – Comparing the power densities of electricity generation)* [en línia]. <<https://www.masterresource.org/smil-vaclav/smil-density-comparisons-v/>> [Consulta: abril 2023].
- UNITED NATIONS (2015). *The Paris agreement* [en línia]. <<https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>> [Consulta: abril 2023].