

**34 kg**  
de CO<sub>2</sub>

Aquesta és la quantitat de CO<sub>2</sub> que hem emès per fer cada exemplar d'aquest llibre. Si només 1.050 grams de paper emeten més de 34 kg de CO<sub>2</sub>, quant n'emet el meu cotxe? I la meva casa? Com podem construir i habitar de manera més sostenible?

**Toni Solanas | Dani Calatayud | Coque Claret**



Generalitat de Catalunya  
Departament de Medi Ambient  
i Habitatge

## 34 kg de CO<sub>2</sub>

### Com s'ha calculat la petjada ecològica d'aquest llibre

Per arribar a la xifra de 34 kg de CO<sub>2</sub> emeses per produir l'exemplar que teniu a les mans, s'ha seguit el criteri de Rees i Wackernagel. S'han tingut en compte tant les emissions directes que la impressió i l'enquadernació han ocasionat, com les emissions indirectes relacionades amb el paper o el funcionament de la impremta i les que han comportat les tasques de creació de continguts i realització del llibre. Entre les emissions convé destacar les derivades de la tala dels arbres que proporcionen la cel·lulosa per al paper, ja que es preveu que el bosc deixarà d'absorbir CO<sub>2</sub> durant 70 anys; i l'energia consumida en el procés de fabricació del paper, inclosa la climatització del local i la fabricació de la maquinària. També s'ha considerat l'energia necessària per moure el camió-tràiler que transporta la fusta fins a la fàbrica de paper i d'aquí fins a la impremta;

igualment s'ha tingut en compte l'energia que cal per fabricar l'acer amb què s'ha fet el camió, així com la derivada de la construcció de la carretera per on aquest es desplaça.

S'hi ha afegit també l'energia consumida per les persones que hem treballat en el llibre: alimentació, habitatge, desplaçaments, local de treball i climatització, fins i tot el temps de vacances perquè si les hem fet, és gràcies a què hem treballat.

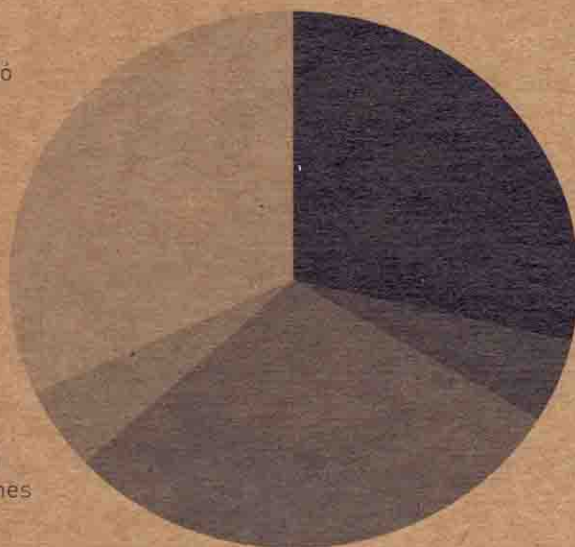
No s'hi han sumat les emissions que correspondrien a la distribució posterior del llibre. Aquesta xifra pot ser molt variable, segons el punt a on es desplaça cada exemplar. En podem donar alguns exemples: si el llibre anés a Lleida, caldria sumar-hi 0,01 kg de CO<sub>2</sub>, si el féssim arribar fins a Sevilla, caldria afegir-hi 0,46 kg i si l'enviéssim a Nova York, caldria comptar 12,78 kg més.

**31,7%**

impressió (2): impressió + enquadernació (inclosa l'amortització de la maquinària)

**5%**

impressió (1): el local + ordinadors + persones



**28,7%**

extracció de fusta i producció de paper

**5%**

transport del paper fins a la impremta

**29,6%**

creació i realització del llibre







**34 kg**  
**de CO<sub>2</sub>**



# 34 kg de CO<sub>2</sub>

Aquesta és la quantitat de CO<sub>2</sub> que hem emès per imprimir cada exemplar d'aquest llibre. Si només 1.050 grams de paper emeten més de 34 kg de CO<sub>2</sub>, quant n'emet el meu cotxe? I la meua casa? Com podem construir i habitar de manera més sostenible?

**Solanas, Toni**

34 kg de CO2

Bibliografia

I. Calatayud, Daniel II. Claret, Coque III. Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge IV. Títol V. Títol: Trenta-quatre kg de CO2

1. Desenvolupament sostenible 2. Arquitectura sostenible 3.

Arquitectura – Aspectes ambientals

504.03

34 kg de CO2

© Generalitat de Catalunya

Departament de Medi Ambient i Habitatge

<http://mediambient.gencat.cat>

Edició a cura de Toni Solanas

Autors: Toni Solanas, Coque Claret i Dani Calatayud

Realització editorial: líniazero edicions

Disseny gràfic: Pau de Riba i Guillem Cardona

Documentació fotogràfica: Servei d'Educació Ambiental,

Direcció General de Medi Natural i Servei d'Estudis

i Documentació d'Habitatge, Departament de Medi

Ambient i Habitatge.

Correcció lingüística: Secció de Suport Idiomàtic,

Departament de Medi Ambient i Habitatge

Primera edició: abril de 2009

Tiratge: 2.000 exemplars

Producció: SYL S.A.

DLB: 15.344-09

Aquest llibre ha estat imprès amb paper de 115 g procedent de boscos gestionats amb criteris de sostenibilitat i les cobertes són de cartolina kraft reciclada de 300 g.



**34 kg de CO<sub>2</sub>**

Toni Solanas | Dani Calatayud | Coque Claret

12	Presentació <b>Núria Pedrats i Pugès</b> Presentació <b>Frederic Ximeno i Roca</b> Introducció <b>Toni Solanas   Dani Calatayud   Coque Claret</b>
<hr/>	
21	<b>1 D'on venim?</b> Les històries de la vida a la Terra <i>Els quatre elements de la naturalesa</i> <i>Evolució de la biosfera</i>
25	Del Big Bang a la Revolució Industrial <b>Joan Manel del Llano</b>
38	La cooperació com a motor de l'evolució biològica <b>Mercè Piqueras</b>
40	Breu història de l'ocupació del territori <b>Clara García Moro</b>
<hr/>	
43	<b>2 On som?</b> El creixement il·limitat: un model insostenible <i>Les quatre dimensions de la vida</i> <i>Què és sostenible? Què és insostenible?</i> <i>Per què diem que el model actual és insostenible?</i>
47	Ciutats i crisi de civilització <b>José Manuel Naredo</b>
58	El factor mediambiental <b>Daniel Gómez</b>
60	Sense les persones no canviarem <b>Joan Subirats</b>
62	Economia i ecologia <b>Vicent Alcántara</b>
64	Tres eco-potes maleïdes <b>Cristina Fallaràs</b>
<hr/>	
67	<b>3 Com es mesura la insostenibilitat?</b> A la recerca d'indicadors <i>Noves formes de mesurar els recursos i els residus</i>
70	<b>3A Biocapacitat</b> Quina és l'evolució de la biocapacitat terrestre?
73	<b>3B Anàlisi del cicle de vida de béns de consum i edificis</b> Quant CO <sub>2</sub> emetem en menjar o desplaçar-nos? Quant CO <sub>2</sub> s'emeta en fabricar un totxo? I un habitatge?
77	<b>3C La petjada ecològica del consumidor</b> Aliments, habitatge i transport
82	<b>3D La petjada ecològica de ciutats i països</b> Les ciutats són grans consumidores de recursos i productores de residus La petjada ecològica del món
94	Anàlisi del cicle de vida <b>Joan Rieradevall</b>
97	Sostenibilitat i petjada ecològica <b>Ivan Muñiz</b>

---

101	<b>4 Com es gestionen els ecosistemes?</b> Sobre papallones i tempestes <i>Els cicles tancats de la natura</i> <i>L'evolució de les societats humanes</i> <i>Els cicles oberts del nostre sistema industrial</i>
105	<b>4A Inputs: la gestió dels recursos</b> Què prenem de la natura? Les necessitats de l'opulència
108	El tancament dels cicles naturals en l'arquitectura i l'urbanisme <b>Bettina Schaefer</b>
110	El ritme de consum dels recursos <b>Pau Morera Font</b>
112	Quina energia per a quina arquitectura? <b>Joaquim Corominas</b>
114	El paper de l'aigua <b>Elena Domene</b>
116	<b>4B Outputs: la gestió dels residus</b> Què tornem a la natura? Efectes secundaris dels residus Les tres R
120	Els residus que produïm <b>Josep Esquerrà</b>
122	<b>4C El pes del sector de la construcció</b> Els recursos i els residus de la construcció Impacte del sector a Espanya
126	Com reduir els gasos amb efecte d'hivernacle en el sector de l'edificació? <b>Anna Pagès</b>
128	Metabolisme urbà i territori <b>Carles Saura i Carulla</b>
130	El territori com a recurs <b>Anna Zahonero Xifré</b>
<hr/>	
133	<b>5 Els gasos amb efecte d'hivernacle i el Protocol de Kyoto</b> La Terra en perill <i>Canvis climàtics</i> <i>El CO<sub>2</sub> i el canvi climàtic</i> <i>El factor antropocèntric</i>
140	<b>5A Què regula el Protocol de Kyoto?</b> El Protocol de Kyoto El comerç d'emissions a la Unió Europea
143	<b>5B El Protocol de Kyoto i l'Estat espanyol</b> <b>Anna Pagès</b> Plans d'acció i estratègies per a l'any 2020
146	<b>5C Com afectarà el canvi climàtic el nostre entorn?</b> Possibles escenaris de futur Cap a la mitigació i l'adaptació
150	Polítiques de mitigació al canvi climàtic: de la teoria a la pràctica <b>Marta Torres Gunfaus</b>

---

155	<b>6 Com afecta la contaminació la salut?</b> Per un futur més saludable <i>Efectes secundaris d'un model de creixement</i> <i>Alguns riscos</i> <i>Algunes dades</i>
160	Habitatge i salut <b>Mariano Bueno</b>
162	La contaminació física, química i biològica <b>Enric Aulí</b>
164	Radiacions naturals i artificials: la higiene energètica a l'habitatge <b>Elisabet Silvestre</b>

---

167	<b>7 Cap a on anem?</b> Camins per investigar en edificació <i>Sobre límits i fronteres</i> <i>Sobre equilibris i participació, tècnica i creativitat</i>
170	Arquitectura: un nou paradigma <b>Joan Sabaté</b>
176	Noves maneres de mesurar <b>Christoph Peters</b>
178	Sobre l'ús i la gestió dels edificis al voltant de la sostenibilitat <b>Fabián López Plazas</b>
180	Rehabilitar: una oportunitat urgent <b>Mariano Vázquez Espí</b>
182	La rehabilitació d'habitatge públic a Catalunya <b>Josep Linares i Anna Mestre</b>
184	Habitabilitat <b>Albert Cuchí</b>

---

189	<b>8 Protagonistes, les persones</b> Tots en som part implicada <i>Cap a una nova comprensió de la realitat</i> <i>Sobre certeses i actituds</i> <i>Sobre ecologia i ecologistes</i> <i>Sobre poder i participació</i>
192	<b>8A L'Administració que regula</b> Estratègies d'estalvi en l'edificació a Espanya El Decret d'Ecoeficiència a Catalunya Altres normatives i actuacions
194	Normatives: el yin i el yang d'un canvi necessari <b>Pilar Martorell</b>
196	Quan la participació esdevé diàleg: vers les administracions interactives <b>Pere Subirana i Samitier</b>
198	<b>8B Els savis que investiguen: història de la petjada ecològica</b> Dani Calatayud i Àlex Cuesta Geografia Biologia Termodinàmica Química Economia

- 224 **8C Tècnics i experts que construeixen**  
Enric Auli  
Fructuós Mañà Reixach  
Rafael Serra Florensa  
Albert Cuchí
- 238 El planejament: base de la ciutat construïda **Clara Jiménez**
- 242 Bioconstrucció i bioarquitectura: avantguarda marginal?  
Reacció revolucionària? **Valentina Maini**
- 244 L'arquitectura bioclimàtica **Fidela Frutos i Josep M. Sanmartín**
- 248 La industrialització i com s'aproxima a la sostenibilitat **Teresa Batlle i Felip Pich-Aguilera**
- 250 Industrialització i sostenibilitat **Sandra Bestraten, Emilio Hormías i Anna Manyes**
- 252 **8D Els usuaris: ecociutats, ecobarris, eco...** **Torsten Masseeck**  
L'Andreas, de Freiburg (Alemanya)  
El Juha, de Hèlsinki (Finlàndia)  
L'Alberto, de Vitoria-Gasteiz (Espanya)  
La Mireille, de La Rochelle (França)  
L'Ita, de Mataró (Catalunya)  
El Pierre, de Lausanne (Suïssa)
- 
- 275 **9 Construmat 2007: estand del Departament de Medi Ambient i Habitatge**
- 276 **9A La petjada de PauS** **Dani Calatayud i Coque Claret**
- 284 **9B Accions per superar les barreres** **Horacio Espeche**
- 286 **9C Conclusions de les jornades de Construmat**
- 
- 290 **Bibliografia comentada**  
**Agraïments**



## Núria Pedrals i Pugès

Directora general de Qualitat de l'Edificació i Rehabilitació de l'Habitatge, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya

De tant en tant, prenem decisions a la vida sense sospitar que el camí que acabaran desencadenant superarà qualsevol de les previsions que havíem imaginat. I així veiem com aquelles decisions, deslligant-se del motiu original, adquireixen vida pròpia i obren camins insospitats que les reconverteixen, com si fossin les responsables o les incentivadores de les noves perspectives que van prenent les coses.

Quan a l'edició de la Fira Construmat 2007 vam presentar un pavelló que es deia «El primer pas...», no érem prou conscients del simbolisme d'aquest títol, ni del fet que veritablement es produiria un segon pas –que de ben segur no serà l'últim– en la línia de l'estudi, de la difusió i de la implantació dels criteris de sostenibilitat en la construcció.

Finalitzat Construmat 2007, vam considerar que valia la pena recollir tota la informació continguda en el pavelló i editar-la per a l'ús posterior de tothom que hi pogués estar interessat. Va ser a partir d'aquell moment que les coses van començar a adquirir vida pròpia. El temps transcorregut i les circumstàncies permanentment canviant fan que aquesta publicació ja no es limiti a ser un recull de la informació presentada a Construmat 2007, sinó que incorpori informació i coneixements que van molt més enllà dels continguts estrictes del pavelló.

S'amplien els temes, sempre dintre de la mateixa línia, i es multiplica el nombre de col·laboradors, perquè seria una llàstima prescindir de les reflexions i de les investigacions de tants especialistes. Així, a més, pretenem arribar a

un públic més ampli del que participa habitualment en una fira de la construcció. Creiem, per tant, que podem dir sense equivocar-nos que aquest llibre constitueix un «segon pas...» cap a la implantació de la sostenibilitat.

El llibre és una demostració de la voluntat del Departament de Medi Ambient i Habitatge d'avançar en tot el que suposa l'aplicació progressiva i constant de criteris de sostenibilitat en l'àmbit de la construcció, entesa de manera àmplia i global, partint de la utilització i el consum del territori, dels recursos naturals o primaris, de la qualitat dels materials, de la petjada ecològica que tenen les diferents configuracions urbanes, de les solucions constructives, de les noves tecnologies i de les energies renovables i, com a punt final però no per això menys important, de l'ús de l'edifici, que recau directament en l'usuari mateix.

Són temes tractats en el llibre. L'objectiu potser no és tan ambiciós en l'extensió –és impossible recollir en un sol volum l'exhaustiu coneixement existent–, però sí en l'abast i pretén cridar l'atenció d'un públic interessat i no especialitzat, i obrir-li una porta per obtenir més informació acurada sobre aquests temes.

Vull expressar el meu agraïment a tots els col·laboradors que han fet possible aquest «segon pas». Estic convençuda que, com a bona decisió, també acabarà adquirint vida pròpia i donarà lloc a futurs projectes que enriquiran els coneixements i ens ajudaran a tots plegats a fer millor les coses.

1

na

onere



## Frederic Ximeno i Roca

Director general de Polítiques Ambientals i Sostenibilitat  
Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat  
de Catalunya

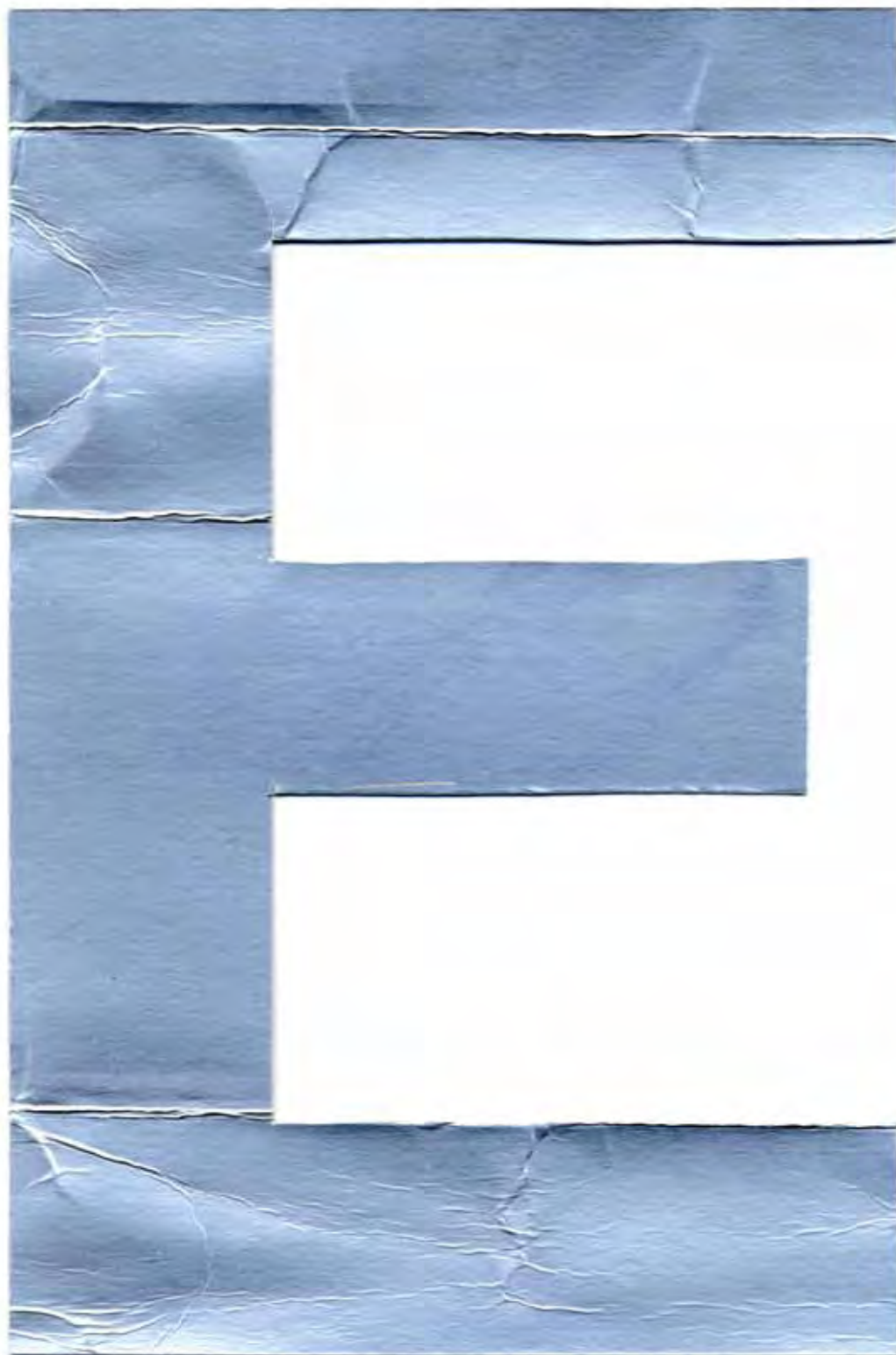
L'origen etimològic de la paraula ecologia és el mateix que el de la paraula economia (*oikos*=casa). L'ecologia és la ciència que estudia la casa (*logis*=estudi), l'economia la que n'estudia l'administració (*nomos*=administració). Ambdues disciplines són tan antigues com la humanitat, però han estat formalitzades en temps diferents. L'economia com a disciplina de les ciències socials té potser uns 300 anys d'història. L'ecologia com a disciplina de les ciències de la vida en té 150, i això potser sorprendrà a algú. La primera càtedra d'Economia a Espanya va ser creada el 1784 a Saragossa. La primera càtedra d'Ecologia fou per al Dr. Ramon Margalef, a Barcelona, el 1968.

Si convinguéssim que el tractat de Vitruvi –del segle I dC– és la primera formalització de l'arquitectura, ens adonarem d'un gran contrasentit amb relació a com la humanitat ha afrontat la seva casa. Primer va formalitzar com fer-la: l'arquitectura. Molt, molt més tard va formalitzar com administrar-la: l'economia. I fa relativament poc, ha començat a entendre-la: l'ecologia.

El sentit comú ens diria que primer caldria entendre, per tal de poder construir i administrar correctament. Per contra, el coneixement ha arribat després. Un contrasentit que ens ha dut a un atzucac. Per això avui mereixen la nostra atenció i la nostra preocupació les disfuncions ambientals generades per un segle i mig d'un model constructiu i econòmic que ha negligit els seus efectes.

Integrar el factor ambiental en la concepció de l'espai públic, de l'espai construït i de l'edifici com a artefacte –giny fet amb art– necessari per a l'articulació del territori i la vida de les persones ens corre pressa. Jo sóc dels qui pensen que encara hi som a temps, però no ens queda massa marge. La constatació científica que el canvi climàtic d'origen antròpic és un fet i que hi hem de fer front no ens permet més dil·lacions. Ens cal un canvi copernicà del model territorial, urbanístic i energètic que ens permeti desenvolupar una economia baixa en carboni. Aquest canvi passa per una nova perspectiva amb relació a l'eficiència i l'estalvi d'energia i materials. I també de l'anàlisi del cicle de vida dels edificis que en minimitzi les emissions i els residus, alhora que es generi de fonts renovables bona part de l'energia necessària per al seu ús.

A més d'una necessitat peremptòria atesa la situació del planeta, és també una oportunitat econòmica de primer ordre i un fet no gens menor en temps de crisi. Probablement l'única oportunitat possible. El decret d'ecoeficiència, el pla de mitigació del canvi climàtic o el programa de residus de la construcció són passos en la direcció correcta. Però insuficients. Catalunya no pot mirar-se de lluny com d'altres avancen decididament en aquesta direcció. És hora de passar a l'acció. Tenim les capacitats i el coneixement. Aquest llibre n'és una mostra. Espero que sigui inspirador alhora que pràctic.



**Toni Solanas**  
**Dani Calatayud**  
**Coque Claret**  
 Arquitectes

El coneixement i la comprensió profunda de la realitat són condicions convenientes –tot i que no necessàriament suficients– per poder canviar-la. Si bé és cert que el coneixement de la nostra manera d’actuar no és sempre raó suficient per modificar els nostres hàbits de conducta, sens dubte és la manera més recomanable per arribar-hi. És possible canviar d’hàbits a la força i fins i tot podem saber que ens convé canviar un hàbit –un exemple és el tabac– i que, malgrat això, no ho fem. En qualsevol cas, sí que podem afirmar que conèixer i comprendre un fet, un procés o una manera de ser faciliten que els possibles canvis que s’hagin de realitzar es produïxin amb convenciment i, així, se n’afavoreixi l’encert, el benefici i la durada dels seus efectes.

Aquest llibre pretén ajudar el lector a conèixer i comprendre la realitat en la qual ens movem, la realitat física que és la biosfera del nostre planeta.

Constatem avui una major consciència del fet que estem vivint una situació de canvi en diversos fronts: en el clima, en les relacions de gènere i en la nostra manera de percebre el progrés; percebem canvis derivats de la progressiva escassetat de determinades matèries primeres, fonamentalment els aliments i el petroli; els altres són canvis socials i de poder profunds que alguns desitgen i d’altres pretenen evitar. Cada vegada s’alcen més veus denunciant que el model productiu actual caracteritzat pel malbaratament de recursos i la producció massiva de residus, així com un sistema econòmic de tendència cap a la desregulació del mercat,

implantat durant els darrers decennis del segle XX, ha produït desequilibris ambientals i socials tan importants que el canvi necessari haurà d’anar més enllà d’un simple lífting. La crisi econòmica iniciada el 2008 ens mostra a més que la mà invisible del mercat sense regulació només serveix perquè alguns desaprensus aconseguixin enfonsar-lo.

Com en tota transició o canvi profund, a allò nou li costa créixer i el que és vell no vol morir, i aquest procés és dolorós. Però és innegable que de manera progressiva va augmentant el nombre de persones que creuen que l’evolució vers un desenvolupament sostenible ens conduirà cap a un nou paradigma en el qual la nostra relació amb l’entorn serà diferent i les nostres relacions socials més equitatives i agradables.

Estem convençuts que, per evitar caure en errors propis de la simplificació de les anàlisis i les propostes, i abans que definir i proposar receptes concretes, cal conèixer de la millor manera possible d’on venim i on som; cal, doncs, saber en quin context ens movem i preveure cap on anem, establint escenaris raonables de futurs possibles, que difícilment estaran constituïts per certes absolutes, ja que, com hem après al llarg del segle XX, sabem que no existeixen. Tanmateix, algunes tendències molt probables sí que ens poden inclinar, aplicant el principi de precaució, cap a actuacions i comportaments determinats. Aquest és, doncs, un llibre que pretén propiciar interrogants més que alligonar, informar o manipular; vol plantejar dubtes i fer-nos comprendre i reflexionar abans que memoritzar.

El llibre té el seu origen a l'estand que el Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya va presentar a la fira Construmat 2007 a Barcelona. La idea, projecte i realització de l'estand va ser obra de PAuS (Plataforma d'Arquitectura i Sostenibilitat), entitat que agrupa l'Escola d'Arquitectura del Vallès (ETSAV), el Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC), a través de l'agrupació AuS (Arquitectura i Sostenibilitat) i l'Escola d'Arquitectura de La Salle (URLL) de Barcelona. El col·lectiu PAuS, que compta amb col·laboracions diverses i concretes, té com a objectius el debat i la investigació aplicada sobre sostenibilitat i arquitectura, construcció, ciutat i territori.

L'estand, realitzat amb materials reciclats i completament reciclable, serà en el futur un centre d'investigació de construcció i sostenibilitat a l'Escola d'Arquitectura del Vallès. El contingut de l'estand, que es va batejar amb el títol «El primer pas» i estava dedicat fonamentalment a un públic de professionals de la construcció, ha estat aquí completat en aquells aspectes de caràcter general, des de l'economia i la cultura fins a la salut, per donar una visió més àmplia sobre la sostenibilitat; també s'ha retallat en aquells aspectes tècnics menys comprensibles a un públic no necessàriament especialitzat.

Tot i així, l'arquitectura, l'edificació, l'habitabilitat, les ciutats i l'ocupació del territori, la mobilitat i les nostres formes de viure i produir constitueixen la columna vertebral de l'obra. Convé tenir en compte també que el sector de la construcció ocupa un lloc important tant

en l'economia com en les nostres vides. Passem la major part del nostre temps a l'interior d'edificis. A Espanya, una part del creixement econòmic dels darrers anys, i també en gran mesura la crisi actual, es deuen a haver fet de la construcció un dels pilars bàsics de l'economia, amb resultats beneficiosos per a alguns i perjudicials per a molts.

El canvi climàtic que s'està produint en el planeta portarà a modificar radicalment les formes de viure i construir, perquè l'impacte generat per l'activitat del sector en el medi ambient és considerable. La construcció, en conjunt, considerant el transport que s'hi associa, consumeix més de la meitat dels recursos materials i el 40% de l'energia; genera, a més, prop de la meitat dels residus i un terç de les emissions de CO<sub>2</sub>. Així doncs, l'anàlisi del sector, part fonamental de la societat, es mereix una anàlisi, no tan sols per part de les persones que hi estan directament vinculades, sinó per part de cadascun de nosaltres, perquè tots som habitants d'edificis, ciutats i territoris.





D'on venim?



## 1

1 Un llibre interessant per veure la història del món des de la perspectiva ecològica és: *Historia verde del mundo* de Clive Ponting. Editorial Paidós. Barcelona, 1992. L'obra analitza les raons del declivi de cultures desaparegudes i destaca la influència del medi físic en la història humana.

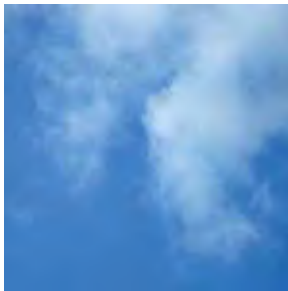
2 Eugene Chudnovsky, Javier Tejada, Eduardo Punset. *El templo de la ciencia. Los científicos y sus creencias*. Ediciones Destino, SA. Barcelona, 2008.

## Les històries de la vida a la Terra

Els llibres d'història solen explicar-nos les històries del poder. La llista dels noms dels reis d'una dinastia governant en qualsevol país és un exemple que ens recorda la nostra etapa escolar. També hi ha altres històries, la de l'art i la cultura, per exemple, que ens expliquen de quina manera els humans hem observat i reflectit el món en el nostre afany per comprendre'l. I algunes exposen les ciències naturals i d'altres els sistemes de producció de les diferents societats. Són aquestes les que ens interessen, perquè avui sabem que el nostre futur depèn de com gestionem uns recursos que cada vegada són més escassos.<sup>1</sup>

### Els quatre elements de la naturalesa

Segons la nostra cultura occidental, que es remunta al temps dels grecs, la vida necessita dels quatre elements per prosseguir: aire, foc, aigua i terra. Tales de Milet afirmava que l'element fonamental de la naturalesa era l'aigua, a la vegada que Anaxímenes deia el mateix pel que fa a l'aire i Heràclit d'Efes atribuïa tal condició al foc, mentre que Xenòfanes creia que la terra era l'element bàsic; en el segle V aC Empèdocles va fixar la que és la nostra herència cultural: la naturalesa està constituïda pels quatre elements –aire, aigua, terra i foc.<sup>2</sup>



El nostre propi coneixement ens diu que si no respirem, morim en ben pocs minuts; si sotmetem el nostre cos a temperatures extremes, morim en poques hores; si no bevem podem resistir únicament alguns dies, i si no ingerim cap aliment sòlid, només conservarem la vida algunes setmanes. Tenim experiència de com és d'agradable la brisa marina o l'escalfor del sol a l'hivern, del plaer que sentim quan saciem la nostra set a una font o quan ens estirem al terra en un bosc. Qualsevol dels quatre elements, l'existència del qual és necessària per a la vida, pot, tanmateix, perjudicar-la si n'hi ha massa o no n'hi ha gens. Així, podem afirmar que cadascun dels quatre elements és bo o és dolent? Diríem que més aviat és la carència o l'excés de qualsevol d'aquests elements el que ens pot perjudicar.

La literatura i la mitologia ens relaten esdeveniments sobre les conseqüències dels excessos o la manca de qualsevol d'aquests elements; dels seus efectes si es troben en estat defectuós i les seves propietats benefactores quan estan en estat pur. Si respirem



aire contaminat podem contraure malalties i, com diu Thomas Mann a *La muntanya màgica*, cal l'aire sa d'un clima muntanyenc per curar la tuberculosi. A l'extrem oposat, un huracà sembla mort i destrucció.

L'excés de calor ens fa pensar en l'infern, com diu Dante a *La divina comèdia*. D'altra banda, les travesses dels deserts ens mostren a la vegada les relacions entre els elements: un excés de calor produeix una manca d'aigua.

La mitologia sobre l'aigua com a font de perills es remunta al diluvi universal. Les aigües desbordades de mars i rius han donat lloc a guions cinematogràfics amb relats estremidors i a meravelloses novel·les com *Moby Dick* de Hermann Melville.

La terra que s'obre i engoleix el que reposa sobre la seva escorça, els terratrèmols i moviments sísmics també són l'origen d'imatges angunioses. I de la mateixa manera que hi creixen els nutrients que necessitem per alimentar-nos, hi apareixen verins mortals que hem d'evitar. En aquest sentit, potser és Juli Verne l'escriptor que proporciona el repertori més ampli d'aventures literàries a les profunditats del mar i de la terra o a les alçades del cel.

L'aire conté oxigen i nitrogen en proporcions precises i l'aigua, hidrogen i oxigen; el foc es compon de diferents radiacions, i la terra de minerals diversos. Tots aquests elements es troben en equilibris inestables que van evolucionant lentament al llarg de milions d'anys. D'aquestes combinacions i els seus delicats equilibris sorgeix la vida tal com la coneixem. La nostra vida es desenvolupa, doncs, dins de certs límits. Si ens mantenim a dins, trobem el confort, l'habitabilitat; en canvi, si els superem, o no els assolim, amb molta probabilitat patim o morim.

La biosfera és un sistema en equilibri inestable en què aire, aigua i terra constitueixen sistemes de cicles tancats que perduren gràcies a l'acció d'una energia exterior al sistema: l'energia que ens arriba del sol. Probablement per aquesta raó alguns pobles, com els egipcis, el van deïficar.

### **Evolució de la biosfera**

La Terra es va originar fa 4.600 milions d'anys, com explica la teoria del Big Bang. Des d'aquell moment el planeta ha evolucionat de manera considerable. Tant la terra com els mars i els rius presenten formes i composicions que han variat al llarg dels milions de segles transcorreguts. També s'ha transformat l'element foc: els canvis en la radiació solar que rep el planeta i el magma del seu nucli han provocat tant èpoques càlides com glaciacions. La composició dels quatre elements és molt diferent avui que en altres èpoques, tot i que hi ha una constant que perdura: els canvis són lents, molt lents.

Si ens fixem en l'atmosfera, sabem que la relació que hi ha entre els diversos gasos és en funció de les reaccions bioquímiques que es produeixen entre els seus múltiples components. Així, la seva composició és el resultat de gasos alliberats per l'activitat d'éssers vius primigenis que no necessitaven l'aire per respirar. L'oxigen és un residu que emetien determinats bacteris fotosintètics que, a la vegada, consumien  $\text{CO}_2$ . Durant 2.500 milions d'anys els bacteris van anar construint el nostre planeta associant-se mitjançant mecanismes de simbiogènesi. Els animals superiors som el resultat d'aquesta simbiogènesi. Des de fa 540 milions d'anys l'atmosfera està composta principalment per nitrogen (78%), oxigen (21%) i vapor d'aigua (0-7%), però també hi ha altres gasos nobles i diòxid de carboni, el  $\text{CO}_2$  (1%) en petites proporcions. Altres gasos, com el metà, són importants pels efectes que poden produir.

L'atmosfera està en desequilibri, i ho està perquè existeix la vida. La vida és matèria organitzada en evolució constant. Tot ésser viu interactua amb l'entorn, amb el



A la Via Làctia hi ha uns 400.000 milions de sols. L'energia del «nostre» sol crea les condicions que fan possible la vida. Els científics calculen que s'extingirà d'aquí a uns 5.000 milions d'anys.

Il·lustració de *Mundus subterraneus* (1665) obra d'Athanasius Kircher (1602-1680), físic alemany que va pertànyer a la Companyia de Jesús. Defensava l'existència a l'interior de la Terra d'un gran foc, que alimentava les erupcions volcàniques, i d'immensos dipòsits d'aigua, que nodrien mars, rius i fonts mitjançant canals subterranis.



**3** Eric D. Schneider i Doris Sagan. *La termodinàmica de la vida*. Tusquets editores. Barcelona, 2008.

**4** Un text lúcid sobre els canvis que ha comportat la Revolució Industrial en la nostra relació amb la biosfera és *Arquitectura i sostenibilitat* d'Albert Cuchí Burgos. Edicions Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 2006.

**5** Una altra visió interessant de la història ambiental recent del món és el llibre de John R. McNeill *Algo nuevo bajo el sol. Historia medioambiental del mundo en el siglo XX*. Alianza Editorial. Madrid, 2003.

medi que l'envolta i, de la mateixa manera que el medi influeix en els éssers vius, els éssers vius influïm en el medi. Tanmateix, aquests desequilibris tenen límits. A partir de certs valors l'efecte que produeixen alguns components pot fer perillar la continuïtat de determinats éssers vius; per exemple: si la proporció d'oxigen sobrepassés el 25%, tots els boscos del planeta s'incendiarien. Les estructures complexes, a més de reproduir-se, tendeixen a mantenir els seus sistemes i característiques més rellevants contra les resistències de l'entorn, però a la vegada la vida és energia i, per tant, està sotmesa a la segona llei de la termodinàmica.<sup>3</sup>

Probablement fa uns tres milions d'anys, es va produir un fet extraordinari: va aparèixer una espècie animal amb capacitat per dominar el planeta, una espècie que utilitza tots els recursos que troba disponibles. Durant molts anys solament va recollir allò que la naturalesa li oferia, però amb l'aparició de l'agricultura va aprendre a incidir sobre la naturalesa i, amb la Revolució Industrial<sup>4</sup>, fa 200 anys, les seves relacions amb el planeta es van modificar de manera molt ràpida; la incidència que fins aleshores havia estat de caràcter local va passar a ser global. Amb la globalització esdevinguda els últims anys, aquesta incidència s'ha multiplicat de manera exponencial i a una velocitat desconeguda fins ara.<sup>5</sup>

## Del Big Bang a la Revolució Industrial

Hi ha cert consens científic a l'hora d'establir l'edat del nostre univers: el Big Bang sembla que es va produir fa 13.700 milions d'anys. Al cap d'uns 100 milions d'anys van començar a sorgir les estrelles, que agrupant-se han acabat formant cadascuna dels 140.000 milions de galàxies que s'estima que existeixen. Una d'aquestes, la Via Làctia, conté uns 400.000 milions de sols. I al voltant d'un d'aquests orbita el planeta on vivim, originat ara fa tot just uns 4.500 milions d'anys!

### Consolidació de la Terra

La Terra va ser gairebé homogènia i freda un cop condensats la pols i els gasos interestel·lars per l'atracció de la gravetat. La gravetat mateixa i la contracció dels materials van fer que s'anés escalfant, i també va contribuir-hi la radioactivitat dels elements més pesants. Quan la temperatura va ser molt alta, la Terra va començar a fondre's i es va començar a diferenciar l'escorça del nucli, on van anar a parar els elements més pesants, sobretot ferro i níquel. Paral·lelament, les erupcions volcàniques van provocar la sortida de vapors i gasos lleugers de l'escorça; alguns van ser atrapats per la gravetat i van formar l'atmosfera primitiva, mentre que d'altres es van condensar i van formar els primers oceans del món. No obstant això, una altra font important d'aigua a la Terra van ser els cometes, boles de roca i gel que es van formar també a partir de la nebulosa que va originar el sistema solar. De fet, hi ha qui creu que fins al 50% de l'aigua que hi ha al planeta prové dels impactes dels cometes.

### Roques ígnies

Les roques ígnies es formen quan el seu material (massa fluida i mòbil molt calenta de matèria mineral) es refreda i solidifica, el qual s'anomena magma (quan està per sota de la superfície) o lava (quan està per sobre). En el moment de la formació de la Terra, les roques ígnies en dominaven la superfície i hi havia una gran activitat volcànica.

### Origen de la vida a la «sopa primordial»

Una probable hipòtesi sobre l'origen de la vida n'explica l'aparició a partir d'una atmosfera primordial composta per hidrogen, amoníac, metà i vapor d'aigua. El vapor d'aigua condensat hauria estat l'escenari on es van dur a terme les primeres síntesis abiòtiques de compostos orgànics: aquelles produïdes sense l'existència prèvia de vida.

Amb la intervenció de les radiacions solars ultraviolades i les descàrregues elèctriques, aquesta «sopa primordial» – anomenada així per l'experiment realitzat per Stanley Miller l'any 1953 – va donar lloc a cadenes d'aminoàcids, sucres i nucleòtids, peces fonamentals de la cèl·lula viva. Altres hipòtesis suposen factors exteriors a la Terra, per exemple l'arribada de meteorits com a portadors dels components orgànics que van donar origen a les protocèl·lules.

El pas següent va ser l'organització espontània d'aquests elements per crear la primera cèl·lula antipoiètica, capaç de mantenir-se ella mateixa activa enfront de les agressions de l'exterior, la qual cosa es va produir fa uns 3.850 milions d'anys.

# 1A

Joan Manel del Llano  
Biblog



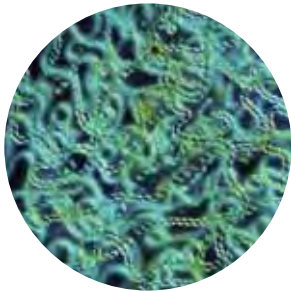
Vista parcial de la Via Làctia, la galàxia on es troba el planeta Terra.

## Molècula

Una molècula és un conjunt d'àtoms. Les molècules prebiòtiques són aquelles que van donar origen a les primeres cèl·lules i provenien de les molècules orgàniques presents a la Terra primitiva. La matèria dels éssers vius del planeta està formada bàsicament per la química del carboni o química orgànica. Els àtoms de carboni enllaçats entre si i envoltats d'àtoms d'hidrogen, oxigen, nitrogen, sofre i fòsfor donen lloc a tot tipus de molècules orgàniques.

## Formació d'oceans i continents

A mesura que la Terra s'anava refredant durant el període arqueà i després de la diferenciació de l'escorça i el nucli, algunes zones de la superfície van acumular prou quantitat de roques ígnies per formar petites zones d'escorça estable flotant sobre un oceà de magma. La condensació de l'aigua i l'aparició de pluges van crear els primers oceans i així van començar a erosionar-se les roques i a formar-se els primers sediments.



Colònia de cianobacteris.

## Cianobacteri

Els bacteris són els organismes vius més antics i amb més èxit del planeta. D'entre aquests, els cianobacteris destaquen perquè són de mida més grossa que la resta de bacteris i perquè alliberen oxigen en fer la fotosíntesi. Són organismes procariotes que van sorgir ara fa uns 3.500 milions d'anys als mars marginals de les primitives masses continentals i van provocar l'aparició de l'oxigen a l'atmosfera de la Terra. A més, van ser els principals productors primaris (generadors de matèria orgànica a partir de matèria inorgànica) de la biosfera durant 1.500 milions d'anys, i en els oceans són els principals captadors de nitrogen atmosfèric per a les cadenes tròfiques. Poden ser unicel·lulars o filamentosos, de fins a 0,5 mm de llarg, i constitueixen una part important del plàncton marí.

## Aparició de la fotosíntesi

La fotosíntesi ha estat la innovació metabòlica més important de la història del planeta. En aquest procés, l'aigua ( $H_2O$ ), el diòxid de carboni atmosfèric ( $CO_2$ ) i l'energia procedent de la llum solar són els elements necessaris perquè la planta sintetitzi sucres i alliberi oxigen a l'atmosfera.

Les primeres cèl·lules capaces de realitzar fotosíntesi oxigènica van ser els cianobacteris. Abans de l'aparició d'aquests organismes, l'oxigen era present en l'atmosfera només en quantitats molt petites, i, gràcies a la seva acció, la concentració d'oxigen atmosfèric va començar a créixer. De vegades, els cianobacteris viuen en simbiosi amb altres microorganismes en costes fangoses d'escassa profunditat, formen una massa compacta i molsosa i creen mantells calcaris d'uns pocs centímetres de gruix anomenats estromatòlits.

## Cèl·lula eucariota

Les cèl·lules eucariotes són aquelles que contenen la informació genètica dins el nucli cel·lular o doble membrana nuclear. Contràriament, les cèl·lules procariotes tenen aquesta informació dispersa en el citoplasma i no tenen nucli cel·lular. Els organismes formats per cèl·lules eucariotes reben el mateix nom. Pertanyen a aquest domini –màxima categoria usada en la classificació biològica– tots els animals, plantes, fongs i protists.

Sembla que la transició entre procariotes i eucariotes, ocorreguda fa uns 2.200 milions d'anys, s'explica per la *teoria endosimbiòtica*, concebuda per Lynn Margulis.



Shark Bay (nord d'Austràlia), indret on es troben estromatòlits en abundància. Es consideren els indicadors més antics de vida a la Terra.

Segons aquesta hipòtesi, el nucli i els mitocondris i els cloroplasts (aquests últims òrgànuls característics de les cèl·lules vegetals) es van originar a partir de bacteris amb relació de simbiosi entre si.

### **Augment de l'oxigen i formació de la capa d'ozó**

Els cianobacteris van ser els responsables de l'aparició i l'augment de l'oxigen a l'atmosfera de la Terra. Un cop l'oxigen va ser prou abundant a l'atmosfera, i gràcies a l'acció de la radiació solar, es va començar a formar ozó (O<sub>3</sub>), a partir de la combinació d'una molècula normal biatòmica amb un àtom lliure d'oxigen: O<sub>2</sub> + O = O<sub>3</sub>.

Per la seva capacitat d'absorció de la radiació solar ultraviolada de tipus B, l'ozó feia que fos més fàcil la vida a la superfície dels oceans i dels continents. Es calcula que, quan l'oxigen va assolir la concentració de l'1% (primer nivell crític), es va establir la capacitat de respiració, la qual cosa va permetre als organismes disposar de més energia, i, tot i confinats a l'aigua, viure en profunditats menors, ja que la capa d'ozó ofería una protecció extra. Quan, més endavant, la concentració d'oxigen va arribar a un segon nivell crític, la vida a les aigües superficials va ser possible, fet que va acabar permetent la respiració aèria.

### **Inici del període més fred de la Terra**

Durant el neoproterozoic sembla que va haver-hi grans glaciacions, i, segons les evidències trobades en roques datades de fa uns 750 i 580 milions d'anys, van ser les més intenses que hi ha hagut mai a la Terra. Van durar milions d'anys i probablement van esdevenir-se en tres episodis glacials. Les proves geològiques indiquen que van afectar tots els continents i els gels es van estendre fins a latituds tropicals. No se sap si la superfície del mar es va glaçar completament o no, però sí que els animals multicel·lulars que ja existien van sobreviure a aquestes glaciacions. El perquè va iniciar-se aquest període no és clar del tot, però es creu que una disminució brusca dels gasos amb efecte d'hivernacle (CO<sub>2</sub> i metà) en podria ser la causa. Altres explicacions posen èmfasi en els canvis en l'obliquïtat de l'eix de la Terra o en la pols còsmica que hauria interferit en la radiació solar.

### **Primers organismes pluricel·lulars**

Un pas important en l'evolució biològica va ser la consolidació de les formes pluricel·lulars. Un organisme pluricel·lular és aquell constituït per més d'una cèl·lula i que té cèl·lules funcionalment diferenciades que realitzen tasques concretes; en contraposició, els organismes unicel·lulars –la majoria dels protozous, bacteris i altres– tenen totes les seves funcions vitals concentrades en una única cèl·lula.

La pluricel·lularitat permet l'especialització de diferents grups cel·lulars: fa uns 900 milions d'anys van aparèixer els primers organismes pluricel·lulars a partir de cèl·lules eucariotes. Aquestes, en algunes estirps, es van associar per formar colònies i algunes es van especialitzar, es van fer interdependents i van constituir-se en organismes pluricel·lulars. Sembla que els primers organismes pluricel·lulars eucariòtics van ser alguns de forma filamentosa o esfèrica, constituïdes per cèl·lules sense diferenciar que no formaven teixits.

### **Pangea I**

S'anomena Pangea I la primera agrupació continental coneguda i datada del mesoproterozoic. Durant el precambrià, és molt probable que hi hagués una dinàmica



Esponja *Hippospongia communis*, un exemple d'animal pluricel·lular eucariòtic amb molta antiguitat.



Recreació de la fauna d'Ediacara.



Fòssil d'un trilobit, trobat al Marroc. Té uns 525 milions d'anys.

de plaques molt similar a l'actual, ja que hi ha proves de la formació de serralades. A l'inici del neoproterozoic, Pangea I va començar a disgregar-se, i posteriorment va agrupar-se de nou per formar Pangea II. Aquest procés d'agrupació i disgregació segurament reproduceix cicles anteriors dels quals no hi ha cap prova.

### Fauna d'Ediacara

La primera evidència fòssil que es té d'organismes multicel·lulars complexos amb teixits diferenciats és del neoproterozoic (fa uns 600 milions d'anys), i es coneix com *fauna d'Ediacara*. S'anomena així per la localitat d'Austràlia on es van descobrir els primers fòssils d'aquests organismes, tot i que amb posterioritat se n'han trobat restes similars arreu del món. Aquest conjunt de restes fòssils està format per petjades i molles de parts toves d'una gran varietat d'organismes, els quals arriben a mesurar més d'un metre en diversos casos.

El més sorprenent d'aquesta primera fauna és la seva gran diferència amb la majoria de les morfologies animals posteriors: hi abunden les formes planes espirals o amb simetries radials de tres o cinc radis, mentre que els organismes amb simetria bilateral són minoria. Això ha servit perquè alguns autors com Stephen Gould proposin que Ediacara va ser un experiment evolutiu fallit, un moment en què van aparèixer gran quantitat de novetats evolutives que no van continuar, ja que és molt difícil trobar continuïtat de les característiques d'Ediacara en els organismes posteriors.

### Trilobits

Els trilobits (*trilobita*, tres lòbuls en llatí) són una classe d'artròpodes marins fòssils que van viure des del període cambrià fins al permí, és a dir, durant tot el paleozoic. Van ser molt abundants durant l'ordovicià i el silurià, però cap al devonià van començar a desaparèixer diverses famílies, i es van extingir completament amb la primera gran extinció massiva del permí.

Aquests són uns dels fòssils més coneguts i amb una diversitat més gran de grups. Se n'han determinat uns nou o deu ordres, 5.000 gèneres i unes 15.000 espècies. La raó per la qual han fossilitzat tan abundantment és el seu exosquelet quitinós impregnat de carbonat càlcic. A causa d'això, resulten una òptima guia fòssil, ja que actuen com a marcadors estratigràfics i cronològics.

L'aspecte general del cos dels trilobits sol ser ovalat, amb una divisió longitudinal tripartida, en tres lòbuls. El seu exosquelet presenta tres seccions principals: el cèfalon (cap), amb forma d'escut, conté dues antenes preorals, quatre apèndixs i els ulls; el tòrax (tronc), que consta de tres segments amb múltiples plaques totalment articulades, és molt flexible i té extremitats birràmiques, un parell per cada placa articulada; i el pigidi (cua), que és un membre important per al desplaçament aquàtic.

### Aparició de la major part dels filums

Durant el cambrià, va succeir el que s'anomena l'explosió cambriana, és a dir, l'aparició sobtada en termes geològics de complexos organismes macroscòpics multicel·lulars. Així, es produeix el sorgiment dels membres més antics de molts filums d'animals multicel·lulars. Un filum és la major categoria taxonòmica formal de la classificació linneana del regne animal.

Aquesta explosió biològica suposa canvis evolutius ràpids; dels 20 filums de metazous amb extensos registres fòssils, almenys 11 apareixen per primer cop al cambrià. Hi ha 12 filums més, de cos tou, i, per tant, amb registres fòssils pobres, però s'espe-

cula que un nombre important també són d'origen cambrià. Els motius d'aquesta aparició sobtada no són gaire clars, però podrien atribuir-se a canvis climàtics com el desglaç i l'escalfament de la Terra o a l'augment de la concentració d'oxigen, que hauria permès el desenvolupament d'espècies amb un metabolisme més eficaç. És el període en què apareixen els esquelets, motivats per canvis en la química dels oceans o per la necessitat de protegir els teixits tous enfront dels depredadors.

### Peixos àgnats

El nom d'àgnat correspon a un grup de peixos sense mandíbula del filum *Chordata* del qual es coneixen un centenar d'espècies modernes. Els peixos àgnats van sorgir fa 510 milions d'anys, a començament del període ordovicià, i van ser molt abundants fins a final del devonià, moment en què van desaparèixer gairebé del tot. Probablement, l'ancestre comú dels àgnats primitius i dels moderns tenia el cos tou i s'alimentava de sediments per filtració.

Els representants actuals d'aquest grup de peixos es divideixen en dues classes (mixines i llamprees), tenen l'esquelet cartilaginós, de manera que no desenvolupen veritables ossos, i el seu cos és prim, anguil·liforme i de secció circular i s'alimenten d'una manera peculiar a causa de l'absència de mandíbules.

### Primeres plantes i primers animals vertebrats

Actualment es pensa que els primers vertebrats van aparèixer durant el cambrià, encara que a l'ordovicià els invertebrats marins continuen sent la forma de vida predominant, inclosos graptòlits, trilòbits, braquiòpodes i conodonts. Igualment, els coralls, els crinoïdeus, els briozous i els bivalves apareixen en aquest període.

D'altra banda, es troben els primers indicis d'espores tetraèdriques de fa 450 milions d'anys, la qual cosa suggereix que algunes formes vegetals ja havien començat a adaptar-se a la vida terrestre en aquest període. A més, algunes característiques de les espores fòssils fan pensar que tindrien un lligam proper amb les actuals plantes hepàtiques. Tot i això, la vida estava gairebé confinada al mar on una típica comunitat marina consistia en una varietat d'invertebrats marins més algues verdes o vermelles i peixos primitius.

### Vida fora del mar

La vida s'aventurà a la superfície de la terra en forma de plantes i animals en el transcurs de l'ordovicià i del silurià. Unes primitives plantes, anomenades *Cooksonia*, que segurament ja disposaven d'un sistema vascular per a la circulació de l'aigua, van colonitzar la terra juntament amb les hepàtiques, unes plantes semblants a les molses.

Paral·lelament, uns animals semblants als escorpins anomenats euriptèrids, parents dels artròpodes marins i extingits en l'actualitat, van començar a envair la terra ferma, i també insectes sense ales i milpeus. Els peixos van evolucionar cap a peixos amb mandíbula (com els placoderms), que van aparèixer en aigües dolces o salobres i es van constituir en grans depredadors.

### Plantes vasculares més primitives

Les plantes vasculares més primitives, ja extingides, van desenvolupar-se en el trànsit del silurià al devonià. Podien assolir una alçada de fins a 50 cm i presentaven una tija subterrània horitzontal o rizoma d'on partien tiges verticals ramificades dicotòmicament i sense fulles; tampoc no tenien arrels. En alguns casos, els fòssils d'aquestes plantes permeten veure molts detalls anatòmics, fins i tot el teixit vascular de l'interior de les tiges.



*Pikaia*, possible avantpassat més antic conegut dels vertebrats moderns.



Llampa, descendent actual de la *Pikaia*.

### Devonià, l'època dels peixos

Encara que durant el silurià ja es té constància de l'existència de peixos amb mandíbula, és al devonià quan es diversifiquen i prosperen, per la qual cosa aquest període és conegut com l'era dels peixos. Entre els primers peixos vertebrats mandibulats hi ha els placoderms, que apareixen a començament del període i es diversifiquen en una gran varietat de formes i mides, alguns de fins a 6 metres i aparença grotesca. Eren peixos cuirassats amb escates en forma de diamant o amb grans plaques òssies, i es van extingir a final del paleozoic.

La classe de peixos condriactis o peixos cartilaginosa (taurons) també va sorgir al silurià i ha continuat fins a l'actualitat. Els altres dos grups de peixos mandibulats, els acantodis, ja extingits, i els peixos ossis també hi eren presents. Actualment, els peixos ossis són el grup més abundant, d'entre els quals els sarcopterigis romanen com a relíquia fòssil d'aquella era.



Peix fòssil de l'era paleozoica, trobat al Quebec (Canadà).

### Peixos sarcopterigis

Els peixos sarcopterigis o d'aletes lobulades són peixos mandibulats que van abundar al devonià i actualment encara estan representats pels peixos pulmonats i el celacant. Aquests peixos tenen l'honor de ser el grup germà dels tetràpodes: eren peixos de crani relativament gros i escates gruixudes amb característiques que eren funcionals a l'aigua i la terra, la qual cosa va facilitar la transició dels vertebrats dels hàbitats aquàtics als terrestres.

### Primers tetràpodes

El període devonià, que va iniciar-se fa uns 400 milions d'anys, va ser una època de temperatures suaus amb alteracions d'inundacions i sequeres. Durant aquest període, alguns vertebrats aquàtics van desenvolupar dues característiques fonamentals per a l'evolució de la vida terrestre: els pulmons i les potes.

Segons una interpretació acceptada durant molt de temps, en les èpoques de sequera els vertebrats aquàtics tenien la necessitat de desplaçar-se de bassa en bassa a la recerca d'aigua i és llavors quan les aletes lobulades dels sarcopterigis podien ser utilitzades per propulsar el cos a la terra. Els que tenien les aletes més fortes sobreviuen per reproduir-se. Tot i que aquesta hipòtesi ha estat arraconada per les darreres troballes fòssils, tant aquests peixos com els precursors dels primers amfibis com l'*Acanthostega* o l'*Ichthyostega* comparteixen característiques morfològiques similars.

### Plantes amb llavor

L'origen de la llavor se situa al devonià tardà i inici del carbonífer, en fòssils que van ser anomenats progimnospermes o falgueres amb llavors i posteriorment van evolucionar cap a les gimnospermes, plantes amb llavor i sense fruit. Les gimnospermes comprenen, entre d'altres, les coníferes (araucàries, pins), els ginkgos i les bennettitines. Aquests tres grups van prosperar a partir del carbonífer i van començar a davallar durant el cretaci. Les últimes es van extingir, mentre les coníferes i els ginkgos es van reduir progressivament, substituïdes per les angiospermes (plantes amb flor i fruit). Aquestes han anat expandint-se en tots els entorns terrestres i les espècies actuals de gimnospermes han quedat relegades a les zones on les angiospermes tenen dificultat per establir-s'hi.



Fòssil de falguera del carbonífer.



### Grans extensions de boscos i zones humides al carbonífer

Durant el període carbonífer, fa uns 300 milions d'anys, la taxa de formació de combustibles fòssils a la Terra va ser molt alta. Aleshores, les zones temperades d'Europa i Amèrica del Nord eren zones tropicals i subtropicals i tenien vegetació tot l'any. Les terres eren baixes, cobertes per mars poc profunds o maresmes, i les plantes dominants eren licopodis arborescents, cues de cavall gegants, falgueres i coníferes.

Un cop morta, l'exuberant vegetació que s'enfonsava al sòl ho feia tan ràpidament que no tenia oportunitat de descompondre's per la manca d'oxigen; aquest material parcialment degradat es coneix com a torba. Segons el temps transcorregut, la temperatura i d'altres factors, la torba pot esdevenir carbó, petroli o gas natural, que constitueixen els anomenats combustibles fòssils.

### Extensió dels tetràpodes al carbonífer

El període carbonífer es va caracteritzar per un clima temperat i humit on van prosperar i créixer moltes i grans falgueres. Els tetràpodes es van estendre ràpidament en aquest ambient, produint una varietat de formes que s'alimentaven de l'enorme abundància d'insectes disponibles, de les seves larves i també d'invertebrats aquàtics. Dins d'aquest grup els amfibis van ser particularment pròspers en aquesta època.

En concret, la diversificació dels lissamfibis, que contenen els amfibis moderns, van aparèixer llinatges extingits com els *Temnospondyli*, que només tenien quatre dits a les potes anteriors enfront dels cinc dits de la resta de tetràpodes. La diversificació dels lissamfibis durant el carbonífer va donar lloc als antecessors dels tres grups d'amfibis que sobreviuen en l'actualitat: les granotes i els gripaus, les salamandres i les cecílies. A més dels lissamfibis, van aparèixer altres llinatges extingits, com els temnospondils que només tenien quatre dits a les potes anteriors, contràriament a l'esquema pentadàctil bàsic de gairebé tots els tetràpodes actuals.

