



Institut  
d'Estudis  
Catalans



Generalitat de Catalunya  
**Departament d'Acció Climàtica,  
Alimentació i Agenda Rural**

# Xè Congrés d'Energia de Catalunya

Jornada 24 de novembre de 2022

## Recerca i Innovació

---

Taula Rodona

Carles Riba Romeva

# Taula rodona **RECERCA I INNOVACIÓ**

## **Introducció i contextualització**

## Introducció i contextualització (1)

1. **Fi de l'era dels fòssils.** L'era dels fòssils toca a la seva fi a través dels següents símptomes: a) Comença la seva decadència, recursos cada vegada més escassos i de menys qualitat, el consegüent encariment, lluites i guerres per a l'acaparament dels darrers recursos; b) El seu ús (combustió) va indissolublement associat a les emissions de CO<sub>2</sub> i d'altres gasos d'efecte hivernacle i, per tant, a un canvi climàtic de conseqüències greus.
2. **El sistema energètic actual es basa en fòssils.** Avui dia, els combustibles fòssils suporten el 80% del sistema energètic humà i han esdevingut omnipresents i imprescindibles en tots els àmbits de la civilització humana actual: l'alimentació, l'habitatge, la mobilitat i el transport, la informació i la comunicació, la fabricació dels productes i la prestació dels serveis.



Wikipedia. Contaminación atmosférica

## Introducció i contextualització (2)

- 3. Necessitat d'una transició energètica.** Per evitar el col·lapse cal transitar a les fonts d'energia renovable no més enllà de l'any 2050. Les reserves d'urani U-235 fissible (base de l'energia nuclear, el 4,5% del mix energètic mundial), són més escasses que les dels propis combustibles fòssils; i l'energia nuclear de fusió encara no és una realitat i, en tot cas, arriba amb retard per salvar la crisi dels fòssils.
- 4. Noves característiques.** Les energies renovables són molt abundants a la naturalesa (radiació solar, vents, corrents d'aigua, biomassa) però tenen característiques molt diferents als fòssils. Són majoritàriament energies de flux (generen electricitat), enlloc d'energies d'estoc (combustibles), i la seva intensitat energètica és molt menor. Això comporta la necessitat d'un canvi essencial en les formes d'obtenció, de gestió i d'ús de l'energia.



## Introducció i contextualització (3)

- 5. Canvi sistèmic.** No estem, doncs, davant d'una mera substitució d'unes tecnologies per unes altres sinó d'un canvi sistèmic a diferents nivells: a) Cal tornar a captar l'energia dels fluxos naturals, funció inexistent amb els fòssils; b) S'han d'adoptar comportaments més frugals i respectuosos amb la naturalesa, així com noves formes d'organització social i política que ho facin possible; c) Cal adaptar la civilització emergent a les noves condicions del canvi climàtic.
- 6. Una visió holística.** La resolució d'aquests reptes no vindrà de coneixements i polítiques especialitzades i fragmentades sinó d'una perspectiva global i holística orientada a la gran transformació de civilització que vivim. Hem dialogar i cooperar en la recerca per construir el nou coneixement necessari que comporta la transició energètica actual a les fonts renovables.





## Introducció i contextualització (4)

7. **Fomentar l'esperit crític.** Cal desvetllar l'esperit crític, preguntar-se el perquè de les coses i valorar els avantatges i inconvenients de les decisions personals i col·lectives. En l'actual crisi sistèmica, tant el sistema educatiu (des de l'educació primària a la universitat) com els mitjans de comunicació (especialment els públics) són claus per fomentar la reflexió i les accions col·lectives, enlloc de l'individualisme i la competitivitat.
8. **La recerca i l'acompanyament.** De transmissores del coneixement, les universitats han incorporat la recerca i, més recentment, l'acompanyament del teixit productiu, les administracions i la societat en els processos d'innovació que han de configurar les activitats del futur. Les universitats, i els centres de recerca han de contribuir decisivament als objectius de la transició energètica.



# Taula rodona **RECERCA I INNOVACIÓ**

## **Camps on potenciar la recerca i l'acompanyament**

## Camps on potenciar la recerca i l'acompanyament (1)

A continuació s'analitzen alguns camps on caldria centrar l'atenció de la universitat i altres institucions anàlogues, tant en la formació i la recerca bàsica i aplicada com, des d'una perspectiva holística, en l'acompanyament de les empreses, les administracions i la ciutadania en la transició energètica a les fonts renovables i en l'adaptació al canvi climàtic

### a) Comportaments i usos.

Sense un canvi vers uns comportaments més frugals, la humanitat s'estavellarà en un col·lapse de civilització. Convé analitzar les necessitats però també ens cal preguntar el per què dels comportaments actuals i en quines direccions s'haurien de modificar.

