

## El metabolisme urbà de Barcelona des d'un enfoc multi-nivell

### Establir objectius genèrics d'eficiència energètica a les ciutats és un enfoc simplista

Les ciutats són sistemes oberts i el fenomen de l'externalització fa que qualsevol anàlisi del metabolisme energètic urbà sigui complex. Establir objectius genèrics com els inclosos al *Pacte d'Alcaldes i Alcaldesses pel Clima i l'Energia* (una reducció del 40% de les emissions pel 2030) sense una discussió de les implicacions de les decisions preanalítiques (definicions, suposicions, escala i context) pot generar més problemes que solucions:

- (i) Quan s'utilitzen objectius genèrics a escala tècnica (p. ex. eficiència de transport en termes de kWh per ton·km), no s'estableixen relacions explícites entre els efectes aconseguits al nivell local i les implicacions d'aquest canvi sobre les activitats desenvolupades a la ciutat;
- (ii) Quan s'utilitzen objectius genèrics a nivell de ciutat, no s'estudia adequadament quines implicacions pot tenir aquest objectiu en relació a les diferents funcions dutes a terme a la ciutat (llars, sectors econòmics, etc.) i la dependència de l'exterior (mineria, agricultura, indústria, transport).

Per aquest motiu, l'anàlisi del metabolisme urbà requereix basar-se en un espai complex d'informació, és a dir, que relacioni aspectes a diferents escales i nivells. Generar indicadors que ignoren el fet que el consum i les emissions provocades per les ciutats depenen fortament de les importacions, pot incentivar l'adopció d'estratègies de transferència de costos cap a l'exterior. A més, els indicadors per càpita ignoren que la ciutat és un sistema obert on entren i surten constantment treballadors i turistes.

#### Missatge clau

MuSIASEM (*Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism*) és una nova metodologia per caracteritzar i monitoritzar el rendiment energètic de les ciutats. En aquest sentit, genera indicadors quantitius que milloren la informació disponible pel disseny de polítiques públiques.

La matriu d'usos finals és una eina basada en la teoria de sistemes complexos que permet analitzar quantitativament el metabolisme urbà. Integra informacions heterogènies reconeixent la rellevància de la coexistència de múltiples dimensions i escales d'anàlisi. Aquesta eina ha sigut validada amb la ciutat de Barcelona com a cas d'estudi.

Per altra banda, els patrons metabòlics d'energia estan determinats per dos conjunts de conversions que són qualitativament diferents i requereixen diferents anàlisis i indicadors: la transformació d'energia primària a energia secundària, i el consum d'energia secundària per expressar les funcions que caracteritzen la ciutat. A més, l'anàlisi global del patró metabòlic ha d'incloure diferents dimensions més enllà de l'energia: emissions locals i globals, reducció de costos econòmics, efectes a la qualitat de vida de la ciutadania, etc. Sense tenir en compte aquestes altres dimensions, es pot caure en monitoratges erronis que per exemple facin interpretar una caiguda de l'activitat econòmica no planificada com un èxit de la política ambiental.

### La matriu d'usos finals multi-nivell organitza l'anàlisi del metabolisme urbà

La matriu d'usos finals representa una eina útil per encarar els problemes comentats anteriorment, proveint d'informació organitzada per categories a través de diferents escales, nivells i dimensions d'anàlisi. Tot plegat fa que sigui una eina efectiva pel desenvolupament de polítiques al identificar aspectes claus com: qui utilitza energia, quin tipus de vectors energètics s'utilitzen, quina quantitat es consumeix de cada tipus, com es consumeixen i per a què. La matriu d'usos finals fa possible evitar alguns límits dels anàlisis quantitius convencionals permetent passar:

- (i) De representacions mono-escalars i mono-dimensionals d'eficiència, a multi-escalars i multi-dimensionals de funcionament;
- (ii) D'avaluacions quantitatives estàtiques (models tancats), cap a espais d'informació vius i flexibles generats mitjançant la coproducció de coneixement:
  - De representacions predicatives, amb resultats deterministes no disputats en relació a definicions i hipòtesis; cap a impredicatives, amb resultats contingents en funció de definicions i hipòtesis
  - De models amb representacions escollides pels analistes, cap a unes escollides pels usuaris.