### Extinció del 95% de les espècies

L'extinció del permí va tenir lloc fa uns 225 milions d'anys, quan com a mínim la meitat de les famílies d'invertebrats marins i quasi el 90% de les espècies d'invertebrats van desaparèixer en pocs milions d'anys, una extinció encara més gran que la que van patir els dinosaures a final del cretaci. La vida va trigar a refer-se, i durant un llarg període de temps van ser els organismes oportunistes més ben adaptats els que van ocupar l'espai buidat per l'extinció.

S'han proposat moltes hipòtesis sobre la causa d'aquest episodi: el moviment de les plaques tectòniques, l'impacte d'un meteorit, l'activitat volcànica extrema a Sibèria i més recentment es pensa en una cascada d'esdeveniments que haurien provocat un efecte d'hivernacle per l'alliberament de metà congelat del fons del mar.

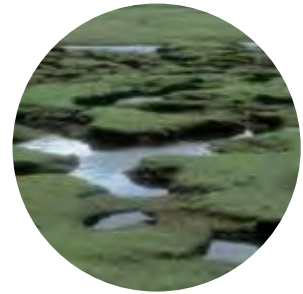
Amb independència de quina en sigui la causa, aquesta extinció va ser el final per a moltes espècies, entre les quals la del major depredador terrestre conegut d'aquell temps, el dimetrodont. També van desaparèixer una gran part de les espècies marines, entre elles els trilobits i diverses varietats de placoderms.

### Els rèptils omplen el buit de l'extinció

Els amfibis ja havien fet una notable conquesta evolutiva terra endins, però els seus ous sense closca i les larves aquàtiques els obligaven a un desenvolupament força aquàtic. L'aparició de l'ou amb closca va alliberar els rèptils d'aquesta dependència i els va fer els primers vertebrats adaptats totalment al medi terrestre. A final



*Cyathea dealbata*, falguera arborescent de Nova Zelanda, de fins a 15 metres d'alçària.



Torbera al nord d'Escòcia.



Fòssil d'un pterosauri, un rèptil volador del període juràssic.



L'*Archaeopteryx*, l'ocell més antic conegut, va viure fa uns 150 milions d'anys.

del paleozoic, van aparèixer els amniotes sorgits d'un grup de tetràpodes semblants als amfibis. Aquests amniotes es van dividir en anàpsids (tortugues), diàpsids (que van donar lloc a la resta de rèptils i aus) i sinàpsids (que van donar lloc als mamífers al final del llinatge).

Les aportacions biològiques dels rèptils van ser l'ou amniòtic amb closca impermeable, la pell forta, seca i queratinitzada, uns músculs de la mandíbula més grossos i potents, la fecundació interna i les adaptacions per a la conservació de l'aigua.

### Aparició dels primers dinosaures i mamífers

El nom de dinosaure va ser utilitzat per primer cop per l'anatomista anglès Richard Owen l'any 1841 a partir de les paraules gregues *deinos*, terrible, i *sauros*, llargardaix, per descriure els fòssils del mesozoic, dels quals es coneixien llavors només tres gèneres de dinosaures i ben poc estudiats.

L'aparició dels dinosaures a inici del triàsic va partir de la diversificació dels rèptils diàpsids, els quals van originar la majoria de rèptils i aus actuals. Dins del grup de diàpsids els arcosaures van tenir una gran importància en la fauna mesozoica i en aquest grup s'inclouen els pterosaures –ja extints– els cocodrils i les aus. Els primers dinosaures probablement van ser petits predadors bípedes, amb les extremitats dirigides per sota del cos que produïen una postura alçada sobre les potes columnars, la qual cosa permetia suportar el pes del cos i alhora tenir una carrera ràpida i eficaç.

Els primers mamífers també van sorgir al triàsic derivats de la culminació del llinatge dels amniotes sinàpsids. Eren de mida petita, probablement nocturns i menjaven insectes, cucs i ous.

### Domini dels dinosaures

Durant el juràssic es produeix l'especialització i diversificació dels dinosaures. Aquests rèptils i els seus parents van dominar la terra, l'aire i l'aigua durant uns 150 milions d'anys. A més, durant el juràssic i part del triàsic, els dinosaures van assolir unes proporcions gegantines que cap vertebrat terrestre no ha assolit mai més.

A l'era mesozoica també apareixen les aus a partir de l'evolució d'un grup de dinosaures teròpodes, carnívors bípedes amb característiques esquelètiques semblants. A més de les plomes, totes presenten extremitats anteriors modificades com ales i becs cornis, i extremitats posteriors adaptades per a la marxa, la natació o per posar-se sobre les branques.

### Aparició de les angiospermes

Es creu que les angiospermes –plantes amb llavor tancada i protegida– van evolucionar a partir d'un grup ja extingit de gimnospermes. Van aparèixer al registre fòssil del cretaci, en plena època dels dinosaures, però el seu origen podria remuntar-se a final del permia. És probable que s'originessin als turons i altiplans menys fèrtils de les àrees tropicals, i, un cop establertes, es van estendre a les terres més temperades on es van transformar en les formes vegetals dominants.

A mitjan cretaci, el clima de la Terra es va fer més càlid i uniforme, i al final del període, la major part de la Terra estava coberta amb un bosc d'angiospermes, que arribava fins al cercle polar àrtic.

Actualment, es coneixen més de 250.000 espècies d'angiospermes, que dominen les regions temperades i tropicals del món i conformen una gran part de la superfície vegetal de la Terra. Comprenen no només les plantes amb flors, sinó també grans



Fòssil procedent d'Escòcia de fulla de *Corylus*, gènere botànic de l'avellaner.

arbres de fusta dura com els fruiters, les hortalisses, les herbes i les gramínies, que són components bàsics de la dieta humana i de l'economia agrícol.

### Extinció dels dinosaures i de més del 50% dels gèneres biològics

A final del període cretaci, ara fa uns 65 milions d'anys, els dinosaures i moltes de les espècies d'animals terrestres es van extingir i s'estima que va desaparèixer més d'un 50% dels gèneres biològics. De la mateixa manera, es va extingir una gran proporció de les espècies de plantes de les regions temperades i una gran part del plàncton marí, i també diversos dels principals grups d'invertebrats marins. En canvi, les plantes tropicals, els animals terrestres petits i els organismes que vivien a l'aigua dolça sembla que van sobreviure a l'extinció.

Aquest període ha estat un dels més estudiats de la història de la Terra i s'han plantejat moltes hipòtesis sobre la causa de la desaparició de tantes espècies en un període relativament curt de temps. Les hipòtesis van des de la detecció de nivells d'iridi anormalment elevats detectats en roques sedimentàries a Itàlia, fins a la caiguda d'un meteorit a la península del Yucatán, a Mèxic, passant per possibles erupcions volcàniques a l'Índia i pels patrons d'aparents periodicitats en l'adveniment d'extincions massives. Qualsevol que en fos la causa, els efectes sobre el curs següent de la història evolutiva són clars i dràstics, i van donar lloc a noves oportunitats per als organismes que van sobreviure.

### Expansió dels mamífers

Amb el paleocè, s'inicia l'era cenozoica, que comença arran de la visible discontinuïtat en els registres fòssils que va deixar l'extinció del cretaci. Això va permetre el desenvolupament de grups d'espècies que acabarien sent dominants actualment i la recessió de les que ho eren a l'era mesozoica. Així, a conseqüència de la desaparició dels dinosaures i de moltes altres espècies, els mamífers van començar lentament a estendre's pel planeta i a conquerir també el medi aeri i marí. Aquestes primeres espècies de mamífers primitius tenien moltes característiques en comú: eren petits, nocturns, quadrúpedes i caminaven sobre la planta dels peus amb cinc dits cadascun. Durant el paleocè, els mamífers es van anar estenent i ocupant nous nínxols ecològics i van aparèixer els marsupials, els insectívors, els lèmurs, els creodonts i altres animals ungulats.

### Formació dels continents actuals

Fa uns 65 milions d'anys, els continents es comencen a configurar com en l'actualitat: l'Àfrica i Amèrica del Sud ja es van separar durant el triàsic, i a partir del paleocè els moviments de tectònica de plaques van separar finalment l'Antàrtida d' Austràlia. A l'hemisferi nord, es van separar el Canadà i Groenlàndia, i aquesta es va allunyar d'Escandinàvia. Igualment, Àsia es va unir amb Amèrica del Nord per l'estret de Bering, cosa que va possibilitar les migracions d'animals entre ambdós continents.

El nivell del mar estava per sobre de l'actual i inundava gran part dels continents. L'ampli i obert mar de Tethys (precursor del Mediterrani) ofegava grans extensions d'Europa i del nord d'Àfrica. Europa era un arxipèlag d'illes i en els seus mars poc profunds es van formar dipòsits de roques calcàries i coral·lines.



Fòssil d'un *Nummulites*, foraminífer (protozou unicel·lular) que va viure fa uns 50 milions d'anys.



Closca fossilitzada d'un ammonit, cefalòpode extingit de l'època dels dinosaures semblant als actuals *Nautilus*.

### Diversificació de les famílies dels mamífers placentaris

Encara que es coneix l'existència de mamífers placentaris des de fa més de 100 milions d'anys, és a l'eocè, fa uns 40 milions d'anys, quan els placentaris es desenvolupen i prosperen al planeta. En comparació amb els mamífers marsupials, els mamífers placentaris són biològicament més eficients, ja que l'aparició de l'úter i la placenta els permet protegir millor les cries en el seu desenvolupament i fer-les menys vulnerables en el moment de néixer, alhora que els facilitava l'adaptació a ambients i climes més diversos, en mantenir la cria més temps a temperatura constant.

Entre els mamífers de l'eocè hi havia avantpassats dels futurs cangurs, petits cavalls, rinoceronts, tapirs, porcs primitius i lèmurs. També apareixen a l'eocè els primers primats a Euràsia i Amèrica del Nord. La majoria de mamífers eren petits i adaptats a viure als boscos i les muntanyes. Presentaven entre un i onze parells de glàndules mamàries, tenien cervells grossos en proporció a la mida corporal i tots eren apreciablement peluts.

### Inici de la formació dels Alps i de l'Himàlaia

Fa uns 60 milions d'anys, va començar el que s'anomena *plegament alpi*, que va culminar durant l'eocè i és el darrer que s'ha produït a la Terra. Així es va formar el sistema anomenat *alpi-himalai*, que s'estén des del Pirineu i els Alps cap a l'est, passa pel Caucas i enllaça amb el major nucli orogènic d'aquesta època, l'Himàlaia. També tenen el seu origen en aquest plegament les muntanyes mediterrànies meridionals, el sistema Bètic i l'Atlas, o les muntanyes Rocalloses i els Andes del continent americà.



Gramínia.

### Primers primats

Els primats són l'ordre de mamífers al qual pertanyen els humans. El seu origen es remunta a final del mesozoic, ja que el fòssil més antic conegut que podria ser d'un protoprimat data de fa uns 66 milions d'anys. Es pensa que els fòssils d'aquest animal (*Purgatorius*) corresponen a l'ancestre dels plesiadapiformes (un ordre extingit emparentat amb els primats) i dels mateixos primats, si bé la seva posició evolutiva continua sent incerta. *Purgatorius* tenia un mida semblant a la d'una rata petita i probablement era insectívor i frugívor.

Tanmateix, és a l'eocè (entre 55 i 35 milions d'anys enrere) quan els primats comencen realment a aparèixer al registre fòssil. Aquests primats primitius estan representats per dos grans grups, els adàpids i els omomíids, ambdós d'Euràsia i Amèrica del Nord. Més endavant, van sorgir els primers simis –grup que va donar lloc al nostre llinatge–, però les seves arrels evolutives avui són font de discussió.



Dibuix d'un megateri, gran mamífer vegetarià, del zoòleg Georges Cuvier i conservat a la biblioteca de Catalunya.

### Aparició de les gramínies

El desenvolupament dels mamífers al miocè sembla que va estar molt relacionat amb un important avenç evolutiu al regne vegetal: l'aparició de les gramínies. Aquestes plantes que van proliferar a tota la Terra a final de l'oligocè, coincidint amb un clima més temperat, són ideals com a farratge i van contribuir a l'expansió i el creixement dels animals herbívors, com ara cavalls i rinoceronts.

### Abundància de mamífers herbívors i predomini de planes i pastures

En el transcurs del miocè, el clima va tendir a refredar-se i a tornar-se més àrid. Les grans àrees de bosc que ocupaven Alaska, el nord d'Amèrica, el nord d'Europa i la Sibèria van ser substituïdes per grans prades de gramínies. L'amplada del cinturó de selves tropicals es va reduir cap a l'equador i, a més, al sud va començar a formar-se

el casquet polar a l'Antàrtida per efecte d'un canvi en les circulacions marines, la qual cosa també va contribuir al refredament del planeta. Aquest canvi climàtic va provocar una pronunciada especiació entre els grups de mamífers, i és el període en què n'hi va haver la major varietat i diversificació.

L'extensió de les prades va fer augmentar el nombre d'espècies i la mida dels herbívors; eren molt habituals cavalls, camells i elefants, tots de formes arcaïques i alguns de mides descomunals. Aquests herbívors eren a la vegada font d'aliment i van permetre l'evolució dels mamífers carnívors; eren comuns els tigres, lleopards i óssos. També es van estendre per Àsia, l'Àfrica i el sud d'Europa els grans simis, que serien els precursors dels primers hominins, els representants bípedes i els grans simis (gorilles, ximpanzés i orangutans).

### Mastodont

El terme *mastodont* és el nom comú d'una família extinta de mamífers proboscídis anomenada *Mammútidae*. Va aparèixer a Euràsia a l'oligocè, fa uns 20 milions d'anys, i d'aquí es va estendre a l'Àfrica i Amèrica, on la família va persistir fins al pleistocè o fins i tot l'holocè. Actualment es pensa que l'extinció d'ara fa només 10.000 anys de la darrera espècie, el *Mammút americanum*, fos accelerada per la caça practicada pels primers pobladors humans.

Els mastodonts tenien tot el cos cobert de pèl gruixut, la qual cosa els permetia sobreviure en climes freds. Tenien una alçada semblant o una mica menor que els elefants actuals, però un pes similar a causa de la seva constitució. Les potes columnars eren molt gruixudes i estaven dotats de defenses grans en la mandíbula superior que probablement utilitzaven per aixecar les branques i herbes de què s'haurien alimentat.

### Primers hominins erectes

L'any 1992, es van descobrir a la conca de l'Awash (Etiòpia) uns fragments de crani i mandíbula que es van classificar com a pertanyents a una espècie nova d'hominins batejada com a *Ardipithecus ramidus*, que sembla que és l'ancestre més antic del nostre llinatge. Aquestes restes dataven de fa 4,5 milions d'anys, instant proper a la separació evolutiva entre hominins i ximpanzés.

L'estudi de les dents de les restes i dels fòssils d'animals que els acompanyaven va mostrar que es tractava d'una espècie que s'alimentava, com els ximpanzés, de fulles, fruita i branques tendres, i que, com ells, habitava a la selva. Certs detalls del crani i, sobretot, l'aparició d'un os del dit gros del peu indicaven clarament que era bípede.

L'*Ardipithecus* pot considerar-se l'ancestre dels *Australopithecus*, i les similituds entre els dos hominins són moltes encara que els primers presentaven trets més simiescos i corpulència menor. Els *Australopithecus* van tenir una existència de més de dos milions d'anys, des dels 4,4 fins fa aproximadament 2 milions d'anys; el llinatge va incloure diverses espècies i totes van evolucionar exclusivament a l'Àfrica.

Els hominins es diferencien dels ximpanzés i goril·les pel caminar erecte, per tenir un cervell més gros en proporció a la mida corporal i perquè el primer premolar té dues cúspides. Tant els *Ardipithecus* com els *Australopithecus* presenten un caminar bípede i les dents homínides ben establertes, si bé la mida cranial manté l'estat ancestral.

Les relacions de parentiu entre els *Australopithecus* i el gènere *Homo* han estat molt debatudes, però és clar que el primer membre del gènere *Homo* va ser l'*Homo habilis*. Aquesta espècie va viure fa aproximadament 2 milions d'anys i s'anomena així perquè, aparentment, van ser les primeres criatures que van fabricar eines.



Crani de *Paranthropus boisei*, membre d'una línia evolutiva derivada dels *Australopithecus* que, a diferència de la del gènere *Homo*, no va tenir continuïtat.



Dibuix recreatiu de l'*Homo habilis*, considerat el primer membre del gènere *Homo*.

L'home de Neandertal visqué a Europa i el Pròxim Orient; s'extingí fa uns 28.000 anys. Era una mica més robust que l'*Homo sapiens* i tenia el cervell lleugerament més voluminós. Els descobriments arqueològics demostren que va ser un ésser de gran riquesa cultural (Homes de Neandertal segons una pintura de Znedek Burian).



### Inici de les glaciacions

Les glaciacions van ser un conjunt de fases fredes intercalades amb fases càlides que hi va haver sobretot en les zones del nord del planeta. Van iniciar-se a final del pliocè i es van estendre al pleistocè; el clima actual es considera una prolongació d'aquesta etapa. En els períodes glacials, les temperatures baixaven molt, disminuïen les pluges i enormes masses de gel, de vegades tan espesses que superaven els 1.000 metres, cobrien grans extensions de la Terra. Dos enormes mantells de gel s'estenien per les terres continentals del nord d'Amèrica i d'Europa, que s'afegien als ja existents de manera més o menys permanent sobre l'Antàrtida i Groenlàndia.

En els períodes interglacials, en pujar la temperatura, les masses de gel es fonien en part, augmentaven les pluges i s'elevava el nivell del mar. Això provocava canvis en la configuració de les costes i en la flora i la fauna.

Les oscil·lacions climàtiques a començament del pleistocè, fa uns 2,7 milions d'anys, seguien cicles periòdics de més o menys 40.000 anys que semblaven obeir al cicle de variació d'inclinació de l'eix terrestre. Després, entre 1,5 i 0,6 milions d'anys, l'amplitud dels cicles va tendir a augmentar, i a partir de fa 600.000 anys els cicles glacials s'han succeït en intervals de duració d'entre 80.000 i 120.000 anys. Fa uns 10.000 anys va acabar la darrera glaciació i actualment ens trobem en un període càlid.

Es creu que l'origen de les glaciacions quaternàries va ser de caràcter astronòmic en reduir-se la insolació dels estius de l'hemisferi nord per l'augment de la inclinació de l'eix de la Terra. A més, les nevades hivernals augmentaven a causa d'un corrent del golf molt actiu i d'un Atlàntic nord relativament càlid. Un cop iniciades les glaciacions, aquestes s'intensificaven a causa de l'albedo (del llatí *albedo*: blancor), que és el percentatge de llum solar que es reflecteix a l'espai i es perd sense escalfar la Terra.

### Inici de l'agricultura, sedentarisme

Fa uns 20.000 anys, els humans vagaven per la Terra a la recerca de caça i recol·lectaven fruita allà on la trobaven. Quan arribaven a una zona rica en caça o vegetació comestible, s'hi establien en campaments temporals on romanien fins a esgotar-ne

els recursos. Però algunes comunitats van trobar paratges especialment fèrtils que es regeneraven abans d'esgotar-se, i, a poc a poc, van sorgir campaments estables.

A partir de l'any 10.000 aC s'han trobat evidències de l'existència de pràctiques agrícoles amb cereals de varietats domèstiques a Palestina i als Zagres. Sembla que aquestes pràctiques es van realitzar en unes condicions climàtiques millors que en fases anteriors, ja que hi va haver un augment de pluviositat en aquestes zones.

Al mateix temps, es va produir un canvi en el model poblacional que va adquirir una major estabilització i reagrupació, van minvar les ocupacions en coves i campaments temporals i es va consolidar el sedentarisme. L'hàbitat domèstic consistia en construccions circulars, moltes vegades semiexcavades, amb escales d'accés. La tova va esdevenir el material de construcció, i va permetre aixecar murs no adossats, sinó a l'aire lliure.

La dieta es va diversificar amb el cultiu de cereals i lleguminoses, tot i que la caça, la pesca i la recol·lecció continuaven sent importants. L'aparició de la domesticació d'ovelles es data cap al 8000 aC, i ràpidament s'estén a cabres i porcs; en aquella època, també hi ha evidències de la presència de sitges per guardar-hi el gra ja conreat.

### Sorgiment de civilitzacions

Cap a l'any 7000 aC, els primers assentaments agrícoles ja tenien artesanía i ceràmica en una cultura que podem anomenar preurbana. A diferents llocs del món, sorgeixen assentaments sedentaris afavorits per un clima i unes condicions geogràfiques favorables: Jericó a Palestina (6600 aC), Jarmo al Kurdistan (6750 aC), Katal Huyuk a Turquia (6000 aC), Sumer a l'Iraq (5000 aC). Aquesta darrera és considerada la primera gran civilització; després vindran l'egípcia, la minoica, la fenícia, la meda i la persa.

Així, a la cultura anomenada d'El-Obeid (cap al 4500 a.C.), es va desenvolupar el primer assentament urbà, Eridu, el qual tenia governants, temples, ceràmica pròpia i canalitzacions. Més tard, cap al 3500-3000 a.C., sorgeix la primera ciutat-estat, Uruk, la qual pot considerar-se el precedent de la civilització sumèria.

Aquesta primera civilització va suposar l'aparició d'una cultura superior a les precedents. La seva ubicació geogràfica entre els rius Tigris i Eufrates proporcionava aigua (fonamental per a l'agricultura, la construcció i el transport), però mancaven a la zona les matèries primeres (pedra, metalls i fusta), fet que va motivar el començament del comerç. D'altra banda, l'aparició d'excedents agraris va provocar l'especialització de la feina i l'inici dels intercanvis, i tot plegat va afavorir la complexitat social i el naixement de classes socials segons les funcions i la riquesa.

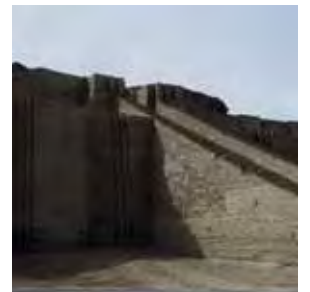
### La Revolució Industrial

S'anomena Revolució Industrial el pas històric d'una economia agrària i artesana a una economia dominada per la indústria i la mecanització, la qual cosa va permetre un gran creixement de tots els sectors de l'economia. Es va iniciar a Gran Bretanya a la segona meitat del segle XVIII i es va estendre per l'Europa continental, els Estats Units i el Japó al llarg del segle XIX.

Aquest conjunt de canvis va fer possible la desaparició de l'antic règim econòmic i les societats agràries tradicionals, i la implantació del capitalisme industrial. La nova societat sorgida de la Revolució Industrial es caracteritza per la mecanització agrícola, l'aplicació de les màquines en transports i comunicacions, l'augment demogràfic, la urbanització i la implantació dels contractes laborals entre patrons i treballadors. L'acumulació de capital com a motor del sistema econòmic va fer canviar l'organització de les xarxes financeres d'arreu del món.



Imatge d'una deessa del neolític, trobada a Katal Huyuk, a Turquia.



Zigurat a la ciutat d'Ur (Mesopotàmia), important centre religiós i comercial del tercer mil·lenni aC.

# La cooperació com a motor de l'evolució biològica

El premi Nobel d'Economia 2005 va distingir Robert Aumann i Thomas Schelling per la seva contribució a la comprensió dels conflictes i la cooperació mitjançant l'anàlisi de la teoria de jocs. Els models matemàtics d'Aumann demostren que quan hi ha una interacció continuada entre dues parts durant un llarg període de temps, la cooperació pacífica sol ser una mesura equilibrada per evitar els conflictes. La cooperació consisteix a dirigir els esforços de les diverses parts vers uns objectius comuns, normalment treballant també en comú, en comptes de fer-ho de manera separada i competint els uns amb els altres.

Com afirmen Lynn Margulis i Dorion Sagan en el llibre *Microcosmos*, «[la] humanitat i el seu lloc en la història només poden entendre's a mesura que explorem i donem sentit al nostre passat cel·lular». Els éssers vius que formen el macrocosmos estan formats per agregacions de cèl·lules. En els animals i les plantes, els components més senzills són cèl·lules amb nucli diferenciat, aïllat de la resta de la cèl·lula per una membrana i a l'interior del qual hi ha els cromosomes, portadors del material genètic. Són les cèl·lules anomenades eucariotes, sorgides fa uns 1.800 milions d'anys. Tots els animals (també els humans), plantes i molts microorganismes (protozous, fongs i algues unicel·lulars) estan formats per cèl·lules eucariotes.

Des de l'origen de la vida, fa uns 3.800 milions d'anys, fins als esmentats 1.800 milions d'anys, els únics organismes que hi havia a la Terra eren bacteris, cèl·lules molt senzilles, sense nucli diferenciat (les anomenades procariotes). En la història de la vida, la transició de la cèl·lula procariota a l'eucariota no pot explicar-se per canvis graduals al llarg del temps causats per mutacions. Les noves cèl·lules eren més grans i més complexes.



**Mercè Piqueras**

Biòloga



A més de la membrana que envoltava el nucli, tenien uns circuits formats per canals membranosos. I en el seu interior –en el citoplasma– flotaven uns orgànuls que usaven l’oxigen que trobaven en aquell ambient i que tenien el seu propi mecanisme de reproducció, independent del de la cèl·lula; eren els mitocondris. En el citoplasma d’algunes d’aquelles cèl·lules eucariotes primitives hi havia també uns orgànuls amb clorofilla que feien la fotosíntesi i que, com els mitocondris, amb els quals coexistien, s’autoreproduïen; eren els plastidis. Les cèl·lules amb nucli, mitocondris i cloroplasts, són el resultat de la cooperació de cèl·lules amb funcions diferents que van establir unions permanents i van esdevenir organismes estables, els anomenats protists (organismes eucariotes unicel·lulars), quimeres de la biologia.

El creixement, la reproducció i la innovació són estratègies amb les quals la vida es defensa d’amenaces, ferides i pèrdues de tota mena. El primer gran desastre ambiental de la Terra va ser l’acumulació d’oxigen en una atmosfera on aquest element gairebé no hi era present. L’oxigen, tòxic per als organismes que vivien a la Terra primitiva, va promoure l’aparició d’altres organismes que el feien servir per obtenir energia d’una manera molt més eficaç que qualsevol dels sistemes metabòlics que hi havia hagut abans. Aquests primers respiradors d’oxigen eren bacteris i els seus descendents són avui dia els mitocondris de la cèl·lula eucariota.

Al llarg de l’evolució i en els diferents nivells de l’estructura biològica, la cooperació ha demostrat ser una estratègia molt eficaç. Els bacteris que colonitzen superfícies ho fan de manera cooperativa i s’envien senyals químics per saber quan hi ha un nombre suficient d’individus que assegurin l’èxit de l’empresa. Alguns fongs viuen units a les arrels de plantes i han establert

relacions simbiòtiques específiques molt íntimes (les anomenades micorizes), fins al punt que no poden viure els uns sense els altres. D’altres han establert unions amb algues i formen els líquens, organismes dels quals és possible separar els seus components. Animals de grups molt distants, com ho poden ser els tèrmits o els mamífers rumugadors, poden digerir la cel·lulosa perquè aquesta tasca la fan microorganismes que s’allotgen en el seu aparell digestiu.

Les relacions de cooperació solen estudiar-se des de les ciències socials, tenint com a objecte d’estudi l’espècie humana i les relacions entre grups. Tanmateix, la cooperació, essencial en la majoria de sistemes biològics, ha tingut un paper fonamental en l’evolució dels éssers vius. El concepte d’evolució en què predomina la lluita i la destrucció està essent substituït per un altre en què predominen la cooperació i la simbiosi entre organismes per fer front a l’hostilitat de l’ambient.

**Killingback T. i Doebeli M. Knowlton N. (1999)**

«Variable investment, the continuous prisoner’s dilemma, and the origin of cooperation». *Proc. R. Soc. Lond B*, 266:1723-1728

**Margulis L. (2002)**

*Planeta simbiòtica*. Debate, Barcelona

**Margulis L. i Sagan D. (1995)**

*Microcosmos*. Ed. Tusquets, Barcelona

**Guerrero R. i Berlanga M. (2007)**

«The hidden side of the prokaryotic cell: rediscovering the microbial world.» *Int Microbiol* 10:157-168

**Guerrero R. i Piqueras M., Berlanga M. (2002).**

«Microbial mats and the search for minimal ecosystems». *Int Microbiol* 5:177-188

# Breu història de l'ocupació del territori

Quan no hi ha limitacions ambientals el potencial de creixement de les poblacions humanes pot ser molt elevat. I, tanmateix, en un espai que s'utilitza d'acord amb certs principis regulars d'interacció entre poblacions i recursos, com ha succeït fins no fa gaire en la història de la nostra espècie, l'increment demogràfic tampoc no ha estat un problema. La diversitat de recursos de l'ecosistema no és esgotada pels seus consumidors i, quan passa això localment, és possible l'ocupació de nous territoris.

Durant més del 99% del temps transcorregut des de l'aparició de l'home, l'ésser humà ha viscut com a caçador-recol·lector, en allò que suposa l'adaptació humana més reeixida del moment. La seva supervivència depenia de l'abundància de recursos naturals que pogués trobar dins d'una àrea concreta, accessible des d'un campament base, en general en un viatge d'un dia a la rodona. Això condicionava una estructura espacial jerarquitzada en territoris, que cada grup utilitzava al seu antull segons els patrons temporals de migració i de relació entre els individus, desplaçant el campament segons les necessitats estacionals.

Com més grans siguin les dimensions del grup local, més grans seran els requeriments d'aliment; de manera que, en aquest sentit, es podria considerar el territori com un regulador de la població. La dimensió òptima d'aquests agregats poblacionals és l'efectiu mínim amb el qual és possible mantenir indefinidament les aliances matrimonials amb tots els grups circumdants.

Una indiscutible revolució en la relació de l'home amb el seu entorn es va produir fa 10.000 anys, quan aquesta economia inicial de caça i recollecció va donar pas a una agricultura de subsistència, mitjançant la qual l'home va ser capaç de modificar el medi en el qual



**Clara García Moro**

Professora titular d'Antropologia  
Facultat de Biologia de la Universitat  
de Barcelona

vivia, en exercir un control sobre els recursos. Aquest fet va suposar un increment enorme, almenys en teoria, del nombre d'individus que podien habitar la Terra. L'ésser humà, per primera vegada sedentari, va començar a produir el seu propi aliment forjant una puixant economia que li va permetre, gràcies a la disponibilitat d'aliment, reproduir-se en major mesura que en el passat i ocupar els primers assentaments estables, que van constituir el germen de la civilització.

L'aparició de l'agricultura de mercat, que implica intenses transformacions dels ecosistemes, ha anat paral·lel al naixement i expansió de les primeres urbanitzacions i de les societats complexes. El paper que ha tingut la gestió dels recursos a l'hora de controlar la productivitat és altament significatiu quan es tracta d'interpretar els canvis produïts en la població durant i després de l'inici del sedentarisme. La civilització és transformadora. Segons diversos models arqueològics, l'arquitectura monumental, inherent a les grans civilitzacions, es devia donar en moments en els quals les condicions ambientals permetien l'existència d'excedents alimentaris.

Al mateix temps que l'home sedentari ocupava totes les regions del planeta, va adquirir adaptacions biològiques i culturals complexes que li van permetre transformar la seva relació amb nombrosos components de l'hàbitat. Però, més enllà de les regles culturals comunes, establertes en la cerca constant d'avantatges ecològics per a l'establiment de camps de cultiu, d'infraestructures i habitatges, també hi ha hagut diferències de percepció en les societats, que s'expressen en la diferent organització i utilització del territori.

La residència va passar a tenir ben aviat un paper social, moltes vegades totalment oposat als interessos ecològics. S'observa sovint que els models urbanístics de determinades cultures s'han traslladat a d'altres sense valorar la seva eficàcia en els nous ambients, sovint amb resultats desastrosos a curt termini. També avui l'ímpetu modernitzador, implícit en la idea de *progrés*, que prové de les ciutats, ha introduït aquestes aspiracions en les àrees rurals com a factors del canvi modificant la visió que aquestes societats tenen de les seves relacions amb l'entorn.



On som?

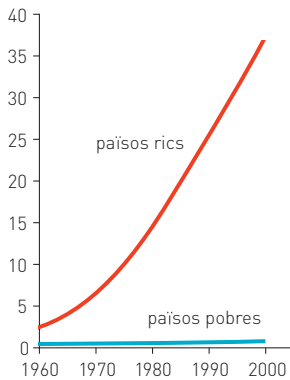


# 2

**1** El Club de Roma és una entitat privada, fundada a Roma l'any 1968. El seu objectiu és investigar, encoratjar mètodes i interessar a funcionaris i a grups influents sobre les perspectives de la crisi que afecta el medi ambient.

**2** Dennis Meadows. *Los límites del crecimiento* 1r. Informe del Club de Roma. [www.clubderoma.net](http://www.clubderoma.net) A aquest primer informe va seguir-ne un segon.

**Ingressos per habitant**  
en milers de dòlars



font: Banc Mundial, 2007  
<http://go.worldbank.org/K2CKM78CC0>

**3** Joan Martínez Alier. *Introducción a la economía ecológica*. Rubes editorial. Barcelona, 1999. Diversos indicadors relacionen l'activitat econòmica amb el medi ambient.

**4** Massimo Gaggi i Edoardo Narduzzi. *El fin de la clase media*. Ed. Lengua de trapo. Madrid, 2006. Una anàlisi de com l'economia global de mercat va perfilant els seus nous consumidors.

**5** Informe Stern. *The Economics of Climate Change. Executive Summary*. Corona britànica, 2006. Pot consultar-se a la web de l'Agrupació AuS del Col·legi d'Arquitectes.

## El creixement il·limitat: un model insostenible

L'any 1972 es va publicar el primer informe del Club de Roma<sup>1</sup>, titulat *Los límites del crecimiento*<sup>2</sup>. S'hi prevenia sobre l'esgotament de les primeres matèries en un futur no llunyà si no s'introduïen modificacions importants en el model de producció i consum vigent. L'any següent es va produir la primera crisi del petroli que va confirmar les previsions de l'informe. Tanmateix, una vegada superada la crisi es van oblidar les seves recomanacions. Les crisis van tornar els anys 1982 i 1993 i també es van superar. La crisi en la qual avui ens trobem immersos ens recorda una vegada més les advertències que constaven a l'informe, perquè el problema continua sent el mateix: la gestió deficient dels ecosistemes. I no l'hem resolt.

### Les quatre dimensions de la vida

El sistema productiu propi d'una organització social que destilla una cultura se sosté sobre quatre elements: el social, l'econòmic, l'ambiental i el cultural. Dit d'una altra manera, la producció de béns i serveis amb els quals satisfer les nostres necessitats requereix, primer, matèries primeres; després, treball humà i tecnologia per transformar-les, i, finalment, capital per produir-los i adquirir-los. Les relacions entre aquests factors influiran en les formes que adopti la cultura de qualsevol temps i lloc. En cada època històrica el contracte social defineix les característiques d'aquestes relacions i quins són els delicats equilibris entre elles. Quin predomina? Quins interessos defensa cada model? Com passava amb els quatre elements de la naturalesa esmentats al capítol anterior, també aquí caldria una situació d'equilibri, que desgraciadament no existeix.

El desenvolupament sostenible no és solament un tema ambiental, és també una qüestió social, econòmica i cultural. Podem i hem de quantificar, per tant, cadascun d'aquests factors per conèixer i avaluar una forma de vida, un sistema productiu. Hem de mesurar el factor econòmic no només en la manera habitual del PIB, sinó en altres maneres que concordin millor amb la realitat física i que permetin quantificar la depreciació ambiental.<sup>3</sup> També podem relacionar el factor econòmic amb el social mesurant les desigualtats socials. Aquestes, juntament amb la progressiva exclusió social que comporten, s'han accentuat en els últims decennis de manera greu: als Estats Units l'1% de la població disposa del 40% de la renda, percentatge similar al del 90% dels treballadors amb renda inferior; mentre el 1967, el 20% dels ciutadans més rics percebien el 43,8% de les rendes totals, l'any 2003 el percentatge havia ascendit al 49,8%; al seu torn, la franja central de rendes havia descendit del 17,3% al 14,8%.<sup>4</sup>

D'altra banda, juntament amb les grans i creixents desigualtats socials, el deteriorament del medi ambient provoca distorsions en la biosfera, i una de les més greus és el canvi climàtic. «El canvi climàtic constitueix el major fracàs del mercat mai no vist al món, i interactua amb altres imperfeccions del mercat».<sup>5</sup> Aquesta contundent asseveració no la formula cap grup ecologista radical, sinó l'informe Stern, elaborat a petició del Govern britànic de Tony Blair, i és la primera avaluació econòmica dels riscos que comporta el fet de no actuar per corregir l'efecte d'hivernacle produït en la biosfera per l'ús massiu de combustibles fòssils.

## Què és sostenible? Què és insostenible?

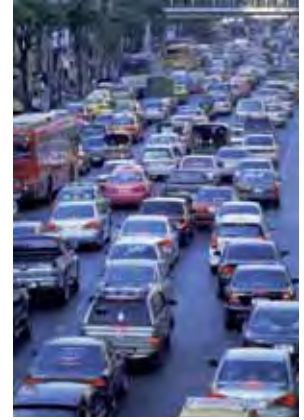
Sostenible és allò que perdura. Insostenible serà, per tant, allò encaminat a desaparèixer. El nostre model de desenvolupament està basat en un consum creixent de recursos que són limitats; això vol dir que és insostenible. Per tant, sembla raonable pensar i buscar un altre o altres models alternatius.

El concepte *sostenible*, que va sorgir com a qualificatiu per definir un model de desenvolupament, s'ha convertit en una moda, un concepte políticament correcte, que estem obligats a complir; d'altra banda, l'ambigüitat del terme ha facilitat la seva banalització i fa que molts el desqualifiquin. Un desenvolupament sostenible és una incongruència, afirmen, perquè *desenvolupament* és sinònim de *creixement*. Si mirem els diccionaris potser podrem recuperar el concepte, perquè no és el mateix creixement que desenvolupament. Creixement es refereix a quantitat, significa més del mateix; per exemple, una persona creix en alçada. En canvi, la noció de desenvolupament està més associada a qualitat i no significa necessàriament creixement, sinó que pot implicar créixer o també decreixer, i més aviat significa canviar, evolucionar. És cert que un creixement no pot ser sostenible en un medi finit, però una evolució sí que pot ser-ho si s'até a les regles de l'ecosistema en el qual es troba. Potser si entenem el concepte *desenvolupament* amb aquest sentit serà possible recuperar l'ús del concepte i el qualificatiu.

Una vegada acceptat el terme li hem de donar una definició. La diversitat de bibliografia escrita ens proporciona nombroses possibilitats, entre les quals ressaltarem la d'un economista, Robert Solow, per a qui la sostenibilitat és l'exigència de deixar per a la pròxima generació «el que sigui necessari per aconseguir un nivell de vida almenys tan bo com el nostre i que els permeti igualment proveir de manera similar la generació següent». <sup>6</sup> En conseqüència, un desenvolupament sostenible porta implícita la col·laboració intergeneracional i té en compte la qualitat de vida desitjable per a tothom.

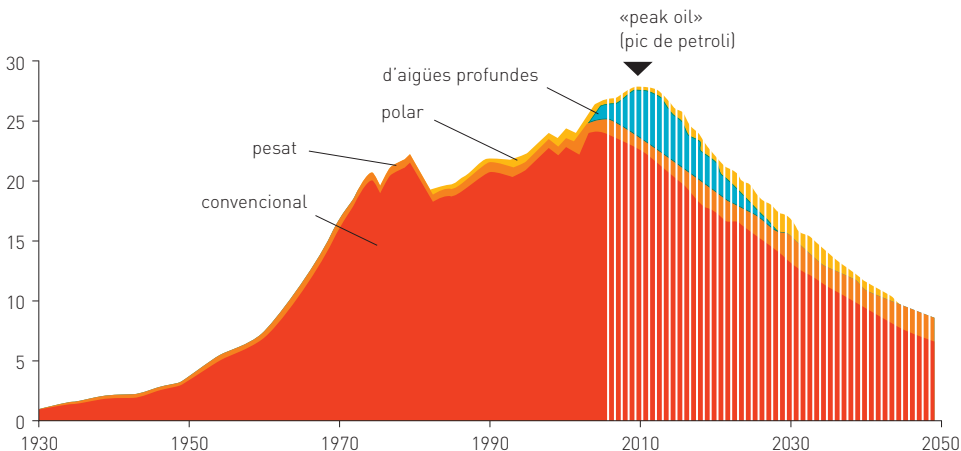
## Per què diem que el model actual és insostenible?

La resposta ens la donen científics, ecologistes, economistes, polítics i pensadors de tipus i condició molt diferents. Tots coincideixen en el fet que la taxa actual d'exploració i consum dels recursos naturals, així com la de generació de residus que porta aparellada, estan esgotant la naturalesa a una velocitat molt superior a la de la seva regeneració. El consum de recursos progressiu i accelerat que el creixement econòmic requereix i l'increment de les necessitats i estàndards de vida dels països industrialitzats



Les ciutats, esperança d'una vida millor per a la gent procedent d'un món rural empobrit, han esdevingut grans conurbacions, amb un metabolisme xuclador de recursos, contaminant i productor de residus cada cop més abundants i perillosos.

<sup>6</sup> Robert Solow. «Un paso casi práctico hacia la sostenibilidad». Citat per Amartya Sen a *Primero la gente* Editorial Deusto. Barcelona, 2007.



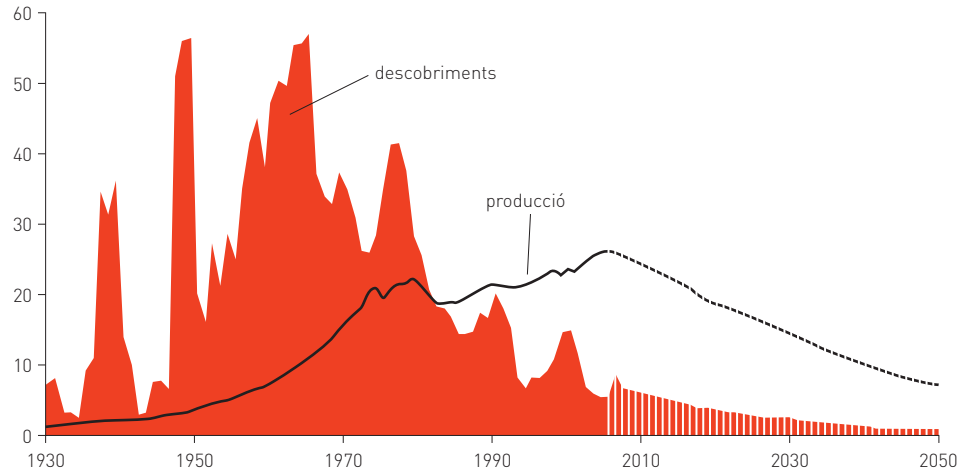
**Producció de petroli**  
milers de milions de barrils/any

font: Colin Campbell, Associació per a l'estudi del «Peak Oil» (ASPO), 2007

## Descobriments i producció de petroli convencional

milers de milions de barrils/any

font: Colin Campbell, Associació per a l'estudi del «Peak Oil» [ASPO], 2007



en les tres últimes dècades han degradat de manera greu i exponencial el medi ambient, l'aire, l'aigua, la terra i la biodiversitat del planeta. El desenvolupament econòmic s'ha realitzat amb notables contraprestacions que han incidit negativament en la societat i en la naturalesa.

El cas més preocupant és el del petroli, paradigma de la Revolució Industrial. Aquest combustible fòssil no renovable, format al llarg de milions d'anys, es troba en el punt àlgid de producció. M. King Hubbert va predir amb 15 anys d'antelació el moment de màxima producció –l'anomenat pic o zènit– de petroli als Estats Units. Tot i que avui les dades difereixen segons la font, sembla clar que ens trobem a prop del moment en què no hi haurà prou petroli per cobrir totes les demandes actuals. El gràfic de la pàgina anterior mostra la corba que marca l'inici del decreixement en la producció. Encara més indicatiu és el gràfic en aquesta pàgina, que indica l'evolució dels nous descobriments (vegeu també el gràfic de la pàgina 76).

Per ajudar a posar remei a aquests problemes, cal una voluntat de canvi, però també els instruments i les eines que ens permetin mesurar, quantificar i valorar millor l'impacte del sistema productiu actual sobre el planeta i del ritme de vida consumista, tant referent als *inputs* –que prenem del planeta– com als *outputs*, tot allò que rebutgem com a residus una vegada extreta dels recursos aquella part que ens és útil.

Podem afegir que el concepte *temps* està íntimament associat a la sostenibilitat, perquè estem parlant d'una ètica del futur, una ètica intergeneracional. Durant dècades es va tenir consciència que el món futur seria millor, que els nostres fills viurien millor que nosaltres. Tanmateix, ara molts indicis apunten que ens trobem en el cas invers, i que els nostres fills probablement viuran pitjor que nosaltres. És això llei de vida? És èticament acceptable «ocupar el futur», com diu Daniel Innerarity?<sup>7</sup> És moralment acceptable transmetre a les generacions futures els residus nuclears, un medi ambient degradat, un deute públic considerable o un sistema de pensions insostenible? Convé examinar amb criteris de justícia les transferències que es realitzen d'una generació a una altra, l'herència i la memòria, però també les expectatives i possibilitats que es lleguen a les generacions futures en termes de capital físic, ambiental, humà, tecnològic i institucional.

<sup>7</sup> Daniel Innerarity. Diari *El País*. 28 de juny de 2008. L'autor analitza les transformacions de la societat contemporània a: *El nuevo espacio público* d'Espasa Calpe, SA. Madrid, 2006.



## Ciutats i crisi de civilització

### 1. Crisi de civilització?

La preocupació per la crisi ambiental i la polarització social ha marcat el final del segle XX, i ha posat en qüestió la fe en la senda de progrés indefinit que ens havia proposat la civilització industrial. Tanmateix, aquest fet no autoritza per si mateix a parlar de crisi de civilització. Encara més, pot argumentar-se que el projecte de modernitat i progrés subjacent mai no s'havia estès tant, ni havia desbancat tant com ara d'altres maneres de concebre i sentir el món.

Precisament, el gran èxit del projecte de modernitat civilitzadora que ens ha tocat viure rau en la seva capacitat de donar suport als seus fonaments en valors que se suposen universals, transcendents i, per tant, aliens a consideracions espaciotemporals, i a vincular-los, amb aparences de racionalitat científica, a evidències empíriques domesticades que donen compte puntual dels assoliments del progrés promès, alhora que defugen les conseqüències regressives, no desitjades, que els acompanyen. La ciència econòmica ha exercit un paper fonamental en aquest joc reduccionista aportant el nucli dur de la racionalitat sobre la qual s'assenta l'anomenat «pensament únic»<sup>1</sup>. Una vegada sotmès el món al jou d'aquest «pensament únic» guiat per una racionalitat econòmica servil a l'universalisme capitalista dominant, s'ha pogut postular a bombo i platerets la «mort de les ideologies» i «el final de la Història». La manca de pudor intel·lectual que és subjacent al maneig acrític i despreocupat d'aquestes afirmacions<sup>2</sup>, en un món intel·lectual que se suposa informat, dona compte de la impunitat amb què es desenvolupa el reduccionisme imperant en semblar aquestes consideracions més pròpies de visions paleocientífiques avui passades de moda: ens recorden aquest presumpte «ordre natural» immutable, fruit de la creació divina, a la qual es considerava subjecte el món abans que Darwin construís la teoria de l'evolució. Curiosament, en una cabriola intel·lectual sorprenent, un immobilisme reduccionista com aquest sol venir preparat amb ostentacions de relativisme «postmodernista», per fugir així dels problemes del present.

A la vista de tot això, sembla que s'ha invertit l'antic paper progressiu que en el seu moment es va atribuir a les ciències socials. Des de Plató i Aristòtil, s'ha pensat que les persones són capaces de millorar la societat en què viuen i que el coneixement racional (científic) forneix el punt de suport necessari per possibilitar el canvi social. Tanmateix, avui, l'economia, aquesta «reina de les ciències socials», ha invertit la situació: hem assistit a l'extensió d'un discurs econòmic reduccionista que aniquila la possibilitat de reconsiderar les fites de la societat, i, per tant, de canviar-la, i fa que fins i tot la política se supediti a aquest discurs. La reflexió econòmica estàndard se situa així en un camp merament instrumental, servil al cec instint de promoció competitiva i al desfermat mecanisme del creixement econòmic, i tanca els ulls als danys socials i ambientals que aquest model ocasiona o ajuda a assumir-los com a quelcom de normal o inevitable, com si fossin el llamp o la calamarsa. Tanmateix, el territori testifica els danys físics i socials infligits, que romanen reflectits en els paisatges urbans, periurbans i rurals.

La situació crítica de la civilització actual alimenta una pugna ideològica sorda entre el recurs abans esmentat a evidències domesticades que magnifiquen «la irrefrenable marxa cap al progrés» de la nostra societat i els signes de regressió cada vegada més evidents que mostren el deteriorament ecològic i la polarització social en el dia a dia. Assistim així a les tribulacions del discurs dominant del «pensament únic» per

# 2A

José Manuel Naredo  
Economista i estadístic

Aquest article va ser publicat originàriament a *Documentación Social*, núm. 119, abril-juny de 2000, i a *Boletín CF+S* «15-- Calidad de vida urbana: variedad, cohesión y medio ambiente» [<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n15/lista.html>], publicat per l'Instituto Juan de Herrera, av. de Juan de Herrera, 4, 28040 Madrid, Espanya. ISSN: 1578-097X.

<sup>1</sup> Terme creat per Ignacio Ramonet per designar la unitat de la ideologia dominant, regida per la raó econòmica. En les democràcies actuals, cada vegada hi ha més ciutadans que se senten atrapats, amaratats en una espècie de doctrina viscosa que, insensiblement, embolica qualsevol raonament rebel, l'inhibeix, el pertorba, el paralitza i acaba per ofegar-lo. Aquesta doctrina és el pensament únic, l'únic autoritzat per una policia d'opinió invisible i omnipresent (Ramonet, I., 1995). Vegeu també «Sobre el 'pensamiento único'» (Naredo, J. M., 1997).

<sup>2</sup> Vegeu, per exemple, «El Orden Global en el Siglo XXI», debat entre Fukuyama, F., Cooper, R., Garton Ash, T., Luttwak, E. i d'altres, publicat a *El cultural* (2000).

empescar-se-les, no només per subratllar els signes de progrés, sinó sobretot per ocultar els signes de regressió. En aquesta pugna juguen dues novetats dignes d'esment: una, l'escala sense precedents que han assolit els fenòmens urbans i els problemes i deterioraments que generen, i, de l'altra, els mitjans de difusió i de dissuasió, també sense precedents, amb què compta el «pensament únic» per afavorir el conformisme i desactivar la dissidència.

## 2. La crisi urbana del XIX als països industrialitzats i els seus ensenyaments

Les grans concentracions urbanes que va implicar la Revolució Industrial van suposar una clara ruptura amb els models d'ordre que, amb diverses variants, havien presidit fins aleshores la configuració de les ciutats. Aquestes concentracions van trencar les primitives idees d'unitat en el traçat que es tenia de les ciutats, fent que la seva contínua construcció i remodelació evolucionés de manera erràtica i incontrolada, per acabar oferint el panorama de les modernes conurbacions.<sup>3</sup>

Pensadors que van des de l'antiguitat fins a l'Edat Mitjana (com Aristòtil o Sant Isidor de Sevilla) van dir: «no són les pedres, sinó els humans, els qui fan les ciutats», en què subratllaven la dimensió comunitària que des d'antic va permetre la realització i el manteniment d'aquest instrument material de vida col·lectiva que ha estat la ciutat. Tanmateix, l'ètica individualista i insolidària i els enfocaments d'una ciència parcel·laria que es van estendre amb la civilització industrial van socavar sistemàticament aquesta dimensió comunitària que en el seu moment va sostenir els projectes urbans. El nou to moral que presenta com una cosa acceptable, i fins i tot socialment desitjable, la realització de la fam més voraç de poder i de diners va acabar fent de la construcció urbana una activitat especulativa més, i motivant que ja no siguin «els humans», sinó el lucre recolzat en l'hàbil ús del ciment, el maó i les influències allò que de veritat fa la ciutat, la qual cosa ha donat com a resultat aquests gegants sense ànima que són les actuals conurbacions. La implantació de l'Estat modern com a afirmació d'un nou poder polític va aplanar el camí a l'ordre actual de coses. L'expressió territorial del nou complex cultural, polític i social es va plasmar en el model de «ciutat barroca», així anomenat per Mumford i altres autors. La «ciutat barroca» va trencar els antics recintes emmurallats per desplegar per l'espai obert un pla geomètric en què prevalien la perspectiva horitzontal, les llargues avingudes i el disseny ortogonal, en contraposició als carrers més estrets i amb revolts i al disseny més orgànic dels «cascs» medievals. L'homogeneïtat administrativa en el tractament de les persones i els territoris i la formalització democràtica dels nous estats van contribuir a eliminar la idea medieval de la ciutat com a baluard de llibertat o refugi d'«homes lliures», i va debilitar l'antiga cohesió dels ciutadans, fent que aquest terme passés a designar el conjunt dels súbdits d'un Estat amb independència que visquessin o no en ciutats: la gran ciutat només atorga ja als individus la llibertat que, per a bé o per a mal, deriva de les cotes d'anonimat més grans.

El pes determinant de l'autoritat política fundadora dels nous estats explica la fermesa planificadora subjacent a les realitzacions de la «ciutat barroca», la qual, malgrat tot, es va esglaonar en el temps, va compartir estils, va conivir amb el teixit urbà preexistent i va originar al «vell món» allò que acostuma avui a anomenar-se la «ciutat clàssica» o «històrica», en contraposició a les conurbacions d'ara. El projecte de «ciutat barroca» va ser així un parèntesi en el desmantellament de la vella cultura

<sup>3</sup> Terme creat per Patrick Geddes (1915) per designar aquesta nova forma d'urbanització i diferenciar-la d'allò que abans s'entenia per ciutats. Lewis Mumford, a *La cultura de las ciudades* (s/f), arriba a parlar de «desurbanització» per referir-se a aquest mateix procés, i remarca que suposava la destrucció de l'antiga idea de ciutat.

urbana que va deixar obert el camí al major pes del capitalisme i el predomini del model d'urbanització que, amb diverses variants, ha arribat fins als nostres dies.

Com és sabut, el capitalisme va orientar la gestió del món físic des de l'univers dels valors monetaris per maximitzar beneficis. Aquest criteri de gestió és una màquina potentíssima de deteriorament del patrimoni (natural i construït) de la societat: els «agents econòmics» tracten d'afavorir el seu benefici particular i forcen els seus ingressos a base d'exploitar béns «lliures» o de tercers, o traslladen els seus costos sobre altres «agents» o territoris que queden fora del seu àmbit comptable. Aquest principi d'augmentar beneficis privats a costa del deteriorament públic o de tercers és el que va originar la crisi de la urbanització massiva que va implicar el capitalisme industrial del segle XIX.

Aquest gran «escull humà» que era, segons Geddes, el Gran Londres de l'època, constituïa l'exemple més característic de la nova problemàtica urbana. Les imatges poc recomanables que presentaven les primeres ciutats industrials a l'Anglaterra del segle XIX, governades per l'afany de lucre empresarial, van implicar un fort moviment de reflexió i de protesta. La importància inèdita del nou fenomen i l'obstinació per discutir amb dades a la mà l'amplitud i gravetat dels problemes suscitats van propiciar nombrosos estudis i estadístiques.<sup>4</sup> Les enquestes i els registres sistemàtics de població van ajudar a quantificar la pobresa i a confirmar que les noves aglomeracions urbanes de l'època comportaven taxes de mortalitat superiors a les del medi rural<sup>5</sup>, com a fidel reflex de les deplorables condicions de vida d'una part important de la població i el medi ambient. A causa d'això, a Anglaterra es va desencadenar un fort moviment «antiurbà» que veia les noves aglomeracions més com a «tumors abominables» que com a exponents del progrés promès per la civilització industrial. Les obres de Charles Dickens, Thomas Carlyle i John Ruskin exemplifiquen el reflex literari d'aquest corrent, que va inspirar elaboracions importants en el camp del socialisme (William Morris i, en certa mesura, Marx i Engels) i de l'urbanisme (Howard, Geddes i, més tard, Mumford). Aquest moviment va ajudar a veure l'*statu quo* com una cosa inadmissible, i va estendre entre polítics, administradors i filantrops afanys de reforma amb tendència a corregir els aspectes més negatius que acompanyaven el procés d'urbanització exemplificat per aquesta «ciutat monstre» de Londres. Es tractava, sobretot, de palliar la insalubritat i la inseguretat millorant «les condicions de vida dels pobres» que es concentraven en el medi urbà per fer-lo una mica més saludable i plàcid.

Un estudi molt documentat i divulgat sobre els problemes sanitaris que comportaven les grans aglomeracions urbanes<sup>6</sup> va permetre orientar amb eficàcia les reformes a Anglaterra. Als nostres efectes, cal destacar que aquest estudi va identificar les causes de l'elevada mortalitat urbana i va proposar solucions en el camp tècnic, deixant de banda les inquietuds socials, ètiques, estètiques i religioses que veïen en aquesta mortalitat el reflex d'una moral i unes formes de vida poc recomanables. En resum, es va separar definitivament la moral de la patologia urbana<sup>7</sup>, i es va postular que no calia canviar la societat, ni tan sols reduir la mida de les concentracions urbanes, sinó fer que aquestes concentracions complissin determinats estàndards de salubritat. En veure que les malalties infeccioses explicaven el gruix de les elevades taxes de mortalitat urbana, es va tractar de millorar les condicions higièniques de la ciutat i els habitatges mitjançant el control de la densitat de població, la separació entre l'abastament d'aigua i els abocaments, la pavimentació dels carrers i la recollida dels residus sòlids. Davant de l'evidència que el mercat no resolva per si mateix aquests problemes, es va

**4** Els 17 volums del monumental estudi de Charles Booth (1840-1916) *Life and Labour of the People of London*, a Anglaterra; el de Frédéric Le Play (1855) *Les Ouvriers Européens*, i els apareguts a la revista *Réforme Sociale*, a França; la línia d'estudis socials empírics promoguda per Gustav Schmoller (1838-1917) a través de l'Associació per a una Política Social (Verein für Socialpolitik) a Alemanya; o el llibre d'Henry George (1878) *Progress and Poverty*, als Estats Units, són exponents del corrent de reflexió esmentat i de presa de dades, iniciat a Anglaterra i seguit després en altres països. A l'Estat espanyol, la important documentació estadística sobre les condicions de vida de la població emprada per Ildefonso Cerdà (1867) reflecteix l'afany generalitzat de mesurament i estudi dels problemes que va precedir i acompanyar la proposta de solucions efectives.

**5** A la França de la Restauració, la taxa de mortalitat a les ciutats era de mitjana una vegada i mitja superior a l'enregistrada en el medi rural [Pinol, J. L., 1991]. Aquesta diferència es va continuar observant a Europa i als Estats Units fins a final del segle XIX i principi del XX.