**Cal bandejar l'obsolescència programada i els conceptes d'un-sol-ús o d'usar-i-llançar. S'ha d'aprofitar el que ja tenim i aprofundir en les tècniques de manteniment.**



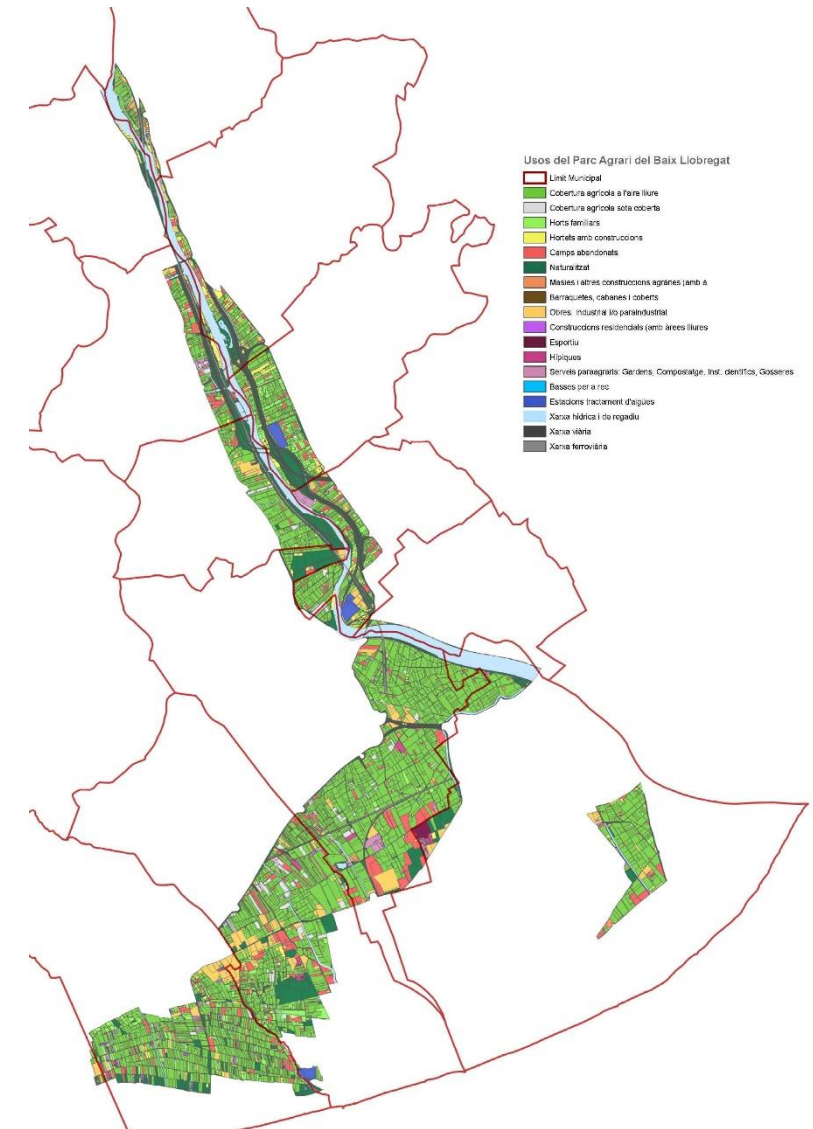


## Camps on potenciar la recerca i l'acompanyament (2)

### b) Agricultura, ramaderia i boscos

L'agricultura industrialitzada ha obtingut augments de rendibilitat per hectàrea (de 0,53 a 0,21 ha/hab entre 1950 i 2019) i per treballador molt importants però ha empobrit els sòls, ha exhaurit els aqüífers, ha contaminat les aigües i ha donat lloc a pèrdues de la biodiversitat. Amb l'abandonament de l'agricultura de proximitat i sense la pressió per obtenir llenya i fusta per construir vaixells, els boscos han estat abandonats i han envaït cada cop més terrenys i acumulat més biomassa amb el perill d'incendis de 6a generació.