L'exemple de la Figura 1 presenta informació referida a dos nivells d'anàlisi: Barcelona en conjunt (nivell n), i els compartiments funcionals inferiors del nivell n-2. Aquest anàlisi multi-nivell pot enllaçar amb nivells més baixos arribant fins a elements estructurals caracteritzats per aspectes tècnics; o amb elements jeràrquics superiors com l'àrea metropolitana, la província o el país. Un exemple amb nivells inferiors d'anàlisi es mostra a la Taula 1, on es pot veure la caracterització quantitativa del nivell n-2 *Serveis i govern*, i dels elements funcionals que el formen al nivell n-3.

## Usos potencials d'aquesta eina

Aquesta eina millora la transparència i la informació disponible per realitzar pactes entre ciutats en qüestions de sostenibilitat. A més, permet integrar de forma quantitativa altres factors rellevants com l'alimentació, l'aigua, l'ús del temps i de l'espai, aspectes demogràfics, les desigualtats entre barris, el nivell de vida material o de serveis, la generació de residus, etc. Així mateix, l'organització de dades en la matriu d'usos finals fa possible arribar a una caracterització estandarditzada dels patrons metabòlics de les ciutats en relació a:

- eines analítiques – com analitzar i millorar el seu funcionament;
- l'avaluació de l'efectivitat de les polítiques aplicades en relació als resultats esperats;
- generar informació transparent per a processos participatius i de fiscalització de polítiques públiques.

Seguint la mateixa lògica de la Viquipèdia i de manera similar al que ja s'ha realitzat al *Pacte d'Alcaldes i Alcaldesses*, es podria generar un web que serveixi de referència i on es puguin consultar les matrius d'usos finals de les diferents ciutats. D'aquesta manera es generaria un coneixement més robust i transparent dels patrons metabòlics associats a usos finals específics de cada ciutat. És llavors que la comparació de les ciutats es podria fer per sectors i subsectors similars i no per rendiments generals sense contextualització.

### Lectura addicional:

[Deliverable 4.3](#): *The metabolism of Barcelona: characterizing energy performance across levels and dimensions of analysis at the city level.*

|  |                               | Variables extensives (mida de l'activitat) |                | Variables intensives (paràmetres) |               |                                 | Variables extensives (quantitats per any) |               |  |
|--|-------------------------------|--|----------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------------|---|---------------|--|
|  |                               | QUI?                                       | COM?           |                                   |               | QUIN TIPUS?<br>QUINA QUANTITAT? |   |               |  |
| Funcions a ser expressades ↓<br>PER A QUÈ? |                               | HA<br>Mh (i) Top-down                      | lect.<br>kWh/h | Calor<br>MJ/h                     | Fuels<br>MJ/h | Electricity<br>GWh/y            | Calor<br>PJ/y                             | Fuels<br>PJ/y |  |
| <b>BARCELONA</b>                           |                               | <b>15,194</b>                              | <b>0.5</b>     | <b>2.2</b>                        | <b>1.1</b>    | <b>7,401</b>                    | <b>33,494</b>                             | <b>15,995</b> |  |
| FORA DEL TREBALL REMUNERAT                 | RESIDENCIAL                   | 9,307                                      | 0.2            | 0.6                               | 0.5           | 2,326                           | 8,374                                     | 0             |  |
|  | MOBILITAT                     | 593  | 0.1            | 0.9                               | 11.2          | 46                              | 0   | 6,620         |  |
|  | ÚS DE SERVEIS                 | 2,834                                      | n.a.           | n.a.                              | n.a.          | n.a.                            | n.a.                                      | n.a.          |  |
|  | ALTRES ACTIV. A L'AIRE LLIURE | 570  | n.a.           | n.a.                              | n.a.          | n.a.                            | n.a.                                      | n.a.          |  |
| TREBALL REMUNERAT                          | SERVEIS & GOVERN              | 1,539 (ii) Bottom-up                       | 2.7            | 2.6                               | 4.4           | 4,200                           | 3,990                                     | 6,729         |  |
|  | PORT                          | 15   | 12.7           | 78.5                              | 175.1         | 192                             | 1,187                                     | 2,647         |  |
|  | INDUSTRIA I CONSTRUCCIÓ       | 334  | 1.7            | 24.5                              | 0.0           | 577                             | 8,170                                     | 0             |  |
|  | SECTOR DE L'ENERGIA           | 4  | 14.7           | 2,879.2                           | 0.0           | 60                              | 11,772                                    | 0             |  |

↑ Sumar la columna  
Característiques qualitatives que depenen de la funció i la tecnologia  
↑ Sumar cada columna

Figura 1. Matriu d'usos finals simplificada caracteritzant cada funció amb el consum d'energia secundària (ET), hores d'activitat humana (HA) i els seus ratis metabòlics (EMR).