**6** Informe presentat a la Cambra dels Lords l'any 1842 fruit d'una àmplia investigació realitzada per Edwin Chadwick (1800-1890) sobre les condicions sanitàries de la població urbana i els seus nous requeriments. Aquest informe forma part de l'ampli corrent d'estudis sobre salubritat urbana elaborats per metges i higienistes durant el segle XIX a Europa i als Estats Units, d'acord amb el corrent d'estudis demogràfics i socials abans esmentat.

**7** L'evolució de la medicina va donar suport a aquest corrent higienitzador: les investigacions de Pasteur van descobrir que moltes malalties procedien de microorganismes que proliferaven amb la brutícia, i que la salut, lluny de ser un atribut intrínsec dels éssers humans, era condicionada pel medi ambient físic.

plantejar la necessitat legal d'establir una sèrie d'estàndards mínims de densitat i de salubritat, entre els quals figurava l'emblemàtica dotació d'un vàter per família.

Els nous estàndards i reglaments van entroncar amb d'altres derivats del projecte de ciutat «barroca» que lligaven, per exemple, l'amplada dels carrers a l'alçada dels edificis o la dotació d'equipaments al nombre d'habitants per reordenar el nou creixement urbà i readaptar l'antic, cosa que resolía els principals problemes de les naixents conurbacions. En conseqüència, les taxes de mortalitat (i de natalitat) urbana van disminuir a l'Anglaterra de final del segle XIX fins a situar-se per sota de les del medi rural, i van anticipar el patró demogràfic que, amb més o menys desfasament, van seguir els altres països industrialitzats. Les «omnipotents» palanques de la ciència i la tècnica van facilitar una sortida raonable a la crisi que van plantejar les noves aglomeracions urbanes del XIX. Va renéixer la fe en el progrés, va decaure l'«antiurbanisme» abans esmentat i va augmentar la confiança en el capitalisme i en els aspectes benèfics del creixement econòmic (i urbà).

Cal insistir en el caràcter tecnicoparcellari que va impregnar les solucions: cada problema va ser tractat amb reglamentacions i mesures *ad hoc*. La salubritat i la seguretat urbana van millorar gràcies a evitar l'excés d'amuntegament, instal·lar vàters en locals i habitatges, elevar l'alçada de les xemeneies fabrils o enviar els detritus físics i socials a abocadors i presons.<sup>8</sup> Es va poder millorar així el confort i la netedat del medi ambient urbà, però a còpia d'ocupar més sòl, d'utilitzar més recursos forans i de dur a l'extraradi encara més contaminació, amb un augment de les necessitats de transport.

**8** En l'afany de tractar els fenòmens socials en el context d'un mecanicisme parcel·lari, la criminologia va acabar considerant el delinqüent un malalt i tractant de buscar en la seva configuració cerebral les causes del seu comportament, igual com l'eufòria antropomètrica de l'època va dur a afirmar que «l'emigració del camp a la ciutat estava destinada a crear una raça diferent, atesa la tendència a emigrar dels dolicocefals (amb cap allargat), mentre que els braquicéfals (amb cap rodó) romanien en el camp» [Otto Ammon, 1899].

### 3. Problemes de les conurbacions actuals

#### 3.1 Extensió i importància del fenomen urbà

Les ciutats de l'antiguitat, i fins i tot de l'Edat Mitjana, tenien una dimensió molt inferior a la de les aglomeracions d'avui. L'any 1800, només Londres assolía el milió d'habitants, i Anglaterra era el país més urbanitzat del món. L'any 1850, només hi havia al món dues ciutats que superaven el milió d'habitants: Londres (amb 2,3 milions) i París (amb 1,1 milions). L'any 1900, apareixen ja deu ciutats amb més d'un milió d'habitants, encapçalades per Londres (4,5), Nova York (3,4) i París (2,7). L'any 1910, ja n'hi ha tretze, alhora que comença a observar-se la presència d'aquelles ubicades als antics països colonials, que prendrien la davantera en nombre de població: avui, entre les aglomeracions de més de 10 milions d'habitants hi ha, al costat de Nova York, Mèxic, Sao Paulo, Calcuta, Xangai, etc.

Podem resumir el gir esmentat en l'evolució de la població urbana mundial de la manera següent. La població mundial que viu en ciutats de més de 100.000 habitants va passar de representar el 16% de la població total l'any 1950 al 24% l'any 1975 i al 50% l'any 2000. Però subratllem, com a dada més significativa, el pes dominant que han adquirit els països pobres o «menys desenvolupats» en el procés d'urbanització mundial: l'any 1950, la població urbana abans esmentada, que es trobava als països rics o «desenvolupats», doblava la dels països pobres, mentre que l'any 1975 la població urbana es distribuïa meitat i meitat entre països pobres i rics, i, l'any 2000, la població urbana dels països pobres doblava ja la dels països rics. Els problemes derivats de la urbanització massiva han deixat de ser el problema gairebé exclusiu dels països rics fa un segle i han esdevingut un problema de primer ordre als països pobres, la taxa d'urbanització dels quals va créixer d'acord amb les dades aportades, i va passar del 7,8% l'any 1950 a superar el 40% amb el canvi de segle.

### 3.2 Sobre els criteris que orienten l'ordre actual de les coses

Mumford va assenyalar la força impulsora que va conduir des de l'ordre geomètric estricte de la ciutat «barroca» fins al caos de la conurbació: «el cuc de l'especulació –va dir– va corcar fins al cor la bella flor barroca». El model diferent de ciutat, o més bé de «no-ciutat», que presentaven les primeres conurbacions reflectia ja l'hegemonia del capitalisme sobre l'autoritat política. Aquesta hegemonia va haver d'ajustar-se als nous estàndards de qualitat urbana acordats a les metròpolis per continuar progressant. Tanmateix, a mesura que aquesta hegemonia es va estendre pel món, també s'hi va estendre, en la part essencial, el nou model d'ordre territorial, amb alguna variant que afinarem a continuació. La tan refregada «globalització» econòmica i la consegüent extensió del «pensament únic» duen associades l'aplicació planetària d'un únic model d'ordenació del territori. En resumim els trets essencials. En primer lloc, crec haver demostrat<sup>9</sup> que les regles del joc econòmic desenvolupades pel capitalisme tendeixen a ordenar el territori en «nuclis d'atracció de capitals i productes (més densos en població i informació) i àrees d'apropiació i abocament». Al costat d'aquesta tendència general, que funciona en l'àmbit nacional i internacional, es plantegen d'altres que expliquen més matisadament la universalitat del model aparentment caòtic de les conurbacions mateixes. Aquestes tendències deriven de la confluència de certs pressupostos tecnicoeconòmics que es poden resumir de la manera següent:

**Pressuposts econòmics:** amb el capitalisme, la majoria dels edificis i els habitatges no es construeixen ja directament per als futurs usuaris, sinó que entitats interposades, que busquen el benefici monetari, ho fan per a la venda (o el lloguer). Aquesta finalitat fa que tendixin a maximitzar (al menor cost possible) el volum construït per unitat de superfície fins on ho permeti la normativa vigent, i que els propietaris de sòl tractin de modificar-ne la qualificació cap a normes més laxes, alterant els plans existents.<sup>10</sup>

**Pressuposts tècnics:** el perfeccionament tècnic i l'abaratiment, observats en el maneig del ferro i el formigó des de final del segle XIX, van permetre dotar els edificis d'un «esquelet» de bigues i pilars independent dels murs, capaç de suportar nombroses plantes i d'aconseguir un volum construït per unitat de superfície superior al dels edificis tradicionals, amb un cost inferior, gràcies a substituir treball per energia fòssil.<sup>11</sup>

Amb els pressuposts assenyalats, es va generalitzar pel món l'aparença uniforme dels edificis que ha originat una «estètica universal» conforme al predomini del «pensament únic», alhora que la nova possibilitat d'augmentar el volum construït sobre el sòl ocupat per edificis antics va desencadenar processos de demolició de la «ciutat històrica» sense precedents, quan el marc institucional ho permetia, com ha estat el cas de l'Estat espanyol.<sup>12</sup> D'altra banda, el desastrós comportament tèrmic dels nous edificis va augmentar la despesa energètica necessària per fer-los habitables.

Evidentment, com l'afany de lucre no té límit, tampoc no el tenen les aglomeracions constructives que amb aquesta finalitat es produeixen. Entre els nombrosos aspectes que complementen o matisen el funcionament de les tendències indicades, cal insistir que cada model d'usos del territori comporta unes necessitats de transport que, al seu torn, tenen incidència territorial i influeixen sobre els usos. La possibilitat tècnica i econòmica de satisfer adequadament aquestes necessitats condiona la mida dels assentaments. Serien inconcebibles les conurbacions actuals sense comptar amb els oleoductes, els gasoductes, les línies elèctriques, els ferrocarrils, els aeroports i les autopistes que faciliten el tràfec continu de persones i materials i informació que reclama i possibilita la dispersió geogràfica creixent de les seves funcions (separant zones dormitori de zones industrials, comercials, d'esbarjo, etc.). Precisament, els

<sup>9</sup> Naredo, J. M. i Valero, A., 1999.

<sup>10</sup> La tesi doctoral de Javier Ruíz (1999) confirma que, a la Comunitat de Madrid, l'ocupació del territori s'ha esdevingut en bona mesura corregint o contravenint allò previst en els plans municipals, i que els plans d'infraestructures han estat més condicionants del model de creixement que el planejament urbà originari.

<sup>11</sup> La generalització de la nova tècnica constructiva es va recolzar en el maneig massiu i barat de combustibles fòssils, cosa que va permetre desbancar les tècniques locals d'arquitectura, tradicionalment proclius a l'ús dels materials de l'entorn pròxim, també per raons econòmiques. El context tecnicoeconòmic favorable i la manca de normes que limitessin l'alçada i el volum dels edificis van fer dels Estats Units el territori pioner en l'aplicació d'aquesta tècnica constructiva.

<sup>12</sup> L'Estat espanyol és el territori amb el parc d'habitatges més renovat de la Unió Europea, cosa que permet concloure que el «desenvolupament econòmic» va ser proporcionalment més destructiu del nostre patrimoni immobiliari del que ho va ser la Segona Guerra Mundial a països com Alemanya [Naredo, J. M., 2000].

**13** Terme creat l'any 1955 per W. F. Whyte per referir-se a aquest fenomen en el cas extrem de Los Angeles.

**14** Els països rics reben anualment, a través del comerç exterior, una entrada neta que supera el bilion i mig de tones de recursos procedents de la resta del món, la majoria en forma de combustibles i minerals, que, en esdevenir residus, fan de la contaminació el principal problema ambiental dels països rics [Naredo, J. M. i Valero, A., 1999].

**15** Vegeu Naredo, J. M. i Valero, A. (1999): el requeriment total de materials de la civilització industrial i els fluxos físics i monetaris del comerç i les finances mundials permeten sostenir els patrons de vida dels països rics utilitzant la resta del planeta com a font de recursos i embornal de residus.

avenços tècnics observats en el terreny dels transports i les comunicacions han facilitat l'enorme extensió territorial en forma de «taca de tinta o d'oli» que caracteritza la conurbació difusa o l'*urban sprawl*<sup>13</sup> del nostre temps. Si reduir l'amuntegament va ajudar en altre temps a millorar la salubritat urbana, l'extrema dispersió actual dels usos i la gran dependència del transport constitueixen avui un dels principals factors de deteriorament del medi ambient urbà.

Convé assenyalar com a mínim dues variants fonamentals. Una és la incapacitat dels països pobres de mantenir la qualitat interna de les seves cada vegada més poblades conurbacions i d'assegurar uns estàndards mínims de salubritat i habitabilitat anàlegs als assolits als països rics, cosa que marca la diferència entre el nord i el sud. Una altra distingeix l'urbanisme del vell continent europeu, que tracta de revivre més o menys formalment les restes d'aquesta «ciutat històrica» tan valorada per tothom, de l'urbanisme d'ultramar, en què l'«estil universal» i l'*urban sprawl* van evolucionar amb menys entrebancs.

Finalment, cal advertir que la «globalització» econòmica va dur a l'àmbit internacional les relacions de dominació, atracció i dependència que abans hi havia entre les ciutats o capitals i el medi rural, cosa que ha produït que certs estats exerceixin també el paper que havien exercit les ciutats. A final del segle XIX, la paraula *metròpoli* va passar a designar no només la capital d'un país, sinó també el país que controlava territoris més amplis. Gran Bretanya sencera era ja la metròpoli de l'Imperi britànic. Així, al costat d'aquests nuclis més concentrats d'atracció de capitals i productes que són les conurbacions, avui exerceixen aquestes funcions d'atracció els estats metropolitans on es domicilia el poder polític i econòmic del nostre temps (els Estats Units, la Unió Europea i el Japó).<sup>14</sup> La projecció internacional de les relacions de la ciutat amb l'entorn fa que la tradicional emigració del camp a la ciutat tendeixi a produir-se també ara des de la resta del món cap als estats metropolitans, cosa que testimonia que l'època de les grans colonitzacions i l'obertura de noves fronteres va acabar fa temps. Després de la confusió que va originar l'antic «bipolarisme» polític entre els dos estats més poderosos, la desaparició d'un dels pols ha ofert inequívocament un ordre mundial unipolar dominat pel poder econòmic capitalista i escindit només per la segregació entre pobres i rics, que es projecta dins i fora de les conurbacions i els països.

Els nous estats metropolitans van passar a exercir una funció que Weber (1921) considerava característica de les ciutats: la de constituir no només una organització econòmica interna, sinó la d'organitzar també un espai econòmic més ampli capaç de garantir establiment els seus abastaments a preus moderats. Les regles del joc econòmic que orienten el funcionament del mercat mundial asseguren l'abastament dels territoris metropolitans a baix preu, alhora que el sistema financer internacional inclina al seu favor la capacitat de compra sobre el món per utilitzar-lo com a font de recursos i embornal de residus.<sup>15</sup> Això situa aquests països en una posició privilegiada per tenir cura del seu medi ambient. Tanmateix, així com no es pot concebre l'existència de les ciutats sense posar un entorn rural al seu servei, avui resulta inconcebible l'opulència dels països metropolitans sense posar la resta del món al seu servei. En ser fruit de la seva posició dominant, aquesta opulència esdevé un «bé posicional» impossible de generalitzar a la resta del planeta. Fer creure el contrari continua sent un dels més grans guanys de la civilització industrial.

### 3.3 Sobre el panem et circensis promès a les urbs mundials

Un greu problema de fons lligat al procés d'urbanització actual, el planteja el gens qüestionat afany d'estendre arreu del món els patrons urbans de vida de les metròpolis mundials, quan aquests patrons es mostren avui inviàbles per al conjunt de la població: la seva generalització planteja unes exigències en recursos i residus que surten del limitat entorn planetari, la qual cosa evidencia aquesta impossibilitat. Tanmateix, el problema no solament es limita a proposar a l'espècie humana un model de progrés que es revela inviable en vista de la lògica més elemental, sinó que, en els últims temps, la distància entre rics i pobres s'accentua a passes gegantines en l'àmbit planetari, cosa que es reflecteix en l'eixamplament de l'esquerda nord-sud i en l'aparició de borses de pobresa i de marginació creixents al nord mateix.<sup>16</sup> En contraposició amb el model de progrés i benestar que presenten, amb l'ajuda dels mitjans de comunicació, aquests aparadors que avui són les metròpolis del món civilitzat, ressalta sobretot el panorama cada vegada més dramàtic que ofereix el forassenyat creixement de les conurbacions dels antics països colonials, amb els seus enormes «cinturons» de misèria. És com aquell aprenent de bruixot que va ser víctima del seu èxit, en desencadenar forces que després no va poder controlar. Els cants de sirena del desenvolupament econòmic industrialista i urbanitzador van apuntalar amb èxit la posició de domini de les metròpolis del capitalisme mundial, però van desencadenar processos de frustració creixent i crisi que es manifestaran en tota la cruïlla durant el nou segle que comença. I per això té sentit parlar de crisi de civilització, quan el *panem et circensis* que l'anomenada «societat de consum» havia promès a les urbs mundials resulta cada vegada més inabastable per a la majoria de la població, i es revela incapaç d'adormir-ne la consciència crítica sobre els conflictes i deterioraments cada vegada més acusats que es deriven de l'ordre social i espacial imperants.

En efecte, el «desenvolupament» –és vana la seva pretensió d'eradicar la pobresa– no ha intervingut millorant d'entrada les condicions de vida de les societats «perifèriques» al capitalisme, sinó provocant-ne la crisi sense garantir alternatives solvents de millora per a la majoria de la població implicada, i, fins i tot, originant, de vegades, situacions de penúria i desarrelament més grans que les que pretenia corregir. Des d'aquesta perspectiva, podem imaginar el «desenvolupament» com «una ventada que arrenca el poble de terra, lluny del seu espai familiar, per situar-lo sobre una plataforma artificial, amb una nova estructura de vida. Per sobreviure en aquest lloc exposat i arriscat, la gent es veu obligada a assolir nous nivells mínims de consum, per exemple, en educació formal, sanitat hospitalària, transport rodat, lloguer d'habitatge...» (Ivan Illich, 1992). I, per a això, cal disposar d'uns ingressos que el «desenvolupament» acostuma a escatimar a la majoria dels individus, cosa que origina processos de miserabilització<sup>17</sup> sense precedents que afecten, fins i tot, les necessitats anomenades primàries o elementals (alimentació, roba...). Perquè, a més, les noves necessitats apareixen com quelcom d'aliè a les possibilitats dels individus per fer-los front directament, amb la qual cosa la persona mancada de feina i d'ingressos apareix com un residu obsolet, inadequat a les noves exigències del «desenvolupament», que cau amb facilitat pel pendent de la marginació social i el deteriorament personal. Així, no es pot considerar el procés actual d'urbanització als països pobres com un pas que repeteix el mateix camí de modernització i progrés seguit temps enrere pels països rics: és més comú que aquest procés derivi de la mera destrucció de les formes de vida i de cultura que secularment havien modulats i assimilats el creixement demogràfic, que no de les capacitats del «desenvolupament» per treure la població de l'«idiotisme de la vida rural»<sup>18</sup> i

**16** No debades l'esperança de vida cau als suburbis de Nova York per sota de la mitjana de Bangla Desh [Petras, J., 1992].

**17** «Igual com la crema batuda esdevé sobtadament mantega, l'*Homo miserabilis* va aparèixer recentment, gairebé de la nit al dia, a partir d'una mutació de l'*Homo economicus*, el protagonista de l'escassetat. La generació que va seguir la Segona Guerra Mundial va ser testimoni d'aquest canvi d'estat en la naturalesa humana des de l'home comú a l'home necessitat. Més de la meitat dels individus humans van néixer en aquesta època i pertanyen a aquesta nova classe» [Illich, I., 1992].

**18** Com deia Marx en el *Manifest comunista*.

**19** Hi ha contribuït també el procés de desindustrialització observat als països rics, que fa obsolet el vincle que unia la indústria amb la modernitat i el progrés, vincle que continua viu en l'imaginari popular de les zones «deprimides» alimentant falses promeses.

millorar-ne la qualitat de vida en les aglomeracions actuals. La magnitud de les imatges de frustració i desarrelament que presenten avui les conurbacions dels antics països colonials així ho testifica, i empetteix els problemes que presentava el Gran Londres de fa un segle. La qualitat ambiental de Londres ha pogut sens dubte millorar, juntament amb la d'altres antigues ciutats industrials<sup>19</sup>, i ha mostrat que, per les raons abans indicades, els països metropolitans estan en condicions molt més favorables que la resta del món per mantenir la qualitat interna de les conurbacions pròpies, i per continuar desenvolupant formes d'urbanització inviables en l'àmbit planetari.

#### **4. Sobre les perspectives de la crisi**

Tenir una consciència clara de les causes dels nostres mals és el primer pas per guarir-los o, com a mínim, per diagnosticar-ne la possible evolució. Es pot subratllar aquesta evidència quan, en la situació actual, les racionalitats parcials que ofereix el coincident predomini d'un coneixement científic parcel·lari i un individualisme insolidari condueixen més a defugir que a subratllar les arrels dels problemes, i més a deixar sense qüestionar que a revisar les fites sobre les quals s'ha anat construït la civilització industrial. Per tant, la dificultat d'incidir sobre la marxa de l'actual civilització i el seu reflex territorial no rau tant, com sol dir-se, en la falta de mitjans econòmics o d'instruments tècnics com en la nostra incapacitat de revisar les finalitats que presideixen i orienten els comportaments en la nostra societat.

Hem vist que la crisi urbana que van passar els països industrials naixents del segle XIX va ser causada per errors de qualitat interna del sistema urbà mateix, i es va resoldre, amb el suport de l'Estat, utilitzant més intensament els recursos i embornals de la resta del territori. Tanmateix, la crisi actual no solament torna a plantejar nous problemes de qualitat interna, sinó que topa amb el deteriorament augmentat de la resta del territori. El seu tractament exigeix, per tant, reconsiderar les relacions del sistema urbà mateix amb la resta del territori. L'enfocament sectorial i parcel·lari que s'havia utilitzat amb èxit per resoldre la crisi anterior és ara insuficient. Els problemes ja no es resolen augmentant l'alçada de les xemeneies o estirant la cadena dels vàters. Cal preocupar-se del funcionament del sistema urbà en el seu conjunt i, per a això, cal tornar a considerar la ciutat com a projecte, consideració que s'havia esvaït juntament amb la cohesió i la participació socials que en un altre temps va construir i va mantenir les ciutats. Es copsa, així, la necessitat de reconstruir el cos social de la ciutat i de dotar-lo d'òrgans responsables capaços de controlar-ne el funcionament físic i el deteriorament que origina sobre el territori. Tanmateix, llavors, trobem que la mida sobrehumana dels assentaments actuals dificulta enormement aquesta reconstrucció, la qual cosa urgeix a redimensionar aquesta ciutat-projecte i a trencar la inèrcia expansiva de les conurbacions. Això exigiria supeditar la finalitat imperant del lucre a l'assoliment d'altres fites (socials, ambientals...) i desencadenaria un procés que, mitjançant la interacció transparent entre informació, participació social i normativa, definís el nou projecte de ciutat i la seva relació amb la resta del territori. Però, alhora, la dimensió internacional i planetària dels problemes fa que transcendeixin l'esfera local o nacional en què s'han anat tractant. La translació de les funcions de la ciutat a estats metropolitans cada vegada més servils als interessos del capitalisme transnacional, reflectida en l'anomenada «globalització econòmica», requeriria organitzacions internacionals capaces de frenar-los, i, també, l'ordenació en curs de l'espai planetari. Aquest nou internacionalisme hauria de recolzar-se en un nou geocentrisme per projectar aquesta imatge de casa-mare, més enllà de la ciutat i de l'Estat, fins a incloure



la Terra en conjunt. Per tot això, la crisi del model d'ordenació del territori que s'ha estès pel món s'acabarà resolent amb la crisi de la civilització que el va engendrar.

La situació actual és poc receptiva a les idees que acabem d'esbossar com a guia per abordar d'arrel les causes que l'originen. El panorama no justifica l'optimisme més que com a fruit de la desinformació o de la covardia per enfrontar-se a la crua realitat. Superar la crisi de les naixents conurbacions a l'Anglaterra del segle XIX va requerir plantejar sense embuts els problemes, demanar estadístiques per documentar-los i tenir interès a resoldre'ls. Tanmateix, avui flueixen la reflexió, la presa de dades i la voluntat política necessàries per resoldre els problemes, amb l'agreujant que són molt més complexos i difícils de tractar. Comunament, tant les ciències socials i ambientals com les institucions que s'ocupen del territori i del medi ambient inverteixen més esforç a ocultar que a analitzar i pal·liar els problemes de fons que suscita la crisi actual. La vergonyosa falta de dades sistemàtiques sobre l'ocupació del sòl i els fluxos que componen el metabolisme de la societat actual, en els seus diferents nivells d'agregació, o sobre les condicions de vida de la població, és paral·lel als milers de satèl·lits enviats a l'atmosfera i als abundants recursos destinats a estudiar el medi ambient, el clima i fins i tot el planejament territorial i les seves valoracions monetàries. En el terreny de les idees, per exemple, ja no es critica aquest sistema històric que és el capitalisme, sinó els nous dimonis del neoliberalisme, ni tampoc no es discuteixen els absurds que comporta la mitologia de la salvació pel creixement, consubstancial a aquest sistema, sinó que es tracta de fer-lo sostenible...<sup>20</sup> O, més en relació amb el tema que ens ocupa, es defuig el deteriorament territorial diari mentre es discuteix sobre hipotètics canvis climàtics. I, a mesura que es reforça la funció apologètica de l'*statu quo* que exerceixen acadèmies i administracions estatals i empresarials, embarcades en reflexions instrumentals i campanyes d'«imatge verda»<sup>21</sup> dignes de millor causa, decau la seva capacitat d'interpretar i gestionar la crisi actual.

D'aquesta manera, és probable que les tendències regressives segueixin, com fins ara, endavant, sense que la societat prengui consciència de la crisi. Perquè resulta difícil que una civilització prevegi la pròpia crisi i hi posi els mitjans necessaris per resoldre-la quan n'afecta els fonaments: és més normal que aquesta crisi la sorprengui, com va succeir a la Grècia clàssica o la Roma imperial, quan adquireixi un caire clarament catastròfic i difícilment reversible. La crisi cap a la qual apunta el massiu procés d'urbanització actual té, en aquest sentit, més punts en comú amb la crisi en què va desembocar l'apogeu de les ciutats a l'Occident medieval entre els segles XI i XIV que amb la del segle XIX abans comentada. Les malalties, els conflictes i el deteriorament demogràfic, social i econòmic van desembocar en la crisi del model de la ciutat-illa medieval<sup>22</sup>, que no es va poder resoldre mitjançant iniciatives locals. Va caldre esperar molts anys perquè les ciutats renaixessin de la mà de l'Estat modern sobre bases diferents. La crisi urbana del nostre temps ja no es pot resoldre en l'interior d'aquests estats-illa. Necessita nous enfocaments i organitzacions capaces de generar models d'urbanització local ajustades als requeriments del geocentrisme abans esmentat. El problema s'agreuja quan el model d'organització jeràrquica propi de les empreses transnacionals s'estén ja per sobre dels estats i sembla poc procliu a admetre la competència, sobretot amb organitzacions que pretenen condicionar les regles del joc econòmic que impulsa l'actual model d'ordre territorial.

**20** Naredo, J. M., 1995.

**21** Vegeu Greer, J. i Bruno, K. (1996). Aquest llibre posa al descobert el canvi d'actitud i les polítiques d'«imatge verda» desenvolupades per vint importants grups d'empreses transnacionals («una corporació líder en destrucció de l'ozó s'acredita com a líder en protecció de l'ozó; un gegant transnacional del petroli es presenta com a pioner dels programes de "prevenció" davant l'escalfament global...»). S'hi revela, així mateix, la influència d'aquestes corporacions en l'orientació de la Cimera de Rio de 1992, i la desactivació de l'ecologisme i de l'opinió pública en general.

**22** No escau aquí fer la història d'aquesta crisi que, com l'actual, va generar xenofòbia, segregació social i ordres mendicants, les quals, a tall d'actuals ONG, van tractar de pal·liar els danys socials sense subvertir l'*statu quo* que els engendrava. Vegeu Roux, S. (1994).

### Referències bibliogràfiques

- Carter, H. i Lewis, C. R. (1990) *An urban geography of England and Wales in XIX*. (Century, Edward Arnold, Londres).
- Cerdà, I. (1867) *Teoría general de la urbanització i aplicació a l'eixamplament de Barcelona*. (Impremta Espanyola, Madrid. 2 volums (Reed. facsimil de l'IEF, Madrid, 1968).
- Fukuyama, F. *et al.* (2000) (*El cultural*, núm. de 20.2.2000, pp. 20-24).
- Geddes, pàg. (1915) *Cities in evolution* (versió espanyola d'Ed. Infinit, Buenos Aires, 1960).
- Greer, J. i Bruno, K. (1996) *Greenwash. The Reality Behind Corporate Environmentalism*. (Third World Network Penang i The Apex Press, Nova York).
- Illich, I. (1992) «Needs.» (a Sachs, W. (ed.) *The development dictionary. A guide to knowledge as power*, Zed Books, Nou Jersey (hi ha traducció espanyola de CAI, Cochabamba).
- Mumford, L. (s/f) *La cultura de las ciudades*. (EMCE, Buenos Aires, 3 volums).
- Naredo, J. M. (1995) «Sobre el origen, el uso y el significado del término 'sostenible'.» (*Documentación social*, núm. 102) (ara també a <http://habitat.aq/cs/p2/a004.html>).
- Naredo, J. M. (1997) «Sobre el 'pensamiento único'» (*Archipiélago*, núm. 29).
- Naredo, J. M. i Valero, A. (dirs.) (1999) *Desarrollo económico y deterioro ecológico* (Fundación Argentaria i Visor Distrib., Madrid).
- Naredo, J. M. (dir.) (2000) *Composición y valor del patrimonio inmobiliario en España* (Ministeri de Foment, Madrid).
- Petras, J. (1992) «New York fait éclater le mythe de la société post-industrielle» (*Le Monde Diplomatique*, núm. d'abril).
- Pinol, J. L. (1991) *Le Monde des villes au XIX siècle*. (Hachette, París).
- Ramonet, I. (1995) (*Le Monde Diplomatique*, núm. de gener).
- Roux, S. (1994) *Le monde des villes au Moyen Age* (Hachette, París).
- Ruiz, J. (1999) *Madrid, 1963-1994:... La génesis del modelo disperso* (tesis doctoral, ETSA de Madrid).
- Weber, A. F. (1899) *The growth of cities in XIX Century, a study in statistics* (Reed. Cornell University Press, 1967).
- Weber, M. (1921) *Die Stadt* (ed. en castellà: *La ciudad*, La Piqueta, Madrid, (1987).
- Williams, R. (1973) *The country and the city* (Oxford University Press, Nova York).



# El factor mediambiental

La vida al planeta Terra és possible per als humans i altres espècies gràcies a un afortunat cúmul de circumstàncies. La mida, la composició química i la situació de la Terra dins del sistema solar permeten l'existència d'aigua en estat líquid, prerequisit per a l'existència de vida complexa. Fins i tot hem d'agrair al veí gegantí i llunyà Júpiter que atregui asteroides i cometes que podrien haver impactat en el nostre planeta, posant el comptador de la vida de nou a zero.

El viatge de la vida cap al complex ha desembocat, de moment, en el predomini d'una espècie, la humana, que ja té capacitat per actuar com una força geològica, capaç de modificar el balanç que fa que la Terra sigui capaç de suportar una forma de vida com la nostra. Alguns científics han batejat aquesta època com l'antropocè. Ja al segle XX es va advertir que aquesta força transformadora del medi en un àmbit planetari podria haver anat massa lluny: en el seu afany transformador, l'espècie humana podria estar soscavant els sistemes mediambientals que fins ara li havien permès expandir els seus números i la seva influència.

Dos dels indicadors més importants d'aquesta transformació, que es podrien tornar contra els nostres propis interessos com a espècie, són el canvi climàtic i la crisi energètica. Tanmateix, ambdós fenòmens són en realitat un de sol: el model energètic exosomàtic de les nostres societats industrialitzades i tecnificades. Més del 80% de les fonts energètiques que sostenen el nostre model actual provenen dels combustibles fòssils, carbó, petroli i gas natural. Aquests recursos energètics, en realitat energia solar fossilitzada en les cadenes d'hidrocarburs que els componen, a més de ser finits i estar sotmesos a un esgotament constant, produeixen en la seva combustió gasos amb efecte d'hivernacle que contribueixen a la



**Daniel Gómez**

President d'AEREN-ASPO Spain

desestabilització del clima, i, per tant, posen en perill la continuïtat de l'equilibri mediambiental que permet la vida a la majoria d'espècies al planeta.

Hi ha més indicadors del desequilibri mediambiental causat per les transformacions realitzades per les societats humanes industrialitzades, com pot ser la desertització per un canvi d'usos de la terra, l'esgotament dels aqüífers, la contaminació per xenobiòtics, la pèrdua de biodiversitat o l'acidificació dels oceans, entre d'altres. Qualsevol acció palliativa o de correcció d'aquests efectes indesitjables passa per noves transformacions, en definitiva, per la realització d'una tasca. I segons una de les definicions més universals de l'energia, aquesta és precisament la capacitat per realitzar l'esmentada tasca.

És per aquesta raó que l'energia podria presentar-se, en un exercici de reduccionisme amb aparences pràctiques, com el factor mediambiental més important, per englobar i afectar-ne tants d'altres. Sense un model energètic sostenible no només no hi haurà energia suficient per continuar per la senda de la insostenibilitat, encara que sigui per poques dècades, sinó que tampoc no hi haurà possibilitat d'esmena: la transició cap a una societat industrialitzada menys agressiva amb l'entorn, i que «visqui» dels fluxos energètics solars i no de les seves acumulacions fòssils, necessitarà energia. Per això, la perspectiva de canvi mediambiental cap a la sostenibilitat només pot començar des de la consideració del model energètic que l'hagi d'alimentar.

Aquest model hauria de partir del propòsit de l'eficiència, i, per a això, hauria de ser el més descentralitzat possible, evitar el transport, l'emmagatzemament i els vectors innecessaris, com també aquelles fonts energètiques més contaminants i perilloses. Tanmateix, a més de les característiques tècniques del futur subministrament

energètic, el més important serà establir quina qualitat de vida volem universalitzar (la pobresa energètica encara s'escampa arreu). Establir uns mínims des de postulats austers serà la millor manera d'assegurar l'èxit en l'esforç: la pressió que una demografia, fins i tot estabilitzada, i el deteriorament en el medi ambient exerciran sobre els ecosistemes convida a plantejar aquesta transició des del principi de precaució.

# Sense les persones no canviarem

Les ciutats concentren recursos de tota mena que necessiten per funcionar, i aquesta concentració de persones i recursos genera un volum molt significatiu d'impactes ambientals que cal afrontar i gestionar. En aquestes notes volem posar en relleu la importància dels elements d'implicació i participació social per avançar en la recerca de models arquitectònics i urbans més coherents amb els reptes que planteja la sostenibilitat. No podem oblidar que tothom sembla estar d'acord en el fet que, al marge de trobar millors alternatives tècniques, sense la gent serà impossible avançar cap a societats en les quals fem realitat l'ambició i, fins a cert punt ambigu, objectiu del desenvolupament sostenible. Les dinàmiques que es van plantejar en les agendes locals 21<sup>1</sup> posaven clarament en relleu aquest fet i assenyalaven les dificultats d'anar més de pressa del que avança la ciutadania, i la importància dels mecanismes participatius i de consens.

Som en un país en el qual, malgrat una aparent sensibilitat ambiental més gran, té l'imaginari col·lectiu encara centrat en les preocupacions tradicionals de superar l'escassetat i afavorir un desenvolupament sense límits massa clars. No fa pas tants anys<sup>2</sup> que les famílies de l'àrea metropolitana de Barcelona continuaven acumulant certs aliments bàsics (farina, sucre, oli...), pràctica arrelada per raons històriques de carència periòdica i rutines molt interioritzades de previsió. Això ha canviat cap a una lògica de consum instantani i en molts casos sense sensibilitat sobre el seus efectes i impactes externs. En altres treballs s'ha observat que la preocupació ambiental sempre està condicionada pel manteniment de les capacitats de consum (només 1 de cada 10 espanyols prioritza la protecció ambiental davant del creixement econòmic).<sup>3</sup> És important considerar aquests factors a l'hora d'argumentar que si la gent no canvia la manera

## Joan Subirats

Catedràtic de Ciència Política i director de l'Institut Universitari de Govern i Polítiques Públiques de la Universitat Autònoma de Barcelona



de veure les coses i d'acostar-se al consum, no podrem avançar efectivament en una visió més sostenible de la ciutat i de l'arquitectura, per molt que les alternatives tècniques millorin de manera clara.

D'altra banda, la nostra pròpia història ens diu que es va molt més ràpid per canviar unes regles de joc polítiques o per aconseguir unir-nos als països més avançats d'Europa, que per acostumar-nos a entendre els espais públics com una responsabilitat col·lectiva. En aquests quasi trenta anys que portem de democràcia, ens hem anat adonant de la importància de les dependències històriques. Els llargs decennis d'autoritarisme van generar un distanciament significatiu entre estructures institucionals, societat política i societat civil. La gent té tendència a desconfiar del que és públic, no ho sent seu. I per aquesta (sens dubte justificada) desconfiança es tendeix a entendre que allò que passa fora de casa, en aquest espai públic o civil, o bé és responsabilitat dels poders públics o no ho és de ningú. El binomi entre desresponsabilització social i impotència institucional és particularment perillós en temes com els mediambientals, on es juga amb criteris de béns col·lectius, o amb expectatives de generacions no presents.

Finalment, a l'hora d'analitzar el context en el qual cal situar les estratègies de conscienciació i implicació ciutadana en els temes de sostenibilitat i ecologia urbana, convé també tenir en compte la manera com s'han construït i portat a terme les polítiques ambientals a Espanya i Catalunya aquests darrers anys. L'enfocament que ha predominat en les polítiques mediambientals a l'Estat espanyol (amb la complexitat propiciada pels múltiples nivells de govern actuant simultàniament) ha estat el regulatiu i correctiu o reactiu. Com ja sabem, la perspectiva regulativa implica quasi sempre una visió

jeràrquica, vertical, d'imposició de dalt a baix. D'altra banda, en la construcció d'aquesta mena de polítiques s'ha tendit a «blindar-ne» el procés d'elaboració, adduint que les peculiaritats de la política imposaven perspectives molt tècniques. No és, doncs, estrany que, quan es tracta d'abordar temes d'arquitectura sostenible, les exigències plantejades per la implicació ciutadana en les polítiques més consistents ens obliguin a buscar maneres obertes i participatives que no són precisament habituals en l'estil que fins ara predomina.

Tot plegat ens porta a afirmar que qualsevol estratègia de canvi cap a la sostenibilitat en temes d'arquitectura (com en molts d'altres) serà molt més difícil de dur a terme si es basa només en recursos –sobretot si són de caràcter estrictament tècnic o regulatiu– i no busca les complicitats socials. Sense la gent no avançarem.

**1** Per a una anàlisi i balanç de les agendes locals 21 a Espanya, vegeu **Núria Font-Joan Subirats** (eds.), *Local y Sostenible*, Icaria, Barcelona, 2000

**2** *Enquesta de la Regio Metropolitana de Barcelona*, Institut d'Estudis Metropolitans de Barcelona, Barcelona, 1998

**3** Vegeu-ne resum i dades a **Alex Casademont**, 1999, «Modernización ecológica y pautas de comportamiento público y privado», a **Subirats, J. (ed.)**, *¿Existe Sociedad Civil en España? Responsabilidades colectivas y valores públicos*, Fundación Encuentro, Madrid, p. 256-294

# Economia i ecologia

Tant l'economia com l'ecologia tenen el seu origen «eco» en la paraula grega *oikos*, que vol dir «casa». L'economia constitueix, grosso modo, l'estudi de la gestió de les societats referida a la producció, distribució i consum de béns adreçats a la satisfacció dels humans, tant des d'una perspectiva micro com macro. Mentrestant, l'ecologia s'ocupa de les relacions entre plantes i animals en el marc d'un ambient tant orgànic com inorgànic. Encara que la natura o, dit d'una altra manera, la biosfera constitueix la base material de l'activitat econòmica, els economistes sovint hem oblidat les relacions ocultes entre economia i ecologia, de manera que les activitats econòmiques, tant productives com de consum, i el nostre ambient natural, des d'una perspectiva analítica, han anat cadascú pel seu costat. Tot i així, hi ha dues explicacions per entendre aquest desencontre.

D'una banda, a final del segle XIX, les ciències tendeixen a un alt grau d'especialització. El reduccionisme de les ciències, tal com avui el coneixem, no és ni més ni menys que això. S'entén, en aquell moment, que tot allò que es pot separar i estudiar des d'una perspectiva particular ha de fer-se i, més tard, ja es reuniran les diferents parts per tenir una visió conjunta. Tanmateix, això no ha estat així. L'economia i l'ecologia no han estat alienes a aquest procés d'atomització científica.

D'altra banda, fins a final dels anys seixanta, les distorsions en el medi natural produïdes per l'activitat econòmica no van ser percebudes pels humans com una cosa que els afectava. Al contrari, es predicava un creixement material indefinit en el marc d'un món físic finit que s'associava falsament a un creixement del benestar de les societats.

Encara que els economistes no eren aliens a aquests problemes, en particular, a partir d'aquells anys, el seu interès pels problemes ambientals se centra principalment en l'extensió de la teoria de les externalitats de



## Vicent Alcántara

Professor titular d'Economia Aplicada  
Investigador adscrit a l'Institut de Ciència  
i Tecnologia Ambiental (ICTA)  
Universitat Autònoma de Barcelona



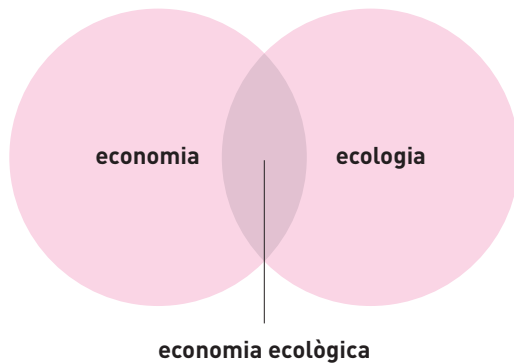
l'economia estàndard, a fi de mostrar el paper que els instruments de política econòmica podrien tenir per solucionar-los. Encara que l'economia ecològica preveu aquests aspectes, el seu contingut, tal com avui s'entén, va més enllà de l'encotillament de les externalitats. Com assenyala Constanza: «L'economia ecològica difereix de l'economia convencional per la importància que dóna als humans com a espècie, i per l'accent que posa sobre la importància mútua de l'evolució cultural i biològica».

L'economia ecològica centra el seu interès en les interdependències entre el món socioeconòmic i el món natural, en el qual es desenvolupa, posant de manifest les seves influències i dependències mútues. Això suposa un coneixement interdisciplinari de cara al coneixement de la reproducció material dels humans; l'economia no és cap altra cosa que l'organització complexa i no determinista, de la qual, com a espècie certament molt diferent de la resta, es doten les societats per a la seva reproducció duradora.

Tot i que poden existir, i de fet existeixen, camps concrets del món econòmic que poden ser analitzats des d'una perspectiva reduccionista, l'economia ecològica centra el seu interès en els aspectes de la vida que

només poden ser explicats, si volem que aquesta sigui sostenible, tornant a posar en contacte l'economia i l'ecologia, tal com mostra el gràfic següent, allunyant-nos del paradigma reduccionista del segle XIX, al qual ens hem referit.

Si es té en compte la coevolució, més que la simple interdependència entre el sistema socioeconòmic i ecològic, en la qual els efectes de l'activitat econòmica sobre els ecosistemes que són suport de la vida poden tornar-se contra ella mateixa, a tall de retroalimentació més o menys violenta, l'economia ecològica pot entendre's com un nou paradigma que pretén repensar la ciència econòmica des d'un marc integrador de l'econòmic amb el seu últim suport material. Al llarg de la història de l'economia, allò que és econòmic s'ha explicat des de paradigmes molt diferents en funció de les diferents circumstàncies del moment; no és estrany que es vulguin abordar les qüestions econòmiques en un marc nou, alhora que, en aquests moments, assistim a impactes, en els quals la transgressió de les lleis naturals és tan important, per exemple, en el canvi climàtic, que necessàriament retroalimenten impactes substancials al món econòmic.



# Tres eco-potes maleïdes

Perquè un concepte quallí amb aires de permanència necessita el seu temps de transgressió, la seva polèmica. La criatura que ens ocupa –anomenem-la allò *eco*– va néixer i immediatament es va haver d'enfrontar a tot el contrari. L'*establishment* la va adoptar amb alegria i en va fer bandera. Així les coses, el seu èxit era improbable, la seva credibilitat mínima i la seva assumpció per part dels delineants de la cultura, un somni. En fi, com si el *punk* hagués crescut taral·lejat per la reina d'Anglaterra o el *heavy metal* hagués arrencat a les misses de dotze. Un desastre.

Allò *eco* apareix en un moment de crisi important d'idees i ideals. L'esquerra tradicional patia l'inici d'una sequera que ha resultat de llarga durada. Els darrers espeternecs d'allò *alternatiu* no convencien ja ningú i els hàbits de consum dur estaven substituint qualsevol altre mètode d'autoreconeixement juvenil. En una situació semblant, tot ens portaria a pensar que allò *eco* com a valor –com a bandera rebel, com a arma de transgressió– apareixia en un moment immillorable. El problema? Que va passar el mateix pels caps pensants dels dictadors de moda i tendències. Àvids de trobar nous «valors de la joventut», cansats de rastrejar un mercat en crisi i esgotades les tribus urbanes, els cantants suïcides i els actors adolescents, van caçar al vol la idea d'allò *eco*. I encara pitjor, es van adonar que no solament els anava bé per vendre-la a la joventut com a valor de canvi, sinó també a l'amplíssim ventall de l'esquerra dispersa i culta, perplexa després dels darrers esdeveniments dels anys vuitanta. Així que va sortir al mercat un exercit de productes presumptament *eco* que incloïen des de sabates infantils a desodorants, de paelles a gomina, de còtxes a pintallavis, passant per una escombrada intensiva del sector de l'alimentació.



**Cristina Fallaràs**

Periodista

Conseqüència: el valor que podria haver constituït allò *eco* es va convertir només en néixer en tot el contrari, i a sobre, en una sola temporada –comercialment parlant una temporada són 3 mesos– va patir un desgast immediat i devastador. Si allò *eco* era territori d'El Corte Inglés o Revlon, quin humà audaç o lluitador o compromès hauria volgut fer-lo seu?

D'altra banda, no eren només els venedors de moda els que anaven a la caça del concepte nou i vendible. Els partits polítics, pels mateixos motius –crisi d'ideals, caiguda de l'esquerra tradicional, descrèdit del comunisme i similars–, estaven assedegats d'idees i van veure la llum en el nostre pobre i ja una mica blasmat concepte *eco* (no oblidem que els partits polítics van unes passes pel darrere de les iniciatives comercials). Així que després de les rentadores ecològiques van arribar els ecosocialistes, els ecocomunistes, els verds integrats, els verds sense integrar, els verds integristes, els ecocentrats i no va arribar l'eco-Conferència Episcopal, però li va anar d'un pèl. Si a l'electorat se li havia de vendre un concepte fàcil d'entendre i més fàcil d'aplicar, per barat i per la seva incidència en les futures generacions, és a dir, en el seus fills, això era allò *eco*. Però el cert és que eren tants els xarlatans, tan enfrontats a més, i tan poc l'auditori que l'únic que van aconseguir va ser matar la resta –mínim, d'altra banda– de crèdit que encara li quedava a la idea.

I ja, a més a més, el nostre pobre *eco* va aparèixer en el «mercat de valors» a la vegada que altres respostes, aquestes d'aires espirituals, que intentaven seduir i captar als desorientats ciutadans que abans creien en l'esquerra com a llum de bondat i ara carn de perplexitat. Allò *eco* va coincidir amb el *new age*, tots els graus del concepte *integral*, totes les variants de les teràpies paraclíniques

–de l'aromateràpia o la risoteràpia a les flors de Bach–, sectes més o menys apocalíptiques i esoterismes variats.

Total, que allò *eco* es va recolzar només en néixer en tres potes maleïdes, les tres potes que el van consagrar i el van enfonsar en un mateix suport: el consumisme, els partits polítics i l'espiritualisme de fi de segle.

Per això, el més normal és que, en una situació semblant, la nostra idea, allò *eco*, despertés totes les suspicàcies. En realitat, només ara, al cap de trenta anys d'irrompre a l'àmbit popular, comença a tenir aires de quallar una cultura eco que no provoqui entre el públic enrojament o dissimulació.



**Com es mesura  
la insostenibilitat?**



# 3

## A la recerca d'indicadors

La Torre de Babel és el símbol de la confusió per la falta d'entesa entre persones que parlen llengües diferents. La incomprensió no solament es dona entre llengües, també pot generar-se confusió, particularment en el comerç, per la utilització d'unitats de pes i mesura diferents. La definició del metre com a unitat de mesura de longitud es va produir a París el 22 de juny de 1799. El rigor en la mesura donava seguretat i confiança als intercanvis comercials; significava un criteri comú, una mena d'esperanto comprensible per a tothom. La creació de l'euro com a moneda única va suposar, independentment d'altres consideracions, una indubtable comoditat entre els habitants viatgers del vell continent.

### Noves formes de mesurar els recursos i els residus

L'aparició de nous conceptes pot requerir noves maneres de mesurar que permetin avaluar el grau o nivell de compliment de l'esmentat concepte. Malgrat l'ús i abús de la paraula sostenibilitat, i de l'ambigüitat del terme, l'incompliment d'aquest concepte, és a dir, la insostenibilitat, és mesurable, pesable i, per tant, quantificable i verificable. La difusió de nous productes que afecten el medi ambient i la intensitat de la nostra pressió sobre aquest han conduït a la conveniència de disposar de nous indicadors que permetin valorar les conseqüències de les nostres accions.

Així, al costat d'indicadors de sostenibilitat «febles», com la comptabilitat verda o l'índex de desenvolupament sostenible, propis de l'economia ambiental, hi ha altres indicadors de sostenibilitat propis de l'economia ecològica, com són la biocapacitat, l'anàlisi de cicle de vida (ACV), la petjada ecològica, la motxilla ecològica, el deute ecològic i altres, que podem definir com a indicadors de sostenibilitat «forts». Es distingeixen per estar basats en fluxos i consums d'energia i materials<sup>1</sup>, i són més concordes amb la realitat biofísica del planeta.<sup>2</sup>

La *biocapacitat* o *capacitat biològica* es refereix a la capacitat d'una àrea específica biològicament productiva de generar un abastament regular de recursos renovables i d'absorbir els rebuigs resultants del seu consum. Quan la necessitat d'abastament d'una regió supera la seva capacitat biològica, vol dir que s'està usant de manera no sostenible. Podem fer un símil; la biosfera és com un rebost del qual prenem els recursos amb els quals satisfem les nostres necessitats. Aquest rebost conté productes peribles, que anomenem recursos no renovables, i productes que es renoven a un determinat ritme, que anomenem renovables. Si utilitzem aquests últims de manera que el que prenem sigui inferior al que es renova, podem viure «de rendes»; si al contrari, en prenem més del que es renova, arribarà un moment en què el rebost estarà buit, perquè hauré esgotat el capital que teníem.

Un indicador de sostenibilitat en el sector dels materials és l'anomenada anàlisi del cicle de vida (ACV).<sup>3</sup> L'ACV és una eina de càlcul amb una metodologia i uns protocols que ens permeten conèixer i quantificar els impactes ambientals, els recursos materials i energètics associats a un producte, procés o activitat, des del seu inici fins a la seva eliminació o acabament.

<sup>1</sup> Carlos de Castro Carranz. *Ecología y desarrollo humano sostenible*. Universidad de Valladolid. Valladolid, 2004.

<sup>2</sup> Fernando Prieto. «Indicadores de desarrollo sostenible: nuevos indicadores para la sostenibilidad del desarrollo». A: *Ecología y economía para un desarrollo sostenible*. Publicacions de la Universitat de València. València, 2003.

<sup>3</sup> Joan Rieradevall i Joan Vinyets. *Ecodisseny i ecoproductes*. Editorial Rubes. Barcelona 2003.

El càlcul de les emissions de CO<sub>2</sub> és un altre nou indicador ja molt popularitzat. Es pot quantificar la petjada de carboni d'un producte alimentari, d'una edificació, dels sistemes de transport, fins i tot d'una persona segons la seva forma de vida i consum, també d'una ciutat, un territori, un país o el món sencer. Aquest indicador permet mesurar les emissions de manera individual. Fa poc, al Regne Unit un comitè parlamentari ha comminat el Govern a imposar quotes en les emissions de cada ciutadà.

Una manera senzilla d'explicar la sostenibilitat és mitjançant l'indicador de la petjada ecològica, que en anglès s'anomena *footprint*. Aquest indicador quantifica les hectàrees que es requereixen per satisfer les necessitats de recursos i absorció de residus d'una persona, una ciutat o un país. La metodologia de càlcul es basa en l'estimació de les hectàrees de terreny productiu necessàries per satisfer les necessitats de consum relatives als aliments, productes forestals, despesa energètica i ocupació del territori. Es consideren pastures, boscos, cultius, mar productiu, terreny construït i espai públic, així com l'àrea necessària per a l'absorció del CO<sub>2</sub> generat. L'impacte de les ciutats depèn de la forma de vida dels seus habitants.

El concepte de petjada ecològica té en compte els fluxos de materials i energia i els converteix en la seva corresponent àrea de terra/aigua requerida per la naturalesa per sostenir aquests fluxos.<sup>4</sup> Aquesta tècnica és alhora analítica i educativa, reflecteix una realitat biofísica que mesura i pesa per poder conèixer quins són els límits dels nostres recursos i, amb ells, els límits del nostre creixement.

La metodologia té els seus orígens en l'estudi de la termodinàmica realitzat pel noble ucraïnès Sergei Podolinsky (1876), encara que els pares de la petjada ecològica són William Rees i Mathis Wackernagel (1996). Aquest càlcul mesura l'energia primària associada a la producció dels béns de consum, transformant-la després en biocapacitat. Es poden mesurar els béns de consum d'un sol consumidor o conjunts estadístics com barris, ciutats o països. Rees i Wackernagel van estimar la biocapacitat necessària associada a la producció i vida útil de 150 béns de consum estàndard. Mitjançant l'anàlisi del cicle de vida del producte estimen l'energia primària necessària per a l'extracció, el transport, la producció, la distribució, la vida i el reciclatge, que després divideixen per la vida útil i substitueixen per biocombustible o hectàrees d'absorció.

Finalment, hi ha els anomenats indicadors socials, que són més subjectius i, per tant, menys precisos que els físics; això no impedeix reconèixer que proporcionen aspectes de la realitat interessants d'analitzar. Un d'aquests indicadors és el de la felicitat de les persones, un indicador d'ús creixent i divulgat sovint pels mitjans de comunicació. De les diverses dades que es coneixen destaquen dues conclusions. Als Estats Units, l'índex de felicitat disminueix des dels anys seixanta. Els països més feliços del món són una curiosa barreja de països nòrdics, que compten països amb una alta protecció social per part de l'Estat, i països tropicals en els quals la societat es caracteritza per uns forts vincles de relació humana i de protecció de la comunitat.

Quan ens alimentem o ens movem amb cotxe, per exemple, estem intercanviant matèria i energia amb el medi ambient. El nostre cos i el nostre entorn estan contínuament renovant-se i transformant-se. Però aquest canvi es produeix a partir de tot allò que ens proporciona la naturalesa: aliments, petroli, pedra, argila i minerals, aigua, aire, etc. També energia lluminosa i calorífica. Si volem permetre que les generacions futures visquin amb recursos suficients, ens hem d'assegurar de no gastar els recursos renovables més de pressa del temps que necessiten per renovar-se. Actualment, el nostre model de consum actua com si els productes naturals fossin recursos il·limitats, una cosa que ja sabem que no és certa.

4 Mathis Wackernagel y William Rees. *Nuestra huella ecológica*. Lom ediciones. Santiago de Chile, 2001.



La petjada és un símbol de l'acció humana sobre el territori, des de la representació pictòrica que trobem en coves prehistòriques fins a la fotografia del rastre deixat pel primer home sobre la lluna. Avui, la petjada ecològica esdevé un instrument de mesura per avaluar la incidència humana actual sobre el planeta.

# 3A

## Biocapacitat

Tots els éssers vius obtenim els nostres recursos de la biosfera. Per produir els béns que satisfan les nostres necessitats recorrem als materials que ens proporciona la Terra. La pregunta que se'ns planteja és: quantes hectàrees de la superfície terrestre tenim a la nostra disposició? Per saber-ho cal considerar l'extensió total de la superfície terrestre i descomptar les superfícies no productives. Aquesta resta ens donarà la superfície de terra productiva de la qual disposa la humanitat per satisfer les seves necessitats: una superfície d'1,78 ha per habitant. Podríem dir que constitueix els recursos que tenim disponibles al rebost.

### Quina és l'evolució de la biocapacitat terrestre?

El problema de la insostenibilitat de la nostra societat és que aquesta superfície disponible disminueix any rere any, perquè mentre els recursos van disminuint, la població i les seves necessitats augmenten. Tenim, doncs, un problema de gestió dels recursos que urgeix modificar, si no volem empobrir-nos progressivament.

Podem creure que les noves tecnologies incrementen l'eficiència de la producció, de manera que compensem el creixement de la demanda amb un major rendiment, però això no és així. Si analitzem, per exemple, la producció agrícola, sabem que a tot el planeta disposem de 5.000 milions d'hectàrees, de les quals 3.500 milions estan dedicades a les pastures per al bestiar i 1.500 s'utilitzen per a l'agricultura. En els últims 40 anys, la superfície agrícola mundial ha augmentat aproximadament un 10% mentre que la població s'ha duplicat en el mateix període; així doncs, la disponibilitat per càpita ha passat d'1,4 a 0,83 ha.<sup>1</sup>

La superfície productiva disminueix cada any a causa de l'augment d'ocupació de territori productiu per part de les ciutats i de les infraestructures de transport, que actualment creixen de manera exponencial per satisfer l'increment d'una població que té grans necessitats de consum de productes. La població del planeta ha passat de 150 milions d'habitants fa 30.000 anys a 1.700 milions a l'inici de la Revolució Industrial, al segle XIX, i a uns 6.300 milions en l'actualitat. A mitjan segle XX, amb un terç dels habitants dels existents actualment, es conreaven 3.000 milions d'hectàrees i uns altres 1.150 milions es dedicaven a les pastures. A la pàgina 76 veiem l'evolució dels recursos renovables i dels no renovables.

En els últims 200 anys, des de la Revolució Industrial, es produeix un fet nou: el progressiu increment de la població que viu en ciutats que, al seu torn, van creixent de manera continuada. Les ciutats ocupen ja 216 milions d'hectàrees. Acullen la meitat de la població mundial i són grans consumidores de recursos i productores de CO<sub>2</sub>, en gran part derivat del transport necessari per moure persones i productes, així com dels residus que produeixen. Tot això provoca un increment exponencial en l'ocupació de terreny productiu que passa llavors a ser no productiu, i un augment del consum de recursos renovables com són els terrenys destinats a boscos, agricultura, pastures i pesca.<sup>2</sup> A més, estem assistint a la progressiva escassetat i esgotament dels recursos no renovables com són el petroli, el carbó, el gas i l'urani.

<sup>1</sup> Wolfgang Sachs y Tilman Santarius. *Un futuro justo. Recursos limitados y justicia global*. Un informe editado por el Instituto Wuppertal para el Clima, el Medio Ambiente y la Energía. Icaria editorial. Barcelona, 2007.

<sup>2</sup> Lester R. Brown. *Salvar el planeta. Plan B. ecología para un mundo en peligro*. Editorial Paidós. Barcelona, 2004.