Cal una reconsideració global de l'agricultura, la ramaderia, la silvicultura i la gestió dels boscos amb l'objectiu de preservar els sòls, les aigües i la biodiversitat.



Parc Agrari del Baix Llobregat

## Camps on potenciar la recerca i l'acompanyament (3)

### c) La mobilitat i el transport

Els derivats del petroli han permès un transport massiu i barat al voltant del qual s'han configurat les tendències dels darrers decennis: industrialització de l'agricultura, deslocalització d'activitats, globalització, concentració en grans ciutats, turisme massiu. La fi del petroli (el combustible fòssil més proper a exhaurir-se, vers 2045), així com la dificultat per obtenir un substitut equivalent per a la mobilitat i el transport, capgirarà la nostra civilització.

Una de les funcions bàsiques del sistema de recerca és treballar per obtenir vectors energètics alternatius i desenvolupar la mobilitat i el transport en el marc del futur sistema renovable.





## Camps on potenciar la recerca i l'acompanyament (4)

### d) Materials i economia circular

L'obtenció dels materials (especialment els metalls, els materials de construcció i els adobs) comporta una part molt important dels usos energètics i de les emissions de CO<sub>2</sub> (vers un 30% del total); en la construcció de molts productes, la despesa energètica en materials s'acosta al 80%. L'obtenció dels dos principals materials usats al món (l'acer i el ciment), amb processos vinculats a les emissions de CO<sub>2</sub>, comporten conjuntament prop del 15% del mix energètic.

Cal fer un ús adequat dels materials avui dia més usats (acer, alumini, adobs) i revisar (o trobar alternatives) als processos d'obtenció d'alguns d'ells per fer-los sostenibles (ciment, acer, amoníac).



## Camps on potenciar la recerca i l'acompanyament (5)

### e) Les grans ciutats i el territori

El creixement de les grans ciutats d'avui dia ha estat possible gràcies als combustibles fòssils (la primera ciutat a sobrepassar àmpliament 1 milió d'habitants va ser Londres al segle XIX amb l'ús del carbó). Es fa difícil pensar en el metabolisme de les grans ciutats sense l'aportació dels fòssils ja que els requeriments de superfície de captació de les fonts renovables va molt més enllà de les seves zones metropolitanes. I, darrere de l'energia hi van els requeriments dels aliments, de l'aigua, del transport, de les activitats econòmiques o de l'eliminació dels residus.

**Molt més enllà de l'urbanisme, s'imposa la necessitat d'una anàlisi i una reflexió en clau energètica sobre la viabilitat de les grans ciutats i les accions a emprendre per donar-hi solució.**



## Camps on potenciar la recerca i l'acompanyament (6)

### f) Adaptació al canvi climàtic

El canvi climàtic comportarà situacions molt menys favorables que les actuals: l'augment de la temperatura, la progressió de la desertificació i la pèrdua de produccions agrícoles; l'augment de la freqüència dels episodis climàtics extrems (pedregades, inundacions, vendavals); i, a més llarg termini, l'augment del nivell del mar que afectarà a totes les ciutats costaneres.

Serán necessaris molts estudis per preveure aquests canvis. També caldrà desenvolupar tecnologies que aportin resiliència a la població en aquestes noves situacions.



## Taula rodona **RECERCA I INNOVACIÓ** A títol d'exemple ... **Els materials i l'economia circular**



## Els materials i l'economia circular (1)

### Emissions d'energia i emissions de procés

Tot consum d'energia en el sistema energètic actual va associat amb major o menor grau a emissions de CO<sub>2</sub>; per això l'obtenció de maons, de fusta o d'asfalt (materials que es troben a la naturalesa) donen lloc a emissions pel consum d'energia (*emissions d'energia*).

Hi ha altres materials on les emissions de gasos d'efecte hivernacle també van associades a processos de transformació dels materials, com és el cas de la reducció dels òxids de ferro amb carbó per obtenir les foses i els acers o la descomposició de la pedra calcària en la fabricació del ciment (*emissions de procés*).

Les emissions de procés no s'eliminen amb el canvi a energia verda, sinó que cal canviar de procés. En l'obtenció del ferro en els forns alts, el carbó proporcionar alhora energia i redueix l'oxigen, processos que es poden descarbonitzar amb la utilització d'hidrogen verd (a Suècia, Alemanya i Àustria han iniciat experiències pilot amb aquesta nova tecnologia). En canvi, en la fabricació del ciment, la calcinació de la pedra calcària va associada indissolublement a l'alliberament de CO<sub>2</sub> (emissions de procés); en aquest cas, la descarbonització és més complexa i cal d'optar per materials alternatius.