### Recomanacions polítiques

Una gestió efectiva dels problemes de sostenibilitat requereix abandonar l'agenda reduccionista i optar per eines analítiques capaces d'identificar, discriminar i caracteritzar aspectes claus dels sistemes complexos. En particular, calen formes innovadores d'anàlisi quantitativ capaces de:

- Caracteritzar simultàniament diferents escales, nivells i dimensions d'anàlisi;
- Ser transparents i coproduïdes en processos participatius; i
- Generar informació contextualitzada i comparable per tal de poder identificar bones pràctiques entre diferents ciutats.

Taula 1. Matriu d'usos finals (nivells n-2 i n-3) del sector Serveis i govern de Barcelona

|                       | HA           | US              | EMR        |            |          | EJP       | EMD                |                   |                   | EUSP             | ET           |              |              | VA            |
|-----------------------|--------------|-----------------|------------|------------|----------|-----------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|                       |              |                 | Elect.     | Calor      | Fuels    |           | Elect.             | Calor             | Fuels             |                  | Elect.       | Calor        | Fuels        |               |
|                       | Mh           | km <sup>2</sup> | kWh/h      | MJ/h       | MJ/h     | €/h       | kWh/m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | GWh          | PJ           | PJ           | M€            |
| <b>SERVEIS I GOV.</b> | <b>1,539</b> | <b>31.8</b>     | <b>2.7</b> | <b>2.6</b> | <b>4</b> | <b>39</b> | <b>132</b>         | <b>125</b>        | <b>211</b>        | <b>1,884</b>     | <b>4,200</b> | <b>3,990</b> | <b>6,729</b> | <b>59,956</b> |
| Educació              | 101          | 3.6             | 1.3        | 6.3        | 0        | 35        | 38                 | 177               | 0                 | 986              | 135          | 637          | 0            | 3,542         |
| Salut                 | 157          | 1.9             | 1.4        | 1.3        | 0        | 22        | 116                | 104               | 0                 | 1,805            | 223          | 201          | 0            | 3,477         |
| Oficines              | 641          | 7.0             | 1.9        | 1.2        | 0        | 45        | 177                | 112               | 0                 | 4,075            | 1,246        | 792          | 0            | 28,697        |
| Comerç                | 321          | 8.3             | 4.1        | 5.4        | 0        | 35        | 156                | 208               | 0                 | 1,337            | 1,300        | 1,730        | 0            | 11,114        |
| Hoteleria             | 135          | 2.0             | 2.2        | 2.0        | 0        | 37        | 149                | 133               | 0                 | 2,467            | 304          | 270          | 0            | 5,031         |
| Altres                | 119          | 3.7             | 5.9        | 3.0        | 0        | 33        | 190                | 99                | 0                 | 1,063            | 696          | 360          | 0            | 3,881         |
| Transport             | 65           | 5.3             | 4.6        | 0.0        | 104      | 65        | 56                 | 0                 | 1,278             | 800              | 296          | 0            | 6,729        | 4,212         |

**HA (Human Activity):** temps de treball remunerat invertit a l'ús final

**US (Useful Surfaces):** quantitat d'àrea dedicada a l'ús final

**ET (Exosomatic Throughput):** quantitat d'energia secundària metabolitzada per tipus d'en. secundària (electricitat, calor i fuels)

**VA (Value Added):** valor afegit dels productes i serveis produïts

**EMR (Exosomatic Metabolic Rate):** quantitat d'energia secundària metabolitzada per hora de treball

**EJP (Economic Job Productivity):** valor afegit per hora de treball

**EMD (Exosomatic Metabolic Density):** quantitat d'energia secundària metabolitzada per quantitat d'àrea

**EUSP (Economic Useful Surfaces Productivity):** valor afegit per quantitat d'àrea



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 649342