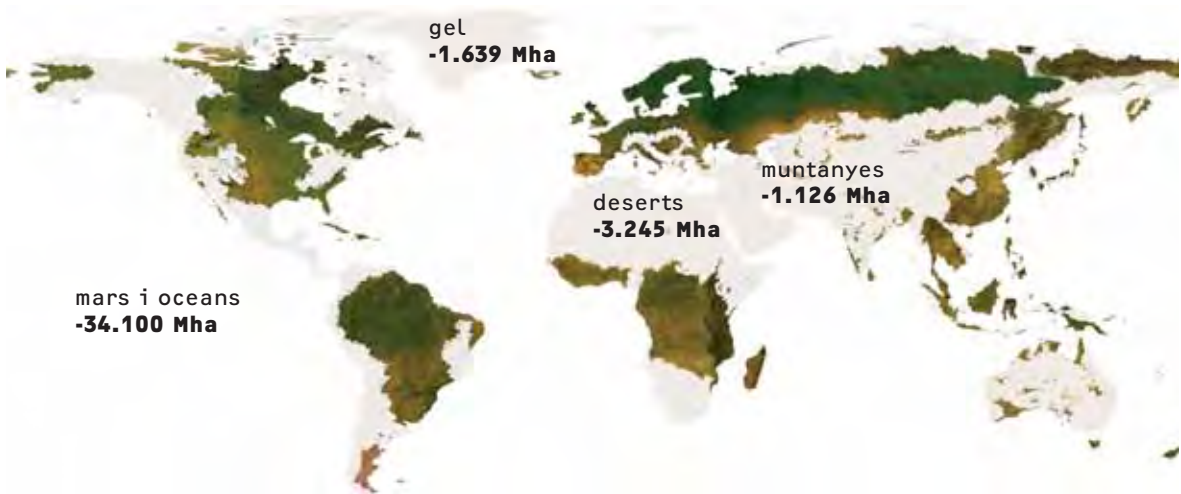


## Què és la biocapacitat?

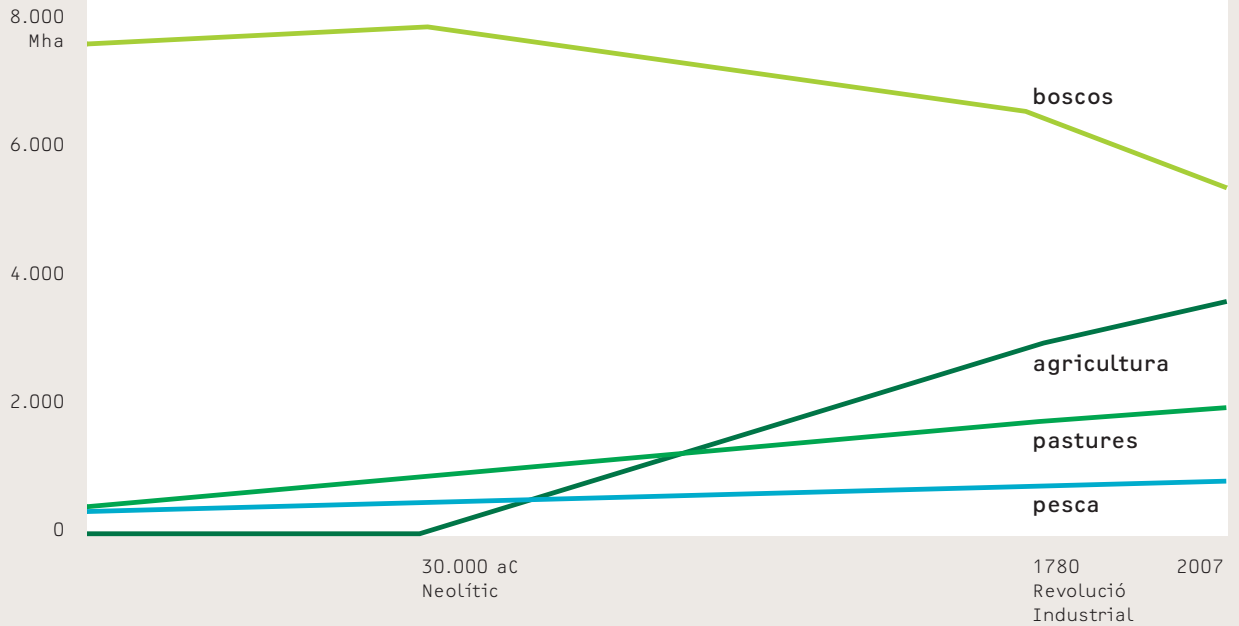
La Terra té 54.880 milions d'hectàrees (Mha), de les quals 42.080 no són font de recursos



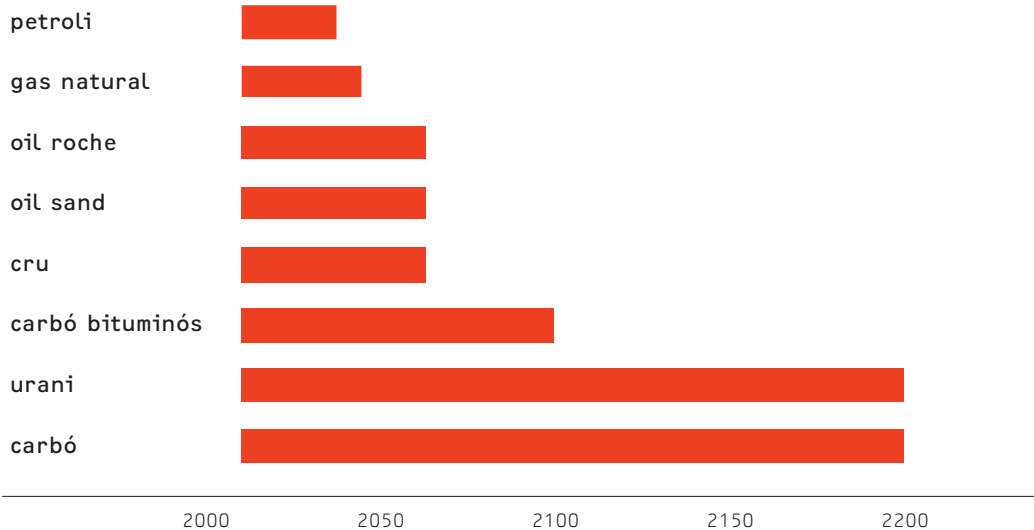
Només un 20% de la superfície és útil. Si la repartim entre la població mundial toca a 1,78 ha per habitant. Això és la biocapacitat de la Terra



## Evolució dels recursos renovables



## Reserves d'energies fòssils



# 3B

## Anàlisi del cicle de vida de béns de consum i edificis

Una vegada sabem què tenim al rebost –la biocapacitat– ens convé quantificar el consum que ens cal, segons la nostra manera de viure. Com es pot quantificar de manera homogènia tot allò que consumim? Per produir qualsevol bé material necessitem matèries primeres, però per poder utilitzar-les necessitem energia: per extreure-les de la terra, per transformar-les i fer-les aptes per al nostre ús i, finalment, per transportar-les fins a les nostres llars. Qualsevol bé produït, des d'una pastanaga fins a un maó o un parell de sabates, requereix l'ús d'energia, que anomenem energia primària. També necessitem combustible per moure els vehicles amb els quals transportem les matèries primeres i els productes manufacturats resultants.

### Quant CO<sub>2</sub> emetem en menjar o desplaçar-nos?

Habitualment mesurem i pesem les matèries primeres en metres cúbics o en tones; també acostumem a saber el seu preu en euros per unitat. Amb el sistema de càlcul de l'ACV, podem quantificar també l'impacte que exerceixen en el medi ambient, avaluant el consum d'hectàrees de superfície necessàries per produir-los, o les hectàrees de superfície de bosc necessari per absorbir les tones de CO<sub>2</sub> emeses. Podem mesurar el consum de combustibles i pesar-lo en litres, però avui és més indicatiu mesurar les tones de CO<sub>2</sub> emeses. L'ACV i la petjada ecològica ens permeten quantificar els materials en hectàrees de terreny i en tones d'emissions de CO<sub>2</sub>.

Tenim, doncs, diverses unitats per quantificar consums i emissions que podem convertir d'una a una altra mitjançant equivalències. Tones de pes, de materials o de CO<sub>2</sub>, tones equivalents de petroli, hectàrees de superfície i metres cúbics de volum. També disposem d'una altra unitat, els joules, per mesurar l'energia.

Aquesta possibilitat de convertir l'impacte d'un material en diferents unitats és important, perquè permet superposar i comparar les dues comptabilitats: d'una banda, la comptabilitat de les hectàrees de biocapacitat necessàries per produir un bé o absorbir CO<sub>2</sub>, i, de l'altra, la de les teps (tones equivalents de petroli) o les unitats energètiques. Com hem dit anteriorment, és possible mesurar i pesar, i per tant quantificar i valorar l'impacte de cada material, és a dir, el seu grau de sostenibilitat. Als gràfics de les pàgines següents observem el càlcul de l'ACV de diferents aliments, sistemes de transport i formes de vida. En l'alimentació, les hectàrees necessàries per produir els aliments d'una dieta determinada depenen lògicament dels seus components; així, s'ha constatat que per produir un aliment d'origen animal calen molts més recursos que per a la verdura o la fruita.

La petjada del transport és la que té una influència més gran segons siguin els nostres hàbits. Es pot dividir en diària o obligada, segons el recorregut que fem per anar a la feina, les compres del cap de setmana o les vacances. Aquí la forquilla és molt més gran que les observades en alimentació i edificació. La que més incideix és la corresponent al cap de setmana, a causa dels trasllats a les segones residències, i a la petjada que resulta de les vacances, pels vols amb avió, molt cars en CO<sub>2</sub>.

Aquesta és la diferència d'utilitzar un sistema de transport o un altre. En aquest sentit, el mètode de transport més eficient en termes de sostenibilitat és la bicicleta, després caminar, després els transports públics com el ferrocarril, els tramvies i els autobusos; en el grup de grans contaminants trobem els vehicles privats com el cotxe –encara que dins d'aquests hi ha graus molt diversos– i en la cota més baixa de la sostenibilitat, l'avió.

### Quant CO<sub>2</sub> s'emet en fabricar un totxo? I un habitatge?

Considerem una «totxana», que és el nom que rep a Catalunya el maó doble buit, material representatiu de la construcció d'edificis. Per conèixer l'energia consumida en la fabricació hem d'estudiar el seu cicle de vida (ACV) i analitzar les diverses fases del procés, des de l'extracció dels diversos materials que el componen, fins a la col·locació a l'obra. A més, analitzarem el transport fins a la fàbrica, la barreja dels ingredients, l'aigua consumida, el tamisat, triturat i l'extrusió, el tall, assecatge i apilat i, finalment, la distribució dels maons fins a arribar a l'obra. El càlcul determina el nombre de tones de CO<sub>2</sub> que s'emet per cada peça de totxana que utilitzem.

Lògicament la variable «distribució fins a l'obra» és molt aleatòria, depenent de la distància que es recorri, però les altres són fàcils de mesurar. També tindrem en compte, si volem realitzar un mesurament precís, l'energia emprada pels treballadors per traslladar-se des de la seva residència fins al lloc de treball, així com la part corresponent de la seva pròpia petjada ecològica en la prestació del servei «treball». Finalment, podem transformar aquesta quantitat d'energia en emissions de CO<sub>2</sub>. És possible calcular aquestes emissions per a qualsevol material, tant renovable com no renovable, i també per a cada procés de fabricació. Al seu torn, la xifra resultant es pot convertir, mitjançant factors de conversió, en hectàrees necessàries i després en biomassa.

Aquest càlcul és important perquè d'aquesta manera es pot realitzar la conversió de tones de CO<sub>2</sub> en hectàrees de biocapacitat necessàries per produir l'energia equivalent d'energies netes i renovables, o per mesurar la superfície de boscos que es necessita per absorbir aquestes emissions. Les energies renovables són les que no s'esgoten, les netes són les que no contaminen: la radiació solar, el vent, les ones, els fluxos d'aigua, la calor procedent de la radiació solar emmagatzemada prop de la superfície de la terra, i els fluxos geotèrmics i l'energia emmagatzemada procedent de l'interior de la terra<sup>1</sup>.

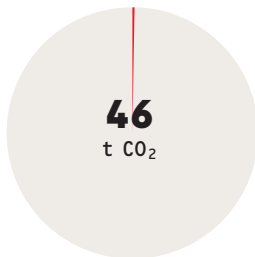
Per construir i utilitzar un habitatge i els edificis en general necessitem matèria i energia. Existeixen nombrosos materials i sistemes constructius, alguns consumeixen molta energia, per exemple els edificis construïts en els anys cinquanta i seixanta, de vidre i alumini; en canvi, d'altres en consumeixen molt poca, com les cases de fang, palla o fusta. Cada sistema té el seu perfil d'energia incorporada, (en anglès *embodied energy*) que és la que es consumeix en la construcció. D'altra banda, en utilitzar un edifici consumirem encara més energia que la utilitzada en la seva construcció; es denomina *energia útil* i depèn de la construcció, en particular del grau d'aïllament tèrmic i del bon ús que en fem. En els extrems podem trobar, d'una banda, els edificis dels anys del *boom* immobiliari, en general malgastadors d'energia, i de l'altra, els edificis realitzats amb estàndards europeus alemanys o suïssos (*passive house* o *minnertig*) que consumeixen poca energia; entre aquests últims, alguns fins i tot produeixen més energia que la que consumeixen. En els exemples analitzats ens movem en una forquilla que va de 250 kw/m<sup>2</sup> per a un habitatge amb una etiqueta d'eficiència E a una altra amb etiqueta A que consumeix solament 42 kw/m<sup>2</sup>. La diferència en el consum és d'1 a 5; fent la conversió a hectàrees és d'1,8 a 0,2 respectivament. En CO<sub>2</sub> ens movem entre 1,32 i 11,88 tones.

<sup>1</sup> Josep Puig, Joaquim Corominas. *La ruta de la energia*. Editorial Anthropos. Barcelona, 1990.

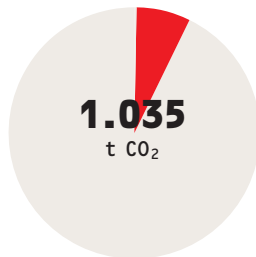
## Quantes emissions provoca la fabricació de materials de construcció?

Anàlisi del cicle de vida de 75.380 totxos

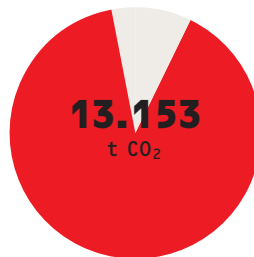
### extracció



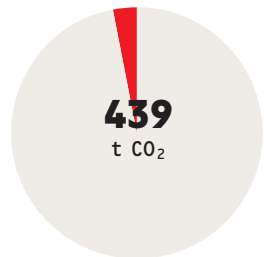
### transport



### producció



### personal

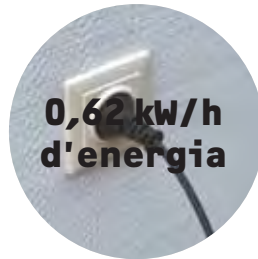


S'ha estudiat l'impacte del procés productiu d'una bòbila al llarg d'un any (75.380 totxos). Es van emprar 102.000 t d'argila. L'extracció implica la utilització de maquinària que emet CO<sub>2</sub> i el trasllat fins a la fàbrica requereix un transport amb camions que també emeten CO<sub>2</sub>. El procés productiu de barreja, extrusió, secat, apilament, forn i embalatge consumeix també energia i, per tant, emet CO<sub>2</sub>. Les persones que treballen a la fàbrica i s'hi han de traslladar –probablement amb cotxe– són el darrer factor analitzat. Si dividim les emissions totals pel nombre de peces fabricades resulta que per a cadascuna s'emeten 184 kg de CO<sub>2</sub> (gràfic de la pàgina següent).



=

**184 kg**  
de CO<sub>2</sub>



## La petjada ecològica del consumidor

Ara que sabem com funciona la nostra calculadora, podem mesurar el consum de dues persones amb diferents hàbits de vida. Una té una petjada baixa, l'altra la té alta. Les dues consumeixen bàsicament tres coses que necessiten i obtenen dels recursos naturals i de les quals sabem ja mesurar la petjada: els aliments, l'habitatge, l'espai on viuen, i la mobilitat, és a dir, els sistemes de transport que utilitzen per desplaçar-se.

### Aliments, habitatge i transport

Per aconseguir 1 kg de carn de vedella calen pastures, aigua, pinsos, matar l'animal, especejar-lo, transportar-lo fins a casa nostra i preparar-lo. Per produir 1 kg de verdures s'han de conrear els camps, tractar les plantes, recollir-les i transportar-les. Cadascun duu aparellat consum d'energia. Per tant, podem quantificar els consums energètics dels diferents components, deduir la superfície equivalent de terreny per produir-los i avaluar les hectàrees de terreny que calen per a cada usuari tipus. Ens movem en un interval d'entre 0,22 i 4,2 hectàrees. El primer cas correspondria a una persona vegetariana i el segon a una persona que consumeixi quantitats ingents de carn.

Considerem ara l'habitatge. Entre un pis de 60 m<sup>2</sup> construït de manera bioclimàtica, amb un ús moderat dels sistemes de climatització i uns electrodomèstics i aparells d'il·luminació de baix consum, i un xalet de 200 m<sup>2</sup>, amb jardí i piscina, construït de la manera habitual i sense preocupacions pel consum d'energia, l'interval varia entre 0,2 i 1,8 hectàrees.

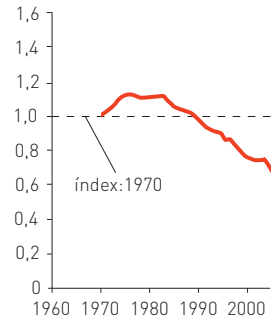
El tercer element estudiat és el transport, que presenta diferències molt més notables. Ens movem a peu, amb bicicleta, en cotxe, en tren o en avió. Ens traslladem per motius inexcusables però també per motius de lleure: els caps de setmana, els trasllats a la segona residència i els viatges de plaer, que poden ser en avió. Veiem que en aquest cas l'interval és molt més gran; la necessitat de superfície per satisfer les necessitats de diferents formes de vida oscil·la entre les 0,5 hectàrees i les 25 hectàrees.<sup>1</sup> Deduïm, doncs, que el transport té una incidència extremadament elevada en la petjada ecològica d'una persona i, per tant, és el factor que hauríem de tenir més en compte si desitgem reduir la nostra contribució al canvi climàtic.

En parlar de biocapacitat, hem vist que si dividim els recursos disponibles pel nombre d'habitants de la Terra obtenim una superfície mitjana d'1,78 hectàrees. Si ara sumem les biocapacitats dels exemples analitzats, observem que mentre la persona A –que es desplaça amb bicicleta, segueix una dieta vegetariana i viu en una casa sostenible– té una petjada d'1,75 hectàrees que correspon al valor mitjà; i la persona B –que consumeix molta carn i peix, es desplaça en tot terreny, viu en un xalet amb jardí i viatja sovint en avió– té una petjada de 29 hectàrees, és a dir, el consum de B és més de 16 vegades superior al d'A. Podem considerar que A viu d'una manera sostenible, mentre que B té una forma de vida molt poc sostenible. Si tothom consumís com ell, caldrien 14 planetes per satisfer les necessitats de la població actual; com no disposem de tants planetes, podem deduir que B consumeix hectàrees de biocapacitat que corresponen a altres persones. (Vegeu els gràfics de les pàgines 78 i 79).

# 3C

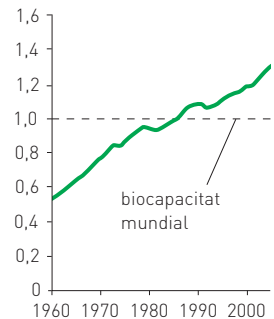
### Biodiversitat global

Espècies de vertebrats al món



### Petjada ecològica de la humanitat

Quants planetes Terra necessitem?



font: Informe Planeta Vivo 2008  
www.wwf.org.co

<sup>1</sup> Hi ha diverses institucions que proporcionen taules per calcular la nostra petjada: Carbon Footprint, Zero CO<sub>2</sub>, WWF/Adena i Greenpeace. Vegeu l'article de Javier Rico al diari *El País* del 25 d'agost de 2008.

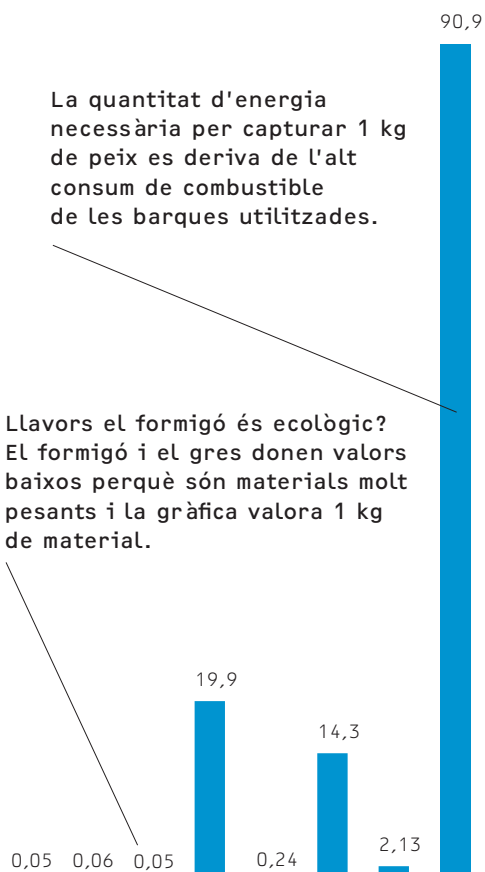
# Anàlisi del cicle de vida de diversos aliments i materials de construcció

## energia necessària per produir 1kg de material

en Teps (tones equivalents de petroli)

La quantitat d'energia necessària per capturar 1 kg de peix es deriva de l'alt consum de combustible de les barques utilitzades.

Llavors el formigó és ecològic? El formigó i el gres donen valors baixos perquè són materials molt pesants i la gràfica valora 1 kg de material.



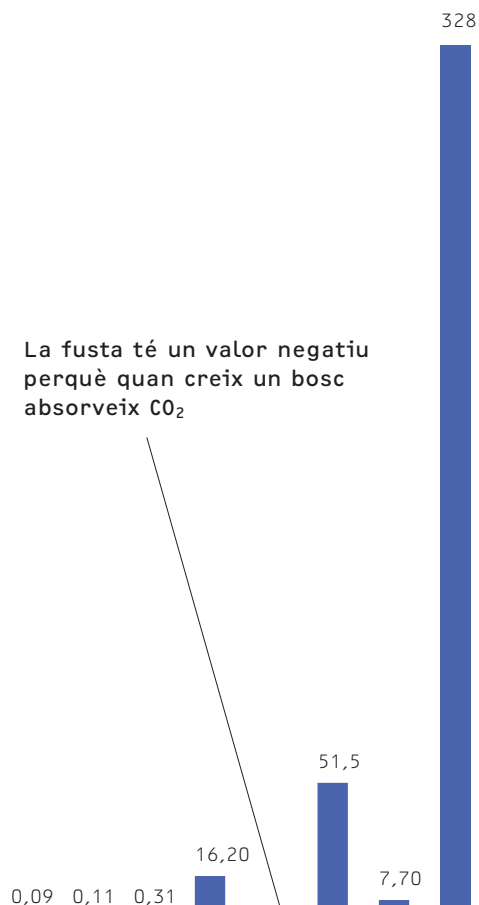
no renovables

renovables

## emissions de CO<sub>2</sub>

en tones

La fusta té un valor negatiu perquè quan creix un bosc absorbeix CO<sub>2</sub>



no renovables

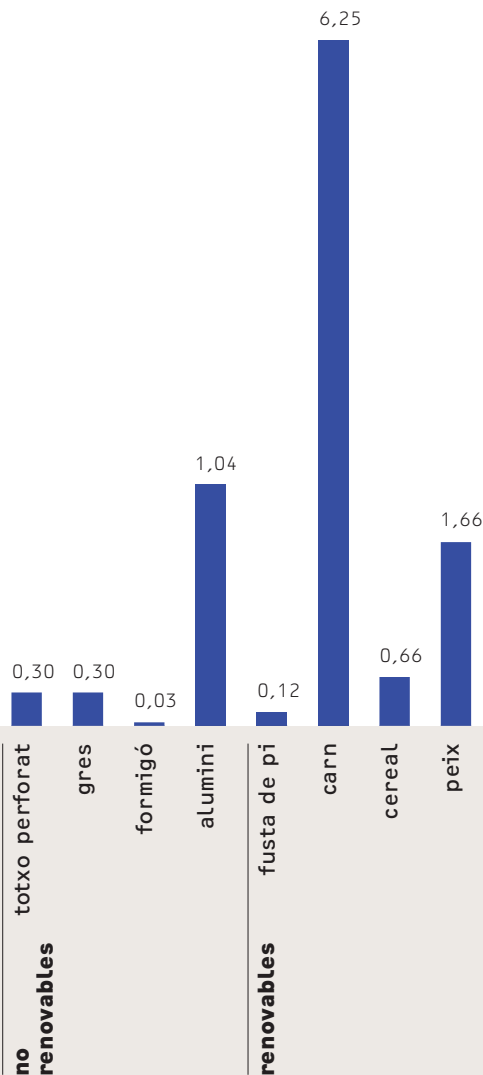
renovables

fusta de pi:  
aquesta barra creuaria una altra pàgina com aquesta



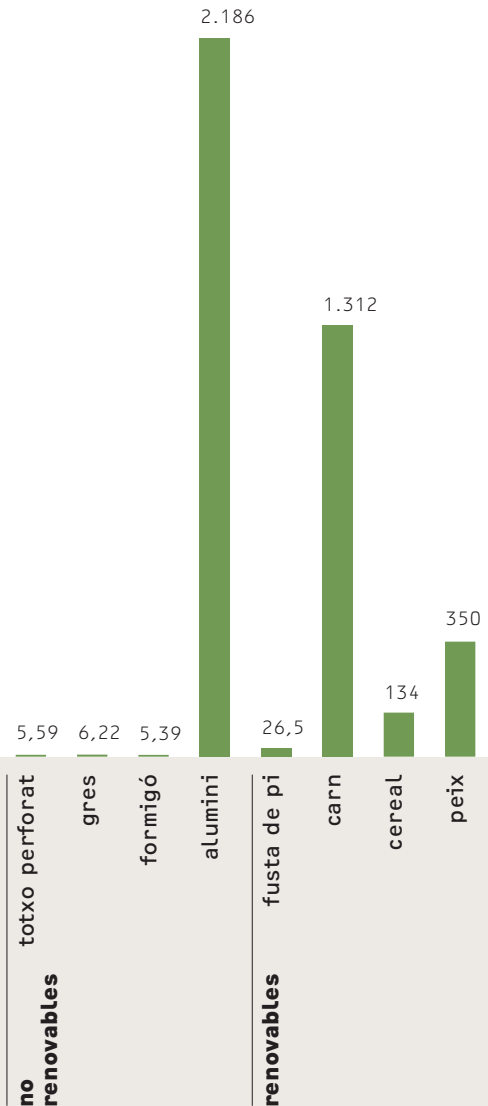
## hectàrees de bosc o mar necessàries per absorbir les emissions

En ha de bosc o mar. Els boscos i el mar absorbeixen el CO<sub>2</sub> de l'atmosfera; per absorbir el CO<sub>2</sub> que s'emet en produir 1 kg de material calen aquestes ha de bosc o mar



## quantitat d'etanol necessària per produir 1 kg de material

En m<sup>3</sup>. Si en lloc de carburants fòssils s'utilitzés etanol, caldria aquesta quantitat de biomassa (en m<sup>3</sup>) per produir 1 kg de material.



# Petjada ecològica associada a la demanda de calor, fred i electricitat en l'ús de l'edifici

## edifici antic

113 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/any  
6,5 t CO<sub>2</sub> per habitant/any



## edifici segons codi tècnic

80 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/any  
5,1 t CO<sub>2</sub> per habitant/any



## edifici segons decret d'eficiència de Catalunya

50,4 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/any  
3,3 t CO<sub>2</sub> per habitant/any



## edifici de baix consum

35,3 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/any  
2,9 t CO<sub>2</sub> per habitant/any



## edifici passiu

16,6 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/any  
2,2 t CO<sub>2</sub> per habitant/any



**3 ha**



**0,04 ha**

1 habitatge = 119 m<sup>2</sup> útils  
1kg CO<sub>2</sub> = 1,95 kWh - mix espanyol

# Petjada ecològica associada als edificis segons el tipus de construcció



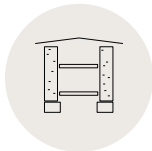
## **mur de càrrega d'obra ceràmica + forjat de formigó**

**edifici pesat**

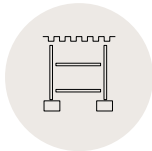


## **mur de càrrega d'obra ceràmica + forjat lleuger**

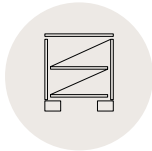
**edificis semipesats**



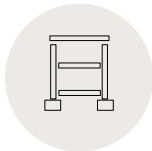
## **casa de tapial**



## **edifici d'acer**

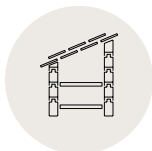


## **edifici d'alumini**



## **edifici lleuger, en sec**

**edificis lleugers**



## **sistema LAFT**



## **hivernacle**



# 3D

## La petjada ecològica de ciutats i països

Els dos ciutadans de l'exemple anterior són consumidors que formen part d'un conjunt estadístic que es defineix com a *ciutat*. El metabolisme de les ciutats, com el de les persones, es defineix pel flux dels productes que hi entren i en surten. És una manera de conèixer l'impacte que produeixen en el medi. L'Àrea Metropolitana de Barcelona, per exemple, és una conurbació amb 4,3 milions d'habitants i una petjada ecològica de 3,9 hectàrees per habitant, molt superior a les 1,78 hectàrees que tenim de mitjana segons la biocapacitat del planeta. Londres presenta una petjada encara superior, de l'ordre de les 6,6 hectàrees per habitant. Dos països que s'apropen a la petjada ecològica mitjana són Nigèria i Lituània.

### Les ciutats són grans consumidores de recursos i productores de residus<sup>1</sup>

Si multipliquem els habitants de Barcelona per les hectàrees de petjada ecològica, obtenim un resultat de 17-18 milions d'hectàrees. Atès que la superfície de Catalunya és de 3 milions d'hectàrees, es pot concloure que consumim la biocapacitat corresponent a 5 catalunyes; això implica que, si situem la petjada ecològica de Barcelona al mapa, comprovarem que per satisfer les necessitats de la seva ciutadania cal una regió equivalent a un quadrat de 410 km de costat. Una regió que començaria a la Mediterrània i acabaria a l'Atlàntic, just al nord de Bordeus.

Això es reflecteix en la vida quotidiana: alguns aliments que consumim fora de temporada provenen de l'hemisferi sud, on les estacions són invertides respecte a les nostres; molts productes de consum provenen de la Xina i altres països del Sud-est asiàtic; en alguns edificis, la pedra arriba de l'Índia; ens agrada visitar com a turistes aquests països emergents, exòtics i llunyans, que imiten les nostres formes de vida i consum. Tot això comporta el transport de materials, persones, etc.

Aquest càlcul de la petjada ecològica dels habitants de Barcelona permet visualitzar quin tipus d'alimentació es consumeix –sigui pa i cereals, carn, peix, etc.–, i també modalitats de consum en transport, edificació, construcció, infraestructures, residus, roba, paper, etc. A més, permet comparar la dimensió i estructura de la petjada ecològica de diverses ciutats. Així, doncs, segons els estudis dels investigadors, la petjada ecològica de ciutats nord-americanes com San Diego és de 9 hectàrees, la de Vancouver al Canadà de 7 hectàrees i la de ciutats europees com Londres de 6,6 hectàrees, mentre que les ciutats mediterrànies tenen 4,5 hectàrees de mitjana. Sabem que la suma de recursos té un resultat finit i hem vist que la mitjana és d'1,78 hectàrees. Per tant, perquè nosaltres puguem tenir empremtes 3 o 4 vegades superiors a la mitjana, les d'altres ciutats hauran de ser-ne d'un terç o un quart; podem comprovar que així ocorre si cerquem les empremtes de les ciutats del Tercer Món, o les de les poblacions rurals.

Prenguem de nou com a exemple la ciutat de Londres, que requereix una superfície exterior de 125 vegades la seva regió de referència; solament per cobrir les seves necessitats d'aliments i productes forestals i per assimilar les emissions de contaminants, cal

<sup>1</sup> Carles Saura i Carulla.  
*Arquitectura y Medio Ambiente*.  
Edicions UPC. Barcelona, 2003



Los Angeles (EUA)

un territori que és la pràctica totalitat de la Gran Bretanya.<sup>2</sup> Comencem a entendre el colonialisme i el fet que la riquesa d'Anglaterra en l'època de la Revolució Industrial només fos possible per l'enorme quantitat de recursos importats de les colònies.

### La petjada ecològica del món

Si agreguem els indicadors obtinguts fins ara, obtenim dades a escala global que permeten comprendre millor quina és la situació al planeta. Disposem de dades sobre la petjada de tots els països que, sumats, donen lògicament la petjada global.

Podem agrupar els països segons el consum de barrils de petroli, la qual cosa proporciona una imatge clara del nivell de riquesa i de petjada ecològica. Mentre que un grup de països amb uns 400 milions d'habitants consumeixen entorn de 70 barrils de petroli diaris, altres països que agrupen 1.000 milions d'habitants consumeixen només 3 barrils al dia.

Observem que la magnitud de la petjada ecològica oscil·la des de la que tenen els Estats Units, on és de 9,4 hectàrees, la Unió Europea amb 4,8 hectàrees i el Japó amb 4,4 hectàrees, fins a la Xina, que té una petjada d'1,6 hectàrees, l'Índia, 0,8 hectàrees i Bangla Desh, 0,5 hectàrees. Per tant, un ciutadà nord-americà necessita 20 vegades més biocapacitat que un ciutadà de Bangla Desh. Recordem les dades de la biocapacitat del principi: la Terra té una biocapacitat d'11.200 milions d'hectàrees disponibles i una petjada per persona d'1,87 hectàrees. La realitat és que consumim més: concretament, 2,2 hectàrees per habitant. Això significa que estem esgotant els recursos del rebost global: no vivim de la renda que produeixen els recursos que tenim, sinó que estem emprant el capital amb què les pròximes generacions s'haurien d'alimentar. Estem consumint l'equivalent a 1,25 planetes, i quan els països emergents més poblats –la Xina i l'Índia– arriben a ser de consum intensiu, necessitarem dos planetes i mig. Si anem *in crescendo* i imaginem que tothom volgués viure segons les pautes de consum dels Estats Units, necessitaríem 4 planetes. Els tenim?

Altament dit: la petjada actual dels 6.300 milions d'habitants de la Terra equival a 14.000 milions d'hectàrees, mentre que la Terra té 11.000 milions d'hectàrees; falten, per tant, 3.000 milions d'hectàrees. On són? La resposta és preocupant: rau en el passat, se les anomena hectàrees de biocapacitat fantasma, i aquesta generació les extreu de les reserves de biocapacitat creades al llarg de milions d'anys. En altres paraules, estem clarament hipotecant el futur de les properes generacions.

Els recursos materials disponibles són finits, les nostres necessitats augmenten de manera exponencial. Fins a quin punt podem satisfer les necessitats d'una població en augment, amb un consum creixent i uns recursos decreixents?

A partir de les dades actuals, cal pensar en escenaris possibles de transició cap a models de futur. Les hipòtesis es poden establir a partir d'escenaris de transformació lenta o ràpida, amb creixements de població gran o menor; els resultats seran diferents segons les combinacions que efectuem.

La petjada ecològica permet construir escenaris d'un futur en què el conjunt dels consumidors del planeta sigui sostenible. El gràfic il·lustra un escenari sostenible on Europa redueix la seva petjada un 25% i els Estats Units un 50%, i el món viu dins de la biocapacitat disponible.

Què és, en resum, la sostenibilitat? És viure adaptat a la biocapacitat. Viure amb 1,78 hectàrees. Caldria, doncs, reduir la nostra petjada fins a arribar a aquesta quantitat i és difícil, perquè només en alimentació ja consumim 2,2 hectàrees. I això si la població es manté constant, situació no previsible a curt termini.

<sup>2</sup> María Novo. *El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa*. Editorial Pearson, Prentice hall. Madrid, 2006



Els residus de la naturalesa, quan es descomposen, esdevenen nutrients, és a dir, un nou recurs amb el qual es tanca el cicle natural sense perdre-hi res.



Els plàstics també es podrien reciclar, però a la pràctica es llencen i, com que no són biodegradables, perduraran centenars d'anys en mars i muntanyes.

## Petjada ecològica segons dieta

ciutatà A

**3.400 kcal/dia**

**40% de carn**



→ **4,2 ha**

ciutatà B

**2.300 kcal/dia**

**10% de carn**



→ **1,63 ha**

## Petjada ecològica segons estil de vida

**29 ha**

ciutatà A



30.000 km amb avió

transport

**1,75 ha**

ciutatà B



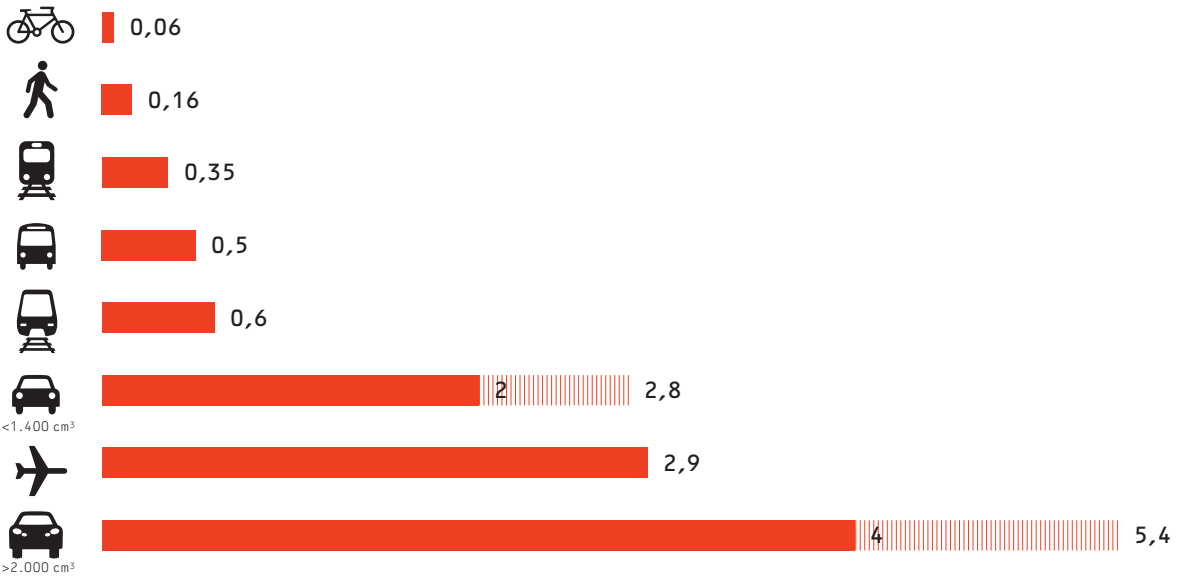
10.000 km amb bicicleta

**1,78 ha**

petjada ecològica sostenible

# Energia consumida per una persona en recórrer 1 km emprant diferents mitjans de transport

en megajoules



3.300 kcal, 40% carn

**dieta**

una parella amb 1a  
i 2a residència



2 habitatges de 100 m<sup>2</sup>

**construcció**



260 kWh/m<sup>2</sup>

**eficiència**



2.300 kcal, 10% carn



18 m<sup>2</sup>/habitant

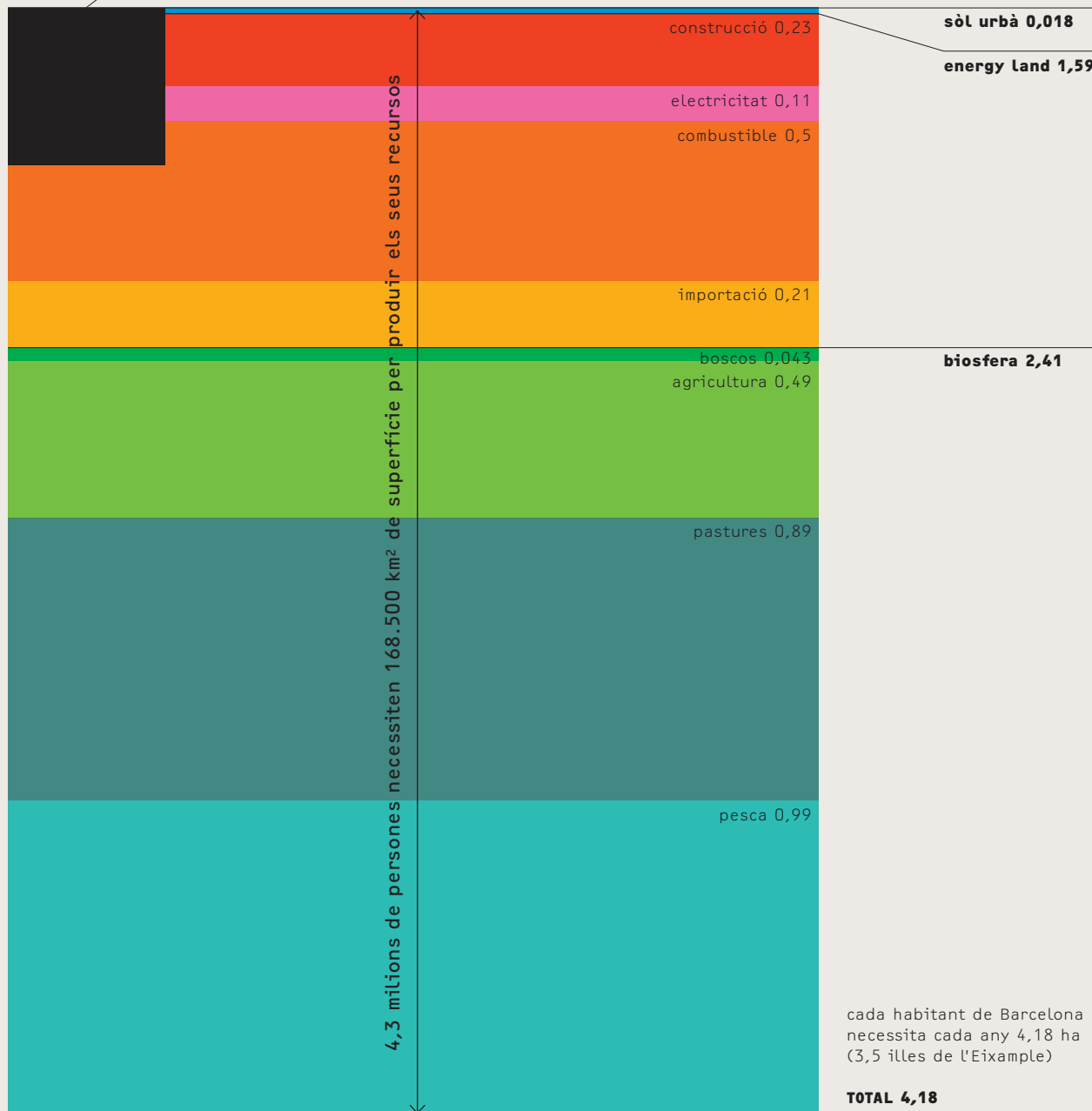
5 persones en  
un pis de 100 m<sup>2</sup>

# Petjada ecològica de Barcelona

168.500 km<sup>2</sup>

superfície de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (324 km<sup>2</sup>)

en ha/habitant/any



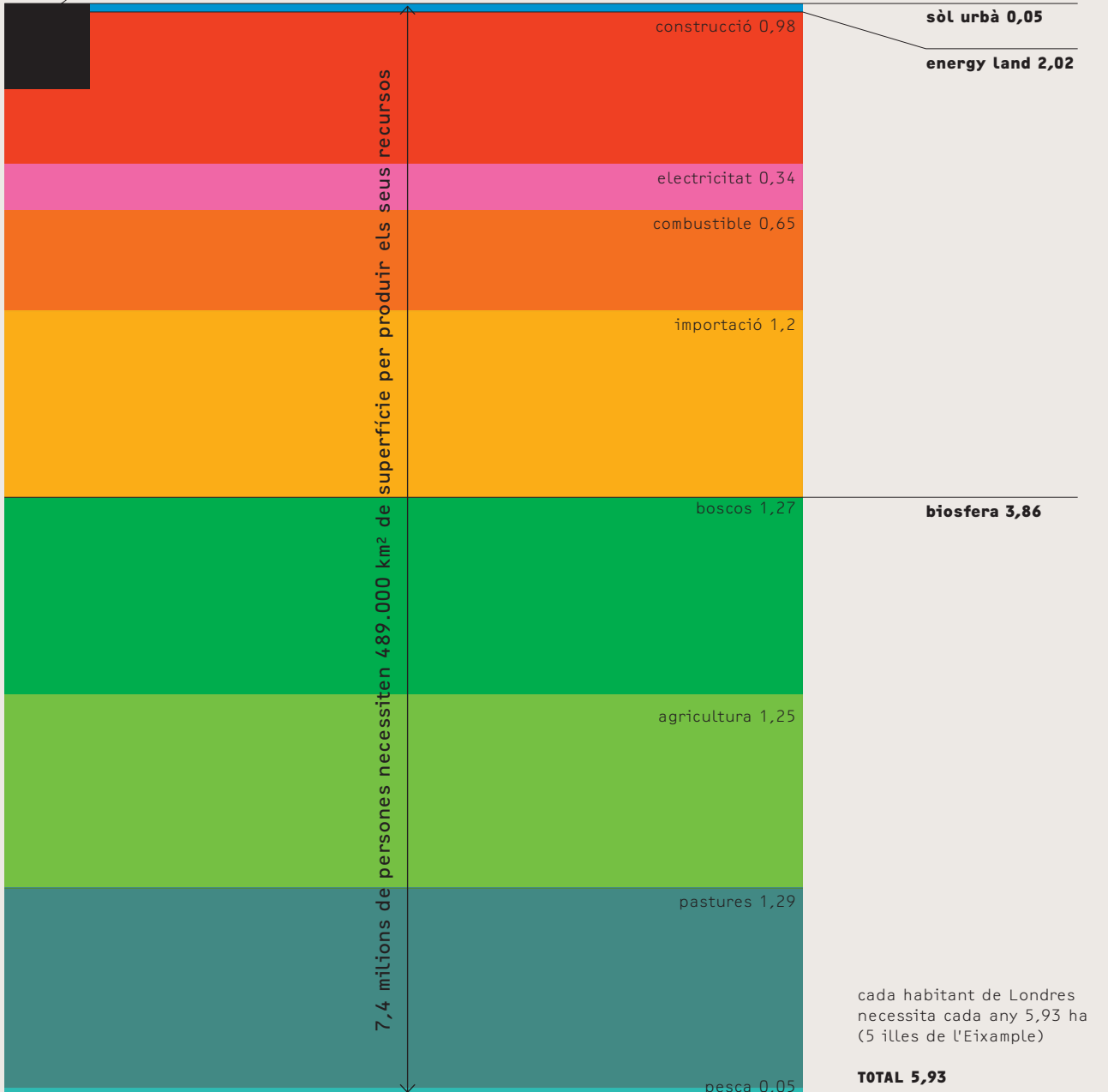


# Petjada ecològica de Londres



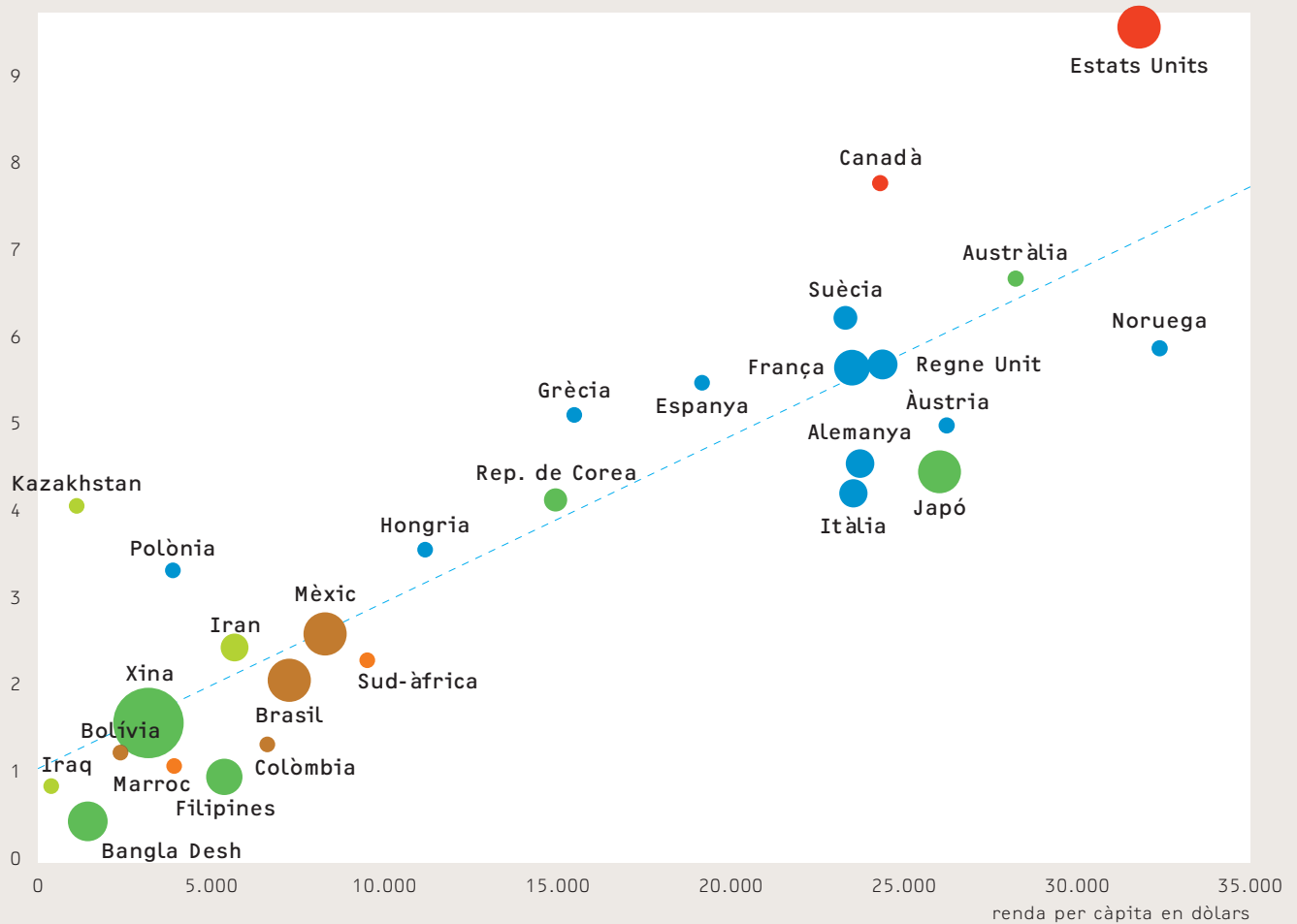
superfície del Gran Londres (983 km<sup>2</sup>)

en ha/habitant/any



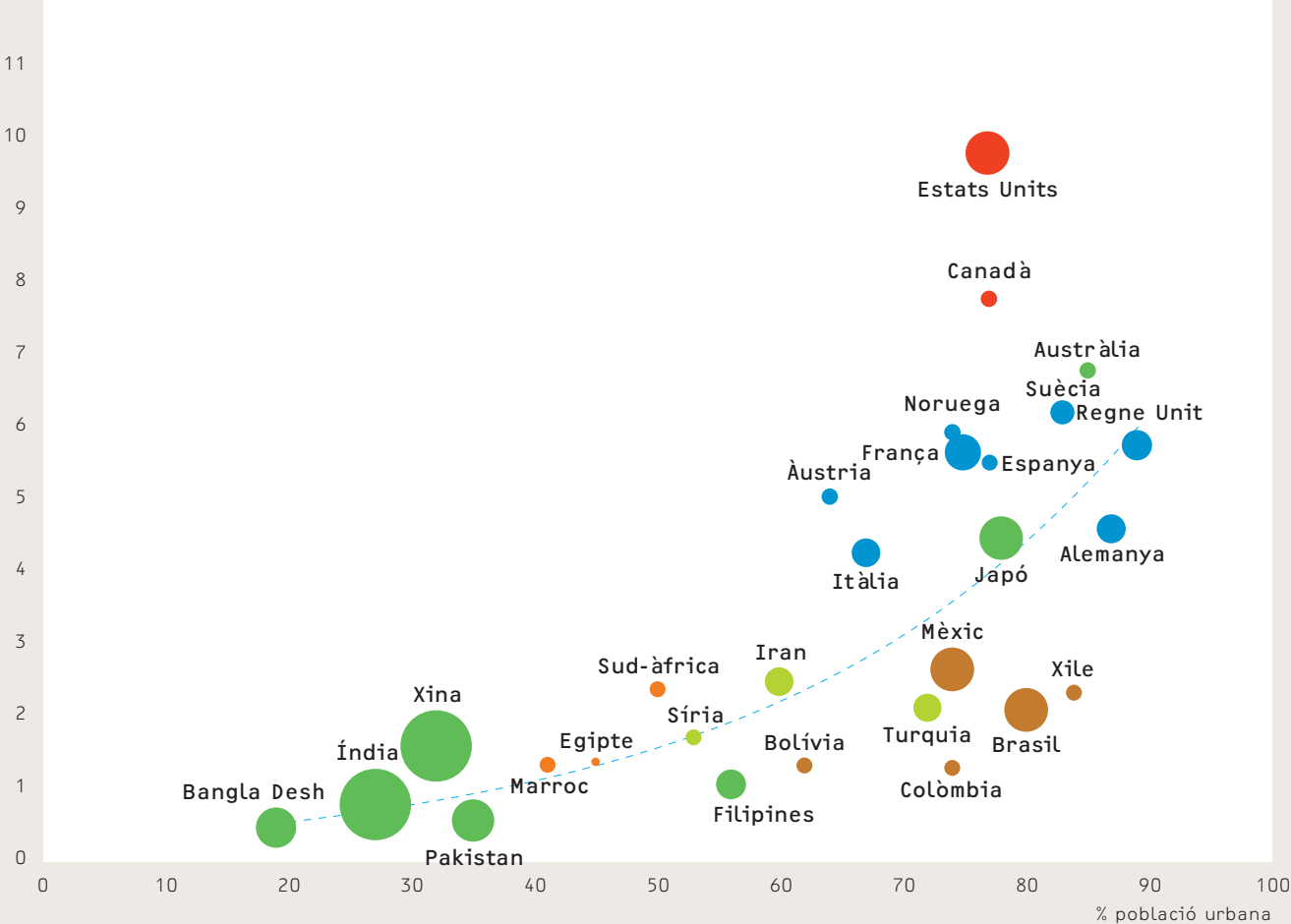
# Petjada segons renda

petjada ecològica en ha per càpita



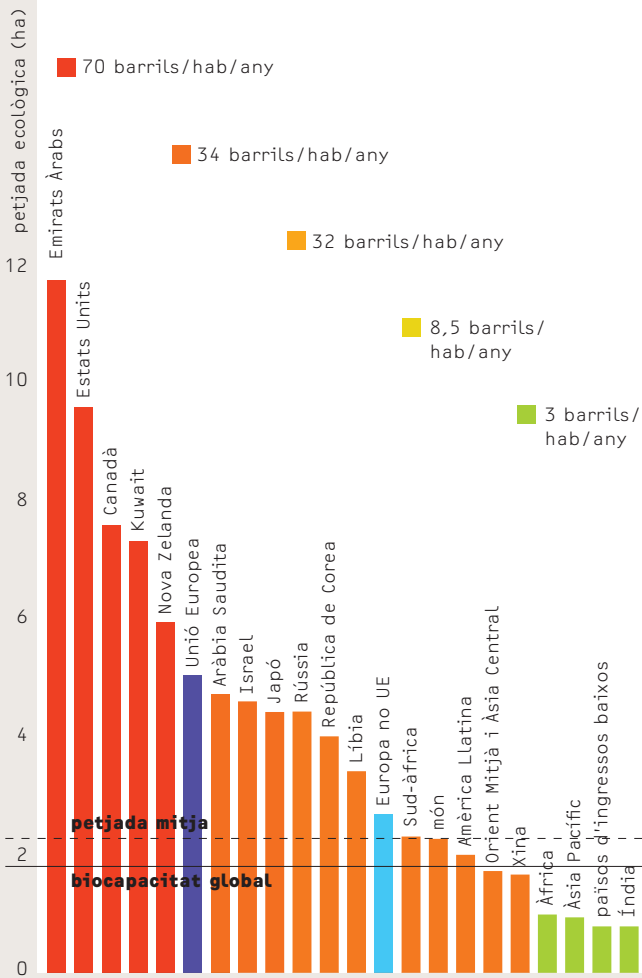
# Petjada segons grau d'urbanització

petjada ecològica en ha per càpita

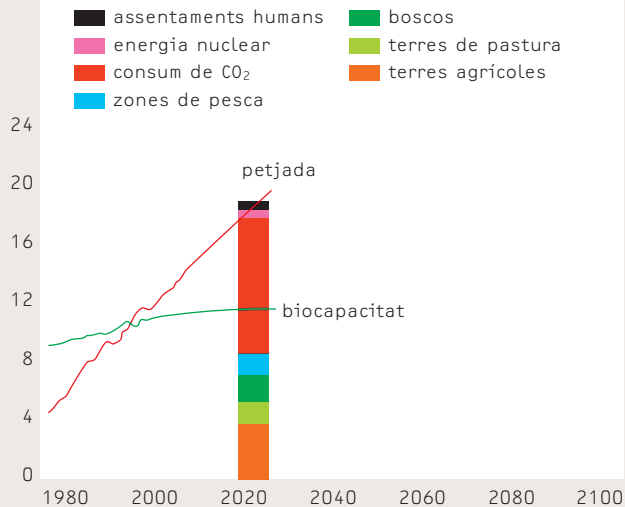


# Petjada ecològica mundial

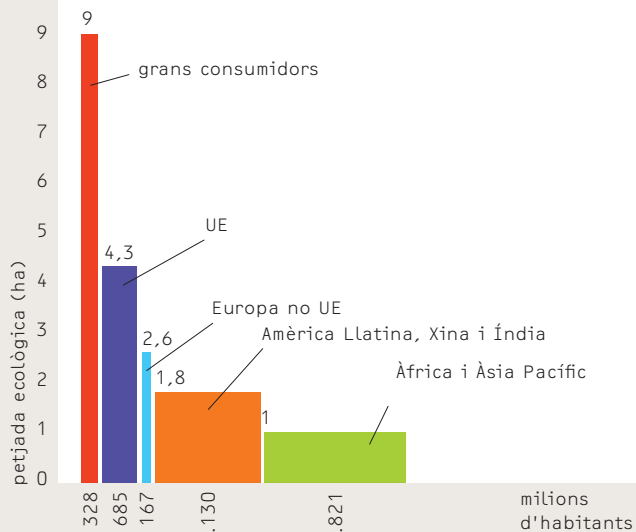
## petjada ecològica actual



## petjada ecològica actual

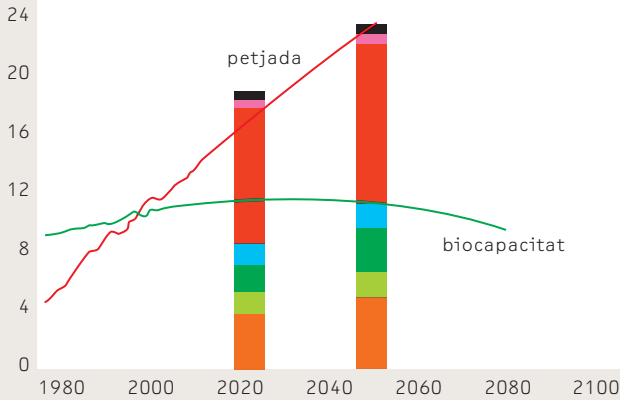


## petjada per població



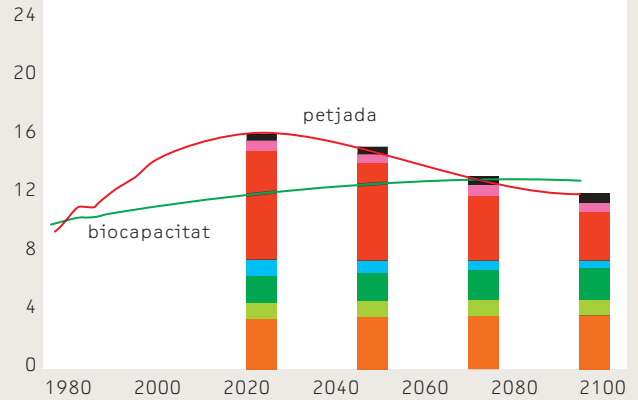
## petjada ecològica el 2050 amb gestió tradicional

Xina i Índia segueixen el model occidental de creixement

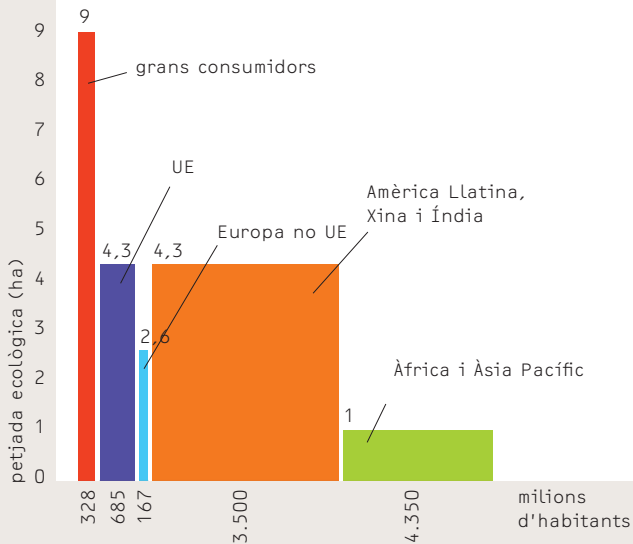


## petjada ecològica el 2050 amb canvis de gestió

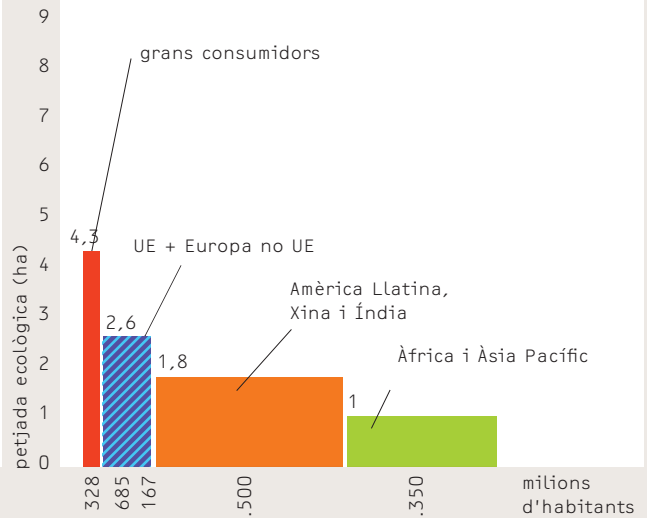
Els països occidentals redueixen fortament les emissions



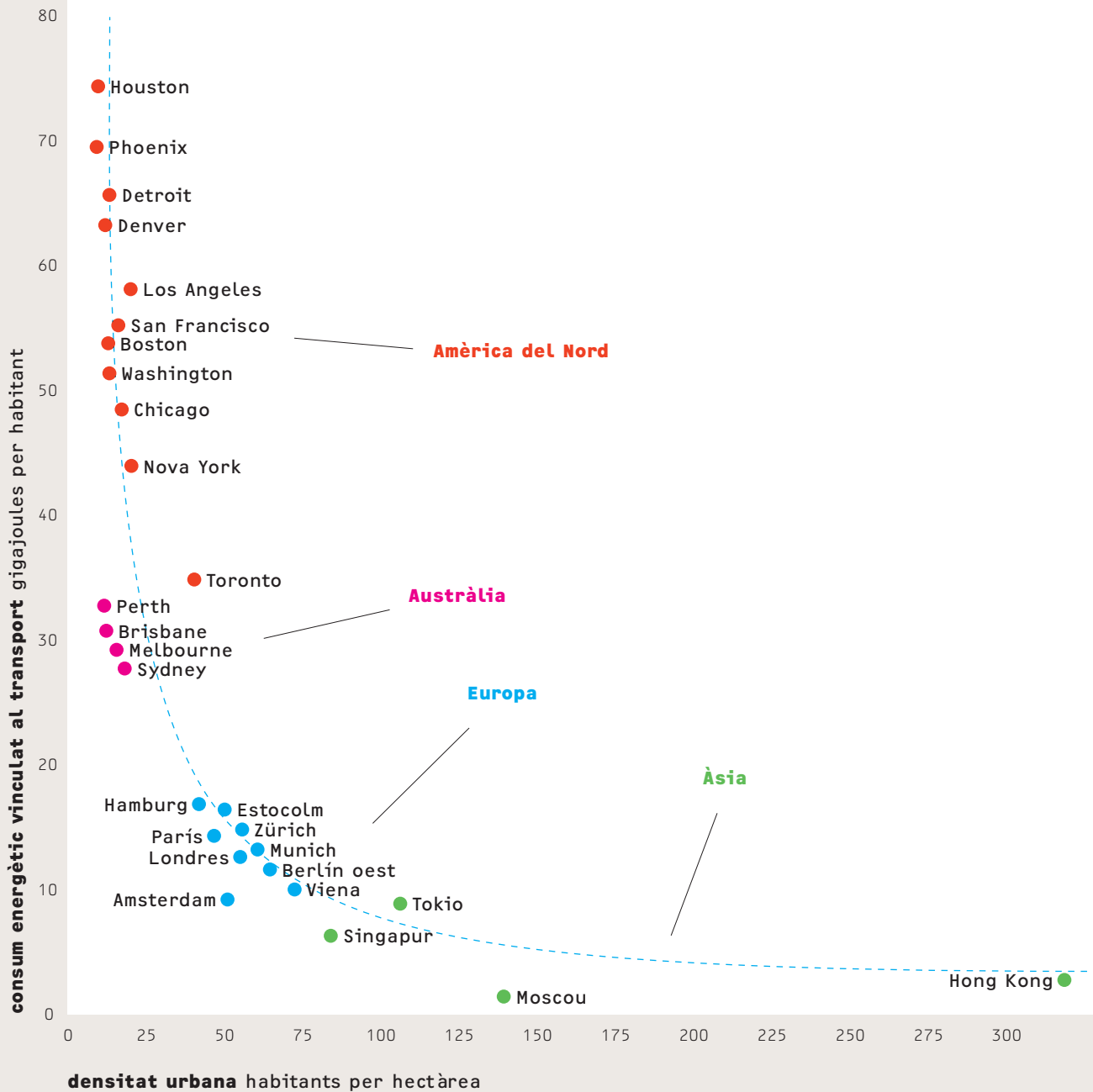
## petjada per població



## petjada per població



# Emissions de CO<sub>2</sub> per ciutats





# Anàlisi del cicle de vida

La metodologia d'anàlisi del cicle de vida (ACV) és una eina ambiental que permet l'anàlisi, la diagnosi i les propostes de millora globals de productes, processos i serveis.