## Els materials i l'economia circular (2)

En aquest apartat s'analitza amb major deteniment l'impacte dels principals materials usats en el sistema econòmic, els 20 de més impacte energètic pel que fa a l'energia utilitzada (*energia grisa*) i dels gasos d'efecte hivernacle emesos (*emissions grises*) en els processos d'obtenció i transformació.

Els resultats es donen en la taula següent on, en les successives columnes, figuren:

Columna-1. L'ordre en el món en consum d'energia

Columna-2. El material

Columna-3. Les quantitats produïdes en el món durant l'any 2019 (en Tg,  $10^{12}$ g)

Columna-4. L'energia específica per unitat de massa (en MJ/kg)

Columna-5. L'energia grisa associada a escala mundial (TWh/a)

Columna-6. El percentatge de l'energia mundial que representa

Columna-7. Les emissions per unitat de massa de material (kgCO<sub>2</sub>/kg)

Columna-8. Les emissions de gasos d'efecte hivernacle associades a escala mundial (TgCO<sub>2</sub>/a); i Columna-9. El percentatge d'emissions totals.

Taula. MÓN: Energia i emissions grises dels primers 20 materials (2019)								
	Materials	Massa	Energia			Emissions		
		Tg	MJ/kg	TWh/a	%	kgCO <sub>2</sub> /kg	TgCO <sub>2</sub> /a	%
1	Acers i foses	1.811,3	24,0	12.068	7,76%	1,74	3.150	8,58%
2	Polímers	455,6	88,3	11.180	7,19%	2,58	1.176	3,20%
3	Ciment	4.100,0	4,5	5.125	3,19%	0,74	3.034	8,27%
4	Alumini	93,2	157,6	4.080	2,62%	9,28	865	2,36%
5	Paper	419,7	24,8	2.891	1,86%	1,29	541	1,48%
6	Maons	3.405,0	3,0	2.838	1,82%	0,24	817	1,48%
7	Amoníac (N)	115,5	58,7	1.883	1,21%	5,65	653	2,23%
8	Asfalt (5% betum)	1.600,0	3,4	1.507	0,97%	0,07	114	1,78%
9	Fusta	625,0	7,1	1.234	1,02%	0,45	281	0,31%
10	Crom	41,0	83,0	945	0,608%	5,39	194	0,17%
11	Sorra i grava	28.000,0	0,081	630	0,405%	0,005	140	0,53%
12	Coure	26,0	63,0	455	0,293%	3,45	90	0,38%
13	Manganès	20,3	52,0	291	0,187%	3,50	71	0,19%
14	Zenc	12,8	61,9	220	0,141%	3,31	42	0,12%
15	Vidre	52,0	15,0	217	0,139%	0,91	47	0,13%
16	Fosfat (P2O5)	43,8	17,1	208	0,134%	1,09	48	0,13%
17	Níquel	2,2	164,0	98	0,063%	12,40	19	0,05%
18	Potassa (K2O)	33,6	8,8	82	0,053%	0,52	17	0,05%
19	Plom	11,6	25,2	81	0,052%	1,67	19	0,05%
20	Guix	154,0	1,8	77	0,049%	0,12	18	0,05%
	<b>20 materials</b>	41.134,9	3,1	47.734	29,88%	3,61	11.401	31,54%
	<b>Sistema energètic</b>			155.590	100,0%		36.700	100,0%

Fonts: Quantitats produïdes: United States Geological Survey (USGS)

<https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/commodity-statistics-and-information>; Energia i emissions grises: The Inventory of Carbon and Energy (ICE), Universitat de Bath <http://www.emccement.com/pdf/Full-BSRIA-ICE-guide.pdf>. Elaboració: Carles Riba Romeva

## Els materials i l'economia circular (4)

Les dades de la taula anterior mostren que aquests 20 materials consumeixen quasi el 30% del mix energètic mundial i generen més del 30% de les emissions.

I, dintre de la llista, els tres primers (ferro, polímers i ciment) requereixen més del 18% del mix energètic mundial i originen el 20% de les emissions.