Els seus objectius són múltiples, com l'obtenció d'informació ambiental de qualitat, el subministrament d'un quadre el més complet possible de les interrelacions dels processos, productes i activitats amb el medi ambient o la identificació de les millores ambientals aplicables a productes, processos i serveis.

Segons la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC): «l'ACV és un procés objectiu per avaluar les càrregues ambientals associades a un producte, procés o activitat, identificant i quantificant tant l'ús de matèria i energia com les emissions a l'entorn, per determinar l'impacte d'aquest ús de recursos i aquestes emissions i per avaluar i portar a la pràctica estratègies de millora ambiental». L'estudi inclou el cicle complet del producte, procés o activitat, tenint en compte les etapes d'extracció i processament de matèries primeres, producció, transport i distribució, ús, reutilització i manteniment, reciclat i disposició final.

Per a la International Standards Organization (ISO), «l'ACV consisteix en la recopilació i avaluació d'entrades, resultats i impactes ambientals potencials d'un sistema o producte durant el seu cicle de vida». És a dir, l'ACV avalua de manera sistemàtica els aspectes i impactes ambientals dels sistemes de producte, des de l'adquisició de la matèria primera fins a la disposició final, d'acord amb l'establert en l'objectiu i l'abast (ISO 14040: 2006 Gestió Mediambiental: Anàlisi de Cicle de Vida. Principis i Marc de Referència).

## **Antecedents, aplicació i desenvolupament de l'ACV a escala mundial**

Els estudis en aquesta àrea es van iniciar els anys setanta en el sector energètic i d'envasos, com els realitzats per

### **Joan Rieradevall**

Professor del Departament d'Enginyeria Química i investigador de l'Institut de Ciència i Tecnologies Ambientals Universitat Autònoma de Barcelona





Coca Cola per seleccionar envasos de menor impacte ambiental. En la dècada dels vuitanta les primeres millores metodològiques les va aportar el Programa d'inventari de descàrregues de tòxics aplicat als Estats Units i pels treballs de la SETAC, relatius als mètodes internacionals de millora dels efectes ambientals i el desenvolupament de la metodologia de l'ACV. En els noranta destaquen les noves orientacions de la SETAC, que al 1993 publica la guia d'ajuda ACV, i les de la ISO, i que l'any 1994 inicia accions per normalitzar l'ACV.

En la dècada actual l'ACV l'estan aplicant de manera sistematitzada institucions privades i públiques en la millora de productes, processos i serveis. Exemples d'aquesta maduresa són el programa Life Cycle Initiative d'UNEP-SETAC, el desenvolupament per part de la UE d'una plataforma de dades ELCD (European reference Life Cycle Data system) o les normes

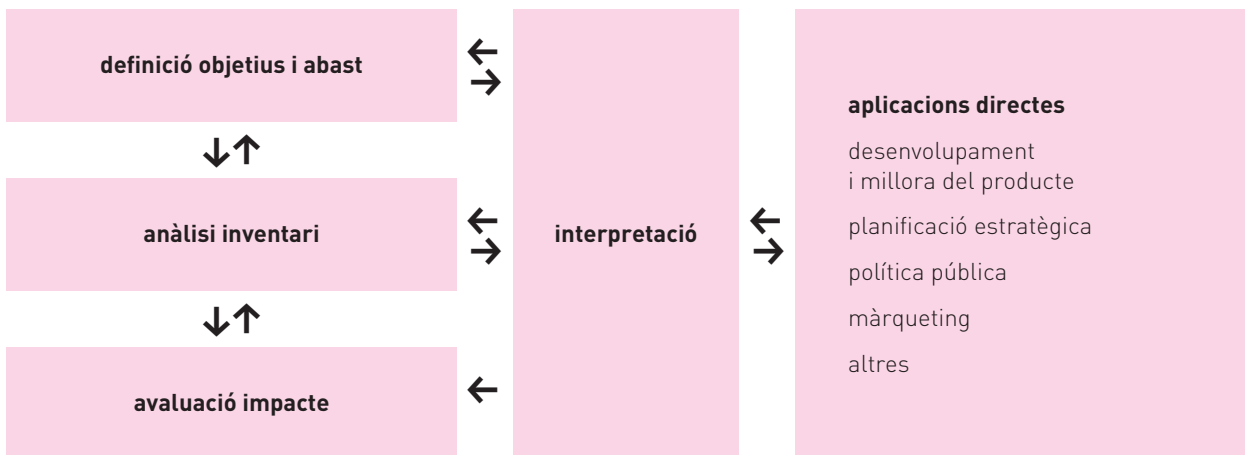
revisades ISO 14040:2006 (Gestió mediambiental. Anàlisi de Cicle de Vida. Principis i Marc de Referència) i ISO 14044:2006 (Gestió mediambiental. Anàlisi de Cicle de Vida. Guies i requeriments).

### Punts forts i febles de l'ACV

Un dels aspectes més remarcables de l'ACV és el fet que permet considerar totes les etapes de la vida d'un producte i visualitzar de manera global el sistema amb una gran transparència de dades. En un edifici, reflectiria l'impacte dels materials, la seva construcció, usos i desconstrucció. Però té també aspectes negatius des del punt de vista científic; per exemple, el fet de considerar els impactes potencials i no els reals, i la manca de consideració de l'espai i el temps o d'aspectes econòmics, cosa que es tradueix en un elevat ACV en sistemes com-

### Etapes d'un ACV

font: UNE - EN ISO 14040



plexos com un edifici, l'alta inversió en temps o la poca disponibilitat de bases de dades espanyoles.

### **Marc legal. Bases de dades i programari**

L'ACV és present a la Unió Europea en diverses directives associades a envasos i els seus residus, en el sector de l'automoció, elèctric i electrònic o en la política integrada de producte.

Per facilitar la implantació de l'ACV existeixen bases de dades ambientals i eines informàtiques que faciliten la seva aplicació i redueixen costos i temps. Entre aquests destacariem els programes SimaPro 7, de Pré Consultants (Holanda), una aplicació professional i universitària que conté diferents mètodes d'avaluació d'impactes i distintes bases de dades; permet analitzar i comparar productes complexos<sup>1</sup>. Un altre programa és GaBi 4, de PE Europe GmbH i IKP Universitat d'Stuttgart (Alemanya), que permet avaluar el perfil ambiental, social i econòmic de productes, processos i tecnologies<sup>2</sup>.

### **ACV i arquitectura**

L'ús sistemàtic de l'ACV per ambientòlegs, enginyers o arquitectes en l'ecodisseny d'edificis, barris o ciutats és encara molt incipient. Hi ha algunes bases de dades ambientals de materials de la construcció, com The Environmental Impact Estimator de l'Institut de Materials Sostenibles ATHENA (Canadà)<sup>3</sup> o Ecoinvent, de The Ecoinvent Centre (Suïssa).<sup>4</sup> També es disposa de programari ACV aplicat a l'arquitectura, com BEES 3.0, del National Institute for Standards and Technology, NIST (Estats Units).<sup>5</sup>

### **Aplicacions i perspectiva de futur**

A Espanya el desenvolupament de projectes en el camp de l'ACV ha augmentat en els darrers anys. Dues iniciatives clau han estat la creació de les xarxes espanyola i

catalana d'ACV.<sup>6</sup> Un exemple d'aquesta vitalitat va ser l'organització del congrés mundial sobre la gestió del cicle de vida a Barcelona organitzat el 2005 amb el títol «LCM2005 Innovation by Life Cycle Management». L'ACV és una eina ambiental clau per al sector industrial, ja que permet obtenir informació ambiental de qualitat i avaluar alternatives i escenaris en l'ecodisseny i ecoinnovació de productes. Per a les administracions, l'aplicació de l'ACV facilita el desenvolupament de polítiques ambientals amb una visió més global i objectiva, així com la definició de requeriments en les ecoetiquetes (en productes de construcció) o la de criteris ambientals en la compra de productes (mobiliari urbà, equips, materials, etc.) o en la planificació de ciutats sostenibles (avaluació d'infraestructures, edificis, etc.)

<sup>1</sup> [www.pre.nl/simapro/default.htm](http://www.pre.nl/simapro/default.htm)

<sup>2</sup> [www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com)

<sup>3</sup> [www.athenasmi.ca/tools/software/index.html](http://www.athenasmi.ca/tools/software/index.html)

<sup>4</sup> [www.ecoinvent.com](http://www.ecoinvent.com)

<sup>5</sup> [www.bfrl.nist.gov/oea/software/bees.html](http://www.bfrl.nist.gov/oea/software/bees.html)

<sup>6</sup> [www.acv.cat](http://www.acv.cat)

# Sostenibilitat i petjada ecològica

La capacitat de càrrega d'un territori és la població màxima d'una determinada espècie, animal o vegetal, que pot suportar el seu ecosistema durant un temps indefinit sense que es redueixi la seva productivitat. L'indicador de capacitat de càrrega s'expressa en individus per unitat de superfície (població per hectàrea). Aquest concepte, àmpliament utilitzat en biologia, presenta similituds evidents amb el de desenvolupament sostenible tal com el va definir la Comissió Brundtland («Desenvolupament sostenible és aquell que és capaç de donar resposta a les necessitats del present sense comprometre la capacitat de satisfer les generacions futures». WCED, 1987), d'aquí l'interès a trobar un indicador de sostenibilitat de característiques similars. El problema és que el concepte de *capacitat de càrrega* no és aplicable al món dels humans a causa del comerç. En l'actualitat consumim productes que provenen d'arreu del món, per la qual cosa resulta pràcticament impossible imputar-los un impacte localitzat. Com a solució, els professors de la Universitat de British Columbia Mathis Wackernagel i William Rees han proposat un indicador especialment dissenyat que incorpora la complexitat del comerç, donant literalment la volta al concepte de capacitat de càrrega. La seva proposta consisteix a estimar l'àrea total necessària per satisfer de manera sostenible el consum d'una persona/ciutat/país durant un any, sigui quina sigui la regió del planeta d'on s'extreguin els recursos i cap on es dirigeixin els residus. Aquest indicador s'anomena *petjada ecològica* i s'expressa en superfície per habitant (hectàrees per càpita). És la superfície de sòl que caldria per obtenir els recursos que necessitem i absorbir els residus que generem durant un any de manera sostenible, és a dir, continuada en el temps (Rees i Wackernagel, 1996).

El càlcul de petjades ecològiques implica d'una banda: a) convertir tots els consums no sostenibles en



## Ivan Muñiz

Doctor en Economia, professor titular d'Economia Aplicada de la Universitat Autònoma de Barcelona

sostenibles, és a dir, suposar que és possible canviar recursos no renovables per renovables i estimar la superfície necessària per obtenir-los, i b) suposar una explotació dels recursos renovables a un ritme que permeti la seva recapitalització. La qüestió de fons que va inspirar el càlcul era contrastar si la petjada estimada sota aquests supòsits és major o menor que la capacitat ecològica del planeta. Si la petjada total estimada supera el sòl ecològic productiu global, la nostra pauta de desenvolupament no és sostenible i les generacions futures disposaran d'un planeta amb una capacitat ecològica inferior per satisfer les seves necessitats. Recapitulant, d'entre tots els indicadors de sostenibilitat, la petjada ecològica és possiblement aquell que recull de manera més precisa la idea de desenvolupament sostenible. És un indicador sintètic, adaptable a diferents escales, fàcil d'entendre i, lamentablement, difícil de calcular, a causa de l'ús de nombrosos factors de conversió, la majoria dels quals discutibles i millorables.

Segons les darreres estimacions, la població mundial és de 6.301 milions d'habitants, el sòl ecològic productiu mundial, d'11.342 milions d'hectàrees i la petjada ecològica mundial total, de 14.114 milions d'hectàrees (WWF, 2006). Això implica que mentre que el sòl ecològic mundial disponible és de 1,8 hectàrees per habitant, la petjada per càpita és de 2,2 hectàrees. En altres paraules, hi ha un dèficit ecològic mitjà a escala planetària de 0,4 hectàrees per càpita o, el que és el mateix, per dur a terme el nostre model de vida de manera sostenible necessitaríem un planeta... i quart. Què significa això? Doncs que consumim els recursos a un ritme superior a la seva capacitat de reposició; que consumim recursos no sostenibles i que, per substituir-los per altres de sostenibles, caldria explotar un espai del qual no disposem; i que com a resultat de l'anterior estem canviant les condicions del planeta que heretaran les generacions futures

(això es tradueix en canvi climàtic, contaminació, etc.). Les dades per països ofereixen resultats molt aclaridors sobre a qui s'ha d'assignar la responsabilitat d'aquesta situació. Mentre que a països com el Marroc, el Iemen, l'Índia, Libèria, Pakistan o Somàlia la petjada ecològica per càpita no arriba a l'hectàrea, als Emirats Àrabs, Estats Units, Finlàndia o el Canadà, supera les 7 hectàrees (WWF, 2006).

Adaptar la metodologia utilitzada per al càlcul de petjades a escala urbana i intentar extreure conclusions sobre quina forma urbana resulta més sostenible no és una qüestió senzilla; tanmateix, durant els darrers anys diversos treballs han intentat comparar la petjada ecològica de diferents ciutats –així com de teixits urbans que pertanyen a una mateixa ciutat– i explicar les diferències obtingudes en funció de la densitat (Walker i Rees, 1997; Høyer i Holden, 2003; Muñoz i Galindo, 2005; Moos et al, 2006). La qüestió: les ciutats denses i compactes són més sostenibles que les disperses? es reformula de la manera següent: la petjada ecològica per càpita de les ciutats denses és menor que la de les ciutats disperses? D'entre tots els consums que estan afectats per la forma urbana, el transport i l'habitatge són els més importants, d'aquí el fet de concentrar la investigació en aquests dos sectors. A més, poden representar fins al 40% de la petjada ecològica d'un país (Rees i Waker Nagel, 1996).

L'evidència empírica disponible sembla indicar que, a major densitat, menor petjada, la qual cosa validaria l'equiparació ciutat compacta = ciutat sostenible. Tanmateix, encara hi ha alguns aspectes que només molt recentment s'estan abordant i que qüestionen, o almenys matisen, l'afirmació anterior. En primer lloc, la tendència a utilitzar exclusivament les dades de mobilitat obligada per aproximar la petjada de la mobilitat està essent cada vegada més discutida. El problema és que, si bé les ciutats compactes presenten una menor

petjada en aquest tipus de desplaçaments, és possible que un excés de densitat es compensi durant els caps de setmana i el període vacacional amb una mobilitat més gran, per la qual cosa el saldo net no és tan clar (Holden i Norland, 2005; Naess, 2005). En segon lloc, i per al cas de l'habitatge, se solen prendre uns valors de petjada estàndards per tipologia d'edifici que recullen de manera només molt aproximada la realitat. Les tècniques de construcció, materials, fonts d'energia utilitzades per al seu funcionament, orientació solar, any de construcció, entre altres dimensions, poden generar una variabilitat en la petjada dels edificis que no convé oblidar. En darrera instància, respondre al repte de la sostenibilitat mitjançant canvis en els models d'habitatge i transport exigirà buscar solucions diferents per a teixits urbans i tipologies d'habitatge diferents.

**Holden, E. i I.T. Norland (2005)**  
«Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: household consumption of energy and transport in eight residential areas in the Greater Oslo Region» *Urban Studies*, vol42, nº12, p.2145-2166

**Høyer, K.G. i Holden, E. (2003)**  
«Household consumption and ecological footprints in Norway- Does

urban form matter?» *Journal of Consumer Policy*, nº26, p.327-349

**Moos, M., Whitfield, J., Johnson, L.C. i Andrey, J. (2006)**  
«Does design matter? The ecological footprint as planning tool at the local level» *Journal of Urban Design*, vol11, nº2, p.195-224

**Muñiz, I. i A. Galindo (2005)**  
«Urban Form and the Ecological Footprint of Commuting. The Case

of Barcelona» *Ecological Economics* 55, p.499-514

**Naess, P. (2005)** «residential location effects travel behaviour –but how and why? The case of Copenhagen metropolitan area» *Progress in Planning* nº63, p.167-257

**Rees, W. i M. Wackernagel (1996)**  
*Our Ecological Footprint, the New Catalist Bioregional Series*, Canada

**Walker, L. i Rees, W. (1997)**  
«Urban Design and Ecological Footprints: An Analysis of Canadian Households» en Roseland, M. (ed) *Eco-city Dimensions*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers, p.96-112

**World Commission On Environment And Development (1987)**  
*Our Common Future*, Oxford University Press.



**Com es gestionen  
els ecosistemes?**



## 4

## Sobre papallones i tempestes

Un ecosistema és una unitat funcional formada pels organismes que viuen en una zona determinada, l'entorn que els envolta i totes les relacions que s'estableixen entre aquests components vius i el seu entorn. La biosfera és l'ecosistema global del planeta Terra. La biosfera i la Terra són sistemes tancats i dinàmics, la matèria i l'energia hi són finites, però les relacions entre una i l'altra impliquen la seva contínua transformació. Avui, sabem que qualsevol acció sobre aquest ecosistema pot influir no només en el nostre entorn immediat, sinó en els altres ecosistemes que l'envolten. És la coneguda metàfora de l'efecte papallona, el suau aleteig de les seves ales pot desencadenar una tempesta tropical.

### Els cicles tancats de la natura

La natura actua segons un sistema de nutrients i metabolismes en què tot s'aprofita, i no hi ha escombraries.<sup>1</sup> Quan les flors o els fruits madurs dels arbres cauen a terra, no es perden; amb el temps i l'ajuda de microorganismes es descomponen i enriqueixen la terra. El CO<sub>2</sub> és un nutrient per a les plantes, i els principals nutrients, com el carboni, l'hidrogen, l'oxigen i el nitrogen, formen circuits tancats. L'aigua que bevem i l'aire que respirem són sempre els mateixos, ja que la calor del sol evapora l'aigua dels mars que forma els núvols, aigua que torna en forma de pluja. Els rierols, els corrents subterranis i els rius canalitzen aquesta aigua caiguda del cel fins que, degudament tractada en cas d'estar contaminada, la tornem a consumir. La biosfera és, per tant, molt eficient. En el seu metabolisme com a sistema tancat, obté el màxim benefici amb un mínim ús de recursos i una producció mínima de residus que s'aprofiten en la seva totalitat, ja que el residu d'un cicle esdevé un recurs per a un altre. Un exemple il·lustratiu és l'oxigen, residu d'un cicle que en algun moment va permetre l'aparició de la vida a la Terra.

### L'evolució de les societats humanes

En les primitives societats orgàniques, els residus d'una vida molt harmònica amb la natura hi tornaven per ser utilitzats com a recursos. El cas més clar és l'ús dels excrements produïts pels animals, inclosos els humans, com a material d'adob en l'agricultura. En l'època dels caçadors recol·lectors, la vida humana es basava a collir aquells fruits vegetals que la natura ofería i beure l'aigua cristallina dels rius. La necessitat de recursos era mínima. Tot i així, avui sabem que aquests grups semblen haver intentat controlar la seva demografia per no pressionar excessivament els seus ecosistemes.

L'agricultura va significar la primera gran revolució; va comportar el sedentarisme, les primeres eines i l'establiment dels primers refugis artificials per protegir-se dels elements, la qual cosa va implicar la necessitat de nous materials: el fang i la fusta dels arbres eren, per als pobladors de l'època, illimitats. Quan una zona esgotava la capacitat productiva dels seus cultius, la tribu aixecava el campament i el tornava a assentar una mica més lluny. Si el territori era prou gran no hi havia problemes, però avui sabem com van sucumbir algunes cultures: la cultura maori de l'illa de Pasqua, que va desaparèixer en esgotar els seus recursos de fusta, n'és el millor exemple.<sup>2</sup> Cada avenç

<sup>1</sup> Michael Braungart / William McDonough. «Cradle to cradle [de la cuna a la cuna] Rediseñando la forma en que hacemos las cosas». Editorial McGraw-Hill. Aravaca. Madrid, 2005

<sup>2</sup> Clive Ponting. op. cit.





Cap al 8.500 aC, l'agricultura es va desenvolupar a cinc zones del planeta: el sud-oest d'Àsia o creixent fèrtil, la Xina, mesoamèrica (centre i sud de Mèxic i terres properes d'Amèrica Central), els Andes i l'est del Estats Units. Va ser la primera gran revolució.

o progrés duu efectes aparellats imprevistos; així, l'agricultura va implicar l'explosió demogràfica i la progressiva jerarquització de la societat. Abans que aparegués, la població del món era d'uns 4 milions de persones, però, a partir de l'any 5.000 aC, la població es duplicava cada mil·lenni; s'estima en uns 50 milions cap a l'any 1.000 aC, 100 milions l'any 550 aC, i 200 milions l'any 200 dC.

Les successives millores en el rendiment dels cultius van permetre excedents que havien de conservar-se i protegir-se. Les ciutats van significar una altra gran revolució, però cada pas de l'anomenat progrés requereix una major quantitat de recursos per satisfer les necessitats creixents d'una població que va augmentant i que cada vegada produeix una quantitat de residus major. Els imperis, des del romà a l'anglès del segle XIX, el colonialisme i l'hegemonia americana actual s'expliquen per la urgència de les poblacions d'anar a buscar lluny del seu país els recursos que requereixen per alimentar-se i satisfer les seves elevades necessitats materials.<sup>3</sup>

Tanmateix, els orígens localitzats de l'agricultura i la ramaderia són només una part de l'explicació dels diferents destins dels pobles. Al costat de la nostra visió occidental de progrés, altres cultures han evolucionat de maneres molt diferents.<sup>4</sup>

Avui, la globalització ens ha posat davant de dues evidències. D'una banda, el rebost de què parlàvem té un límit; la biosfera com a capital natural que ens proporciona recursos i absorbeix residus és finita, i el globus terraquíu no pot expandir-se. De l'altra, hi ha el creixement exponencial de la demanda de recursos, generada en part pel creixement demogràfic i sobretot pel creixement del nivell de vida dels països emergents, als quals no hauríem d'impedir l'accés als nivells de benestar que nosaltres hem assolit.

Algunes xifres indiquen clarament l'evolució entre l'oferta i la demanda de béns. En el transcurs del segle XX, la població mundial s'ha multiplicat per 4, i el percentatge de població urbana s'ha triplicat. La producció industrial ha crescut 40 vegades i la pesca marítima, 35. En canvi, les superfícies de conreu només s'han duplicat, la superfície de regadiu s'ha multiplicat per 5 i la superfície forestal s'ha reduït d'un 20%<sup>5</sup>.

**3** Jared Diamond. *Armas, gèrmens y acero*. Editorial Random House Mondadori, SA. Barcelona, 2008.

**4** Fritjof Capra. *El Tao de la Física*. Editorial Sirio. Màlaga, 2003.

**5** John R. McNeill. Op. cit., pàg. 431.

### Els cicles oberts del nostre sistema industrial

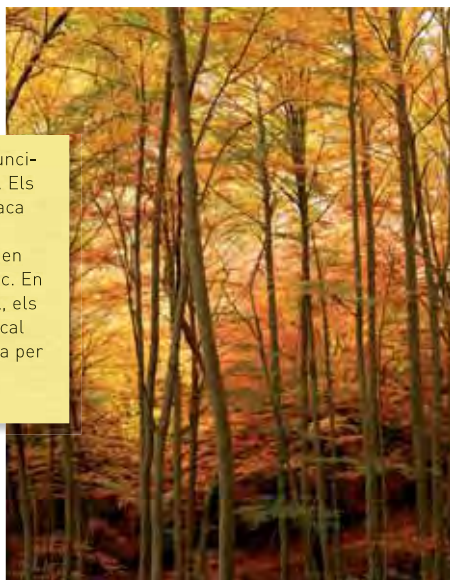
La Revolució Industrial va implicar el canvi més profund en la relació dels humans amb la biosfera. L'exigència de nous materials va ser facilitada per la gran potència obtinguda a partir de les noves tecnologies i es van començar a extreure recursos fòssils, la qual cosa va provocar emissions desconegudes fins aleshores. La combustió d'aquests nous materials va llançar a l'atmosfera substàncies clarament contaminants i perjudicials per a la salut. Les primeres que van protestar van ser les dones, perquè el fum de les xemeneies de les fàbriques impedia emblanquir la roba i dificultava la neteja de les llars. I no obstant això, va ser amb l'aparició dels vehicles impulsats per gasolina quan la contaminació va començar a créixer exponencialment.

El problema que es planteja amb aquestes noves emissions és que la biosfera no reconeix alguns dels residus i no els pot reciclar; d'altres, com el CO<sub>2</sub>, queden absorbits, però amb efectes secundaris imprevistos. Els residus nuclears són el cas més clar de la incompatibilitat dels residus industrials amb els ecosistemes terrestres, i durant milers d'anys romandran pràcticament intactes a la Terra, i seran un perill potencial per a diverses generacions en el futur.

Al símil del rebost que hem vist en capítols anteriors, podem afegir el dels interessos del capital. La natura proporciona recursos renovables que són aquells que es produeixen de manera periòdica, estacional, com per exemple un camp de conreu o un arbre fruiter. Si en tenim cura cada any, proporcionen el que podríem denominar *els interessos*: la collita i la fruita. Seria absurd menjar-se un tros d'arbre per satisfer la nostra necessitat alimentària. Per mesurar aquest comportament, com sabem, s'utilitza el sistema de la petjada ecològica. Doncs bé, si ens hi fixem, els indicadors ecològics assenyalen que, l'any 1960, la Humanitat utilitzava entorn del 70% del producte anual —és a dir, els *interessos* de la natura; en la dècada dels vuitanta, es va assolir el 100%, i, en l'actualitat, n'estem consumint el 125%, és a dir, estem gastant no solament els interessos sinó també el capital. Estem menjant l'escorça de l'arbre. És com transmetre una hipoteca als nostres descendents, sense que puguin aprofitar-se del pis, perquè ja ens l'haurem menjat nosaltres.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Ronald Wright *Breve historia del progreso. ¿Hemos aprendido por fin las lecciones del pasado?* Ediciones Urano. Barcelona, 2006.

Els ecosistemes naturals funcionen segons cicles tancats. Els residus d'un bosc, la fullaraca i restes vegetals, quan es descomponen es transformen en nutrients del mateix bosc. En el nostre sistema industrial, els residus o són inservibles o cal una gran quantitat d'energia per reciclar-los.



## Inputs: la gestió dels recursos

# 4A

La sostenibilitat és una qüestió de gestió de recursos i residus. Més enllà de les recomanacions habituals i quotidianes a què ja comencem a estar acostumats, l'hem d'enfocar com l'adequada i eficient gestió d'uns recursos que en ocasions són abundants i, en d'altres, escassos; a més, alguns són benefactors i d'altres perjudicials per a la nostra salut o per al medi mateix. D'altra banda, moltes vegades no sabem l'efecte que la gestió dels residus que generem produeixen en el medi i les persones. Es plantegen, doncs, diverses preguntes: quins elements prenem de la biosfera i són escassos? Amb què els substituïrem quan s'esgotin? Quins elements no aprofitem però podrien fàcilment beneficiar-nos?

### Què prenem de la natura?

L'ésser humà ha produït sempre algun tipus d'impacte sobre el medi ambient. Això és normal. Allò que ocasiona problemes són el grau i la intensitat d'aquest impacte. En primer lloc, des de sempre prenem de la natura allò que necessitem per sobreviure; després n'hem extret les matèries primeres per a productes que les diverses cultures han fabricat per satisfer tant les seves prioritats bàsiques com el desig de luxe o les ànsies de guerra. Segons el nivell de vida, la grandària de les poblacions i les tecnologies de cada època, el consum de recursos naturals ha estat més o menys intens. També cal assenyalar que el concepte de medi ambient no ha format part de la història fins a dates força recents.<sup>1</sup>

La sobreexplotació dels recursos és un fet que es repeteix al llarg de la història de la Humanitat; sembla com si les previsions a llarg termini suposessin un esforç excessiu per a l'ésser humà, i, així, la immediatesa i el curt termini sempre han dominat el pensament. Per exemple, fins al segle XVI, l'alimentació dels europeus es basava sobretot en la pesca que s'aconseguia en aigües costaneres, però cap a l'any 1500 els bancs d'arengs del mar Bàltic gairebé havien desaparegut; la sobreexplotació dels recursos marins és un fenomen que es repeteix en els nostres dies.

Amb la Revolució Industrial, es produeix un encadenament de causes que tenen com a efecte l'augment exponencial del consum de recursos naturals, fins al punt de provocar-ne l'escassetat d'alguns. El problema, a més, és que el nostre sistema productiu és molt ineficient. Utilitzem gran quantitat de productes amb què obtenim béns escassos i generem una quantitat ingent de residus i contaminació que en molts casos són perjudicials i, en d'altres, clarament tòxics. Sovint, no som conscients del consum que hi ha darrere de certs béns. Un exemple: per produir un quilo de carn calen 16.000 litres d'aigua, per produir un quilo d'alumini, uns 750, i per produir un automòbil es poden arribar a utilitzar fins a 400.000 litres.

Un dels béns més indispensables proporcionats per la natura són els aliments, segurament l'element prioritari. Però, com hem vist en l'apartat sobre la biocapacitat, els terrenys productius són limitats. D'altra banda, l'especulació incrementa els preus de l'oferta. És correcte que s'especuli amb productes com l'arròs, la farina o el blat de

<sup>1</sup> Francisco Julio Arenas Cabello. *El impacto ambiental en la edificación. Criterios para una construcción sostenible*. Edisofer, SL, libros jurídicos. Madrid, 2007.

moro, que són aliments bàsics de la Humanitat? El benefici econòmic ha d'anar per davant de les necessitats més primàries de la població?

En el camp de l'energia, són prou conegudes les dades sobre la pujada del preu del petroli. No són tan conegudes les relatives a la ineficiència d'alguns sectors que la consumeixen. Es calcula que en el transport es perd el 71% de l'energia utilitzada; en el camp de l'energia mateix es calculen pèrdues d'un 66% per filtracions a la xarxa. En l'ús dels edificis residencials i comercials, si es gestionés correctament la il·luminació, la calefacció i la refrigeració, es podria reduir el consum energètic un 20%; i passaria el mateix en la indústria.

L'aigua, producte limitat en constant circulació per la biosfera, és cada vegada més escassa en algunes zones a causa del canvi climàtic i la desertització de molts territoris; d'altra banda, està cada cop més contaminada, i les nostres ciutats necessiten anar a buscar-la més lluny.<sup>2</sup> Un bon exemple és la situació generada a Catalunya la primavera de 2008, quan la sequera que es prolongava des de feia mesos amenaçava el subministrament d'aigua a Barcelona i va fer evident la fragilitat de la ciutat davant aquest problema. Fins i tot una cosa tan aparentment infinita com és el món de la informàtica amenaça d'arribar a límits materials: l'OCDE ha alertat els governs que les adreces d'Internet Ipv4 s'exhauriran l'any 2011.

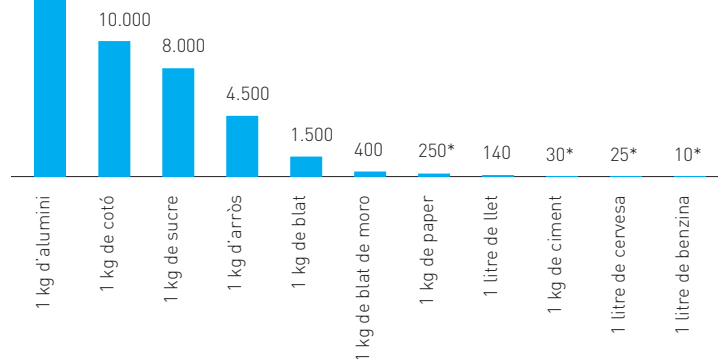
### Les necessitats de l'opulència

Durant l'Edat Mitjana, el 80% de la despesa de la població es destinava a l'alimentació. El mateix passa avui en molts països del Tercer Món. Després, es cobreixen altres necessitats essencials, com el vestit i l'aixopluc, l'habitatge, i, a partir d'aquí, es van creant necessitats segons la riquesa disponible. La riquesa creixent de les nacions industrialitzades ha proporcionat a àmplies capes de la població, per primera vegada en la història, la possibilitat d'adquirir béns que van molt més allà de la mera satisfacció de les necessitats bàsiques. La industrialització ha proporcionat noves tecnologies que permeten augmentar sense parar el tipus i la quantitat de productes que el mercat posa a disposició dels consumidors. Les successives revolucions que van dur els electrodomèstics a les llars –rentadores, ràdios, televisors, informàtica, telefonia mòbil, etc.– han generat necessitats creixents de productes, amb l'extracció consegüent de recursos, amb la qual cosa la pressió sobre els ecosistemes ha crescut exponencialment. La despesa proporcional destinada a alimentació disminueix any rere any i representa ara percentatges del 20% sobre el pressupost familiar.

<sup>2</sup> Pietro Laureano. *Atlas del agua. Los conocimientos tradicionales para combatir la desertificación*, editado por IPOGEA. Matera. Italia. Versión española UNESCO y LAIA libros. Barcelona, 2005.

### Aigua necessària per a la producció de diversos productes en litres

\*producte elaborat  
font: «Cité des sciences et de l'industrie»,  
París, Universitat de Ginebra





L'equilibri climàtic demana que no es superi l'emissió d'1,8 t de CO<sub>2</sub> per persona i any. Un viatge en avió de París a Bangkok emet 4,16 t. Algunes companyies ofereixen la possibilitat de compensar aquestes emissions amb la plantació d'arbres.

El poder adquisitiu creixent de certes capes de la població i d'alguns països possibilita l'adquisició de productes fins fa poc inimaginables. L'opulència ha permès destinar temps i diners a activitats de lleure. Les vacances pagades han implicat un increment dels desplaçaments de persones arreu del món i la liberalització dels mercats ha comportat un moviment de mercaderies mai no vist. Aquest augment del transport requereix grans xarxes d'infraestructures que exerceixen pressió sobre terrenys agrícoles productius. El turisme de masses ha accentuat la pressió sobre les zones costaneres, i ha eliminat zones de conreu en benefici d'una urbanització no sempre ben planejada; per tant, cada vegada queda menys terreny cultivable als països desenvolupats i cal anar a buscar els aliments a zones més llunyanes.

Els habitants del Primer Món disposem de recursos que asseguren una assistència sanitària generalitzada, una millor educació i possibilitats de dur una vida molt més còmoda que la que va tenir cap generació anterior. Però aquesta millora no ha estat de franc. El preu pagat és la progressiva necessitat d'energia i matèries primeres i la producció d'uns nivells de contaminació mai abans assolits. Així mateix, la riquesa creixent ha produït un augment de les desigualtats econòmiques i socials entre països i, dins, entre diversos sectors de la població. El consum ostentós ha existit en totes les societats, però les possibilitats adquisitives d'avui, la quantitat de productes disponibles, la incorporació al consum de certes capes de població als països emergents i la cursa per aconseguir-ne sempre més comporten una pressió extraordinària sobre els recursos. En conseqüència, de la limitada biocapacitat es destinen recursos a finalitats supèrflues abans que a la satisfacció de necessitats elementals. L'augment dels preus del blat de moro destinat a la fabricació de biocombustibles n'és un dels exemples més contundents.

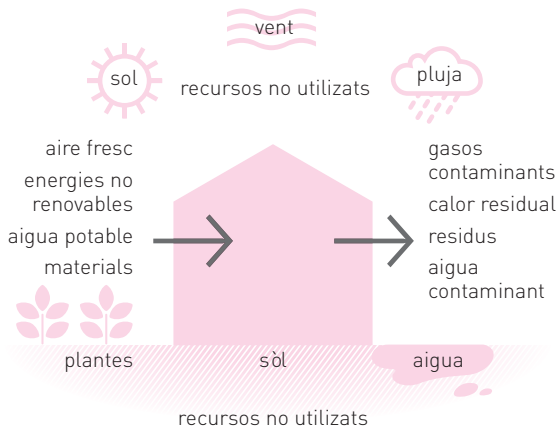
# El tancament dels cicles naturals en l'arquitectura i l'urbanisme

La construcció d'un edifici, un barri o una nova infraestructura sempre significa una alteració de les condicions naturals del lloc on es construeix, i, encara pitjor, la majoria de vegades té un efecte negatiu sobre el medi ambient a escala local i/o global.

Això és així perquè pensem i actuem en forma de fluxos lineals d'energia, aigua i materials: si fèssim un balanç *input-output* d'un edifici construït de manera convencional, tot el material de construcció que utilitzéssim i tot el material consumible es convertirien en la mateixa quantitat de residus. El mateix passa amb l'energia i l'aigua: tota l'aigua potable que utilitzem, més les aigües pluvials que cauen sobre l'edifici es converteixen en aigües residuals i acaben al clavegueram; tota l'energia que necessitem per a la producció de materials de construcció i de béns de consum per fer anar els nostres

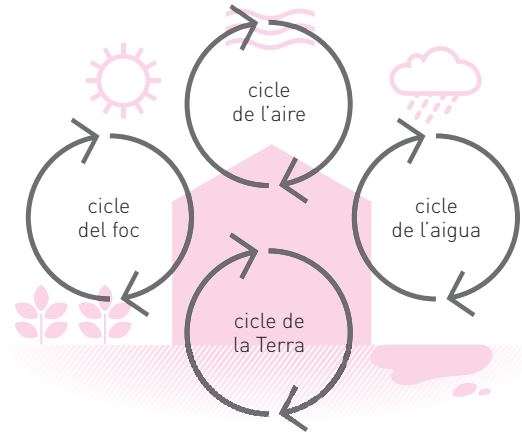
## L'edifici convencional

Consumeix recursos naturals no renovables  
Produeix gran quantitat de residus i contaminants  
No aprofita les energies i els recursos renovables



## L'edifici sostenible

S'integra en els cicles naturals i els utilitza  
Minimitza el consum i l'impacte sobre la natura



**Bettina Schaefer**  
Arquitecta

aparells electrodomèstics i per a la nostra mobilitat es converteix en emissions de CO<sub>2</sub> i altres gasos amb efecte d'hivernacle. Per tant, tots aquests recursos naturals els hem extret de la natura i els hi tornem en forma de residus – sòlids, líquids o gasosos.

De la mateixa manera el fet constructiu significa una destrucció del sòl com a element viu: n'eliminem les funcions d'infiltració d'aigua, de creixement de la vegetació i de connector verd per a la fauna, l'hem impermeabilitzat i hem eliminat el seu rol en el cycle natural.

Per reduir l'impacte de l'activitat edificatòria sobre la natura, cal tornar a pensar en el significat dels cycles naturals i en el seu tancament. Igual que les generacions anteriors utilitzaven restes de menjar per alimentar els animals i els fems per adobar els camps en un cycle tancat a escala local, en l'arquitectura i l'urbanisme sostenible el principi més important i generalitzable a tots els àmbits –energia, aigua, materials– és el del tancament dels cycles naturals.

El tancament dels cycles naturals no significa ni més ni menys que la reducció de l'*input*, la recirculació i la reducció de l'*output*. Vol dir, en paraules més col·legials, consumir i utilitzar menys, reutilitzar i reciclar. I vol dir respectar les condicions locals: la disponibilitat local d'aigua potable, els materials de construcció, les fonts d'energia renovable que tenim a mà allà on construïm.

Si pensem, per exemple, en el tancament del cycle de l'aigua en el cas d'un edifici en un entorn urbà a Catalunya, la reducció de l'*input* d'aigua potable significaria instal·lar aixetes i dutxes amb limitació de cabal, urinaris sense aigua en edificis públics i rentaplats i rentadores de baix consum d'aigua, i també utilitzar aigües freàtiques o aigües depurades per a vàters, establint un doble circuit. La reutilització i la recirculació de l'aigua en aquest cycle intern de l'edifici es podria fer depurant in situ les aigües grises i reutilitzant-les en els vàters.

Les aigües pluvials s'haurien de retenir i reutilitzar per regar o per a d'altres usos que no necessiten una qualitat d'aigua potable. Amb aquestes mesures podem disminuir la utilització d'aigua potable en un 70%.

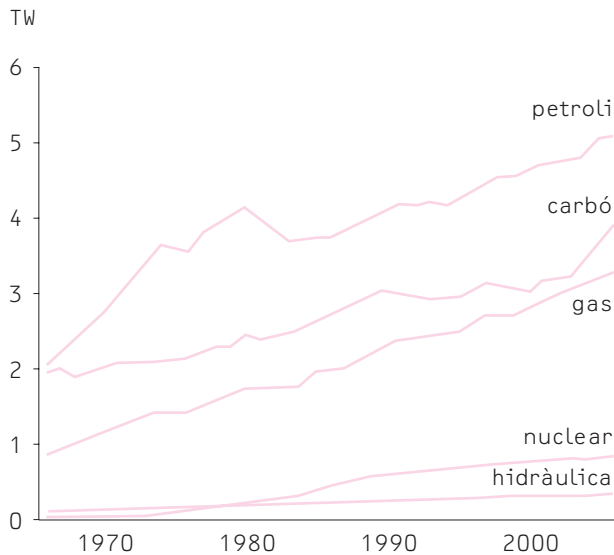
Podem obtenir resultats semblants en els cycles de l'energia i dels materials. En el primer cas, amb l'aplicació de mesures tècniques podem arribar a construir edificis que produeixin més energia de la que consumeixin durant el seu funcionament: amb la millora de l'aïllament dels tancaments, la ventilació controlada, els elements d'ombra, la utilització d'electrodomèstics eficients, un comportament conscient dels usuaris i la utilització in situ d'energies renovables per a la producció d'aigua calenta i electricitat.

En el cas del sòl i del verd, les mesures sempre seran compensatòries, com poden ser l'aplicació de paviments permeables en l'espai urbà, les cobertes i façanes verdes o la creació de connectors verds. Òbviament, allà on hem construït no podem retornar a la natura les mateixes condicions que ella ens ha ofert, però sí que ho podem fer –a través de mesures compensatòries– en altres indrets del mateix municipi, augmentant la qualitat biològica i ecològica d'espais naturals existents i intentant reequilibrar al màxim la nostra intervenció.

Internalitzar aquest principi del tancament dels cycles naturals a escala personal, local i regional hauria de ser el compromís social inherent a l'exercici de la professió de l'arquitecte en el segle XIX.

# El ritme de consum dels recursos

Consum d'energia al món en terawatts (TW), 1965-2006



«La naturalesa pot satisfer totes les necessitats dels humans, però no totes les seves ambicions.»

Mahatma Gandhi

Vivim en una societat que anomenem encertadament *societat de consum*. El consum de serveis i recursos, naturals o manufacturats, és l'element essencial del sistema d'economia capitalista, imperant en la pràctica totalitat de les societats actuals. Consumir s'ha convertit en el motor de la vida econòmica, la dinàmica central de la nostra societat. Les millores tecnològiques han permès l'abaratiment dels costos de producció, la multiplicitat d'oferta dels productes i la seva distribució més eficient i àgil. Aquestes millores, entre d'altres, afegides al fenomen de la globalització cultural i de la informació característiques de la nostra època, no han fet més que créixer aquesta dinàmica: creix el nombre de consumidors, creix el consum de matèries primeres, creix el consum de béns i de serveis i creix el nivell de despesa cercant la millora contínua de la nostra qualitat de vida.

Tot això no ens ve de nou, nombrosos estudis han fet palesa la realitat d'aquests increments, principalment en el camp dels béns, i més específicament en els recursos naturals necessaris per obtenir-los. Dia rere dia augmenta el ritme amb què consumim els recursos de què disposem, d'una manera o altra: els països rics diversifiquen els productes i serveis, els que es troben en vies de desenvolupament augmenten les seves «necessitats», i els pobres augmenten la població desenfrenadament. Les societats tendeixen a créixer i créixer sense fi..., però vivim en un món finit. Fins quan podrem mantenir l'estil de vida al qual estem acostumats els qui tenim la sort de viure en països del mal anomenat Primer Món? Fins on poden arribar a créixer les nacions ja superpoblades? Quines conseqüències tindran les accions presents sobre el medi ambient i sobre l'estil de vida de generacions



**Pau Morera Font**

Llicenciat en Ciències Ambientals



futures? Són incògnites difícils de respondre, probablement el major repte al qual la societat actual s'enfronta, i a les quals no es pot donar l'esquena.

Segons l'informe *Planeta Vivo 2008* del World Wildlife Fund (WWF), el consum humà de recursos al món s'ha triplicat entre el 1961 i el 2005, i els darrers 35 anys hem perdut gairebé un terç de la vida silvestre del planeta. A aquest ritme, que no sembla aturar-se, cap a mitjan de la dècada del 2030 necessitarem dos planetes per satisfer la demanda de recursos. En paraules de la mateixa fundació «la gent està convertint els recursos en rebuig més ràpidament del que la naturalesa pot convertir el rebuig altre cop en recursos». Aquesta degradació de la natura, sense precedents en la història que ens puguin aportar experiència, és més que preocupant. Els països que estan contribuint en major mesura a aquesta degradació, segons aquest informe, són: Emirats Àrabs Units, Estats Units d'Amèrica, Finlàndia, Canadà, Kuwait, Austràlia, Estònia, Suècia, Nova Zelanda i Noruega. Són els països que consumeixen més energia i recursos *per capita* del planeta. Països que, o bé presenten alts consums d'energia –pel seu estil de vida, com els Estats Units, o per la seva climatologia, com els països nòrdics– o bé són grans productors de petroli (EAU, Kuwait). Casualitat?

El consum energètic d'un territori està íntimament lligat al seu nivell de desenvolupament, i a la mida de la seva població. Fent una breu ullada al gràfic veiem que es mostra de manera clara el que estem exposant.

L'any 1965 el consum total d'energia al món –incloent petroli, carbó, gas, energia nuclear i hidroelèctrica– arribava amb prou feines als 5 terawatts (1 terawatt equival a  $10^{12}$  watts); l'any 2006 ja es doblava aquest consum. El major exponent d'aquest increment és el consum de petroli, que representa prop de la meitat del consum total, i que té la característica i alhora l'inconvenient de ser un recurs no renovable. El petroli

només es pot obtenir per extracció, i tard o d'hora s'esgotaran les reserves dels seus jaciments, i, com hem vist, els països que en depenen (siguin productors o consumidors) són alhora els que presenten majors taxes de degradació dels recursos del planeta i del seu consum.

Aquestes dades tenen un caire esperançador, si més no. La societat de consum s'ha basat en l'economia del petroli –principalment–, i aquells països que siguin capaços d'alliberar-se abans d'aquesta dependència seran els menys afectats quan aquest escassegi. Les opcions són diverses, des de les diferents fonts d'energia renovable a l'energia nuclear. Deixant de banda l'etern debat sobre les instal·lacions nuclears, altament eficients però que generen residus radioactius i tenen un component de risc, sembla que de moment és aquesta energia la que està guanyant terreny, sobretot en països en vies de desenvolupament com la Xina. Les energies renovables, tot i ser les més «netes» i de fonts il·limitades, encara no són prou competitives en el mercat econòmic.

L'actual depressió econòmica mundial és un toc d'atenció sobre les conseqüències de gastar més recursos dels que tenim, pensant tan sols en créixer, créixer i créixer sense mirar més enllà. Quan parlem de sostenibilitat –paraula tan de moda que sembla que està perdent part del seu significat– fem referència precisament a la solució més viable per al creixement de les nostres societats, que no és sinó l'objectiu final de tota economia, però a llarg termini. Hem de tenir cura del nostre entorn i de les nostres accions individuals i col·lectives, perquè si no protegim els nostres recursos estarem afectant no solament el nostre nivell de vida, sinó la vida mateixa.

#### Fonts bibliogràfiques:

*World Energy Outlook 2008*, OECD/IEA.  
*Informe Planeta Vivo 2008*, WWF.  
[www.justiciaipau.org](http://www.justiciaipau.org)  
[www.sostenible.es](http://www.sostenible.es)

# Quina energia per a quina arquitectura?

Durant molt de temps hem donat per fet que necessitem una determinada forma d'energia i uns determinats equips per aconseguir unes determinades funcions energètiques (llum, aigua calenta, calefacció, transport). Era una època de determinisme científicotecnològic, del benestar lligat amb l'equipament de les nostres vides i el consum dels recursos. Si s'acabava una font d'energia, la ciència i la tecnologia de les empreses ja ho solucionarien trobant altres fonts; era una de les seves funcions, alimentada per eslògans com el de «Trucan's i ens ocupem de tot». Malauradament no s'ocupaven de tot, només del que podia molestar els seus clients i, si alguna de les seves actuacions legals podia molestar algú altre, ja no era de la seva incumbència, sinó un tema de les administracions públiques, patrocinades amb els nostres impostos i elegides amb els nostres vots.

Cal tenir molt en compte que la tecnologia no és determinista, que no hi ha una solució única o òptima, que els materials, els equips i la gestió no són fruit només d'uns paràmetres científicotècnics, sinó també de criteris econòmics (inversió, manteniment, vida útil, externalitats), socioculturals i polítics.

Citaré unes afirmacions fetes en conferències sobre energia fa anys a Suïssa i a Bonn, referents a l'arquitectura:

- Títol d'un pòster d'un país àrab: «Energia renovable a l'arquitectura? Fa mil anys que ho fem!»
- Conferència a Bonn: «Avui, el repte no és fer edificis de consum 0 d'energia, sinó exportadors d'energia».

La pregunta lògica a partir del missatge aportat per aquestes dues cites és: havent-hi tecnologia i recursos energètics, com és que no es fa avui?



**Joaquim Corominas**

Doctor enginyer, director d'Ecoserveis

A final dels anys seixanta a Barcelona, un conjunt d'habitatges unifamiliars tenien llar de foc convencional (de disseny), però no tenien caldera d'aigua calenta ni de calefacció. La resposta de l'arquitecte a la pregunta de per què no hi havia caldera va ser que utilitzéssim electricitat, que era més barat (i, a més, no calia preveure espai ni sortida de fums).

El consum d'energia s'ha associat a riquesa, a nivell de vida i confort: els anglesos es banyen i els nord-americans es dutxen: són més rics els anglesos? Amsterdam és ple de bicicletes i Barcelona de motos: el nivell de vida de Barcelona és millor que el d'Amsterdam?

Als països nòrdics estan orgullosos de mostrar les seves cases mantingudes a temperatura confortable durant el llarg hivern amb bombes de calor d'1 kW elèctric, mentre en latituds mediterrànies en els petits pisos s'inutilitzen parets amb radiadors de calor. Àustria va mostrar com introduir l'energia solar de manera ràpida i econòmica (i creant una indústria que n'exporta fins i tot a Espanya), amb actuacions d'autoconstrucció col·lectiva i mecanismes de formació prèvia adequats. A casa nostra costa trobar un instal·lador prou preparat per fer una bona instal·lació d'aigua calenta solar.

El sistema energètic actual és fruit de l'acumulació d'accions de temps passats i té una gran inèrcia; els canvis tarden temps a notar-se i per això mateix cal iniciar-los aviat, recordant la dita atribuïda a Einstein: «la solució dels problemes no es pot fer amb els mateixos criteris que els han creat». Per tant, cal introduir nous criteris abans que aplicar receptes, i per això cal informació, formació, persuasió (i també sort, estar en el lloc adequat en el moment oportú!).

Hi ha la creença generalitzada que un nou *producte* només es pot introduir si és més barat que els seus

competidors. Un exemple mostra que això no és cert en l'àmbit de l'energia. Les bombetes fluorescents compactes proporcionen un estalvi econòmic (i energètic) considerable a les (fins ara) convencionals de filament. Per què no es generalitzen les fluorescents?

Els costos tampoc no ho són tot en les grans inversions. Els diversos riscos, la valoració de la diferència entre els costos d'ara i els futurs, dels efectes sobre l'economia local i la competitivitat són factors importants a l'hora de prendre decisions econòmiques. Alguns productors elèctrics afirmen que el kW nuclear és molt barat, però no es decideixen a iniciar la construcció d'una central nuclear. L'economia afirma que els preus són indicadors dels costos reals, però a Espanya hi ha un «dèficit de tarifa» que manté els preus de l'electricitat per sota dels seus costos, hi ha factures energètiques iguals al llarg de l'any (podem relacionar-ho amb el cost de la climatització?), als territoris extrapeninsulars d'Espanya l'electricitat és més barata que a la península, malgrat que els costos són molt superiors. Es manté la producció de carbó nacional per una suposada qüestió de *seguretat nacional*.

Conclusió: si no tenim un sistema energètic sostenible, és perquè no ho creiem possible, no volem, no ens hi atrevim, o per altres raons similars. Pregunta: què fa falta que passi per tal que iniciem la necessària transformació del sistema energètic?

# El paper de l'aigua

L'aigua és essencial per al desenvolupament humà i està intrínsecament lligada a l'aparició d'assentaments urbans i al seu creixement. En la història, l'expansió urbana ha anat acompanyada de la recerca i explotació de nous recursos hídrics, per tal de satisfer les necessitats dels diferents usos (agrícoles, industrials, públics, domèstics, i, recentment, ecològics), que han anat canviant al llarg dels segles. Les fonts d'aigua locals utilitzades originàriament s'han complementat, i fins i tot substituït, per fonts cada vegada més llunyanes, amb repercussions socioambientals que han traspassat els límits territorials de la ciutat. L'augment de l'oferta i de la millora de la qualitat de l'aigua disponible a pobles i ciutats han afavorit el creixement econòmic i de la població, a la vegada que aquest bé bàsic ha estat font de conflictes socials i territorials, especialment en aquelles zones on l'aigua ha estat tradicionalment un recurs escàs.

En un moment en el qual més del 50% de la població mundial viu en ciutats i en un context d'augment futur de l'escassetat de l'aigua en determinades zones com a conseqüència del canvi climàtic, el subministrament i la gestió de l'aigua per a usos domèstics és un tema d'especial rellevància per a polítics, tècnics i investigadors. A més dels estudis sorgits en els camps de l'enginyeria, centrats sobretot en la recerca i distribució de noves fonts d'abastament, en la millora de la qualitat (potabilització i depuració) i de l'eficiència en l'aprofitament, existeix una producció científicotècnica que tracta d'abordar l'estudi del cicle hidrològic des d'altres perspectives. Per exemple, des d'un vessant políticoinstitucional, s'ha posat interès en qui ha tingut la titularitat de l'aigua i el poder sobre la seva gestió, i quins usos han estat prioritzats respecte a d'altres. L'enfocament socioambiental ha intentat aprofundir en els diversos condicionants urbans del consum d'aigua i sobre els impactes que l'augment del seu consum en zones urbanes està



## **Elena Domene**

Doctora en Ciències Ambientals, cap de projectes de l'Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona

provocant en el medi ambient i en la societat. Els factors determinants del consum d'aigua urbana (principalment d'ús domèstic) també ha estat objecte d'anàlisis de múltiples estudis econòmics<sup>1</sup>.

Segons diferents estudis<sup>2</sup> aquests són els factors més rellevants que condicionen el consum d'aigua domèstica:

- Econòmics: preu de l'aigua, nivell d'ingressos.
- Socials: grandària i composició familiar, grau de consciència ambiental.
- Tècnics: comptadors individuals, tecnologia utilitzada (sistemes d'estalvi).
- Institucionals: normativa, educació, informació.
- Ambientals: clima i tipus de vegetació de les zones enjardinades.
- Urbanístics: model residencial, densitat edificatòria, tipologia de l'habitatge, superfície de l'habitatge, nombre de punts de consum.

Així, el consum domèstic d'aigua augmenta amb el nivell d'ingressos, tot i que amb matisos: el consum d'aigua dins de l'habitatge (higiene personal i domèstica, aigua de boca, preparació d'aliments) és relativament estable per a diferents nivells de renda, mentre que les variacions són més notables quan existeixen usos exteriors (reg de jardins, manteniment de la piscina). De la mateixa manera, el consum d'aigua per a usos bàsics és menys susceptible, si es produeixen canvis en el preu, que el relacionat amb usos exteriors.

Entre els factors socials, el consum domèstic per càpita sol ser més gran quan disminueix el nombre de membres a la llar i també en famílies amb criatures. Els hàbits de consum responsable porten a consums menors. Altres factors com ara la instal·lació de comptadors individuals i la tarificació de l'aigua, molts cops acompanyats d'informació i reparació de fuites, dismi-

nueix igualment el consum per càpita. Relacionat amb això, les campanyes i la instal·lació de sistemes d'estalvi a les llars i una normativa que fomenti l'estalvi pot contribuir a consums menors.

Entre els factors urbanístics, els habitatges més grans i amb més punts de consum comporten consums domèstics d'aigua més elevats, si bé la variable que hi té el paper més important és la tipologia edificatòria. Als habitatges unifamiliars, com que hi ha usos exteriors com el rec del jardí o el manteniment de la piscina, els consums d'aigua acostumen a ser més elevats que als blocs de pisos.

A una escala més gran, el model residencial és una de les variables que explica millor el consum d'aigua. Les zones urbanes basades en un model de baixa densitat de població, on predominen els habitatges unifamiliars amb jardins i piscines, presenten unes demandes d'aigua per càpita molt superiors a les zones urbanes compactes i amb tipologies edificatòries d'altres densitats. En aquest sentit, una planificació urbanística que tendeixi cap a un model urbà menys consumidor d'aigua ha de ser la clau per afrontar el repte de la gestió sostenible de l'aigua.

<sup>1</sup> Vegeu, per exemple: **Arbués-García, F., García-Valiñas, M.A. i Martínez-Espiñeira, R., 2003.** «Estimation of Residential Water Demand. A State of the Art Review». *Journal of Socio-Economics*, Vol. 32 (1), p. 81-102.

<sup>2</sup> Per a una revisió més detallada dels factors condicionants del consum d'aigua domèstic en àrees metropolitanes: **Domene, E. i Saurí, D. 2006.** «Urbanization and Water Consumption: Influencing Factors in the Metropolitan Region of Barcelona». *Urban Studies*, Vol. 43 (9), 1605-1623.

# 4B

<sup>1</sup> Kevin Lynch. *Echar a perder. Un análisis del deterioro*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2005.

## **Outputs: la gestió dels residus**

Tornem a la natura, de manera conscient, tot allò que no serveix, no té valor, molesta o sobra, però inconscientment també hi aboquem els productes resultants de processos productius o de simples accions que no associem a aquests abocaments, per exemple el CO<sub>2</sub> que emetem pel tub d'escapament dels nostres cotxes. *Residu* és allò que no sabem aprofitar; això no vol dir que cap altra persona no ho pugui recuperar i assignar-li un valor d'ús. No som gaire conscients de la quantitat de rebuig que produïm<sup>1</sup> i, en general, ens preocupem poc dels efectes que produeixen sobre la biosfera les emissions i els residus resultants de les nostres activitats.

### **Què tornem a la natura?**

Quins residus llencem a la natura? Sabem quins efectes secundaris tenen? Qui perjudiquen? Què malgastem? Què malbaratem?

Les recents normatives de recollida selectiva que obliguen a separar els residus segons la seva naturalesa comencen a conscienciar-nos de la diversitat de productes efímers existents: les restes orgàniques, el plàstic, els cartrons, els vidres, les piles, els medicaments caducats, els aliments que es van espatllar a la nevera, els trastos vells, etc. Però també podem considerar residus els fums i gasos resultants de processos industrials, o simplement del fet d'anar en automòbil per la carretera. El CO<sub>2</sub> produït per la crema de combustibles fòssils és el millor exemple d'un residu del qual, fins i tot fa relativament poc temps, no sabíem que té efectes perjudicials.

Les ciutats del passat eren molt insanes, veritables femers; els residus sòlids s'amuntegaven en l'espai públic, fins i tot en l'interior dels edificis. Les cambres de bany són creacions del segle XVII. Els qui hem viscut en ciutats amb riu els recordem com una claveguera socialment acceptada. Encara avui, milions de persones viuen amuntegades en barris marginals de grans megalòpolis sense xarxa de sanejament.

Al nostre Primer Món, avui l'aigua potable s'utilitza preferentment com a conductora de residus, a l'interior dels habitatges i a les zones industrials; la regulació dels abocaments és recent –fins fa poc temps els rius eren les clavegueres de les restes industrials– i el mar continua sent el gran abocador.

Els efectes de la generació i de l'abocament de residus són, probablement, el perill més gran a què s'enfronta la Humanitat. Això és perquè la contaminació és un problema d'escala.<sup>2</sup> Aquest fenomen es produeix quan no es tanquen els cicles i el residu resultant d'un procés de transformació no té cap utilitat. Els residus orgànics són sempre reutilitzables –biodegradables–, tret que es produeixin excedents en el sistema; contràriament, els residus industrials no es recuperen habitualment, sinó que s'eliminen bé en abocadors, bé en centrals d'incineració. El percentatge que se'n recicla és mínim.

<sup>2</sup> Ronald Wright. Op. cit. pàg. 22.

### **Efectes secundaris dels residus**

La percepció dels perills que amaga la contaminació de l'aire i de l'aigua és sempre tardana. L'any 1854, es va atribuir per primera vegada la propagació del tifus a l'aigua contaminada. La contaminació per partícules procedents de la crema de carbó

<sup>3</sup> Rachel L. Carson. *Primavera silenciosa*. Editorial Crítica. Barcelona, 2005.

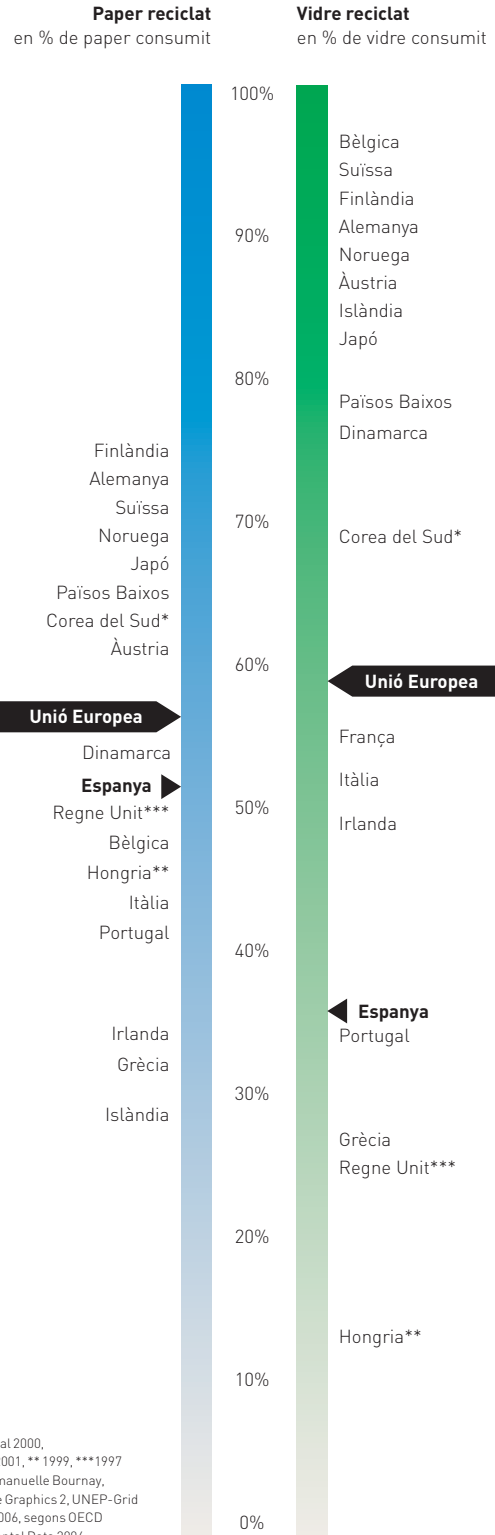
ocasionava centenars de morts en ciutats angleses com Manchester, però no es va començar a combatre fins molts anys més tard. Els primers efectes de la contaminació química per pesticides van ser denunciats l'any 1962.<sup>3</sup> El forat de la capa d'ozó era un problema insospitat fins fa pocs anys.

El fum es veu i sabem que implica foc, i tendim a associar certs colors amb el perill, encara que no sempre és així. L'aigua bruta es distingeix de l'aigua neta, però què passa amb el CO<sub>2</sub>, les partícules en suspensió, els metalls pesants, les ones electromagnètiques? Com Sant Tomàs, sembla ser que, si no ho veiem, no ho creiem. Es va tardar temps a acceptar la perillositat del fum de les fàbriques sobre el nostre sistema respiratori i els possibles efectes cancerígens del tabac perquè, encara que és visible, el seu efecte no es percep directament. En el cas de les modernes contaminacions, resulta que, a més, els productes contaminants no són visibles. Pot fer-se visible el CO<sub>2</sub>? També ha estat difícil aconseguir l'acceptació generalitzada dels seus efectes perjudicials; el cas del tabac és semblant: els interessos de les tabaqueres, condemnades fa poc per difondre conscientment informació falsa, i els de les petrolieres ara, que inverteixen ingents quantitats de diners per negar o minimitzar els riscos del canvi climàtic, aconsegueixen retardar el temps de reacció, un temps en què caldria actuar.

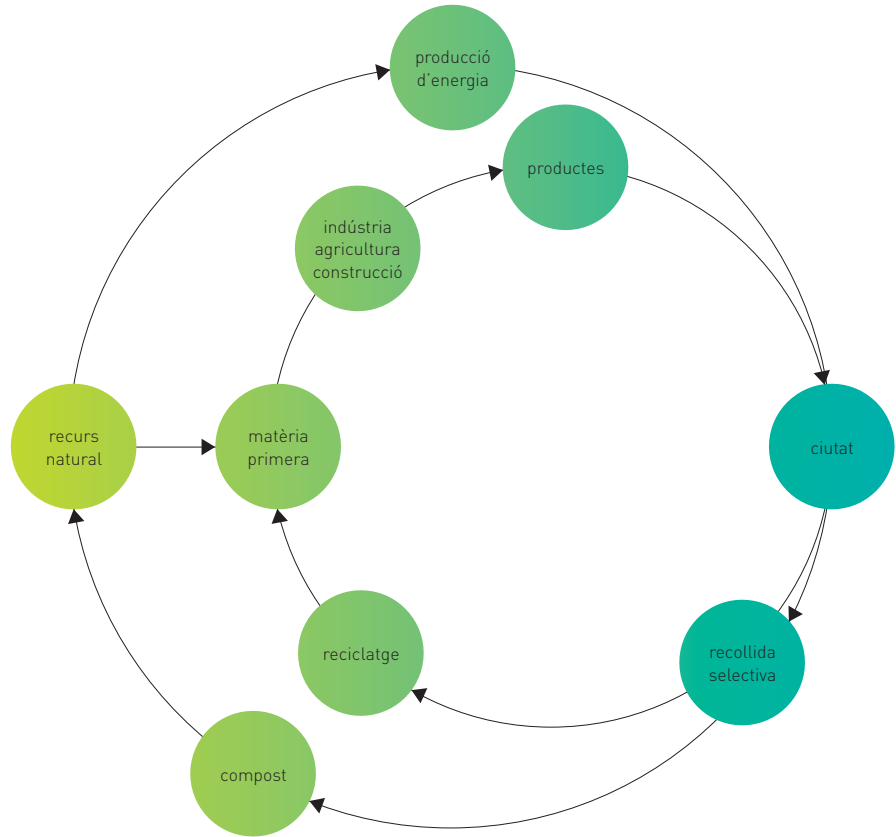
### Les tres R

L'increment progressiu de residus fa que la seva acumulació i possible destrucció generin problemes ambientals d'importància. Per aquesta raó, les principals mesures que convé prendre responen al conegut enunciat de les tres R: reducció, reutilització i reciclatge. A aquestes tres R, es poden afegir altres d'equivalents com *rehabilitar* en el cas de l'edificació, o *regular*, per actuar des de les administracions.

De totes, la reducció de la producció de residus i contaminació és el mitjà prioritari perquè és la més eficaç. La seva consecució comporta actuacions sobre els grans emissors, però també són importants les accions dels petits productors, és a dir, de tots nosaltres. I és que si sumem els residus que en conjunt aboquem al medi, s'acumulen quantitats significatives. La consciència sobre la necessitat de reduir xoca amb el consumisme a què la nostra societat està insistentment abocada. Augmenten les campanyes per tal de no utilitzar bosses de plàstic, tot i que no gaudeixen encara de gaire èxit. El creixement és el fetitxe del nostre temps. Potser per



En les anàlisis de cicle de vida, com hem vist en el capítol 3B, s'analitzen els recursos i residus d'un producte al llarg de tota la seva vida, del bressol fins a la tomba. L'expressió *cradle to cradle* –del bressol al bressol– s'utilitza per indicar la necessitat de tancar els cicles productius reaprofitant els residus d'un procés com a recursos d'un altre (Michael Braungart i William McDonough *Cradle to cradle*. McGraw-Hill. Madrid, 2005).



**4** Serge Latouche. *La apuesta por el decrecimiento*. Icaria Editorial. Barcelona, 2008.

**5** Clive hamilton. *El fetiche del crecimiento*. Editorial Laetoli. Barcelona, 2006.

**6** Joaquim Viñolas Marlet. *Diseño ecológico*. Editorial Blume. Barcelona, 2005.

**7** *Basurama* és un col·lectiu dedicat a la investigació i a la gestió cultural des de 2001 que ha centrat la seva àrea d'estudi i actuació en els processos productius, la generació de rebuig que impliquen i les possibilitats creatives que suscita aquesta conjuntura contemporània. Nascut a l'Escola d'Arquitectura de Madrid, ha anat evolucionant i adoptant noves formes des dels seus orígens.

això, neixen moviments que el qüestionen com a única meta i es plantegen preguntes com per què no el decreixement?<sup>4</sup>, o per què sempre créixer solament?, o com créixer sense ofegar el planeta? Els processos naturals presenten fases alternatives de creixement i decreixement en permanent recerca d'equilibris; tanmateix, s'intueix que perseguir un creixement perpetu i continuat tendeix a crear desequilibris.<sup>5</sup>

La reutilització de productes és poc freqüent en el circuit comercial. Tanmateix, hi ha nombrosos productes al món rural i a les ciutats que fàcilment poden passar de ser considerats residus a convertir-se en objectes d'ús, si arriben a les mans de qui sàpiga recuperar o transformar-ne la utilitat. La cineasta francesa Agnès Varda ens va delectar a *Les glaneurs et la glaneuse* amb un univers de traçuts personatges que es dedicaven a recuperar objectes, de vegades de manera sorprenent.

El reciclatge, en canvi, ja implica una transformació del residu, i el valor s'aconsegueix manipulant-lo per transformar-lo en un producte nou. Implica, per tant, una aportació d'energia, però en general el profit aconseguit compensa l'aportació. El cas de l'alumini és molt clar. Fabricar un quilo d'alumini requereix una gran quantitat d'energia i aigua, mentre que, si es recicla, aquest consum es redueix dràsticament. El disseny de productes elaborats amb materials procedents del reciclatge genera una activitat creixent<sup>6</sup> i es multipliquen les creacions artístiques fetes amb materials de rebuig, com és el cas de *basurama*.<sup>7</sup> Els habitants de la localitat de Kamikatsu, al Japó, reciclen el 90% dels residus domèstics. A Holanda, el reciclatge d'àrids de la construcció assoleix xifres molt altes, motivat per la manca de pedreres al país.



Un objectiu que cal incorporar en els dissenys de productes és la reciclabilitat dels components; convé preveure i facilitar el reciclatge posterior d'allò que es produeix. Això comporta la utilització de materials susceptibles de ser reutilitzats o reciclats, i també acoblaments que permetin la separació dels diversos components. En aquest camp, la indústria té, sens dubte, un llarg camí per córrer.

### **La rehabilitació: el futur immediat**

La rehabilitació és la sortida principal per fer front a la crisi actual de manera sostenible. La UPC va dur a terme un estudi, dirigit per Albert Cuchí, per veure com havia de ser l'habitatge ideal segons els criteris d'un sistema de qualificació prestigiós com és el LEED; el resultat va mostrar que molt probablement l'habitatge provindria d'una rehabilitació. Un edifici fet de nou suposa gairebé sempre incrementar l'ús de recursos i la producció d'emissions. En un edifici existent aprofitem fonaments, estructura i gran part dels tancaments, hi millorem l'aïllament de la pell i les prestacions i, per tant, normalment emetrà menys CO<sub>2</sub> que abans de ser rehabilitat. Sempre utilitzarem menys recursos que en la construcció d'un edifici de nova planta. A això cal afegir l'estalvi en el consum de territori.

Actualment la rehabilitació representa més d'un terç de la producció del sector de la construcció a Europa, però mentre en alguns països és de l'ordre de la meitat, a Espanya i Catalunya no arriba al 10%.

A més, cal pensar la rehabilitació en termes nous. D'una banda, l'estalvi energètic ha de ser una premissa imprescindible i l'increment dels aïllaments –en general per la cara exterior de l'edifici i en gruixos molt més grans del que es fa habitualment– és condició indispensable. De l'altra, cal pensar en termes innovadors d'increment d'espai i qualitat ambiental. Ho fan els arquitectes francesos Lacaton & Vasal en els conjunts d'habitatges del *boom* de la construcció dels anys seixanta i setanta, que avui presenten grans mancances; als nostres grans conjunts els convindria una manera similar de treballar i també a tota l'edificació fruit de l'especulació feta, en general, amb qualitats molt deficientes, que són resultat de considerar només el valor de canvi en lloc del valor d'ús.

# Els residus que produïm

Les constants campanyes institucionals sobre el tema dels residus i per fomentar-ne la recollida selectiva ens recorden permanentment que aquest és un tema ambiental important i encara no ben resolt.

A diferència d'altres qüestions ambientals no menys importants, com el consum d'aigua o d'energia, en el cas dels residus no disposem d'informació personalitzada directe: a casa no tenim un comptador que ens permeti saber quants en produïm. Així que, per saber-ho, ens hem de remetre a les estadístiques.

El Programa de Gestió de Residus Municipals de Catalunya 2007-2012 (Progremic 2007-2012) situa la producció de residus municipals a Catalunya l'any 2006 en 4.280.476 t, cosa que suposa una producció d'1,64 kg per persona i dia.

Això és molt o és poc? Si mirem com evoluciona la producció real respecte a l'evolució prevista constatarem dues coses: la dolenta és que la producció real sempre supera la prevista; la bona és que la diferència entre aquestes tendeix a reduir-se.

Però quants en produïm nosaltres realment? Si *comptem* els residus a casa ens semblarà que la nostra producció domèstica se situa significativament per sota d'aquest valor. Tanmateix, aquesta conclusió és precipitada i enganyosa.

La quantitat de residus municipals s'obté sumant les recollides municipals de les diferents fraccions: paper, vidre, envasos lleugers, fracció orgànica, contenidor gris, aportacions a les deixalleries, objectes voluminosos i altres recollides de fraccions específiques com ara roba, etc. Una operació simple de dividir aquesta quantitat per la població del municipi o, en aquest cas, de Catalunya, ens dona la ràtio de producció per càpita.

Per tant, la primera correcció que hauríem de fer és afegir a les deixalles corrents la quantitat de voluminosos que baixem al carrer el dia que toca, del que hem

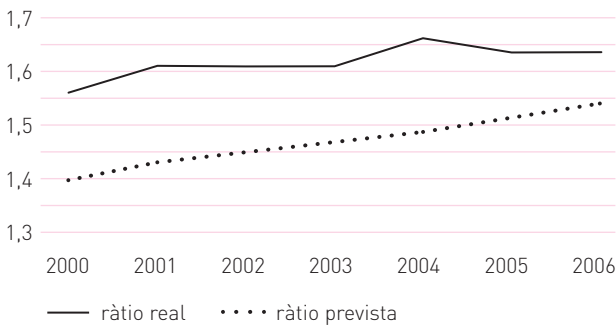
## Josep Esquerrà

Biòleg, llicenciat en Medi Ambient



## Ràtio de producció de residus municipals a Catalunya

(kg/persona i dia)



dut a la deixalleria, de la roba que cada canvi de temporada posem al contenidor de roba, etc. Amb això la nostra producció ja haurà augmentat i s'haurà apropat més a la mitjana.

Un segon aspecte que cal entendre és el fet que al contenidor de recollida urbana no només hi va a parar la nostra brossa domèstica. O és que potser mentre som a la feina i tenim els fills a l'escola no generem residus? Doncs sí que en generem i en molts casos aniran al mateix contenidor que els residus domèstics. I aquesta quantitat pot ser significativa: mostres puntuals preses en edificis administratius i d'oficines donen una producció de residus de 0,2 kg pel cap baix, però que pot arribar fins a 1 kg per persona i dia laborable. Així que, si sumem la quantitat que generem a la feina a la que generem a casa, potser ja no ens queda gaire marge per a l'autocomplaença.

El Progremitc 2007-2012 manté ferm l'objectiu de reducció del 10% de la producció de residus i proposa tota una sèrie de mesures correctives respecte al programa anterior. Però, al meu entendre, l'esforç no l'hem de fer només a casa. Cal que també les empreses de

serveis i tot el sector terciari facin un esforç per controlar la generació dels residus, que engreixen les dades de producció municipal.

L'altra qüestió és saber com anem en reciclatge. La taula següent recull els objectius previstos pel programa anterior (Progremitc 2001-2006), els resultats assolits, segons l'estudi de revisió del programa (2004) i els objectius del Progremitc 2007-2012.

Si observem els resultats i els comparem amb l'objectiu del 2006 podem dir que aprovem en paper i vidre, però suspenem en orgànica i envasos lleugers. Tot i amb això, el nou programa no rebaixa els objectius. Si, a més, tenim en compte que segons el Progremitc 2007-2012 la fracció orgànica representa la fracció majoritària amb un 36%, queda força clar per on hem de començar a fer els deures.

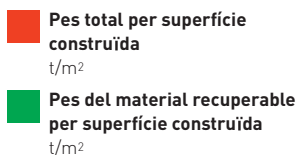
	fracció orgànica	paper/ cartró	vidre	envasos lleugers
Progremitc 2001- 2006	55%	75%	75%	25%
Resultats (2004)	12,3%	38,9%	43%	6,3%
Progremitc 2007- 2012	55%	75%	75%	25%

Pensem, però, en els envasos lleugers (plàstics, llaunes, brics, etc.), per als quals d'entrada ja es planteja l'objectiu menys ambiciós (25%) i on la pobresa de resultats és evident (6,3%). Potser ja seria hora de preguntar-nos si els resultats justifiquen l'esforç, les facilitats i els recursos destinats al contenidor groc o si realment no sortiria més a compte penalitzar-lo, tant des de l'Administració com des dels consumidors, a favor d'altres materials d'envàs i d'embalatge com el vidre i el paper que a la pràctica ens permeten *aprovar* amb un esforç jo diria que sensiblement menor.

# 4C

## El pes del sector de la construcció

Un altre indicador del consum de matèries primeres és el pes del producte. El Requeriment Total de Materials (RTM), anomenat també *motxilla ambiental*, és un indicador particularment interessant en la construcció. Indica la quantitat de matèries primeres que es consumeixen en un determinat procés, tant la part de material útil que conforma el producte acabat com el conjunt de residus generats. Tenint en compte que moltes de les matèries primeres utilitzades habitualment no són renovables, l'indicador reflecteix també el grau de sostenibilitat d'un determinat model d'edificació seguit a Espanya durant els últims anys.



### Sistema pesat

formigó / ceràmica  
sistema contemporani



### Sistema semipesat

ceràmica / fusta  
Eixample 1800



### Sistema lleuger

fusta / acer  
estàndard europeu



### Sistema super lleuger

acer / sorra  
experimental



font: elaboració pròpia

## Els recursos i els residus de la construcció

La construcció consumeix el 50% del total dels recursos naturals i el 40% de l'energia; al seu torn, genera el 50% dels residus i un terç de les emissions de CO<sub>2</sub>. Aquestes dades la situen com un dels àmbits en què és prioritari actuar per reduir la demanda de recursos i l'emissió de residus. Com es poden disminuir aquests impactes i permetre que les generacions futures visquin amb prou recursos per satisfer les seves necessitats?

El gran consum dels últims anys, a causa del *boom* del sector al nostre país i, a escala global, de l'increment provocat pels països emergents, pot provocar, a mig termini, l'escassetat d'alguns materials. Aquest factor, juntament amb l'especulació, ha ocasionat pujades de preu considerables en matèries com el coure, els minerals o els derivats del petroli que són només la punta de l'iceberg de futures escassetats.

## Impacte del sector a Espanya

Disposem de dades de l'evolució durant les últimes dècades de la motxilla ambiental mesurada en tones per persona (TpP). Óscar Carpintero<sup>1</sup> analitza les dades del període 1955-2000. Els nostres avis, l'any 1955, disposaven d'una motxilla de productes valuada en 13,5 TpP, de les quals només 5,3 tones eren imputables a la construcció. Avui, la nostra motxilla ambiental és de l'ordre de 37 TpP, de les quals més del 40% recauen en la urbanització, la construcció i el traçat d'infraestructures com ara autopistes i carreteres, el tren d'alta velocitat, etc.

Per aconseguir una tona d'edificació, cal energia, i per obtenir aquesta energia útil s'emeten 0,3 tones de CO<sub>2</sub> per tona de producte obtingut. Si multipliquem la massa de material necessari per l'energia que hem consumit per obtenir-lo, sabrem les emissions de CO<sub>2</sub> que genera l'activitat constructora. Si enfoquem el detall i analitzem on es concentra un major grau de construcció, veurem que se situa sobretot a la franja litoral, a la zona de platges i sol que atreu el turisme. En el primer quilòmetre des de la costa, que representa un 2% de la superfície de sòl de l'Estat espanyol, es concentra el 34% de l'ocupació. Estem parlant d'una tercera part del litoral espanyol que s'urbanitza a una velocitat de 2 hectàrees per hora. Evidentment, per arrossegar aquesta massa de material per a la construcció cal energia. I aquesta energia genera emissions.

Ens podem plantejar ara algunes preguntes: què passaria si el cost del CO<sub>2</sub> adquirís valor econòmic? El metabolisme urbà dels processos urbanitzadors es tras-

<sup>1</sup> Óscar Carpintero. *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*, Fundación César Manrique. Lanzarote, 2005.

lladaria així de la discussió ambiental al debat en termes d'economia. Qui n'assumiria el cost econòmic?

La crisi actual ha posat de manera descarnada sobre el paper els perills de certs models de desenvolupament. Durant anys, hem acceptat passivament la tesi que, com més sòl urbanitzable hi hagués, més baixaria el preu de l'habitatge. Això ha demostrat ser una absoluta fallàcia; mai no hi havia hagut tant sòl urbanitzat i mai el preu de l'habitatge no havia estat tan alt.



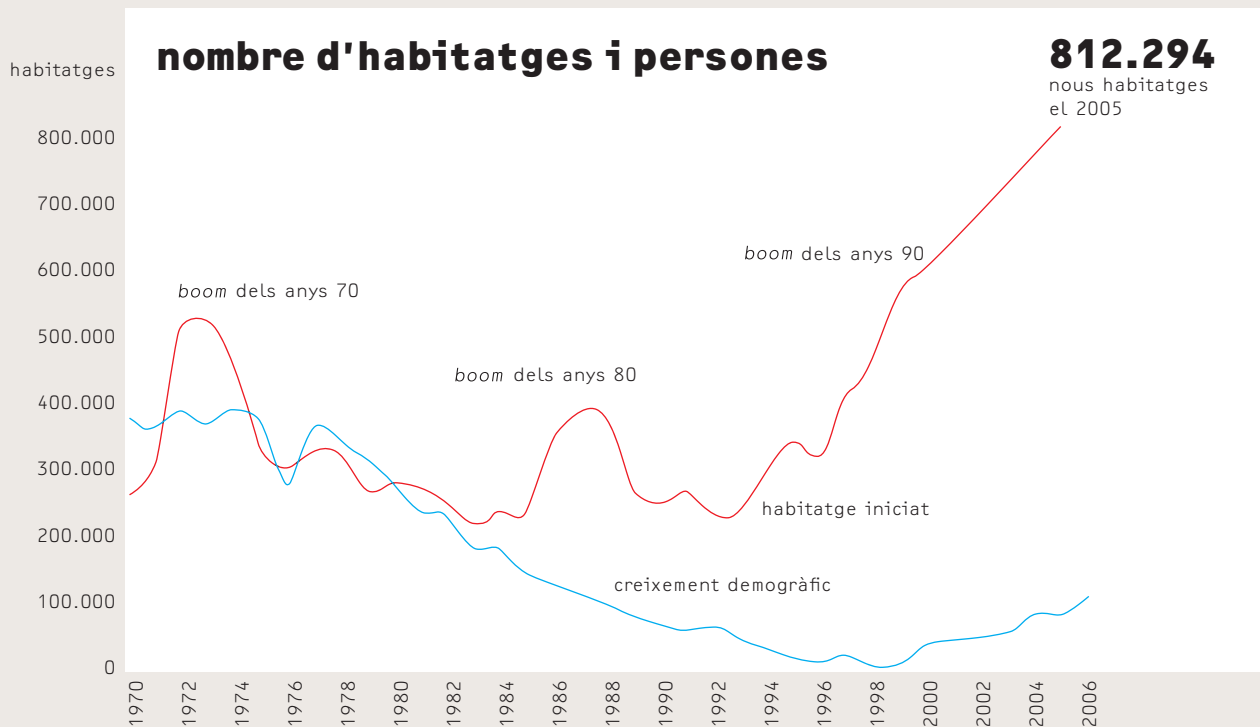
La progressiva urbanització del territori s'ha fet prioritant el creixement de les ciutats. El delta del Llobregat s'ha urbanitzat i ocupat amb infraestructures al servei de la gran ciutat sense pensar que s'han perdut per sempre terrenys de gran valor i qualitat agrícola.

Delta del Llobregat  
1947



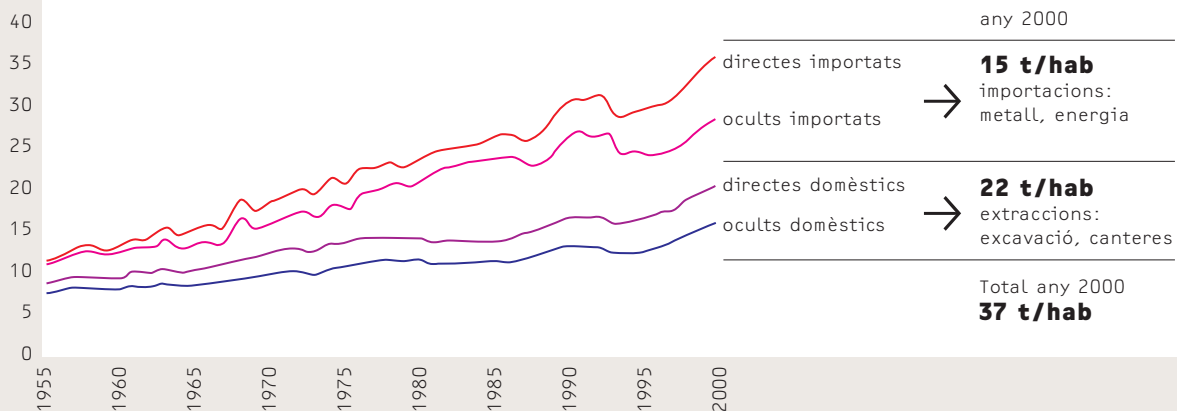
Delta del Llobregat  
2006

## Evolució de la població i del nombre d'habitatges nous a Espanya



## evolució del Requeriment Total de Materials per habitant

La quantitat d'extracció domèstica i la importació de materials creix. En els últims anys l'extracció i la importació conflueixen; per tant, les t/habitant augmenten com també la motxilla d'energia associada al transport i a l'extracció.



# Pes del sector de la construcció a Espanya

## motor sector construcció

com es tradueix el ritme de creixement:

## en tones de material per persona:

**Construcció de 812.294 habitatges** **8,50 t**

**Urbanització** **1,56 t**

**Infraestructures** **3,07 t**

712 km d'autopistes

322 km d'AVE

1.566 km de carreteres

**+**

## en tones d'energia fòssil per persona:

**Edificació** **1,54 t**

**Infraestructures** **0,20 t**

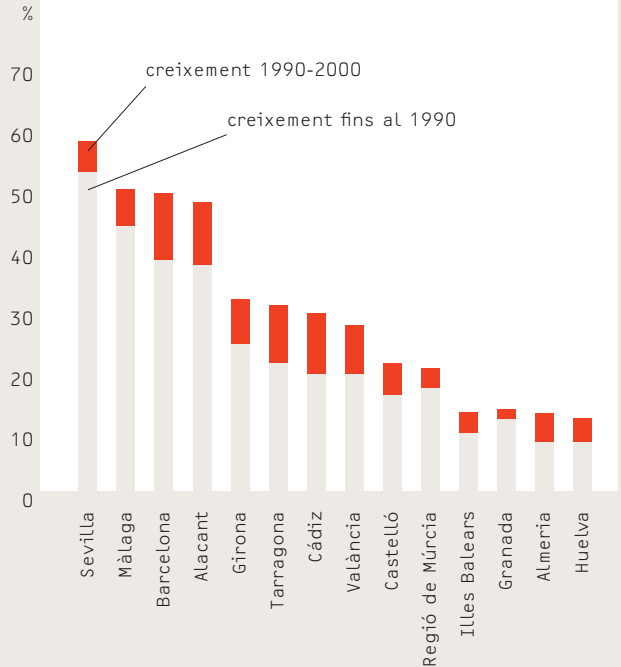
**=**

**TOTAL** **14,87 t**  
habitant / any

**El sector de la construcció representa el 40 % del total del consum de materials a Espanya.**

## creixement 1990-2000

ocupació del sòl



## localització dels grans projectes urbanístics



# Com reduir els gasos amb efecte d'hivernacle en el sector de l'edificació?

Per evitar un augment substancial del risc a les pitjors conseqüències del canvi climàtic, l'any 2050 les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle dels països desenvolupats s'haurien d'haver reduït entre el 40 i el 95% respecte a les del 1990. Reduir aquesta quantitat d'emissions implica que tots els sectors de la societat hauran d'assumir reduccions importants. El sector de l'edificació no és una excepció i, a diferència d'altres sectors, ha d'aconseguir les reduccions amb la màxima urgència atès que la majoria dels edificis que es construeixen avui seguiran en ús el 2050.

Les emissions de CO<sub>2</sub>—com a conseqüència de les limitacions imposades pel Protocol de Kyoto— comencen a considerar-se un factor de competitivitat del sistema econòmic. Així, qualsevol activitat del sistema productiu haurà d'aconseguir satisfer necessitats generant cada vegada menys emissions. La necessitat que el sector de l'edificació satisfà és l'habitabilitat i, per tant, la manera de reduir les emissions associades al sector és actuant sobre totes les activitats que intervenen en la creació i el manteniment d'aquesta habitabilitat.

Les principals emissions que conformen l'àmbit del sector són, d'una banda, les associades a la fabricació dels materials de construcció, amb valors pròxims als 500 kg de CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> construït a Espanya; i, de l'altra, les associades al condicionament i els serveis dels quals disposen els edificis durant el seu ús (il·luminació, climatització, aigua calenta, cocció, aparells elèctrics, etc.). En aquest darrer cas les emissions depenen del tipus d'edifici; es constata que a Espanya els habitatges emeten anualment al voltant de 30 kg CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> i que els edificis d'ús terciari poden emetre fins a 170 kg CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> en un any.



## **Anna Pagès**

Arquitecta, Departament de Construccions  
Arquitectòniques de la Universitat  
Politécnica de Catalunya



En relació amb les emissions associades al sector de l'edificació espanyol, cal destacar dos aspectes. En primer lloc, que equivalen a més d'un terç de les emissions imputables a Espanya (el 2005 van significar el 33% del total). I, en segon lloc, que durant el període 1990-2005 el ritme de creixement de les emissions del sector va ser molt superior al de les emissions nacionals. Concretament, en aquest període les del sector van augmentar en un 112%, mentre que les nacionals ho van fer en un 52%, valor molt allunyat de l'augment màxim del 15% permès pel Protocol de Kyoto.

El 1990, el sector de l'edificació va ser responsable de l'emissió de 69 milions de tones de CO<sub>2</sub>; el 67% d'aquesta quantitat va correspondre a l'ús dels edificis existents i el 33% restant a la construcció de nous edificis. Durant els 15 anys següents, les emissions d'aquests dos subsectors es van incrementar en un 101% i un 133% respectivament, la qual cosa va comportar un augment de la proporció d'emissions associades a la construcció d'edificis dins del total del sector.

L'increment de les emissions associades a la construcció dels edificis va estar directament relacionat amb la quantitat de superfície nova construïda i, per tant, al *boom* de la construcció viscut a Espanya els darrers anys. En 15 anys va augmentar la superfície construïda en un 51%, mentre que la població només va créixer en un 11%. D'altra banda, les causes principals de l'increment de les emissions associades a l'ús dels edificis van estar vinculades a la necessitat de dotar de condicionament i serveis a la gran quantitat de parc nou edificat i també a la intensificació energètica –sobretot elèctrica– per unitat de superfície dels edificis del sector terciari.

Per poder reduir les emissions en el sector i aconseguir els objectius d'emissions per a l'any 2050 es proposen tres estratègies. La primera consisteix en la rehabilitació del parc edificat, ja que només és possible reduir les emissions associades a l'ús dels edificis si s'actua sobre els edificis existents i es millora contínuament la seva eficiència. La segona estratègia pretén que els edificis nous tendixin a zero emissions, tant en la construcció com en l'ús, per contrarestar la tendència actual que els edificis de nova construcció –encara que es projectin perquè siguin eficients– afegixen emissions al sector. Finalment, cal redefinir el concepte d'habitabilitat, entenent-la com el principal objectiu del sector i relacionant-la amb les emissions necessàries per aconseguir-la.

# Metabolisme urbà i territori

Basant-se en els avenços de la teoria ecològica, s'han evidenciat certs paral·lelismes entre els ecosistemes naturals i les ciutats. Aquestes dues realitats comparteixen el fet de tractar-se de sistemes dinàmics conformats per un nombre important d'elements en interacció de diferent naturalesa i que van canviant en el temps. Segons aquesta perspectiva, es concep la ciutat també com un sistema obert molt heterotròfic inserit en un territori ampli del qual depèn. La seva estructura interna és molt complexa, ja que presenta una gran varietat d'artefactes com són els seus edificis, els vials, les xarxes de transport o les infraestructures destinades a la distribució de la matèria i de l'energia, així com per al tractament i exportació de residus i productes derivats de les seves activitats o processos interns.<sup>1</sup>

Des d'aquesta perspectiva es pot afirmar que la ciutat presenta un metabolisme similar al d'un ésser viu o també una organització semblant a la que presenten els ecosistemes naturals. En aquest sentit, la ciutat importa matèria i energia en forma d'aliments, materials de construcció, energia de diferents tipus, aigua i informació, els transforma parcialment en utilitzar-los en els seus processos interns i exporta residus sòlids, aigües residuals, productes o informació. Com a resultat dels processos d'importació, transformació i exportació dels fluxos materials, energètics i d'informació, el sistema urbà creix en complexitat estructural i en el contingut total d'informació.<sup>2</sup>

A l'igual d'altres tipus de sistemes, la ciutat presenta una sèrie de propietats de caràcter general que es dedueixen del sistema en el seu conjunt denominades propietats emergents. Informen sobre el caràcter i la intensitat dels processos interns dels sistemes. Per a la ciutat i altres sistemes, les esmentades propietats es consideren característiques com són la seva complexitat, la seva estabilitat major o menor, la seva eficiència, la compacitat que

**Carles Saura i Carulla**

Biòleg i professor



presenten en relació amb el territori considerant l'entropia que exporta i la incertesa associada que produeix, el contingut total d'informació del sistema, la diversitat dels seus elements en l'espai o la successió o evolució mateixes en el temps de l'ecosistema urbà.<sup>3</sup>

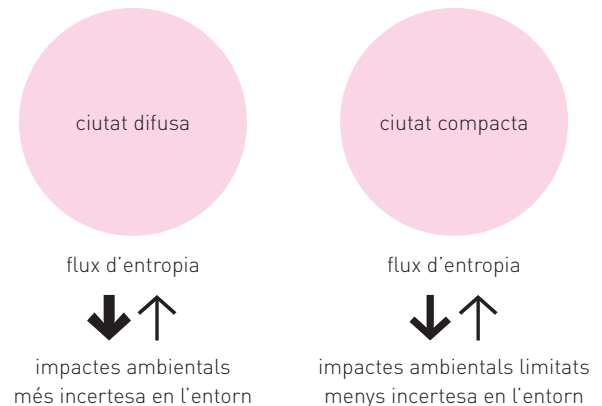
La manera com es manifesta la realitat urbana al territori té conseqüències ecològiques, i també socials. Es pot reconèixer l'existència d'una dialèctica del sistema urbà-entorn que s'esquemmatitza en la manera com els impactes ambientals afecten el territori local i global.

Se sap que els sistemes naturals complexos, tancats, que minimitzen els intercanvis amb l'entorn, que presenten un alt contingut d'informació, una alta diversitat d'elements que es troben molt ben interconnectats en circuits o xarxes estables, presenten una estabilitat dinàmica i exporten poca entropia o desordre a l'entorn per la qual cosa hi produeixen menys incertesa. Contràriament, els sistemes menys organitzats presenten àmplies fluctuacions en els seus estats interns a causa d'una limitada capacitat d'anticipació i d'adaptació als canvis generats per canvis del seu entorn.

Podem diferenciar la ciutat compacta i la ciutat difusa com manifestacions equivalents en el context urbà. La ciutat compacta és més sostenible, ja que redueix la importació de matèria i energia, conté el metabolisme urbà, el consum energètic i l'exportació de residus a l'entorn en reduir el flux de materials. Això és possible si s'apliquen polítiques ambientals dirigides a la sostenibilitat i que es tradueix en una gestió ambiental urbana que procura tancar, encara que sigui parcialment, els cicles materials i reduir el flux energètic a través de la ciutat. La reducció, la reutilització i el reciclatge augmenten l'eficiència del sistema minimitzant així l'exportació de desordre a l'entorn.<sup>4</sup>

Contràriament la ciutat difusa es manifesta per un ús de l'espai amb poques restriccions estenent-se sobre el territori com una taca d'oli. Es basa en un urbanisme que produeix segregació de funcions, que dificulta l'intercanvi perquè allunya els usos, i que és insostenible pel model de transport de persones i de materials que potencia, transport que obliga a salvar grans distàncies, que, al seu torn, genera contaminació i estrès en els sistemes del territori i en els habitants de la ciutat i de l'espai periurbà. En el model actual de creixement globalitzat de l'economia, la ciutat difusa continua imposant-se majoritàriament com a model en els països en desenvolupament encara que s'estan proposant alternatives favorables a un canvi de model més sostenible.<sup>5</sup>

### Ciutat compacta versus ciutat difusa



**1 Barracó, H., Parés, M., Prat, A. i Terradas, J.**: Barcelona 1985-1999. *Ecologia d'una ciutat*. Ed. Ajuntament de Barcelona, 1999. Vegeu també Terradas, J. *Ecologia urbana*, 2001, Ed. Rubes, **2 Pares, M., Pou, G. i Terradas, J.**: Barcelona 1985. *Descobrir el Medi Urbà. 2 Ecologia d'una ciutat*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona.

**3 Rueda, S.** (1995) *Ecologia Urbana: Barcelona i la seva regió metropolitana com a referents*. Beta Editorial. Barcelona.  
**Rueda, S.** (2002) *Barcelona ciutat mediterrània, compacta i complexa. Una visió de futur més sostenible*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona i Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona.

**4 Saura, C.** (2003). *Arquitectura y medio ambiente*. Col. Arquitectònics. Barcelona. UPC.  
**5** Vegeu experiències en aquesta direcció disponibles a l'ICLEI Local Governments for Sustainability ([www.iclei.org](http://www.iclei.org))

# El territori com a recurs

Probablement un dels problemes en la gestió sostenible del territori és que aquest no es considera un recurs més. Amb freqüència, el territori s'ha interpretat com un simple suport en què els individus de l'espècie humana desenvolupem les nostres activitats socials. Sovint projectem sobre aquest suport una visió antropocèntrica i tot allò que forma part d'aquest escenari és allà perquè nosaltres existim. Li reconeixem els seus usos (forestal, agrícola, urbà, etc.), però els llegim com si fossin elements d'un escenari; amb freqüència li neguem la seva pròpia dinàmica funcional i és justament aquesta funcionalitat el que el converteix en recurs: l'entramat d'usos i sistemes diversos que configuren el territori i sobretot les relacions que estableixen entre ells ens proporcionen els *serveis ecològics* bàsics relacionats amb la producció de matèries primeres, aliments, energia (dendrocombustibles, hidroelèctriques, etc.), i fins i tot la seva pròpia materialitat com a suport físic dels artefactes humans (ciutats, infraestructures de comunicació, etc.), tot fonamental per al manteniment de la nostra espècie en el planeta.

Des de fa temps, diferents disciplines relacionades amb l'estudi de les ciències naturals anuncien la necessitat que la gestió del territori incorpori lectures sistèmiques que permetin definir els fenòmens fonamentals d'organització i que a la vegada puguin aportar nous arguments que ajudin a afrontar els problemes reals de la societat actual, com per exemple l'equilibri entre la rendibilitat del sòl rústic i el seu paper ecològic, la ubicació de determinades infraestructures relacionades amb la producció d'energies renovables, nous creixements urbans o l'aparició de nous usos lúdics en el sòl no urbanitzat.



## **Anna Zahonero Xifré**

Biòloga, professora del Departament d'Urbanisme de la Universitat Politècnica de Catalunya, cap d'estudis del Màster Universitari en Paisatgisme

En aquesta línia, en els darrers anys s'ha iniciat la incorporació al planejament territorial de determinades referències a la funcionalitat, considerant les relacions entre els elements del territori a través de l'anàlisi de les funcions ecològiques dels sistemes, per exemple en relació amb la fauna d'acord amb la seva mobilitat (delimitació de connectors ecològics), la seva alimentació (delimitació d'àrees tròfiques) o bé les necessitats reproductives (definició d'àrees de recuperació per a determinades espècies, o bé de reservoris). S'incorporen també a la gestió del territori conceptes relacionats amb les pertorbacions naturals, com per exemple les inundacions –processos recurrents i característics en els règims climatològics mediterranis– o la pèrdua de sòl –erosió–, situacions relacionades amb la dinàmica pròpia dels sistemes o derivada d'intervencions antròpiques. En tots aquests casos, la seva consegüent expressió en l'espai, és a dir, la representació cartogràfica de determinats processos, és una important aportació a l'ordenació, ja que representa el reconeixement legal de les funcions ecològiques que es deriven de la matriu territorial d'usos.

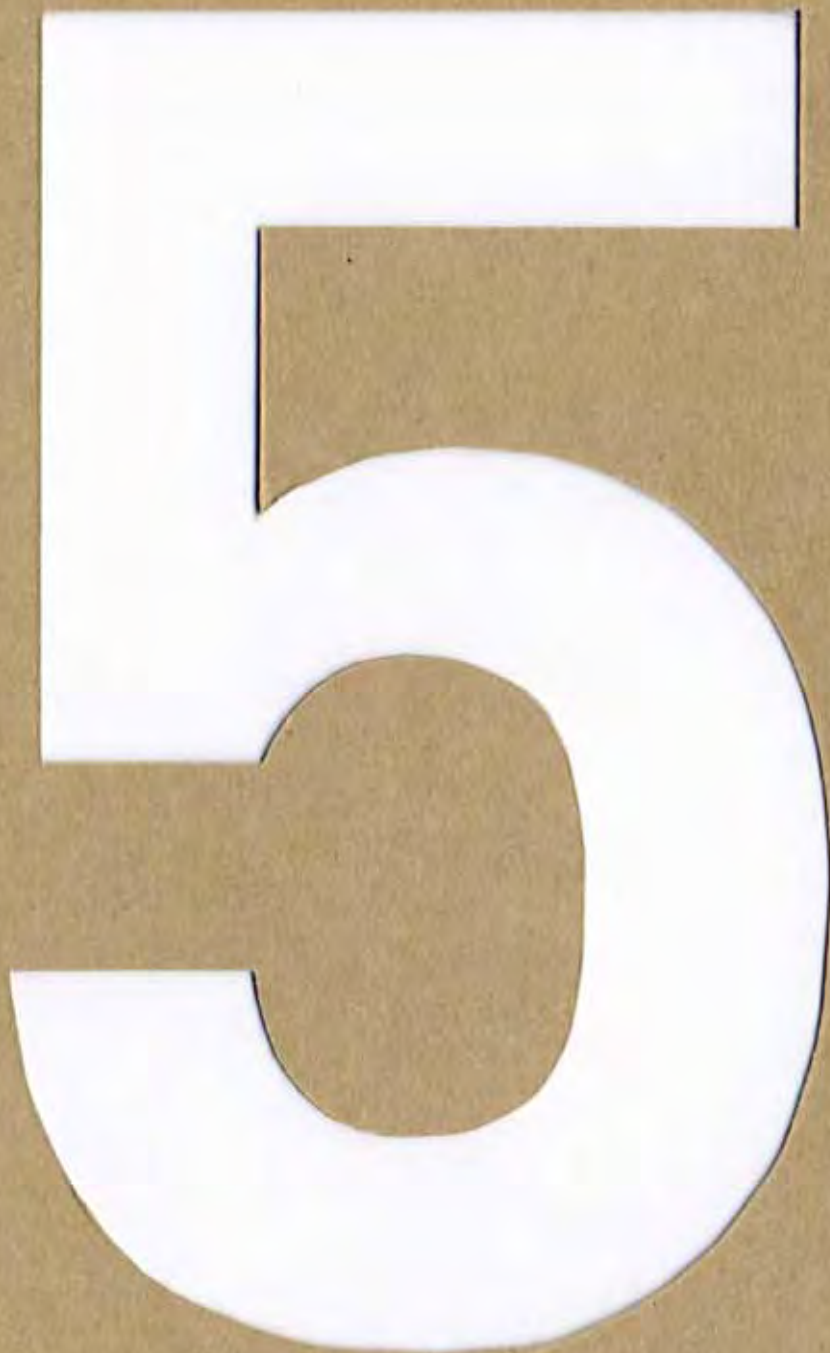
En un ordre de coses paral·lel al que s'ha dit fins ara, cal una reflexió, encara que sigui breu, respecte al model de gestió territorial que es deriva d'aquestes premisses. La planificació del territori proposa models per desenvolupar-los en períodes temporals determinats, i és convenient que aquests models adoptin les bases ecològiques adequades, superant les tendències del conservacionisme idealista que es basen en l'apreciació que qualsevol canvi que modifiqui la direcció d'un ecosistema cap al seu estadi climàtic, n'és una degradació. El coneixement profund dels elements del sistema, de la seva dinàmica funcional i, el que és molt important, de

la seva història –incorporant així la informació referent a la seva capacitat de reacció i adaptació a possibles situacions diferents– ens situa a la base d'una gestió sostenible dels recursos territorials.

La gestió sostenibilista del territori ha de tenir la flexibilitat necessària per adaptar-se a situacions canviants que es deriven de la funcionalitat dels sistemes i elements que el componen –això inclou el sistema urbà– i, amb professionalitat i imaginació, generar propostes d'ordenació que identifiquin capacitats admissibles de transformació del medi; que atenguin més a la tipologia de relacions entre els elements o usos que a les característiques individuals de l'element, i que siguin capaces de suscitar visions generals que permetin una distribució coherent d'activitats que garanteixin la productivitat econòmica necessària i la seva compatibilitat amb els serveis ecològics, és a dir, amb el territori-recurs.



**Els gasos amb efecte d'hivernacle  
i el Protocol de Kyoto**



# 5

## La Terra en perill

La civilització humana sempre ha actuat sobre el medi que l'envolta. Aquesta incidència no era greu quan els pobladors de la Terra afectaven la Terra localment, tant en la presa de recursos com en l'evacuació de residus. Avui, sabem que la suma de diversos factors com l'explosió demogràfica, la revolució tecnològica i la voluntat d'ignorar les conseqüències futures de les nostres accions ens han conduït a una situació en què perilla l'existència mateixa de la raça humana sobre la Terra.

### Canvis climàtics

La història climàtica de la Terra és complexa, però cada vegada més coneguda. Hi influïxen diversos factors: la radiació del sol i els elements situats entre l'astre rei i nosaltres que accentuen o protegeixen aquesta radiació, els paràmetres orbitals, la composició de l'escorça terrestre, la influència de la distribució relativa d'oceans i continents i la composició de l'atmosfera. Els canvis de la biosfera acostumen a ser lents. El canvi que estem vivint és molt ràpid si es compara amb les oscil·lacions dels últims 1.000 anys; no ho és, en canvi, si s'analitza el clima dels últims 100.000 anys. Se sap que, fa 12.800 anys, la temperatura terrestre de sobte va disminuir 7 °C en un període de només 20 anys, cosa que va provocar nombroses transformacions, per exemple la desaparició d'espècies.

Avui, es pensa que els canvis produïts per l'acció humana es produeixen lentament i que els ecosistemes s'han anat adaptant majoritàriament a aquests canvis graduals. Tanmateix, hi ha el risc que les condicions ambientals canviïn de manera ràpida, i encara es desconeixen factors importants en el canvi climàtic com els comportaments dels oceans. En el cas d'un canvi ràpid, es posen en perill les capacitats d'adaptació.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Josep Enric Llebot. *¿El tiempo está loco? y 74 preguntas más sobre el cambio climático*. Rubes Editorial. Barcelona, 2007.

### El CO<sub>2</sub> i el canvi climàtic

El nostre cos roman a una temperatura entorn dels 36,5 °C. Si puja o baixa 1 o 2 graus, tenim malestar o emmalaltim. La temperatura mitjana del planeta és d'uns 14 °C; no és estrany, doncs, que una variació important en un període de temps curt suposi un inconvenient per a la Terra mateixa i per als éssers vius que l'habiten. Això contrasta amb la temperatura del sol, que és de l'ordre dels 6.000 °C, o la de planetes com Plutó o Neptú, que són a prop del zero absolut: -273 °C. Tot això és una mostra de la singularitat de la vida al nostre planeta.<sup>2</sup>

L'atmosfera de la Terra està formada per un conjunt de gasos amb una propietat: la de regular tota la radiació solar que arribi a la superfície del planeta. Aquesta composició de gasos és, per tant, la que determina la temperatura a la qual està la superfície terrestre. El CO<sub>2</sub> és el principal gas productor de l'efecte d'hivernacle que, al seu torn, ocasiona l'escalfament de la Terra. La generació de CO<sub>2</sub>, per causes diverses, s'ha incrementat els últims anys de manera exponencial. Després de moltes discussions i comprovacions, avui se sap, amb una certesa del 95%, que aquest increment excessiu està motivat per l'acció humana, principalment per la crema de combustibles fòssils.<sup>3</sup>

Si abans de prendre un avió ens diguessin que la probabilitat de tenir un accident és de l'ordre del 50%, podem assegurar que pràcticament ningú no hi pujaria. Però, quan ens avisen que la probabilitat d'un canvi climàtic els pròxims anys és del 95%, què fem?

<sup>2</sup> Dinyar Godre, J. *Cambio climático*. Intermón Oxfam. Barcelona, 2002.

<sup>3</sup> Guy Jacques i Hervé Le Treut, *El canvi climàtic*. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge. Barcelona, 2005.