- Les emissions en l'obtenció del **ferro** es poden eliminar canviant el carbó per l'hidrogen, amb uns costos més elevats. El mateix es pot dir per a l'**amoníac** i els **adobs nitrogenats**
- L'energia en l'obtenció dels **plàstics** és especialment alta ja que es comptabilitza l'energia retinguda en el material que podria haver proporcionat la seva combustió.
- Les emissions en l'obtenció del **ciment** són de procés i no s'eliminen amb un canvi a energia verda. Cal o bé trobar un material lliure d'emissions amb propietat semblants o canviar les tecnologies de construcció i obres públiques per adaptar-les a altres materials.

## Taula rodona **RECERCA I INNOVACIÓ** **La recerca pel que fa a materials**

## La recerca en materials (1)

Davant d'aquests grans consums d'energia i d'emissions en els materials, què es pot fer?  
Què hi té a dir la recerca en la descarbonització?

Molts dels canvis que cal fer per adaptar l'obtenció (i/o l'ús) dels materials en un context d'energies renovables i de zero emissions requereixen importants treballs de recerca bàsica i aplicada que poden afectar a les següents àrees:

Planta pilot d'HYBRIT (Suècia), on es proven tècniques per substituir el carbó en la fabricació de l'acer per H<sub>2</sub> i electricitat verda.





## La recerca pel que fa a materials (2)

### 1. Estalviar, reduir el volum de materials usats

Promoure el disseny concurrents orientat a:

- Alleugerir les construccions i els productes
- Minimitzar o eliminar els materials innecessaris, sobretot els més intensius en energia i emissions
- Evitar les estratègies d'usar-i-lançar i els productes-d'un-sol-ús.

Per exemple: evitar els sobrants i les deixalles; promoure els envasos retornables; alleugerir els productes, en especial els vehicles; facilitar els usos i les neteges; disminuir les obsolescències.



## La recerca pel que fa a materials (2)

### 2. Reutilitzar o reciclar components i materials

Des del disseny, evitar les barreges de materials, facilitar la separació dels components, bandejar l'obsolescència programada i minimitzar la sobrevinguda; des del manteniment, allargar la vida de les edificacions i dels productes, reparar els components.

Per exemple: Rehabilitar els edificis. Potenciar la recollida de materials, el seu reciclatge i la seva revalorització. El reciclatge de molts metalls comporta estalvis d'energia (i evita emissions) d'entre el 60 i el 90% de l'energia de la primera obtenció.





## La recerca pel que fa a materials (2)

### 3. Canviar els processos d'obtenció.

Avui dia, molts dels processos d'obtenció dels materials estan adaptats a les característiques dels combustibles fòssils: energies intensives i despreocupació per les emissions de CO<sub>2</sub>. Cal fer un gran esforç de recerca per redissenyar els processos d'obtenció de molts materials per adaptar-los a les energies renovables.

**Per exemple: Aprofitar la biomassa; Gestionar els boscos; Substituir el gas natural per hidrogen vers o biogàs en les indústries metal·lúrgica i ceràmica, i per hidrogen verd en l'obtenció d'adobs nitrogenats; Reduir els òxids de ferro amb hidrogen.**



## La recerca pel que fa a materials (2)

### 4. Trobar substituents a certs materials.

En l'obtenció del ciment es produeixen emissions de procés, independentment de si l'energia usada és fòssils o verda. En alguns casos (com aquest), o bé caldrà trobar un material lliure d'emissions amb característiques semblants, o bé eliminar-lo (o restringir el seu ús) i dissenyar els productes amb altres materials i altres tecnologies.

Per exemple: la construcció amb formigó (que usa molt ciment) es podria substituir per maons, pedres o fusta; o tornar als marcs de portes i finestres de fusta (que ara poden ser tractades) per evitar l'ús d'alumini, gran consumidor d'energia.





Aquest vídeo obvia el principal problema del futur del ciment:

## LES EMISSIONS DE PROCÉS

<https://www.youtube.com/watch?v=8pQd5YkkC9Y>





**GRÀCIES PER LA VOSTRA ATENCIÓ**

**Carles Riba Romeva**

President de l'associació CMES

Professor emèrit de la Universitat Politècnica de Catalunya

[www.cmes.cat](http://www.cmes.cat), [cmes2012@gmail.com](mailto:cmes2012@gmail.com)

[carles.riba@upc.edu](mailto:carles.riba@upc.edu)