A final del segle XIX, el científic suec Svante Arrhenius va afirmar que l'increment de contingut de  $\text{CO}_2$  a l'atmosfera terrestre, a causa de la crema de combustibles fòssils, podia dur a un canvi climàtic. El professor Roger Revelle va ser el primer científic que va proposar mesurar el  $\text{CO}_2$  de l'atmosfera terrestre i, juntament amb un altre científic, Charles David Keeling, van començar a fer-ne mesuraments a partir de l'any 1958. De les dades obtingudes en aquests primers estudis i les proporcionades per les investigacions posteriors, podem deduir amb certesa que la crema de combustibles fòssils, que emeten a l'atmosfera una gran quantitat de gasos amb efecte d'hivernacle, com el  $\text{CO}_2$ , juntament amb la desforestació del planeta —recordem que els boscos absorbeixen  $\text{CO}_2$ — són els causants del canvi climàtic.

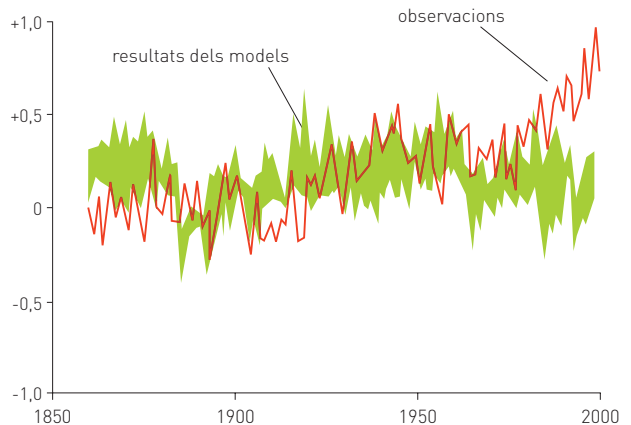
L'IPCC (Grup d'Experts Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic), organisme format per milers de científics d'arreu del món, creat per les Nacions Unides per estudiar i avaluar les causes i l'impacte del canvi climàtic, ha demostrat que la concentració actual de  $\text{CO}_2$  a l'atmosfera provocarà un increment de les temperatures mitjanes d'entre 2 i 5,8 °C al llarg del segle XXI. L'IPCC projecta escenaris de futur i recomana que la concentració de  $\text{CO}_2$  no superi els 450 ppm (parts per milió), cosa que comportaria un escalfament de 2 °C de mitjana del planeta. Alguns dels escenaris preveuen que l'escalfament pot superar aquesta xifra si no es posa un remei urgent a l'increment d'emissions. Aquesta distribució no seria igual a totes les zones geogràfiques, sinó que les conseqüències serien més greus en unes zones que en d'altres. El mar Mediterrani seria una de les zones més afectades: pujaria el nivell de l'aigua o disminuirien les precipitacions amb la conseqüent desertificació de gran part de l'Estat espanyol. El canvi es notaria especialment a les ciutats.

### El factor antropocèntric

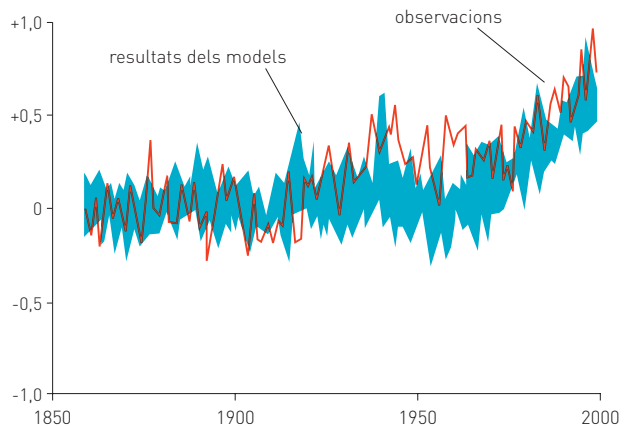
Hi ha molts factors naturals que han produït canvis en el clima de la Terra al llarg dels segles. Aquests factors, com la variació de la radiació solar o els canvis en l'òrbita terrestre, no són els responsables del canvi climàtic actual. Les variacions del clima observades són la suma d'aquests factors naturals més les afectacions a l'atmosfera a causa de l'acció humana, que en els últims anys han crescut exponencialment. Fins fa poc, alguns escèptics i persones amb interessos determinats han explicat que el canvi climàtic es produeix per canvis de l'òrbita terrestre o les taques del sol. Però si realitzem

### Anomalies en la temperatura

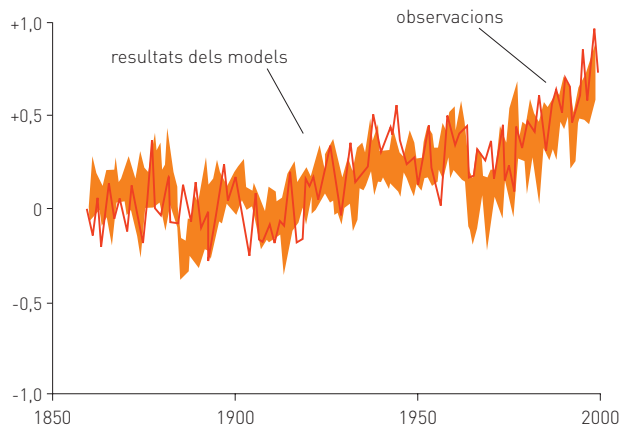
#### només per causes naturals



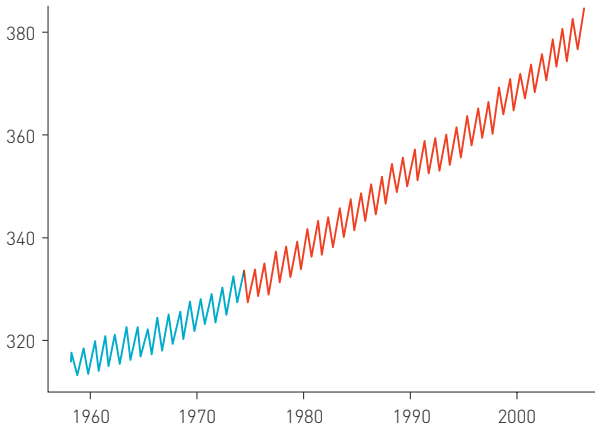
#### només per l'acció humana



#### per causes naturals i humanes



**Mesuraments de CO<sub>2</sub> a l'observatori de Mauna Loa**  
en parts per milió (ppm)



4 [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

5 Al Gore. *Una verdad incómoda. La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla.* Editorial Gedisa. Barcelona, 2007.

simulacions gràfiques, veurem que les dades són diferents de les que ens dona la realitat.

Els científics han investigat, a l'Antàrtida, les concentracions de CO<sub>2</sub> atrapades en el gel, cosa que permet saber quines han estat les concentracions d'aquest gas en l'atmosfera al llarg dels últims 400.000 anys. Amb aquestes dades, que relacionen l'activitat humana amb el nivell de CO<sub>2</sub>, ha quedat demostrada la influència humana en el canvi climàtic. Tanmateix, certes contradiccions encara no s'havien resolt satisfactòriament. Amb simulacions més perfeccionades, es van obtenir altres dades que resolien els dubtes i feien concordar les simulacions amb la realitat. En aquest escenari definitiu, és on s'observa clarament com les accions humanes s'encavalquen amb les variacions naturals del clima i l'accentuen i acceleren de manera exponencial.

No obstant això, fins fa pocs anys, el fet no ha estat admès de manera general. Els informes de l'IPCC<sup>4</sup> li han donat la credibilitat científica i l'informe Stern, encarregat pel Govern britànic l'any 2006, ha alertat dels costos econòmics que cal esperar si no actuem de manera rigorosa i immediata; en un altre ordre de coses, la pel·lícula i el llibre d'Al Gore<sup>5</sup> han facilitat el coneixement generalitzat sobre el canvi climàtic i els seus possibles efectes.



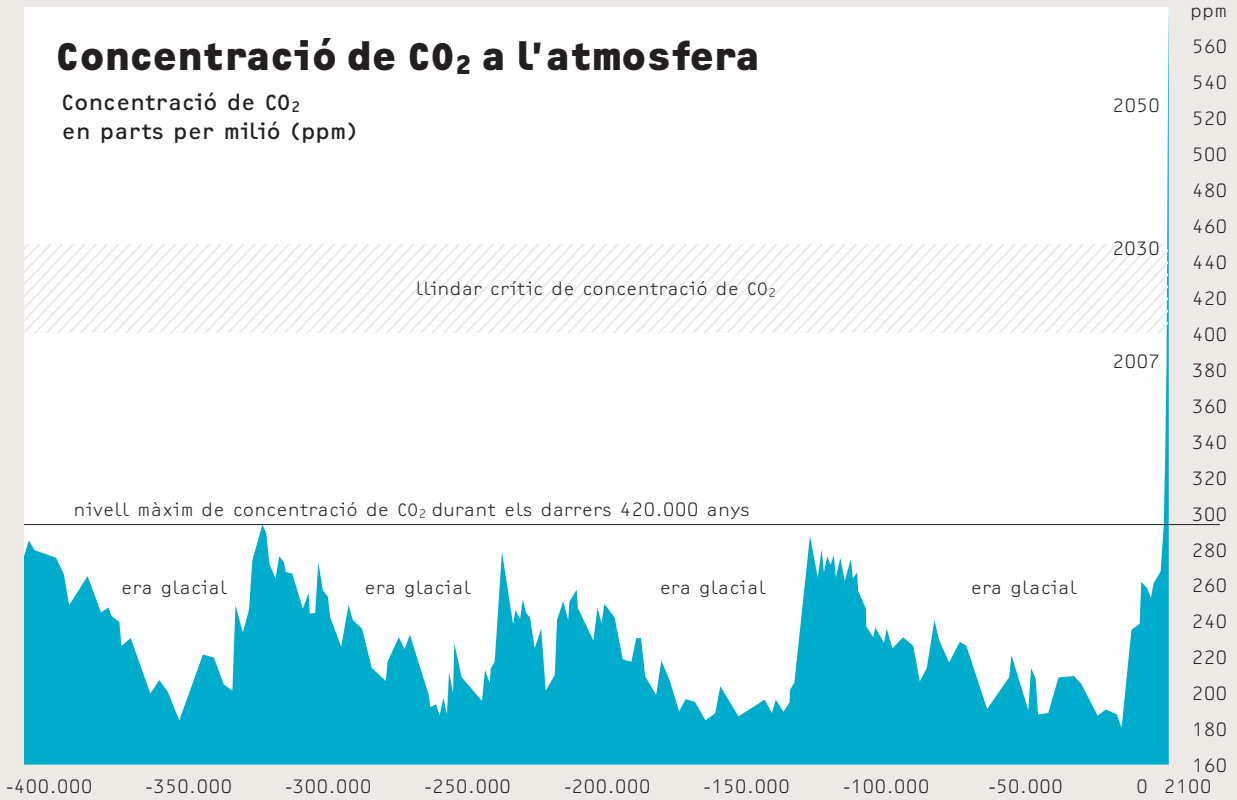
Retrocés dels gels



Desertització per erosió

# Concentració de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera

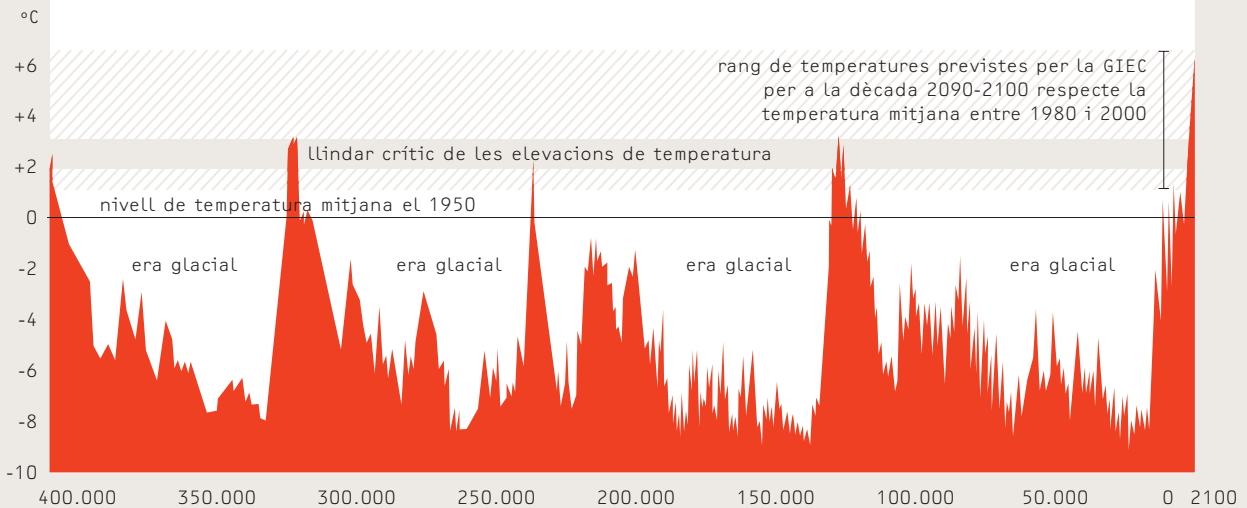
Concentració de CO<sub>2</sub>  
en parts per milió (ppm)



font: Jean Robert Petit i Jean Jouzel, «Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core in Antarctica», Nature n° 399, maig-Juny 1999, Grupo Intergubernamental sobre la Evolución del Clima (CIEG) 2002 i 2007; UNEP /GRID, Arendal, 1998.

# Variació de la temperatura

Variacions de la temperatura  
comparada amb el nivell de 1950



font: Jean Robert Petit i Jean Jouzel, «Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core in Antarctica», Nature n° 399, maig-Juny 1999, Grupo Intergubernamental sobre la Evolución del Clima (CIEG) 2002 i 2007; UNEP /GRID, Arendal, 1998.

**Calendari d'esdeveniments  
relacionats amb el canvi climàtic**

1890

Svante Arrhenius i P. C. Chamberlain adverteixen que la crema de combustibles fòssils pot provocar l'augment del CO<sub>2</sub> de l'atmosfera.



Svante Arrhenius

1959

David Keeling installa el primer sistema de seguiment continu de la concentració de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera i constata que augmenta cada any.



David Keeling

**1970-1980** Estudis del Departament d'Energia dels Estats Units alerten sobre un futur escalfament planetari.

**1979** Roger Revelle, que els anys 50 va proposar mesurar el CO<sub>2</sub> a l'atmosfera, va defensar al Congrés dels Estats Units l'assignació de recursos per prosseguir les investigacions sobre el CO<sub>2</sub>.

**1988** James Hansen va alertar, en una històrica compareixença davant el Congrés dels Estats Units, sobre l'escalfament de la terra a causa de l'increment de les emissions de CO<sub>2</sub>.

**1988** Les Nacions Unides i l'Organització Meteorològica Mundial creen el Panell Intergovernamental sobre el Canvi climàtic (IPCC), amb l'objectiu d'analitzar de forma exhaustiva, objectiva i transparent la informació científica i tècnica i socioeconòmica per entendre el risc que suposa el canvi climàtic i les possibilitats d'atenuació i adaptació.

**1990** L'IPCC emet el primer informe que constata que la temperatura de la terra ha augmentat 0,5°C el darrer segle i alerta que l'escalfament només es pot aturar amb fortes mesures.

**1992** Cimera de la Terra a Rio de Janeiro: els líders polítics mundials es comprometen a prendre mesures per mitigar els efectes del canvi climàtic. Les mesures, però, no són jurídicament vinculants.

**1994** Entra en vigor el Conveni Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic, adoptat l'any 1992.

**1995** Segon Informe d'avaluació de l'IPCC.

**1997** L'11 de desembre, amb el Protocol de Kyoto s'acorda disminuir les emissions mitjançant processos legals. Wallace Broecker investiga la circulació termoalina –transport d'energia pels oceans– i afirma que el clima pot tenir salts caòtics.

**2001** Tercer Informe d'avaluació de l'IPCC.

**2005** El 16 de febrer entra en vigor el Protocol de Kyoto.

**2007** Quart Informe d'avaluació de l'IPCC.

**2008** La Conferència de l'ONU a Poznan fixa el marc que haurà de definir el futur Protocol que sustituirà al de Kyoto.

**2008** Rajandra Pachauri, president de l'IPCC i premi Nobel de la Pau del 2008 juntament amb Al Gore.

**2009** A Copenhague se celebra la reunió per aprovar el Protocol que definirà els objectius sobre el futur ambiental fins a l'any 2020.



Roger Revelle



James Hansen



Wallace Broecker



Rajendra Pachauri

# 5A

1 A [http://unfccc.int/porta\\_espagnol/items/3093.php](http://unfccc.int/porta_espagnol/items/3093.php)  
Web de la Secretaria de la Convenció sobre el Canvi Climàtic de les Nacions Unides. S'hi troben els principals documents relatius al tema.

## Què regula el Protocol de Kyoto?

El Protocol de Kyoto s'ha proposat com a objectiu reduir les emissions mundials de CO<sub>2</sub> l'any 2012 un 5% respecte de les produïdes l'any 1990. Segons el grau de desenvolupament de cada país, es preveu un esforç major o menor, cosa que implica, en cada cas, una reducció o un increment d'emissions. Per exemple, la Unió Europea dels 15 hauria de reduir globalment les seves emissions un 8% en el període esmentat. Tanmateix, dins la UE, també hi ha diferències entre els països, per la qual cosa Espanya podria augmentar les seves emissions un 15% respecte de l'any 1990, però Alemanya es compromet a reduir-les un 21%. Per als Estats Units, la reducció prevista és del 7%.



El sector de l'energia ha d'evolucionar cap a fonts més netes i renovables.



A la indústria, cal promoure tecnologies innovadores netes.

### El Protocol de Kyoto

Les Nacions Unides han liderat la investigació i l'adopció de mesures de precaució per prevenir i mitigar l'increment accelerat del canvi climàtic.<sup>1</sup> L'any 1988, van crear el Grup d'Experts Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic (IPCC) amb la funció d'analitzar de manera exhaustiva, objectiva i transparent la informació científica, tècnica i socioeconòmica rellevant per comprendre els riscos que pot suposar el canvi climàtic provocat per les activitats humanes, les seves repercussions i les possibilitats existents d'adaptació i mitigació.

A la Cimera de la Terra, celebrada a Rio de Janeiro l'any 1992, els líders polítics mundials es van comprometre a prendre mesures per paliar els efectes del canvi climàtic. Tanmateix, les mesures no eren jurídicament vinculants, i, l'any 1994, va entrar en vigor el Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic, que sí que ho és. Els 189 països adherits van decidir que convenia prendre acords amb exigències més estrictes per reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Fruit d'aquestes decisions, mitjançant el Protocol de Kyoto, un acord pres l'any 1997, els països signants es comprometien a reduir les emissions mitjançant processos legals. El Protocol no va entrar en vigor fins a l'any 2005, a causa de la lentitud d'alguns països a l'hora de firmar-lo i a la negativa d'altres a fer-ho.

A fi de minimitzar els costos de reducció de les emissions, es va acordar que la consecució dels objectius assenyalats s'assolís mitjançant els anomenats «mecanismes flexibles», que són tres: els mecanismes de desenvolupament net, l'aplicació conjunta i el comerç d'emissions. Els mecanismes de desenvolupament net pretenen incorporar els països en desenvolupament o emergents en les polítiques de reducció de gasos amb efecte d'hivernacle. En segon lloc, l'aplicació conjunta permet als països industrialitzats complir part de les seves obligacions pagant projectes que redueixin les emissions en altres països desenvolupats. Finalment, el comerç dels drets d'emissió introdueix un mercat d'emissions pel qual un emissor pot comprar drets d'emissió a un altre; d'aquesta manera, es valoritza monetàriament l'atmosfera terrestre.

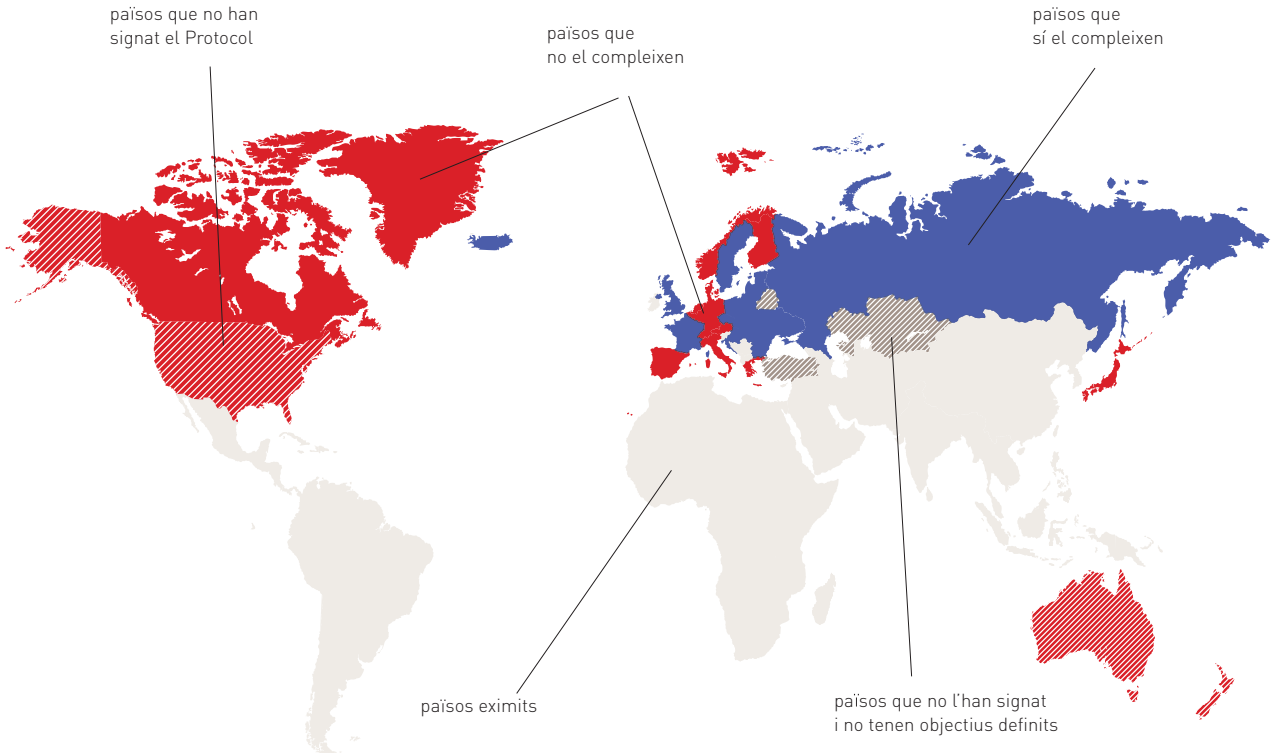
El Protocol de Kyoto no regula tots els sectors que emeten CO<sub>2</sub>. Podem agrupar els sectors en cinc grans capítols: energia, indústria, transport, edificació i agricultura, que poden subdividir-se en dos grans grups, segons el volum d'emissions. Els dos pri-

mers sectors –anomenats «sectors inclosos»– són els que generen més emissions per productor, ja que una fàbrica o una central elèctrica alliberen molt CO<sub>2</sub>; en canvi, als altres tres sectors, cada productor individual produeix poques emissions relativament. També cal tenir en compte que és més fàcil i operatiu regular els emissors grans que els petits. El Protocol que substituirà el de Kyoto haurà d'incidir sobre aquests últims sectors, anomenats «difusos».

### El comerç d'emissions a la Unió Europea

La Directiva europea 2003/87/CE i la seva modificació posterior estableixen un règim de «comerç de dret d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle» dins de la Comunitat a fi de fomentar la reducció de les emissions d'aquests gasos de manera eficaç en relació amb el cost.

Les directives obliguen cada Estat membre de la Unió a elaborar un Pla nacional d'emissions per a cada període establert (de tres anys, el primer, i de cinc, el segon), que determini la quantitat total de drets d'emissió que es preveu assignar, i també el procediment d'assignació. Així, s'estableix un límit de dret d'emissions que poden ser assignades, fet que crea l'escassetat necessària perquè emergeixi un mercat. El comerç d'emissions se centra en un gas únic, el CO<sub>2</sub>, i en els grans emissors industrials, com són les instal·lacions de producció d'energia, producció i transformació de metalls ferri, indústries minerals, fabricació de pasta de paper o cartró, etc. Tot i ser un àmbit limitat, quant a focus emissors i tipus de gas emissor, en el cas de la Unió Europea dels 15, s'ha aconseguit que, assignant drets de compravenda només a unes 9.000 instal·lacions, es reguli el 41% de les emissions totals.



La Directiva també estableix sancions si no es compleix aquest compromís. Durant el primer període, el país que no compleixi els objectius proposats haurà de pagar 40€ per tona de CO<sub>2</sub> equivalent d'excés; en el segon període, la sanció serà de 100€ per tona. El pagament de la multa no eximeix de l'obligació de lliurar els drets d'emissió equivalents a les emissions d'excés de l'any següent. El règim de comerç d'emissions es va posar en marxa l'1 de gener de l'any 2005 per als 25 membres que tenia la Unió Europea en aquell moment.

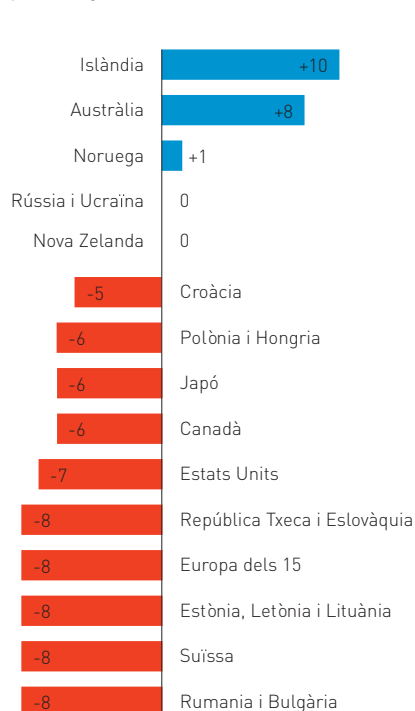
La qüestió d'aplicar sancions per contaminar excessivament presenta diversos aspectes que convé valorar. D'una banda, si apliquem el principi de «qui contamina, paga», es crea una discriminació favorable als països més rics —ja que els pobres no s'ho podran permetre—, però, de l'altra, s'ha començat a disposar de dades que permeten quantificar la situació a cada país, cosa que permetrà avaluar i comparar. Un altre factor que cal tenir en compte és que, per primera vegada, s'introdueix un concepte ja conegut en el món ecologista, que és el de valorar quelcom immaterial com un estalvi. Aquest criteri va ser desenvolupat per Amory Lovins, director del Rocky Mountain Institute als Estats Units, que va encunyar el concepte de *Negawat* com a substitució de *Megawat*. La idea de beneficiar-se d'un estalvi immaterial s'ha estès a diversos sectors en projectes concrets, com l'anomenat 50/50, que premia l'estalvi en escoles centreeuropees: consisteix en un contracte entre l'òrgan gestor del centre i l'escola, segons el qual es fixa un consum energètic de referència, que és el de l'any anterior al conveni; la diferència entre aquest valor i el consum reduït que s'aconsegueix en posar en marxa les mesures de comportament eficient dictades per l'òrgan gestor comporta un estalvi que es reparteix entre aquest òrgan i l'escola.<sup>2</sup>

**2** Bettina Schefer. Resum de les jornades sobre mobilitat i edificació celebrades al Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, organitzades per Eco-Union.

### Objectius del Protocol de Kyoto per a diferents països

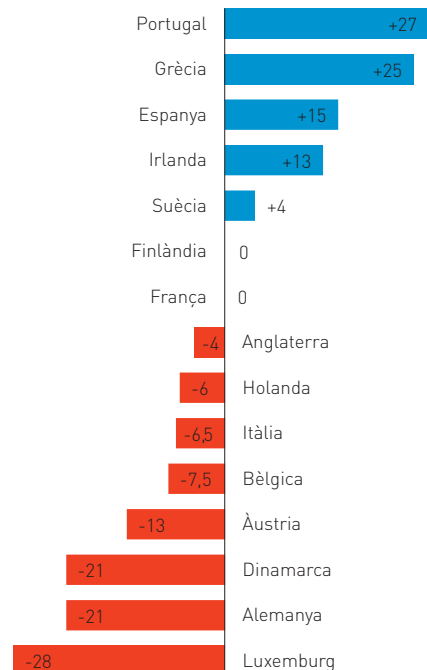
L'objectiu del Protocol de Kyoto és reduir el total de les emissions dels 38 països de l'annex I, durant el període 2008-2012, no menys d'un 5% respecte les emissions de l'any 1990. Dins la Unió Europea dels 15, a la que pertoca de promig una disminució del 8%, l'esforç es diferencia per països (gràfic de l'esquerra).

### Països representatius de l'annex I



### L'Europa dels 15

percentatge d'emissions





## El Protocol de Kyoto i l'Estat espanyol

L'objectiu del Protocol de Kyoto per a l'Estat espanyol és que la mitjana de les seves emissions nacionals, en el període 2008-2012, no superin més del 15% les emissions de l'any 1990, és a dir, 333 milions de tones de CO<sub>2</sub> eq.<sup>1</sup>, com a màxim al final del període establert. No obstant això, segons els últims inventaris oficials, l'any 2006, les emissions espanyoles van superar un 50% les emissions de l'any base, i es van allunyar un 35% del compliment del compromís acordat.

### Plans d'acció i estratègies per a l'any 2020

L'Estat espanyol, igual que la resta de països de la Unió Europea, té l'obligació de redactar un Pla nacional d'assignació (PNA) per al període 2008-2012, en el qual s'assignin drets d'emissió a cadascuna de les instal·lacions dels anomenats «sectors inclosos». Aquests sectors –definites a la directiva 2003/87/CE– són el conjunt d'instal·lacions, les activitats de les quals produeixen grans quantitats de gasos amb efecte d'hivernacle (producció d'energia elèctrica, fabricació de ciment, transformació de metalls ferris, etc.). Assignar emissions a aquestes instal·lacions –és a dir, limitar la quantitat de CO<sub>2</sub> que pot emetre cadascuna– és la manera de lluitar contra el canvi climàtic per la qual s'ha decantat la Unió Europea, ja que, delimitant les emissions d'unes quantes instal·lacions, es controla una gran quantitat de gasos amb efecte d'hivernacle. En el cas de l'Estat espanyol, en assignar drets d'emissió a les aproximadament 1.000 instal·lacions que pertanyen als sectors inclosos, s'actua sobre el 45% de les emissions imputables a tot l'Estat.

Al PNA, també es descriu el procediment que l'Estat espanyol seguirà per assolir els objectius fixats pel Protocol, incloent-hi la totalitat d'emissions espanyoles, és a dir, tenint en compte tant els sectors inclosos com els anomenats «sectors difusos» (transport, residencial, agricultura). Les previsions d'evolució de les emissions nacionals en el moment de redactar el PNA (2005) indicaven que, fins i tot considerant les mesures de reducció adoptades fins llavors, les emissions per al període 2008-2012 serien del 150% les de l'any base. Davant d'aquestes pèssimes previsions, el PNA va establir en un 137% l'objectiu de reducció. Mitjançant mesures addicionals a les que ja s'han adoptat, i per poder complir amb el 115% fixat pel Protocol de Kyoto, al Pla es va preveure la compensació del 22% d'excés, gràcies a l'absorció per augment de la vegetació (2%) i a l'ús de mecanismes de flexibilitat previstos en el Protocol (20%).

Un altre punt destacat del PNA és que estableix un repartiment proporcional de l'esforç per reduir emissions entre els sectors inclosos i els difusos; és a dir, els sectors inclosos tenen assignades uns 150 milions de tones de CO<sub>2</sub> anuals, corresponents a un 45% de les emissions que l'Estat espanyol pot emetre durant el període 2008-2012. Encara que el repartiment sigui proporcional, les previsions de la tendència a l'augment de les emissions dels sectors difusos són molt més elevades que les emissions dels inclosos. És lògic, ja que, des de l'any 2005, amb el primer PNA, totes les empreses que formen part dels sectors inclosos tenen la responsabilitat individual de no sobrepassar els drets d'emissió que els han estat assignats, mentre que les empreses, institucions i particulars dels sectors difusos no la tenen.

# 5B

**Anna Pagès**  
Arquitecta

<sup>1</sup> Eq. = equivalent. Existeixen diversos gasos amb efecte d'hivernacle, dels quals el CO<sub>2</sub> és el més significatiu. Amb el terme «equivalent», s'indica el valor dels altres gasos convertits a l'equivalent en CO<sub>2</sub>.

Per a les empreses dels sectors inclosos, les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle s'han convertit en un factor de competitivitat, ja que els costos del compliment es traslladen al client que adquireixi els seus béns i serveis; són, per tant, més competitives les que aconseguixin la mateixa quantitat de producte amb la mínima quantitat d'emissions. En canvi, la responsabilitat del compliment dels sectors difusos no recau sobre cada focus emissor, sinó que recau sobre l'Estat, la política de reducció del qual, a part de tenir una implementació costosa i resultats poc immediats, no imposen limitacions reals ni penalitzacions determinants a les activitats que més emeten.

Les estratègies, les mesures i els instruments que el Govern espanyol ha posat en marxa per aconseguir el compliment del Protocol de Kyoto són molt diversos i afecten tots els sectors, tant de manera transversal com particular. Les mesures transversals o horitzontals són, per exemple, les mesures fiscals que permeten reduir els preus a les opcions que produeixen menys emissions. D'altra banda, diverses iniciatives proposen mesures específiques per reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle en l'àmbit sectorial, com per exemple el pla estratègic d'infraestructures de transport 2005-2020 (PEIT), el codi tècnic de l'edificació i el Reglament 842/2006 sobre determinats gasos fluorats amb efecte d'hivernacle, entre d'altres.

A l'Estat espanyol, les emissions associades al consum energètic representen al voltant d'un 75% de les emissions comptabilitzades pel Protocol de Kyoto, per la qual cosa es poden destacar dues normatives que actuen sobre les emissions associades a l'energia. D'una banda, el Pla d'energies renovables (PER) 2005-2010, que s'encarrega de les fonts de generació d'energia, i, de l'altra, l'estratègia d'estalvi i eficiència energètica (E4) 2004-2012, que incideix sobre el consum energètic.

El PER, aprovat l'any 2005, constitueix la revisió del pla de foment de les energies renovables (PFER) 2000-2010, els resultats del qual, l'any 2004, es van mostrar insuficients per poder assolir els objectius proposats. El pla vigent actualment (PER) manté l'objectiu general del PFER, que consisteix en la idea que les fonts d'energia renovables cobreixin com a mínim el 12% de la demanda total d'energia primària l'any 2010, encara que modificant els esforços per àrees inicialment previstos. A més, el PER incorpora noves exigències de la Unió Europea en matèria de generació d'energia, concretament l'objectiu indicatiu que l'electricitat generada amb fonts renovables assoleixi el 29,4% del consum nacional brut d'electricitat l'any 2010, i també un altre objectiu indicatiu per al mateix any, amb l'objectiu que l'ús de biocarburants o altres combustibles renovables en el transport arribi al 5,75% del total de gasolina i gasoil comercialitzats. Amb l'aplicació d'aquest pla, es preveu un estalvi de 27,3 milions de tones de CO<sub>2</sub> l'any 2010. Aquest estalvi es calcula considerant la diferència entre l'energia generada amb fonts renovables prevista per a l'any 2010 i la que es va generar l'any 2004.

El segon document que convé destacar, l'E4, es va aprovar l'any 2003 amb tres objectius bàsics: millorar la intensitat energètica del país, reduir l'elevada dependència energètica exterior i coadjuvar en la consecució dels compromisos adquirits per l'Estat espanyol en matèria de medi ambient. A l'E4, s'avaluen els potencials de millora de l'eficiència energètica per sectors (indústria, transport, agricultura i pesca, edificació, residencial i serveis, serveis públics i transformació de l'energia) i es proposen mesures de reducció dels consums mitjançant canvis tecnològics i de consum.

Per calcular el potencial d'estalvi d'aquestes mesures, es compara el consum de «l'escenari base» amb el de «l'escenari d'eficiència»: es compara el consum més probable previst sense considerar cap estratègia d'estalvi amb el consum resultat d'aplicar

les mesures d'eficiència. D'aquesta manera, l'estalvi que cal esperar l'any 2012 és d'uns 15 milions de tep (tones equivalents de petroli), que representa una reducció del 8,6% respecte dels 180 milions de tep projectats en «l'escenari base» per a aquest any.

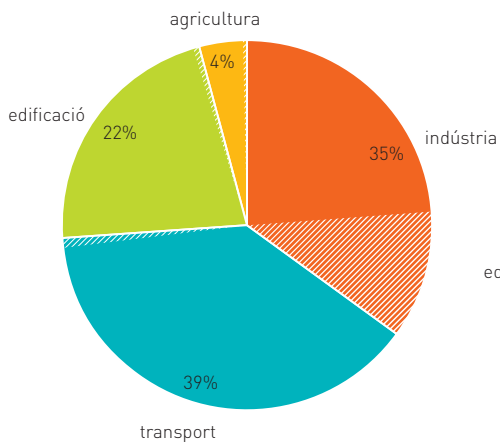
Les mesures i els instruments necessaris per implantar l'E4 es concreten en el Pla d'acció de l'E4 2005-2007 i en el Pla d'acció de l'E4 2008-2012. En aquests plans, consta una especificació detallada de les actuacions concretes que defineix terminis, línies de finançament i responsabilitats dels organismes públics involucrats. A més, per a cada mesura, s'avaluen els estalvis d'energia, les emissions de CO<sub>2</sub> i els costos.

El primer Pla d'acció (2005-2007) pretenia aconseguir un estalvi acumulat de 12 milions de tep d'energia primària equivalents a 32,5 milions de tones de CO<sub>2</sub> amb una inversió de 7.920 milions d'euros. El segon Pla d'acció de la E4 per al període 2008-2012 és la continuació del primer, i, per tant, recull l'experiència i els resultats del primer període. Així mateix, incorpora esforços addicionals necessaris per poder complir el Protocol de Kyoto, la qual cosa obliga a incrementar les reduccions del consum energètic previstes inicialment a l'E4, sobretot dels sectors difusos. Aquestes modificacions van motivar que el segon pla d'acció s'anomenés Pla d'acció de l'E4 Plus (PAE4+) 2008-2012. L'estalvi que pretén aconseguir l'any 2012 és de 25 milions de tep, 10 milions de tep més que els previstos a l'E4 inicial. D'altra banda, s'estima que l'estalvi acumulat durant els cinc anys de vigència del pla serà de 88 milions de tep d'energia primària equivalents a 238 milions de tones de CO<sub>2</sub>, i es calcula que la inversió necessària serà de 22.185 milions d'euros.

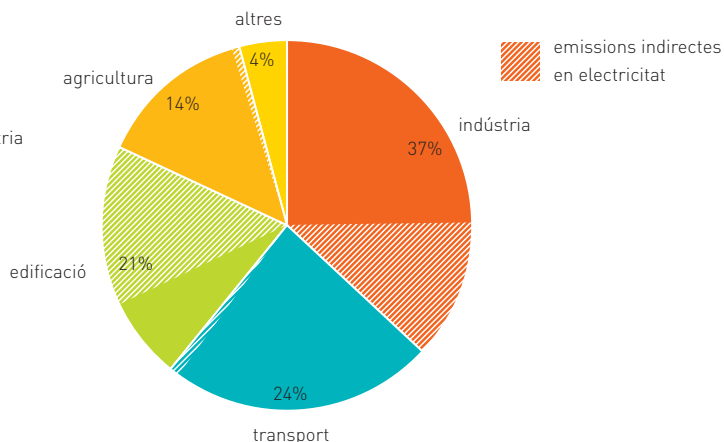
Finalment, el juliol de 2007, es va aprovar l'Estratègia espanyola de canvi climàtic i energia neta, horitzó 2007-2012-2020 (EECCCEL), en la qual es defineix el marc d'actuació que han d'abordar les administracions públiques a l'Estat espanyol (Govern, comunitats autònomes i entitats locals) per assegurar el compliment dels compromisos actuals en matèria de canvi climàtic, i millorar la capacitat d'assumir nous compromisos en el futur. L'EECCCEL es complementa amb el pla de mesures urgents de l'EECCCEL, que pretén aconseguir unes reduccions addicionals, algunes previstes en el PAE4+, de 60 milions de tones de CO<sub>2</sub> eq. en el període 2008-2012.

#### Emissions per sectors l'any 2004 a Catalunya i Espanya

##### Catalunya



##### Espanya



# 5C

## Com afectarà el canvi climàtic el nostre entorn?

És impossible saber si plourà o no d'aquí a un mes i, en canvi, tothom gosa pronosticar que, d'aquí a 30 anys, farà més calor a l'estiu que a l'hivern. Sabem predir un comportament general a causa de la nostra experiència i en canvi no podem precisar una cosa propera, però concreta. Convé saber que no és el mateix meteorologia que climatologia. Mentre que la primera preveu el temps immediat –el que farà el cap de setmana–, la segona se situa en períodes temporals de llarg abast i analitza les tendències com fan els experts de l'IPCC quan diuen que aquest segle les temperatures poden créixer entre 2 i 6 graus.

### Possibles escenaris de futur

Amb ordinadors, es pot simular el futur, partint d'hipòtesis diverses. Els escenaris varien segons les presumptes quantitats de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera, la demografia i altres factors. Com més grans siguin les xifres, podem preveure més problemes de tipus climàtic, que es reflectiran en fenòmens com un increment en el nombre i abast d'huracans, inundacions, sequeres i desertització, disminució de la biodiversitat i, pel que fa a les persones, fams per disminució de collites, grans migracions i conflictes i guerres a causa de l'escassetat d'aigua i d'altres recursos.<sup>1</sup>

Una dada preocupant que ja hem comentat és la celeritat amb què es produeixen els canvis. Les primeres hipòtesis parlaven d'un termini de cent anys, però avui llegim cada vegada més sovint articles científics que adverteixen que el canvi és molt més ràpid del que imaginàvem, és a dir, que no estem parlant ja de les generacions futures, sinó que ho notarem nosaltres mateixos.

Un escenari de falta de pluges pot tenir repercussions en molts sectors, des de l'agricultura al turisme, ja que la pujada del nivell del mar podria reduir molt les platges de les nostres costes. No obstant això, el principal efecte previsible per la gravetat de les seves conseqüències recauria sens dubte sobre l'agricultura. Un canvi en el clima representa un canvi en els cultius agrícoles i, així com hi ha llocs que poden sortir-ne beneficiats –algunes regions d'Anglaterra, per exemple, poden conrear ja vinyes, i zones avui gelades podrien ser aptes per a cultius–, els perjudicis, en afectar zones majors i més poblades, seran molt més grans. Posem el cas d'un país com l'Índia, en què un augment d'1 °C en la temperatura mitjana comportaria que la collita d'arròs disminuís de l'ordre del 16%.<sup>2</sup> Uganda, l'economia de la qual depèn del cafè, deixaria de tenir el clima necessari per al seu cultiu, amb la qual cosa perdria dos terços de les seves divises. Els desastres ecològics afectarien des d'un quart fins a la meitat de les espècies a Mèxic, Austràlia, el nord de la Xina i el sud de l'Àfrica.<sup>3</sup> No costa gaire d'imaginar les fams que això pot comportar ni els corrents migratoris conseqüents.

La pujada del nivell del mar afectaria centenars de milions de persones que actualment habiten als deltes de grans rius com el Ganges, el Nil o el Mekong; els qui viuen sota el nivell del mar o en zones a molts pocs centímetres sobre el seu nivell, com a Holanda i Florida. També els habitants de moltes illes del Pacífic o els qui viuen en els marges dels deserts. Segons algunes estimacions, aquestes migracions climàtiques

<sup>1</sup> Manuel Toharia. *El clima. El calentamiento global y el futuro del planeta*. De bolsillo. Barcelona, 2008.

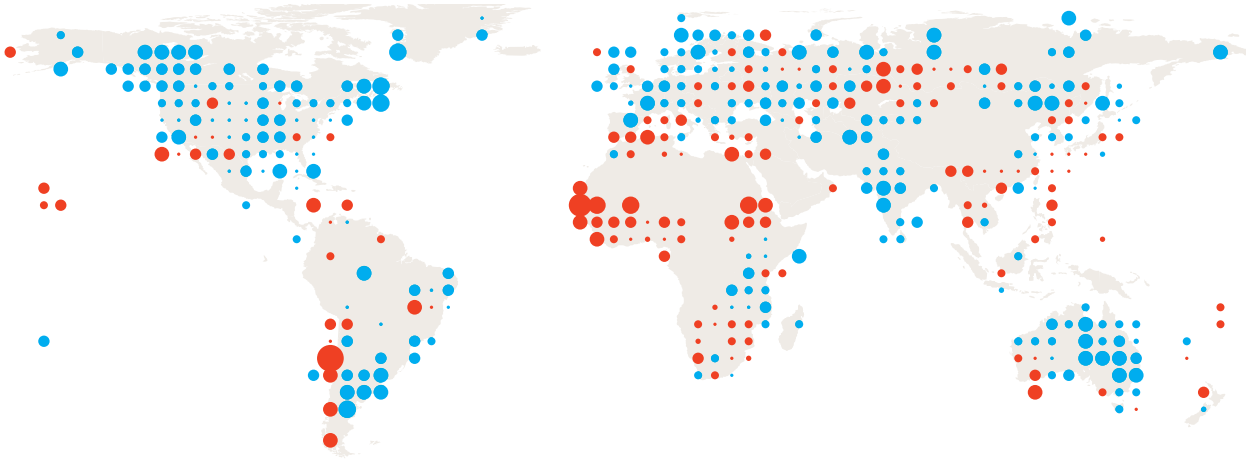
<sup>2</sup> Miguel Delibes y Miguel Delibes Castro. *La Tierra herida. ¿Qué mundo heredarán nuestros hijos?* Ediciones Destino. Barcelona, 2005.

<sup>3</sup> Atlas Medioambiental editado por *Le Monde Diplomatique*. Edición española. Valencia, 2008, p. 46-47.

ja han començat. El planeta podria tenir prop de 50 milions de refugiats climàtics en els propers anys i 200 milions l'any 2050. S'estima que només a Bangla Desh els emigrants serien milions de persones que, a més, per raons històriques, no acudirien als seus països veïns, l'Índia i Myanmar, ja que estarien afectats pels mateixos problemes.<sup>4</sup>

Un informe de la Unió Europea, titulat *Impactes del canvi climàtic a Europa*,<sup>5</sup> vaticina falta de pluja i desertificació –cosa que es denomina *estrès de l'aigua*– i preveu, a més, un major nombre de desbordaments de rius. En aquest cas, les regions més afectades serien el País Basc, Andalusia, Galícia, les Balears i Astúries. L'informe assenyala que el 90% dels desastres naturals esdevinguts a Europa en els últims anys estan relacionats amb el clima i els seus efectes representen el 95% de les pèrdues econòmiques produïdes per catàstrofes.

<sup>4</sup> [http://reports.eea.europa.eu/eea\\_report\\_2008\\_4/en](http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2008_4/en)  
<sup>5</sup> Id., pàgina 44-45.



### Cap a la mitigació i l'adaptació

Ja que ens trobem en un procés de canvi climàtic i els seus efectes no poden eliminar-se, queden dues vies que hem de seguir simultàniament: la mitigació dels seus efectes i l'adaptació al canvi.

Per preparar-nos per al canvi i les seves conseqüències, s'assenyalen diverses accions: conèixer millor els canvis produïts mitjançant monitoratge de dades, preveure els efectes en cada lloc i activitat, establir el contingut de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera per evitar que la temperatura pugi més de dos graus i prendre mesures que facilitin l'adaptació.

Per això, hi ha un Pla nacional d'adaptació al canvi climàtic, elaborat l'any 2006, com a marc general de referència per afavorir la coordinació entre les diverses administracions públiques. El seu objectiu és avaluar els impactes previsibles i preveure la vulnerabilitat i possible adaptació de tots els sectors; entre aquests sectors, assenyala que els que es veuran més afectats són l'agricultura, les finances i les assegurances, i també la salut i el turisme. L'estudi fa una estimació dels terminis aconsellables perquè els diferents sectors duguin a terme l'adaptació convenient. Aquest horitzó varia segons els sectors, i alguns disposen d'un termini relativament llarg, com el de les zones costaneres i els boscos al qual s'atorga un termini d'entre 10 i 100 anys, mentre que, per a d'altres, el període d'adaptació és molt breu: al sector de les finances i assegurances, es concedeix entre 1 i 10 anys, i al de la salut i l'agricultura, entre 1 i 20. Per conèixer millor la situació, es disposa de diversos estudis sectorials, com els elaborats



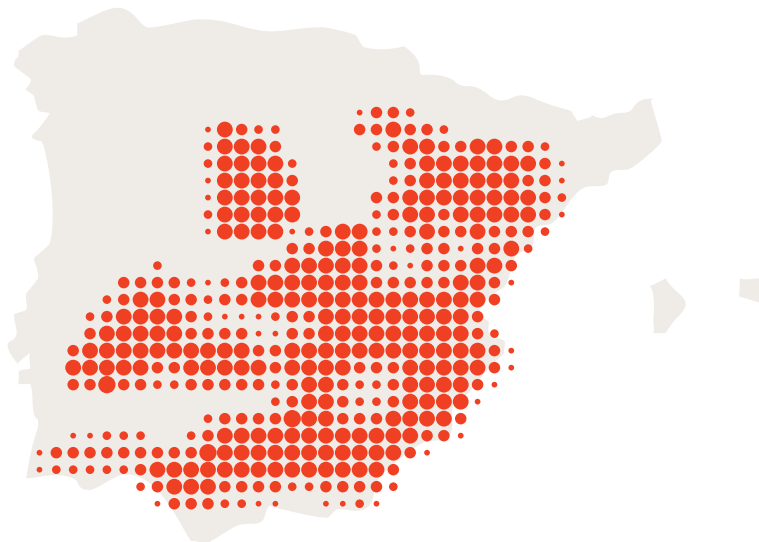
### Disminució i increment de pluges

El canvi climàtic provocarà modificacions en el règim de pluges i la desertificació arreu del món.

-50% ● ● ● ● ● 0

### Disminució de pluges a Espanya

En gran part de la Península Ibèrica es produirà una important disminució del règim de pluges i això provocarà la progressiva desertització de moltes zones.



<sup>6</sup> Observatorio de la Sostenibilidad en España. *Sostenibilidad en España*, 2007.

per l'Observatori de la Sostenibilitat d'Espanya.<sup>6</sup> Hi ha igualment altres oficines i organismes centrats en aquest tema en moltes comunitats autònomes.

La Generalitat de Catalunya va crear, l'any 2006, una comissió interdepartamental contra el canvi climàtic. Es tracta de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic. Proporciona el suport tècnic a la comissió que ha impulsat la Convenció Catalana del Canvi Climàtic, que és el resultat d'un procés àmpliament participatiu gràcies al qual s'han elaborat un conjunt de recomanacions recollides en el Pla d'acció 2008-2012. El principal objectiu és reduir les emissions en 5,33 milions de tones de CO<sub>2</sub>. Per això, es proposa un conjunt de mesures en diversos sectors: agricultura, boscos, edificis, energia, indústria, residus i transport.

La progressiva sensibilització davant el canvi climàtic, més enllà de les orientacions catastrofistes que no duen enlloc i fins i tot provoquen la paralització de la ciutadania davant de la incommensurable dimensió dels esdeveniments, condueix a la recerca de solucions locals i globals, tècniques i socials, innovadores i tradicionals que mitiguin els efectes del canvi i permetin adaptar-nos al progressiu canvi d'escenari en què ens veurem immersos. I, en aquestes mesures, cal que hi col·labori tothom, però també cal assenyalar que, tant en l'origen dels problemes com en la seva mitigació, alguns són més responsables que d'altres i alguns disposen de més coneixements i recursos per afavorir les solucions més eficients. Davant d'aquest objectiu, no hi ha límits per a la imaginació, la invenció i la intuïció, degudament comprovades. Alguns autors assenyalen camins possibles, que són una mica diferents dels habituals.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Lester R. Brown. *Salvar el planeta. Plan B: ecología para un mundo en peligro*. Paidós editorial. Barcelona, 2004.

Les geleres són reserves d'aigua dolça que omplen els rius en el moment del desglaç. L'increment de la temperatura mitjana, juntament amb la disminució de pluges i nevades —segons les dades, des de 1950 la temperatura ha pujat 1 °C i les pluges han disminuït 400 l/m<sup>2</sup>—, ocasiona la disminució gradual de la seva superfície. A final del segle XIX, les geleres de la vessant espanyola dels Pirineus ocupaven una superfície de 1.779 ha, que cent anys després s'havia reduït a 660 ha. Actualment només en queden 206. A aquest ritme en un breu període de 25 o 30 anys desapareixeran del tot.



Les geleres més grans dels Pirineus són les de l'Aneto, la Maladeta i el Mont Perdut. En el cas de la Maladeta el desglaç és tan accentuat que des del 1991 ha perdut 11 m de gruix i una extensió del 45%.

Mont Perdut, cap a 1930



Mont Perdut, 2003

# Polítiques de mitigació al canvi climàtic: de la teoria a la pràctica

L'amenaça del canvi climàtic ha estat globalment reconeguda i els objectius generals per combatre-la són sobre les taules dels responsables governamentals d'arreu del món. Les polítiques que cal implementar per assolir aquests compromisos, en canvi, semblen estar més verdes.

L'actual coneixement sobre la ciència del canvi climàtic i els impactes que té en la societat requereix disposar d'una eficient estratègia de mitigació i adaptació a curt, mig i llarg termini a diferents nivells de la geografia mundial. Aquest breu article intenta exposar primerament on es pretén arribar i, en segon lloc, els progressos fins ara, les barreres identificades i els punts de mira per a les noves polítiques del clima.

## A què ens comprometem?

Río de Janeiro, Protocol de Kyoto, Acord Final de Marrakech, Pla d'acció de Bali, Poznan... i potser Protocol de Copenhaguen formen la història de fites polítiques per establir objectius que estabilitzaran les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) que evitin un increment en la temperatura global mitjana de 2 °C<sup>1</sup>, el qual provocaria impactes perjudicials irreversibles per a les persones i el medi ambient. Això significa que com a màxim tenim 13 anys per canviar la tendència global de creixement d'emissions de GEH.

Actualment ens trobem en plena negociació dels objectius de reducció d'emissió a partir del 2012. En joc està establir un objectiu global de reducció d'emissions i terminis, repartir responsabilitats a escala d'Estats i/o de sectors industrials i determinar les regles del joc per comptabilitzar els esforços en reduccions. Per ara, Europa manté una posició de lideratge, compromesa a una reducció mínima del 20% per a l'any 2020, i entre el 60-80% per a l'any 2050. Els Estats Units, Austràlia i Rússia, que van posar en risc, en el seu moment, l'en-



## Marta Torres Gunfaus

Consultora en Estratègia Energètica  
i Canvi Climàtic. Ecofys



trada en l'operació del Protocol de Kyoto, actualment no tenen un clar posicionament, igual que el Japó. S'uneixen al clam generalitzat dels països industrialitzats que accepten la responsabilitat i la necessitat d'actuació immediata per la seva part, però exigeixen la participació dels majors països en vies de desenvolupament amb objectius vinculants de reducció d'emissions perquè tinguin sentit la lluita contra el canvi global del clima. El continent asiàtic vol prendre acció, però no vol acceptar compromisos numèrics que puguin afectar el seu creixement econòmic. La majoria dels països de l'Amèrica Llatina no creuen que ja els hagi arribat el moment de prendre responsabilitats en la mitigació del canvi climàtic. El Pacífic i Àfrica demanen ajut i compensacions econòmiques per afrontar els pitjors impactes d'un fenomen aliè a les seves activitats. Els pactes sobre finançament i transferència en tecnologia tenen el poder de fer suficientment atractiva la participació de països de la perifèria en l'acord internacional.

Per la seva part, el Govern espanyol dóna suport al compromís assumit per la Unió Europea. Manifesta la gran importància d'aconseguir l'equitat en el repartiment d'esforços entre els diferents estats membres, amb criteris com les emissions per càpita als sectors difusos (edificació, transport, residus, agricultura, indústria no intensiva en energia) i les emissions per unitat de producte als sectors industrials. Criteris similars als que van ser utilitzats per repartir l'objectiu del Protocol de Kyoto entre Estats europeus<sup>2</sup>, i que deixen actualment a Espanya en una situació complicada per complir, tot i els notables esforços econòmics realitzats. Catalunya, per iniciativa pròpia, s'ha compromès fins ara a assolir reduccions proporcionals a les establertes a Espanya per Kyoto. Aquest esforç autonòmic, com el d'altres comunitats autònomes, no és tan sols necessari, sinó imprescindible per reduir les emissions nacionals, atès

el marc competencial de l'Estat i l'efectivitat demostrada de les bones polítiques locals.

### Com es passa dels objectius a les reduccions reals d'emissions?

Un cop fixats els objectius, cal dissenyar la forma d'assolir-los de la manera més eficaç i econòmica possible. El treball dels governs nacionals, regionals i locals passa a ser clau per convertir objectius en reduccions reals.

Existeix un potencial econòmic substancial per a la mitigació d'emissions de GEH en les pròximes dècades, que podria compensar el creixement esperat de les emissions globals, o reduir-les per sota dels nivells actuals<sup>3</sup>. Els estudis recents indiquen que el potencial global a cost zero o negatiu puja a una reducció d'emissions anual d'entre el 7 i el 10% el 2030, sense tenir en compte un possible cost de la tona de CO<sub>2</sub>.

L'eficiència energètica és requisit central per a polítiques de mitigació, d'acord amb l'Agència Internacional de l'Energia. Per al sector elèctric i industrial, la captura i emmagatzematge de carboni es converteix en la tecnologia individual més important a un termini mitjà. És un imperatiu avançar en sistemes de transport lliure de CO<sub>2</sub>. Un augment de les inversions en R+D reduiria el cost de complir amb els objectius de mitigació gràcies a les millores tecnològiques.

Bàsicament trobem avui en dia tres tipus d'instruments: regulatius, fiscals i de mercat, i tots tres acostumen a formar part de les polítiques ambientals. Recentment, els instruments basats en el mercat han pres importància, amb l'entrada del Protocol de Kyoto. Aquests mecanismes busquen fer accessibles, a les parts compromeses a reduir les emissions, les oportunitats de mitigació més econòmiques, partint del principi que evitar una tona de CO<sub>2eq</sub> en qualsevol racó del món contribuirà equivalentment a combatre l'efecte d'hiver-

<sup>1</sup> (IPCC, 2007, Graßl et al. 2003, Hare 2003)

<sup>2</sup> Tryptich Approach

<sup>3</sup> Font: IPCC Fourth Assessment Report (AR4).

#### Més informació:

- Ecofys: [www.ecofys.com](http://www.ecofys.com)
- Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007- 2012 -2020: [http://www.mma.es/portal/secciones/cambio\\_climatico/documentacion\\_cc/estrategia\\_cc/index.htm](http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/estrategia_cc/index.htm)
- European Commission – Climate Change: [http://ec.europa.eu/environment/climat/emission/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/climat/emission/index_en.htm)

- Pla marc de mitigació del canvi climàtic 2008-2012: [http://mediambient.gencat.net/cat/el\\_medi/C\\_climatic/nov/aprovat\\_pla\\_marc\\_mitigacio\\_cc.jsp?ComponentID=158882&SourcePageID=112595#1](http://mediambient.gencat.net/cat/el_medi/C_climatic/nov/aprovat_pla_marc_mitigacio_cc.jsp?ComponentID=158882&SourcePageID=112595#1)
- IPCC: <http://www.ipcc.ch/>

nacle. El comerç de drets d'emissió, per exemple, estableix un sostre màxim de volum d'emissions i assigna a cada participant (sigui Estat o empresa) una certa quantitat màxima. Aquest ha de decidir com complir amb el seu màxim d'emissions: reduir emissions fins a complir (o anant per sota l'objectiu, per poder arribar a vendre drets d'emissió excedents) o bé comprar crèdits al mercat que compensen la meua emissió gràcies al fet que un segon participant haurà deixat d'utilitzar aquell dret d'emetre. Aquests mecanismes doncs optimitzen el cost de complir amb certs objectius de reducció. Per la seva naturalesa i complexitat potencial són instruments que funcionen bé amb un nombre limitat de participants, que compreguin el màxim volum d'emissions. Incloure-hi el transport privat, per exemple, seria excessivament costós per l'efecte que produiria. Aquests mecanismes tenen altres inconvenients, que no es discuteixen en aquest article.

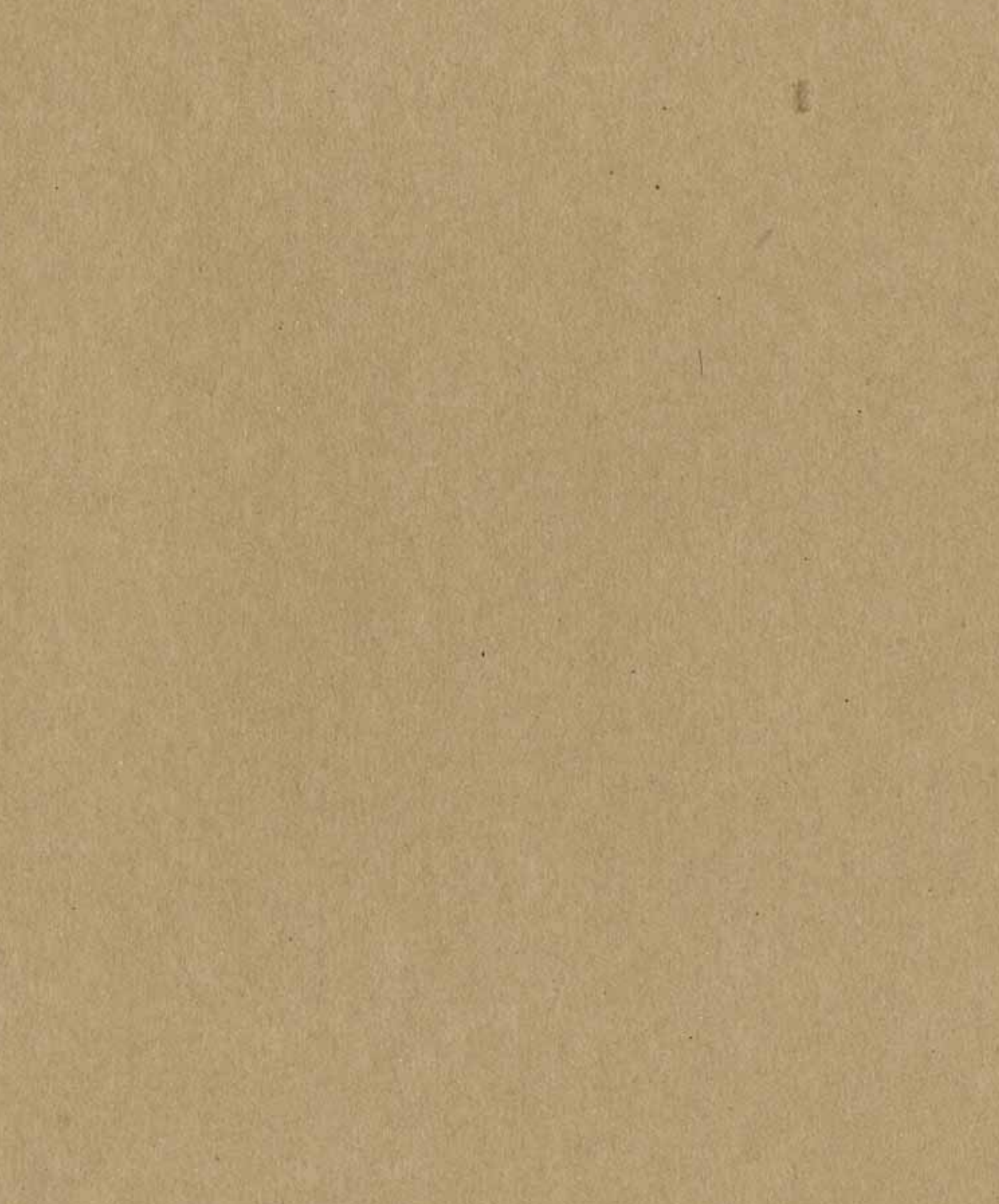
Estudis recents sobre polítiques climàtiques indiquen que un paquet òptim de mesures resulta en reduccions d'emissions a un cost significativament menor que qualsevol mesura individual. Les sinergies i contradiccions entre canvi climàtic i altres àrees de la política són també importants, ambdós pel seu efecte sobre el cost de les polítiques i l'efectivitat d'aquestes. Per exemple, canvi climàtic versus seguretat del subministrament energètic en el sector de generació elèctrica o sobirania alimentària, o ocupació o política agrària per bioenergia. En qualsevol cas, la mitigació, i, especialment, l'adaptació al canvi climàtic són polítiques interdisciplinàries i només una bona coordinació entre departaments del Govern pot garantir-ne l'èxit.

A Espanya, amb un nombre de polítiques per sector, integrades en una estratègia de canvi climàtic, destaquen els plans marc d'energies renovables, d'eficiència energètica i d'infraestructures, els nous requisits del

Codi tècnic de l'edificació (i el Decret d'ecoeficiència a Catalunya), i, d'altra banda, la participació activa del mercat de carboni. Aquest últim representa l'adquisició de crèdits de carboni en lloc de realitzar reduccions domèstiques d'emissions de GEH, instrument facilitat en el marc del Protocol de Kyoto. Caldria esperar que aquests plans marc es convertissin en accions eficaces a aplicar directament pels òrgans competents en el seu cas, sigui el municipi, la comunitat autònoma o l'Estat, dirigits a un públic específic i amb un pressupost proporcionat. Espanya hauria d'identificar els potencials i costos associats per canviar de manera important la tendència de les seves emissions, especialment per als sectors difusos i a partir del 2012. Conèixer el potencial implica generalment tenir la informació sobre projeccions de creixement i sobre l'efectivitat real de les mesures de reducció d'emissions ja implementades. Caldria també evitar la dependència del mercat de carboni, o dit d'una altra manera, que no sigui necessari haver de recórrer als drets d'emissió excedentaris per altres Estats o generats en països en vies de desenvolupament, fet que representa un cost important per a l'Estat i no genera canvis estructurals que ens posicionin estratègicament per convertir-nos en una moderna i competitiva societat baixa en carboni.

Resumint, la gran majoria de països d'arreu del món i la ciutadania que els habiten tenen clar que cal combatre el canvi climàtic. D'aquí a 13 anys les emissions de GEH globals han de començar a decreixer. Les polítiques de mitigació han de desenvolupar-se a una velocitat proporcional, i, fins ara, no sempre ha estat així. Decidir quines són les polítiques més apropiades per a cada municipi, regió o país és complex i requereix d'un coneixement més profund sobre potencials, costos i cobeneficis, voluntat política i acostament de diferents àrees del Govern. És el moment d'assumir responsabilitats i treballar per assolir els objectius establerts.





**Com la contaminació  
afecta la salut?**



## 6

**Per un futur més saludable**

La salut i la malaltia de les persones sempre han estat en relació directa amb el tipus de vincles que establim amb el medi ambient. En aquest sentit, es poden ressaltar tres grans transicions en la història humana que han significat canvis profunds: la primera va ser l'aparició de l'agricultura, la ramaderia i la instauració de societats sedentàries; després, l'expansió europea per tot el món, que va ser la primera globalització i va suposar un increment substancial del comerç arreu del món, i, finalment, la Revolució Industrial. Cada transició ha implicat l'aparició de malalties vinculades a les noves condicions de vida.<sup>1</sup> Per exemple, algunes malalties contagioses com la verola, la grip, la tuberculosi, la malària, la pesta o el còlera van evolucionar a partir de malalties pròpies dels animals<sup>2</sup> i, en la conquesta d'Amèrica, molts indígenes van ser víctimes dels microbis espanyols, davant dels quals no tenien defenses.

<sup>1</sup> Clive Pointing. *Historia verde del mundo*. Ediciones Paidós. Barcelona, 1992.

<sup>2</sup> Jared Diamond. *Armas, gérmenes y acero*. Editorial Random House Mondadori SA. Barcelona, 2008.

**Efectes secundaris d'un model de creixement**

El progrés, com les monedes, acostuma a tenir dues cares i al costat d'avenços innegables apareixen inconvenients indesitjables. Sovint, les millores introduïdes pels factors positius deixen en l'ombra els efectes secundaris negatius; així, per exemple, a la Manchester industrial de mitjan segle XIX, la contaminació atmosfèrica ocasionada per les fàbriques provocava que l'esperança de vida en els centres industrials fos de 25 anys per als obrers i de 55 per a les classes superiors, sense que això fos motiu de preocupació. En canvi, en els dos últims segles, la revolució higienista i els nous coneixements en medicina han permès allargar l'esperança de vida fins a límits molt superiors als coneguts fins ara. Avui, tanmateix, com en altres èpoques històriques, sorgeixen altres formes de malaltia que deriven, així mateix, dels models de vida que ens caracteritzen.

En capítols anteriors, hem analitzat de quina manera el nostre sistema productiu aprofita els recursos naturals per fabricar els béns necessaris i de consum. Sabem que, com a resultat d'aquest procés, generem residus i contaminació. Hem destacat el paper del CO<sub>2</sub> i altres residus que afecten el medi ambient, i també som conscients que s'està produint un canvi climàtic que comportarà conseqüències significatives. Però, per contra, acostumem a deixar de costat un altre tipus d'efectes secundaris inherents al sistema: els efectes sobre la salut de les persones.

A partir de la Revolució Industrial, aquests efectes s'han incrementat ostensiblement, a causa de l'ús massiu de combustibles fòssils, productes químics, noves tecnologies i maneres de vida molt diferents d'aquells que la Humanitat estava acostumada en els segles anteriors. Els factors mediambientals i l'ús de drogues com el tabac han propiciat un canvi en el tipus i abast de diverses malalties. D'altra banda, és veritat que la preocupació per les mesures preventives a favor de la salut és un indicador de qualitat de vida, assumible quan s'han cobert les necessitats bàsiques.



Medició de contaminació electromagnètica.

Arreu del món, les causes principals de les malalties continuen sent la pobresa i les males condicions de vida.

Si bé no hi ha dubte que les condicions ambientals provoquen malalties i riscos per a la salut, per actuar-hi s'exigeixen certes que no es demanen en altres àmbits, com el de l'economia. Si els polítics exigissin als economistes el grau de certesa que demanen als climatòlegs i els ecòlegs, probablement es paraltzarien moltes economies.<sup>3</sup>

### Alguns riscos

Els principals riscos per a la salut derivats del desenvolupament actual provenen de la presència de substàncies en el medi que són alienes a la seva composició normal, les radiacions naturals o artificials. Algunes es troben a:

- L'atmosfera: substàncies físiques, químiques, biològiques o electromagnètiques que ens afecten per via inhalatòria, dèrmica o oral. Els elements principals són el monòxid de carboni (CO), el diòxid de sofre (SO<sub>2</sub>), l'òxid de nitrogen (NO<sub>2</sub>), l'ozó troposfèric (O<sub>3</sub>), les partícules sòlides, els fluorurs, els metalls pesants, com el plom o el cadmi, el CO<sub>2</sub> i les radiacions de diferents tipus.

- L'aigua: substàncies d'origen urbà, industrial, agrícola o animal, com els purins.

Els contaminants poden ser biològics, químics o físics.

- Els residus: s'han incrementat de manera exponencial a causa de la cultura consumista, el canvi d'hàbits alimentaris i el creixement urbà.

- El soroll: pot tenir efectes perjudicials sobre el sentit de l'oïda, però també sobre els sistemes endocrí, respiratori, digestiu i cardiorcirculatori.<sup>4</sup>

En el camp de la geobiologia, s'estudia la relació entre les energies i radiacions naturals i la salut humana. El bioelectromagnetisme és l'estudi dels camps electromagnètics generats pels éssers vius i engloba la magnetobiologia, que estudia l'impacte dels camps electromagnètics sobre els sistemes biològics, el biomagnetisme, que estudia la mineralització biològica de materials magnètics sintetitzats pels éssers vius, i la magnetoteràpia, que comprèn l'aplicació terapèutica de camps electromagnètics amb finalitats mèdiques.<sup>5</sup>

Un dels camps més preocupant és el de les radiacions produïdes per la telefonia mòbil. En aquest punt, convé assenyalar que les recomanacions normatives vigents es van formular d'acord amb les recomanacions de l'ICNIRP de l'any 1998, és a dir, ja en fa més de 10 anys. Des de llavors, nombrosos estudis científics aconsellen reduir els valors límits actuals.<sup>6</sup>

### Algunes dades

El primer mapa detallat de la mortalitat per càncer a Espanya associa a Catalunya, Huelva i Astúries la contaminació industrial a l'aparició de tumors. A més, s'observen enormes diferències segons els municipis.<sup>7</sup>

Els riscos del plom són coneguts des de fa segles. Els grecs anomenaven *saturnisme* les seqüeles de l'enverinament per plom. L'eliminació del plom de les gasolines es va fer per uns estudis elaborats als Estats Units que demostraven que aquest metall afectava el nivell mental dels escolars. El mateix procés se segueix ara amb l'eliminació progressiva del plom de les pintures. L'Organització Mundial de la Salut (OMS) ha advertit que 120 milions de persones es troben exposades a la intoxicació per aquest metall.

Si bé és cert que no s'ha de crear un problema on no n'hi ha, també ho és que la majoria de riscos provenen de l'actuació conjunta de múltiples factors; la contaminació mediambiental, unida a la que procedeix dels aliments i de l'estrès, que dismi-

**3** Xavier Duran. «Salut i medi: de la incertesa al càlcul econòmic». En el número 31 de la revista *Medi ambient. Tecnologia i Cultura* del Departament de Medi Ambient i habitatge de la Generalitat de Catalunya. Número dedicat a la influència del medi ambient en la salut humana. Barcelona, 2001.

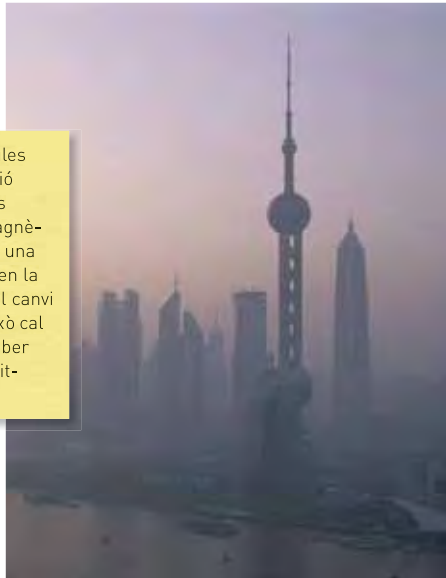
**4** Maria Rosa Girbau i Katy Salas. «Determinants ambientals i salut». En l'esmentada revista *Medi ambient. Tecnologia i Cultura*, número 31 de desembre de 2001.

**5** José Luis Ramos Jacome. «Bioelectromagnetismo y electrosensibilidad». En la revista *Salud y Hábitat*, que recull les ponències del Congrés Internacional, organitzat per GEA, a Barcelona l'any 2006.

**6** Manuel Portoles. «Efectos de las radiaciones ambientales en la salud». En l'esmentada revista *Salud y Hábitat*. El Dr. Portoles ha realitzat nombroses i rigoreses investigacions sobre els efectes de la telefonia mòbil sobre la salut.

**7** Centro Nacional de Epidemiología. *Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España*.

La contaminació per partícules és visible, afecta la respiració i embruta la roba estesa; les radiacions d'ones electromagnètiques (com les que provoca una línia d'alta tensió) que afecten la salut o el CO<sub>2</sub> que provoca el canvi climàtic no es veuen, per això cal aprendre a mesurar-les i saber la seva intensitat per minimitzar-ne l'efecte».



**8** Carme Valls-Llobet *et al.* a la monografia: *Medi ambient i salut*. Edita Caps. Barcelona, 2008.

nueix les defenses, produeixen resultats acumulatius dels quals es comencen a tenir estudis epidemiològics. Cal realitzar una investigació específica sobre els efectes dels tòxics ambientals en la salut.<sup>8</sup> Ja sabem que una malaltia emergent és la síndrome de sensibilitat química múltiple, en què l'excés de productes tòxics abocats al medi ambient actua sobre les persones sensibles i els impedeix l'adaptació al medi. La Unió Europea ha aprovat recentment el Reglament per al registre, avaluació, autorització i restricció de substàncies i preparats químics (REACH), que preveu regular més de 30.000 substàncies.

**9** Amartya Sen. *Primero la gente. Una mirada desde la ética a los principales problemas del mundo globalizado*. Editorial Deusto. Barcelona, 2007. Amartya Sen va ser premi Nobel d'economia l'any 1998.

La salut és un element fonamental de la vida humana. Per això, és important parlar d'una de les tres claus de la sostenibilitat: l'equitat social. Cap concepció de justícia social no pot deixar de costat aquest component, ja que és indubtable que la salut va estretament lligada als models de vida. Un indicador com l'esperança de vida és enormement significatiu. L'estat de Kerala, a l'Índia, per exemple, amb una població de 30 milions de persones, malgrat tenir un PIB inferior al global del país, gaudeix d'una esperança de vida cinc anys superior a la de la Xina i molt superior a la dels afroamericans als Estats Units. S'assenyalen dues raons principals: un alt nivell d'educació bàsica i l'absència de discriminació de gènere, gràcies a les quals una proporció elevada de dones ocupen càrrecs de responsabilitat.<sup>9</sup>





# Habitatge i salut

L'habitatge, la nostra tercera pell, actualment conforma el medi ambient més quotidià de la gran majoria de la població, ja que passem diàriament entre el 80 i el 90% del temps en l'interior d'edificis. D'aquí la importància dels factors de risc per a la salut –biològics, químics i físics– presents en els ambients interiors. La creació i gestió d'habitatges saludables és una responsabilitat no solament dels professionals de l'edificació, sinó també de les institucions públiques i de les persones com a individus.

Des de fa anys es reconeix que els edificis poden constituir un risc per a la salut dels seus ocupants; de fet, des de 1982, l'Organització Mundial de la Salut anomena el problema Síndrome de l'Edifici Malalt (SEM), cosa que engloba el conjunt de símptomes i malalties que pateixen els ocupants dels edificis, especialment en els més moderns i tecnificats i sobretot en els anomenats *edificis intel·ligents*. Prop del 30% dels edificis moderns presenten problemes de salut associats al SEM, i es constata una relació directa entre el temps d'ocupació de l'edifici i l'aparició en molts casos de patologies específiques com ara trastorns al·lèrgics i respiratoris, irritacions oculars, maldecaps persistents, nàusees o estrès i nerviosisme accentuat. Així mateix, s'observa la remissió dels trastorns al cap d'un temps de no estar exposats al lloc que els provocava.

La problemàtica s'agreuja en els espais de permanència prolongada (lloc de treball, centres educatius, dormitoris i, fins i tot, centres de salut) si en són plens de materials sintètics, s'utilitzen productes químics agressius en la neteja, es renova poc o malament l'aire intern, o persisteix l'exposició a una gran càrrega de camps elèctrics artificials i ones electromagnètiques de baixa i alta freqüència, generada per les instal·lacions elèctriques de l'exterior de l'edifici, l'equipament informàtic o



**Mariano Bueno**

Expert en Geobiologia i Bioconstrucció

les xarxes de telefonia mòbil, Wi-Fi i sistemes de comunicació sense fil que tant s'estan estenent.

Els coneixements actuals, aportats per la investigació geobiològica i la bioconstrucció, constaten les incidències sobre la salut de factors vinculats a la construcció com ara el lloc d'ubicació de l'edifici, les estructures i el sistema constructiu, els materials emprats, els aïllaments o els materials d'acabat i de decoració, i també els sistemes d'illuminació artificial, els camps elèctrics o magnètics generats per les instal·lacions elèctriques o els equips informàtics i els electrodomèstics. Cal afegir-hi els problemes generats pel soroll o les deficiències de l'aire respirat, empobrit pels sistemes de climatització i impregnat de les substàncies tòxiques que emanen del mobiliari, les pintures o els materials emprats en la construcció de l'edifici.

Potser la paradoxa més gran sigui que la neteja dels espais interiors es fa a costa d'embrutar l'ambient interior i exterior amb substàncies químiques; la qual cosa, en espais tancats, sol ser un problema per a les persones més sensibles.

Davant d'un panorama tan poc favorable per a la salut de les persones i per a l'entorn, provocat pels habitatges i els sistemes constructius actuals, es planteja la recerca d'alternatives més saludables i respectuoses envers el medi.

De fet, en la dècada dels setanta a Alemanya, va néixer un corrent constructiu anomenat Baubiologie –biologia de la construcció– o bioconstrucció, centrat en la recerca i aplicació pràctica d'alternatives constructives que minimitzen l'impacte ambiental negatiu de la construcció, opten per tècniques, sistemes constructius i materials més saludables, respectuosos i sostenibles, i prioritzen la salut dels ocupants dels edificis i la del planeta en el seu conjunt global.

Possiblement, igual com abans vam aprendre a tenir en compte les opcions d'higiene biològica, cal començar a prioritzar la higiene química i energètica en els ambients interiors.

Amb les noves propostes del Codi tècnic de l'edificació, ja ens trobem en camí d'anar introduint opcions constructives i energètiques més respectuoses envers el medi ambient, però cal continuar avançant en aquesta presa de consciència a fi d'implantar també les opcions que possibilitin una vida en ambients més saludables.

# La contaminació física, química i biològica

Les persones interactuem amb el medi ambient: respirem, mengem, bevem, toquem les coses, olorem, sentim, etc. Quan el medi ambient està contaminat, la contaminació penetra en nosaltres a través d'aquestes accions.

El problema és especialment greu a l'interior dels edificis, on la majoria de nosaltres passem més del 90% del nostre temps. Tenim la sensació equivocada que dins de casa nostra estem segurs, i, tanmateix, es constata que la contaminació interior dels habitatges és avui el principal problema de salut ambiental per a la majoria de la població. La tendència actual a construir edificis sostenibles millorarà la situació, però aquests edificis no solament han de ser respectuosos envers el medi ambient, sinó que també han de ser-ho amb la salut dels seus habitants. Possiblement, la casa del futur serà molt més ecològica i sana que l'actual, però de moment no és així. Els principals problemes de contaminació als nostres habitatges són avui els que es detallen en els punts següents.

## **Contaminació física**

El soroll provoca irritació, insomni i, en exposicions prolongades, sordesa. La principal causa del soroll és una construcció deficient que permet l'entrada de sons de l'exterior, i també la seva transmissió a través de l'estructura de l'edifici. L'entrada en vigor del Codi tècnic de l'edificació millorarà considerablement aquest aspecte.

La contaminació tèrmica provoca problemes d'insomni i fatiga. La causa principal és el sobreescalfament causat per l'excés d'exposició solar de murs i teulades que no estan dissenyades ni aïllades adequadament.

En l'última dècada ha cobrat importància la contaminació per olors. La causa principal en l'interior dels habitatges és un sistema d'evacuació d'aigües residuals



## **Enric Aulí**

Gerent de Projectes Naturals, SL,  
i professor de Construcció Sostenible  
i Medi Ambient de la Universitat  
Politécnica de Catalunya

deficient, que provoca el buidatge dels sifons per l'efecte Venturi: en baixar l'aigua dels pisos superiors a través de les conduccions, «aspira» l'aigua dels sifons dels vàters, i els buida. A conseqüència d'això, els gasos pudents del clavegueram penetren a l'habitatge. Aquestes olors són generalment fecals, però també poden procedir de productes industrials olorosos abocats al clavegueram.

### **Contaminació química**

Gràcies als avenços en construcció sostenible, els materials emprats desprenen cada vegada menys contaminants; especialment significativa és la reducció de compostos orgànics volàtils procedents d'aglomerats i pintures.

El principal focus de contaminació química és la combustió en cuines i calefaccions. El contaminant més perillós és el monòxid de carboni que es produeix en les combustions defectuoses dels sistemes de calefacció; aquest gas agreuja les malalties cardiovasculars, i, a dosis elevades, és mortal. Altres contaminants d'interès procedents de les combustions són els òxids de nitrogen, els hidrocarburs i les partícules; tots plegats afecten de manera més o menys intensa la nostra salut.

D'altra banda, l'ús inadequat de productes químics també contamina les nostres llars. Hi destaquen els plaguicides domèstics, en general amb base de piretrines, i els productes de neteja i bricolatge que desprenen compostos orgànics volàtils i compostos irritants.

### **Contaminació biològica**

El 25% de la població és al·lèrgica en grau major o menor, i bona part d'aquestes al·lèrgies s'origina en la contaminació biològica dels habitatges. La principal causa de contaminació biològica són les humitats, que

poden procedir d'infiltracions a partir de fuites, però també de la condensació –a causa d'una construcció deficient– en marcs de finestres i a la zona d'unió entre murs i sostres. A més, la humitat del nostre cos mateix afavoreix el desenvolupament als llençols dels àcars, un aràcnid responsable de moltes al·lèrgies. Un cas especial és la *legionel·la*, causant de la legionel·losi, que pot prosperar en aparells d'aire condicionat mal mantinguts. La proliferació recent de *teulades verdes* és una bona mesura ecològica, però cal evitar plantar espècies que puguin provocar al·lèrgies a la població.

En conclusió, cal reconèixer que la qualitat deficient dels nostres habitatges crea un problema tant per al medi ambient com per a la nostra salut. El desenvolupament de la construcció sostenible ha de ser la solució a ambdós casos.

# Radiacions naturals i artificials: la higiene energètica a l'habitatge

Les radiacions, tan presents en la vida quotidiana, formen part d'un grup de factors físics que –en cas de sobreexposició– poden comprometre la salut de les persones; així, ja que en l'estil de vida actual gran part de la jornada transcorre a l'interior d'edificis, l'habitatge adquireix un paper rellevant i convé implantar les mesures necessàries que evitin la sobreexposició a les radiacions en els espais habitats.

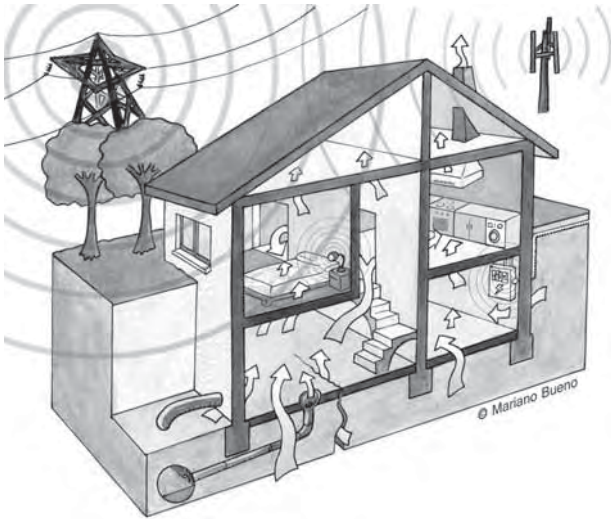
En els edificis moderns, altament tecnificats, la qualitat dels espais interiors sovint és minvada per factors com les alteracions del camp electroatmosfèric, els nivells d'humitat relativa inadequats i superfícies sintètiques electrostàtiques, els desequilibris del camp geomagnètic associat a la presència d'elements ferromagnètics en les estructures, la presència de zones d'intensa radiació terrestre, o d'alteracions geofísiques en el subsòl. En la ubicació i distribució dels habitatges, principalment a les zones de màxima permanència de les persones, cal considerar les radiacions d'origen natural procedents del subsòl, que poden provocar amb el temps problemes de salut. En aquest context, les fissures o diàclasis al subsòl són vies preferents de sortida de radó, un gas radioactiu reconegut científicament com a causa de càncer de pulmó per inhalació<sup>1</sup>; el radó, en ser més dens que l'aire, es concentra en garatges, plantes inferiors i espais amb ventilació nul·la o deficient. En determinades zones geogràfiques, aquest gas és un problema de salut pública; a Galícia, per exemple, recentment s'ha inclòs en les Normes de l'hàbitat gallec l'avaluació dels nivells de radó als habitatges.<sup>2</sup>

D'altra banda, els materials utilitzats en la construcció poden contenir components radioactius com ara els residus de fosfats usats en ciments, formigó o guixos; o l'urani, tori o zirconi presents en els esmalts ceràmics. El nivell d'exposició a aquests agents radioactius s'incrementa en l'interior dels edificis hermèticament tancats,



## **Elisabet Silvestre**

Doctora en Biologia, experta en hàbitat saludable i biohabitabilitat



### Radiacions naturals i artificials en relació amb l'hàbitat:

- 1 d'origen natural com la radioactivitat, el camp elèctricoatmosfèric, el magnetisme terrestre i les radiacions còsmiques i tellúriques;
- 2 d'origen artificial com els camps elèctrics i electromagnètics procedents d'instal·lacions elèctriques, equips elèctrics, il·luminació, línies d'alta tensió, transformadors, sistemes de comunicació sense cable o estacions base de telefonia mòbil.

i una eficient ventilació és la primera mesura a tenir en compte, a més d'optar per materials de construcció de baixa emissivitat radioactiva.

Actualment, de les radiacions d'origen artificial, l'electricitat estàtica, unida a camps elèctrics alterns i a la humitat relativa ambiental, és objecte d'estudi científic com a causa dels gairebé 800 casos de lipoatròfia semicircular diagnosticats a Catalunya, principalment

en treballadors d'edificis d'oficines modernes.<sup>3</sup> Atesa la naturalesa electromagnètica de l'ésser humà, l'exposició habitual a camps electromagnètics (CEM) incideix principalment en l'activitat de la glàndula pineal, el principal rellotge biològic, i se la relaciona amb trastorns en el sistema nerviós, el sistema endocrí i l'immunològic.<sup>4</sup> Com a opcions per evitar l'exposició continuada als camps elèctrics i als camps electromagnètics, cal considerar allunyar les persones de la proximitat de fonts d'emissió d'ones electromagnètiques, i optar per instal·lacions elèctriques biocompatibles, derivacions a terra de les estructures metàl·liques, preses de terra eficients, cablatge elèctric protegit o sistemes de desconnexió elèctrica automàtica als dormitoris, i apostar per sistemes de comunicació via cable evitant els sistemes de comunicació per microones i radiofreqüències.

En dissenyar, construir o rehabilitar edificis, cal incorporar també els criteris d'higiene energètica –a més dels d'higiene biològica i química–, entesos com l'elecció de les millors opcions –d'ubicació, materials, sistemes constructius o instal·lacions–, envers la salut i compatibles amb la biologia humana, amb l'objectiu d'assolir una qualitat ambiental dels espais interiors favorable per a la salut dels seus ocupants. I en aquest context, més que de renunciar a la tecnologia, es tracta de poder fer-ne ús –gaudint de les seves comoditats i avantatges– implementant aquelles opcions més saludables, atenent als principis de precaució indicats per les autoritats sanitàries i apostant per la recerca en aquesta via.

Actualment, la biohabitabilitat, amb la incorporació de criteris d'higiene energètica, proposa opcions per evitar la sobreexposició diària a les radiacions naturals i artificials, i aposta per habitatges que fomentin la salut i el benestar de les persones.<sup>5</sup>

**1 López-Abente, G., et al.** *Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España*. Instituto de Salud Carlos III: Centro Nacional de Epidemiología. ISCIII, año 2007.

**2 Conselleria de Vivienda y Suelo.** *Normas del hábitat gallego*. Diario Oficial de Galicia 2008, n.º 12.

**3 Pañella, H., et al.** *Lipoatrotia semicircular: un nuevo trastorno de salud relacionado con el trabajo*. Gac. Sanit. 2008; 22:73-75.

**4 Bardasano, J. L.** *Campos electromagnéticos, salud pública y laboral*. Jornadas sobre Contaminación Electromagnética y Salud Pública. Madrid, 2002.

**5 Silvestre, E.** *Salut i hàbitat*. CBCAT, 2007; 18-23.





Cap a on anem?



## 7

## Camins per investigar en edificació

És evident que no tothom camina en la mateixa direcció. Si observem l'àmbit de les energies, ens adonem que, mentre les companyies petroleres cerquen deleroses nous jaciments submarins, alguns defensen les centrals nuclears com a energia de transició i d'altres aposten per fonts energètiques netes i renovables com la millor opció per respectar el medi ambient. Malgrat aquesta diferència de criteri, probablement molta gent accepti que, en el moment actual, reduir la demanda energètica és un pas indefugible, com ho és una disminució en el consum d'aigua i de les matèries primeres que escassegen. Tanmateix, això implica anar en un sentit contrari al model actual d'increment continuat del consum. Com aconseguir l'evolució cap al nou paradigma sense enfonsar-nos en el caos?

### Sobre límits i fronteres

Hem vist que la biosfera, el nostre rebost de recursos, és limitada. Podem esgotar-la ràpidament si la buidem i no reposem el gènere. Alhora, el nostre gran abocador, la biosfera mateixa, no reconeix com a seus gaires dels residus que produïm i hi aboquem; el resultat és que no els pot digerir ni transformar en elements útils, com fa amb els residus orgànics, per la qual cosa ens els torna d'una manera o una altra. Aquests residus, contaminants, ens perjudiquen. Unes vegades afecten directament la nostra salut i d'altres indirectament, provocant fenòmens com el canvi climàtic. Ens convé, per això, trobar noves maneres de produir que minimitzin els residus. Ens convé, i molt, limitar la producció i l'abocament de residus.

En la vida, hi ha límits físics precisos i rotunds que no podem ultrapassar; per exemple, no podem sortir d'un avió en ple vol. Hi ha altres límits igualment precisos però més subtils, com pot ser el límit entre allò que pot o no pot dir-se per raó d'unes regles d'urbanitat, o allò que cal fer o no fer segons uns criteris morals. Encara que siguin igualment precisos, aquests límits es poden traspasar, transgredir, sempre que n'assumim les conseqüències, que previsiblement seran perjudicials.

Hi ha, a més, un altre tipus de límits que, en canvi, són difusos i imprecisos. Ningú no sap del cert on és la frontera entre el Marroc i Algèria quan es troba al mig del desert del Sàhara. D'aquesta noció de límit com a frontera, deriva precisament el concepte romà de límit, el *limes*, una ampla i vasta franja de terreny poblada pels *lomitanei*, més enllà de la qual hi havia els bàrbars, el perill...<sup>1</sup> Aquest límit no solament era difús, sinó també canviant, es desplaçava, com ocorre amb tants hàbits socials en el decurs del temps.

Tanmateix, precisament aquesta zona fronterera adquireix protagonisme, perquè des d'allí s'entreveuen ambdós costats: allò conegut d'on procedim i allò desconegut, allò que suposem perillós. Però qui diu que, potser, aquest costat que produeix temor no contingui noves oportunitats? Recordem el *non plus ultra*, la por al més enllà es pot vèncer per trobar un món nou, ple d'oportunitats. L'ésser humà ha tractat d'anar habitualment fins al límit de les possibilitats en comptes d'investigar les possibilitats existents més enllà del límit. Aquest projecte vindria marcat per tres emocions fona-

<sup>1</sup> Eugenio Trias. *La lógica del límite*. Ediciones Destino, SA. Barcelona, 1991. També del mateix autor *Ciudad sobre ciudad*, *La edad del espíritu*, *La razón fronteriza i Ética y condición humana*, en què desenvolupa el seu monumental corpus teòric sobre la filosofia del límit, ésser del límit.

mentals: la sorpresa, el vertigen i l'amor.<sup>2</sup> Traslladant aquestes reflexions al tema que ens ocupa: ens atrevirem a saber com seria un desenvolupament sostenible? Quins camins hem d'explorar per arribar-hi? Qui ens hi conduirà?

### **Sobre equilibris i participació, tècnica i creativitat**

Hem vist als capítols 1 i 2 quins són els quatre elements que componen la naturalesa i els quatre factors que convé tenir en compte en un sistema productiu. També hem vist que el nostre model actual de creixement exponencial, basat en el consum irrefrenable de recursos limitats i la contaminació despreocupada del medi, ha entrat en crisi.

Avui ens movem entre algunes certeses i moltes incerteses. Potser sigui a causa d'una hiperespecialització en les disciplines que estudien el nostre món. Necessitem una nova visió que englobi els diversos coneixements avui divorciats i ens permeti un nou sincretisme.<sup>3</sup> Entrem en el temps d'experimentar i d'investigar, d'estudiar i de debatre. Mentre que, d'una banda, estem curats –o hauríem d'estar-ho– dels dogmatismes inamovibles que van marcar el segle XX, de l'altra sabem que el nihilisme condueix a la catàstrofe. És temps, doncs, per a la imaginació i la innovació, que s'hauran de moure dins de certs límits que sí que coneixem, marcats per la disponibilitat de recursos materials i la capacitat d'absorció de residus i emissions. Cal, a més, posar límits a la prepotència i a la confiança cega tant en la tecnologia punta<sup>4</sup> com en la vida en torres d'ivori separades del mundanal soroll; cal integrar dualitats que són complementàries i no excloents i superar els bloqueigs culturals que moltes vegades condicionen la creativitat.<sup>5</sup>

La insostenibilitat és material, física, i, per tant, pot mesurar-se, pot pesar-se: en tones de producte o de residus sòlids, tones de CO<sub>2</sub>, kWh, megajoules, etc. Per això, els eslògans de cert *marketing* pretesament ecològic duraran poc si venen només fum i no realitats; disposem ja d'instruments de mesurament, cada vegada més fiables, que ens indiquen de manera comprovable certes tendències i els grans nombres dels principals problemes a què hem de fer front: l'esgotament dels recursos, el canvi climàtic, el deteriorament de la salut i la progressiva exclusió social d'amples capes de població. I, amb tot, no podem ofegar la intuïció, ni els coneixements que no passen per la raó.<sup>6</sup> Són temps de reconciliació entre el cos, la ment i l'esperit, del passat i el futur, de l'àmbit públic i del privat, de la raó i l'emoció, de l'altruisme i l'interès.

Són temps de canvi, de repensar la pròpia concepció del temps (qui ens l'ha pres?; per què mai no tenim temps de fer aquelles coses que tant ens interessin?) i del plaer de gaudir d'una nova forma de veure l'habitabilitat del món: de l'espai íntim en què vivim i treballem, del públic, del nostre entorn, de les nostres ciutats, el nostre territori i els nostres paisatges.

També és temps de participació, no la que aporten els tertulians atrevits però poc informats, sinó la d'opinions basades en el rigor. No és temps de receptes i sí d'actituds obertes, curioses, autocrítiques, installades en el dubte i en la recerca d'equilibris.

És temps per a l'entusiasme, però alhora un temps difícil, perquè és un repte mantenir-se en l'equilibri, és una situació que provoca cansament. És la postura de qui, situat en el límit, en la frontera, albira i comprèn actors i propostes diferents, contradictoris i, potser, enfrontats. És una posició fàcilment atacable, d'una banda, i, de l'altra, no es presta a l'heroisme, i, en canvi, s'exposa a les derrotes, al menyspreu. Però, a partir del desig d'equilibri, no hi ha vencedors ni vençuts, hi ha conflicte i debat, però també acords, respecte, desig de canvis en el fons i en les formes; hi ha el risc, i el futur, per a tothom, per a la nostra generació i per a les venidores. Només cal anar fent passos que ens ajudin a aprendre, comprendre, conèixer i actuar.

**2** José Luis Molinuevo. *Humanismo y nuevas tecnologías*. Alianza Editorial. Madrid, 2004.

**3** Edgar Morin. *La mente bien ordenada*. Editorial Seix-Barral, SA. Barcelona, 2000-2003.

**4** Juan David García Bacca. *Elogio de la técnica*. Editorial Anthropos. Barcelona, 1987.

**5** David Bohm. *Sobre la creatividad*. Editorial Kairós. Barcelona, 2002.

**6** Enzo Tenzi. *La belleza y la ciencia*. Editorial Icaria. Barcelona, 2006.

# Arquitectura: un nou paradigma

De l'ecologia a la sostenibilitat,  
el que avui en sabem...

*«No puc imaginar cap altra perspectiva desitjable en el futur que una forma de vida ecològica, en la qual l'arquitectura retornaria a la idea inicial del funcionalisme, derivat de la biologia, i arrelaria novament al seu substrat cultural i regional. Aquesta arquitectura, que podria anomenar-se funcionalisme ecològic (...) implicaria una tasca paradoxal: fer-la contemporàniament més primitiva i més refinada... L'arquitectura ecològica significa que l'edifici és més un procés que un producte»<sup>1</sup>*  
Juhani Pallasmaa

Assolir els objectius proposats a l'informe *Our Common Future*<sup>2</sup> de «satisfer les necessitats de les generacions actuals sense comprometre la capacitat de les generacions futures per satisfer les seves» implica ser capaços de mantenir intacte el capital natural del planeta, i consumir només els interessos que produeix, és a dir, els materials i l'energia renovables. Sabem que el nostre model econòmic i tecnològic no funciona d'aquesta manera. El progrés material assolit en el darrer segle i mig per la societat occidental s'ha basat en la degradació, a gran escala, dels recursos naturals; a partir de l'extracció de matèries primeres i la seva transformació en productes manufacturats, mitjançant l'ús de combustibles fòssils. Una vegada finalitzat el seu ús, aquests productes esdevindran residus que caldrà eliminar, amb noves aportacions d'energia i més emanacions de contaminants. Un dels resultats d'aquest procés són les emissions de CO<sub>2</sub> i altres gasos amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera. Apostar per la sostenibilitat implica desvincular el progrés de la dependència energètica dels combustibles fòssils i nuclears, i avançar cap a un altre model en el qual els recursos s'obtinguin majoritàriament a partir de la reutilització dels residus; en el qual l'energia vingui de fonts renovables, i que el consum d'aigua es mantingui a dintre dels límits de regeneració



## Joan Sabaté

Arquitecte. Director de l'Àrea de Construcció de l'Escola d'Arquitectura de la Salle, Universitat Ramon Llull i de SaAS, Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilitat, [www.saas.cat](http://www.saas.cat)

del sistema climàtic.<sup>3</sup> Sense una política consensuada a escala mundial, que persegueixi aquests objectius, però que inclogui també altres aspectes, com les polítiques per estabilitzar la població, la reducció de la càrrega tòxica del planeta, la millora de la salut i el benestar de les persones i un repartiment més just dels recursos econòmics i naturals, estarem condemnant definitivament el present i el futur de tota la Humanitat a una decadència lenta, però inexorable.<sup>4</sup>

Per aquestes raons, el principal objectiu de l'arquitectura hauria de ser limitar les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera. Segons el darrer informe de l'IPCC de 2007, per aconseguir que l'augment de les temperatures es mantingui entre els 2,4 °C i 2,8 °C (per sobre dels valors anteriors al desenvolupament industrial), caldria mantenir les concentracions de gasos amb efecte d'hivernacle per sota del valor de 535 ppm, cosa que equivaldria a aturar l'augment d'emissions cap a l'any 2020 i reduir-les entre el 30% i el 60% en arribar a 2050. Aquest objectiu no és possible sense una reducció important de la demanda energètica, i és precisament en aquest camp on l'arquitectura disposa d'un ampli espai de millora.

Però el nou model de desenvolupament no s'ha de limitar a la reducció de les emissions de CO<sub>2</sub> equivalent, sinó que cal que incideixi de manera simultània en la millora dels cicles de la matèria, l'energia i l'aigua, i desenvolupi alhora els aspectes relacionats amb la biohabitabilitat. Cal adoptar mesures per reduir l'ús de materials no renovables i evitar la degradació dels espais on se situen les extraccions; controlar els processos de transformació, sovint responsables d'una càrrega tòxica creixent; limitar la generació de residus i protegir adequadament els ecosistemes més sensibles, tant de les noves urbanitzacions com de l'explotació indiscriminada dels béns naturals. Moltes zones del planeta, entre

les quals la conca mediterrània, traduiran l'augment de temperatures en una reducció del règim de pluges, la qual cosa implicarà el perill creixent de desertificació i d'incendis forestals de grans dimensions, així com la reducció de l'aigua disponible per al consum humà i la disminució de la productivitat dels cultius. Cal, també, revisar la relació entre l'arquitectura i la salut. Vivim cada vegada més envoltats de materials emissors de substàncies químiques, d'ones d'alta i baixa freqüència, de camps elèctrics i electromagnètics, i gairebé no hem fet estudis a llarg termini sobre les influències que poden tenir en la nostra salut i benestar. La confiança en el progrés ha estat tan gran que hem abandonat la capacitat innata de dubte davant de les coses desconegudes. Acceptem sotmetre'ns directament a l'acció de nous fenòmens, dels quals desconeixem els seus possibles efectes sobre el nostre cos. Tanmateix, casos com les fibres d'amiant, l'ús del plom en pintures i vernissos, dels compostos del clor, dels formaldehids o, més recentment, de malalties com la lipoatròfia, haurien de fer-nos reflexionar sobre la importància d'aquest àmbit en l'arquitectura.

### Quina és la responsabilitat de l'edificació i el model urbà en la generació de GEH?

Si ens atenem a les dades oficials, el Pla nacional d'assignacions de drets d'emissió 2008-2012 atribueix el 25% del total d'emissions de CO<sub>2</sub> equivalent al sector de l'edificació. Aquest percentatge només té en compte les emissions produïdes per l'ús dels edificis, però no les derivades de la seva producció o demolició, ni les indirectes associades al seu ús, com poden ser els desplaçaments obligats. Moltes d'aquestes emissions, com les derivades de la producció de l'acer, el ciment, el vidre, la ceràmica o el transport, estan avui incloses en altres epígrafs del Pla d'assignacions. A Catalunya, el Decret 21/2006

**1 Juhani Pallasmaa**, «From metaphorical to ecological functionalism», *Architectural Review*, 1993  
**2 Our Common Future**, informe de la comissió presidida per l'Gro Harlem Brundtland, 1987  
**3 William Mc Donough i Michael Braungart** defensen un model de tancament dels cicles, que segueix un procés similar al que es genera en la biosfera, en el seu conegut

llibre *Cradle to Cradle*, North Point Press, 2002

**4** L'informe encarregat l'any 2006 pel Govern britànic a **Sir Nicholas Stern**, exdirector econòmic del Banc Mundial (*La verdad sobre el cambio climático*, ed. Paidós, Barcelona, 2007) alerta sobre caigudes del PIB mundial superiors al 20% anual si se sobrepassa la xifra de 500 ppm en la concentració de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera.

d'ecoeficiència (DEE) atribueix a l'edificació el 40% de les emissions de CO<sub>2</sub> equivalent, sense especificar quins conceptes hi ha inclosos i quins no. Les dues xifres resulten poc concretes i amaguen probablement quantitats majors. Una dada important és que les emissions a causa de l'energia incorporada, aquella necessària per construir els edificis, pot ser la mateixa que la que consumeixen aquests mateixos edificis durant 50 anys. Tot i així, quan es planteja la necessitat de reduir les emissions, les accions que s'emprenen estan més relacionades amb l'augment de la producció d'energies renovables que no pas amb la disminució de la demanda a causa de l'edificació. És cert que la generació d'electricitat a partir de fonts renovables ha tingut un increment espectacular<sup>5</sup>, i que també ha estat notable la incorporació d'energies renovables en l'edificació, especialment la captació solar tèrmica per a aigua calenta sanitària (ACS) i, més recentment, la generació fotoelèctrica. Tanmateix, aquestes accions són en certa manera externes a l'arquitectura; ara com ara, l'arquitectura forma part del problema, però encara no és part de la solució.

D'altra banda, per reduir la demanda del sector de l'edificació, no n'hi ha prou de millorar l'eficiència de les noves promocions, sinó que cal actuar sobre el parc existent. Cada nou edifici construït, per molt eficient que sigui, suposa un increment en la suma total de les emissions, de manera que les úniques maneres de reduir el consum són reduir la superfície construïda i millorar l'eficiència dels edificis existents. El compliment de la directiva impulsada per la UE amb l'objectiu de reduir en un 20% la demanda energètica l'any 2020 implicaria la rehabilitació del 33% del parc construït actual, amb una reducció mitjana del consum del 65%. En concret, només a Catalunya, representaria la rehabilitació de més de 70.000 habitatges l'any, a més de la part proporcional d'equipaments i edificis d'oficines. Un autèntic

repte financer, tecnològic i de gestió, que implica la creació de nous models constructius i d'instal·lacions, però també un gran incentiu per superar la crisi i recuperar el ritme de l'activitat econòmica, que pot ser finançat amb la reducció de consums que implica.

La contribució en l'elaboració d'aquests nous models, creada dins l'estand del Departament de Medi Ambient i Habitatge a Construmat 2007, consistia a estudiar les emissions de CO<sub>2</sub> equivalent, al llarg de tot el cicle de vida, d'un edifici resolt amb diversos sistemes constructius i d'instal·lacions. Aquests evolucionaven des del més convencional al més eficient en l'ús dels recursos, amb cinc exemples d'obra nova i un dedicat a la rehabilitació. Es tractava de visualitzar diferents opcions tecnològiques i constructives aplicades a un mateix edifici, de manera que es poguessin apreciar amb claredat els resultats obtinguts en la millora de l'eficiència, i el cost necessari per a la seva implantació. L'edifici escollit corresponia a un projecte real: la construcció de 60 habitatges de Can Vergonyós a Tossa de Mar, promogut per l'Institut Català del Sòl (Incasòl) i redactat per Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilitat (SaAS).

Aquest projecte ja havia estat analitzat profundament en un estudi encarregat pel Departament de Medi Ambient i Habitatge sobre les possibilitats de reduir les emissions de CO<sub>2</sub> equivalent en habitatge públic.<sup>6</sup> Aquestes possibilitats incloïen les relacionades amb la construcció de l'edifici, com ara les produïdes per la fabricació, el transport i la posada en obra dels materials; el manteniment i la reposició durant el seu ús, i la demolició i el reciclatge en finalitzar la seva vida útil, i les relacionades amb l'ús de l'edifici com ara les produïdes per la climatització, l'aigua calenta sanitària (ACS), la il·luminació, el consum dels electrodomèstics i la cuina. La suma de les emissions (kg de CO<sub>2</sub> equivalent/m<sup>2</sup> a l'any) que va resultar es va comparar amb la que

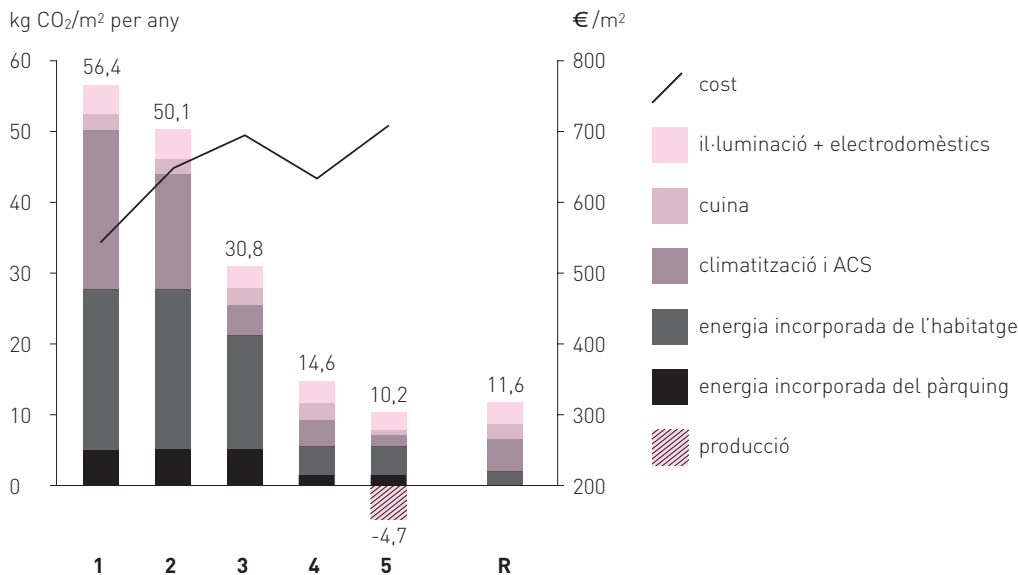
produiria un edifici amb la mateixa geometria i emplaçament, però construït amb sistemes convencionals, que complís estrictament les determinacions de la normativa. El projecte va incorporar millores susceptibles de ser aplicades de manera generalitzada a les promocions d'habitatge públic. Es van pactar una sèrie de condicions, com ara la utilització de sistemes constructius convencionals, incorporant-hi tan sols petites millores, el manteniment de les tipologies dels habitatges i un increment màxim del cost de la construcció. Tot i la limitació inicial, els èxits van ser notables: les emissions de CO<sub>2</sub> equivalent, a causa de la climatització i l'aigua calenta

sanitària, es van reduir un 73%, mentre que les corresponents a tot el cicle de vida van arribar al 42%. La utilització d'aigua potable es va reduir un 65%, gràcies a la reutilització d'aigües grises i a la captació d'aigua de pluja. El conjunt d'aquestes millores van implicar un increment de preu, respecte del valor inicial de referència fixat per l'Incasòl, de només un 4,5%.

A partir de les dades del projecte de Can Vergonyós, es van extrapolar quatre models més amb diverses eficiències per a obra nova i un cinquè per a rehabilitació. Els models proposats representaven situacions característiques respecte de l'eficiència, ja fos perquè correspo-

### Reduccions de CO<sub>2eq.</sub> i costos de diferents sistemes

Reduccions de les emissions de CO<sub>2</sub> equivalent al llarg de tot el cicle de vida, en els diferents models constructius i d'instal·lacions proposats, i evolució del seu cost unitari de construcció.

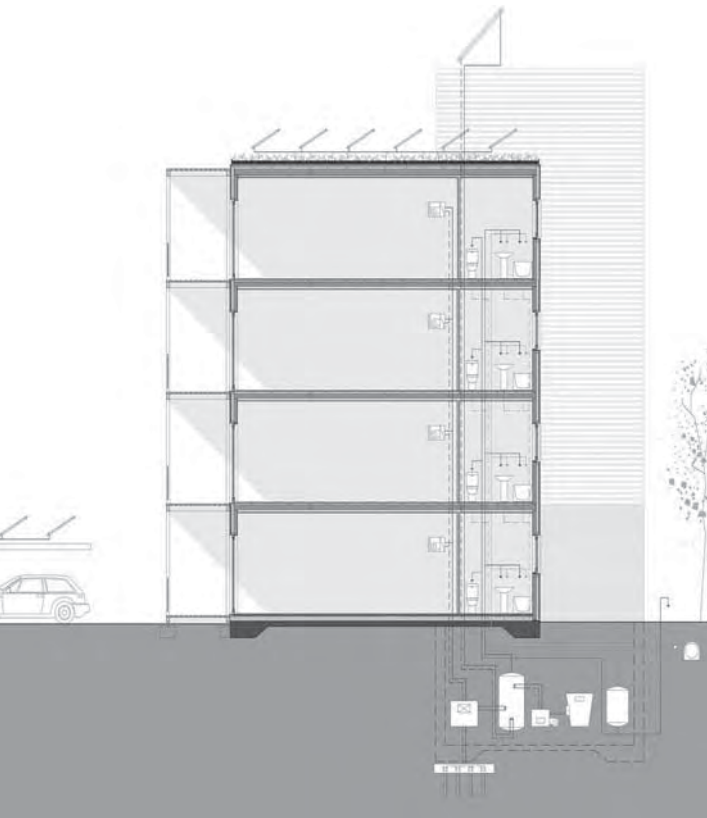


**5** Al conjunt de l'Estat espanyol, la producció elèctrica d'origen eòlic ha arribat, en moments concrets, al 27% del total, i s'han situat en aquests moments com a primera font per sobre de la nuclear.

**6** Estudi sobre les possibilitats de reducció d'emissions de CO<sub>2</sub> en habitatge social, finançat pel Departament de Medi Ambient i habitatge del Govern català, dirigit per J. Sabaté i A. Cuchí, i amb la participació de SaAS (A. Moreno i H. Espeche), SO (A. Sagrera, G. Wadel i F. López) i l'EALS (J. Vidal i S. Cantos).

## Habitatge factor 10

Habitatge factor 10, amb alta eficiència energètica, baixa energia incorporada i producció fotovoltaica. Emet 5,90 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a l'any, un 10% d'un edifici convencional anterior a 2008.



nien a canvis normatius o perquè marcaven camins nous de millora. Els cinc models eren els següents:

### 1. Habitatge anterior a l'any 2007, amb unes emissions<sup>7</sup> de

58,90 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a l'any i les característiques següents:

- Falta d'aïllament, ponts tèrmics i poques proteccions solars.
- Baixa eficiència dels sistemes tèrmics i d'enllumenat.
- Manca de sistemes d'estalvi d'aigua.

### 2. Habitatge, d'acord amb les normatives actuals (CTE i DEE), amb unes emissions de 52,70 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a l'any, un 11% menys que el primer, i un mínim de 10 punts DEE.

- Increment de l'aïllament, consideració de la inèrcia tèrmica i millora del control solar.
- Instal·lacions de climatització individuals.
- Captació solar tèrmica per a aigua calenta sanitària.
- Millora de l'eficiència dels sistemes d'enllumenat.
- Utilització de sistemes d'estalvi d'aigua.

### 3. Habitatge d'alta eficiència energètica (Can Vergonyós, Tossa de Mar, 2008) amb unes emissions de 32,20 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a l'any, un 45% menys que el primer, i 58 punts DEE. La reducció d'emissions es produeix sobretot en el consum tèrmic, que es redueix un 72%, tot i incorporar la refrigeració. Aquests resultats s'obtenen per una acció combinada de reducció de la demanda i centralització i millora de l'eficiència dels sistemes. Reduir encara més aquest capítol és força més difícil.

- Reducció de l'energia incorporada per a la millora dels sistemes convencionals (-20%).
- Reducció de la demanda sobre el CTE, millora de l'aïllament i del control solar (-30%).
- Reducció de la transmitància tèrmica amb valors  $U < 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  per a façanes,  $U < 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  per a cobertes, i  $U_{H,v} < 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  per a fusteries.



- Reducció de consum de climatització i producció d'aigua calenta sanitària, amb sistemes energètics col·lectius d'alta eficiència, amb COP superiors a 4 (-72%).
- Aprofitament d'aigua de pluja i/o depuració i reutilització d'aigües grises.

**4. Habitatge d'alta eficiència energètica i baixa energia incorporada**, amb unes emissions de 15,30 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a l'any, un 74% menys que el primer, i 71 punts DEE. Aquest model representa un dels vectors d'evolució proposats, amb una important reducció de l'energia incorporada gràcies a la construcció amb materials de la biosfera.

- Limitació dels materials amb alta energia incorporada; utilització de materials minerals reciclats i de materials procedents de la biosfera.<sup>8</sup>
- Eliminació de l'aparcament en el soterrani.<sup>9</sup>
- Reducció de la transmitància tèrmica amb valors  $U < 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  per a façanes i cobertes, i  $U_{H,v} < 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  per a fusteries.
- Incorporació de sistemes de ventilació amb recuperació de calor.

**5. Habitatge factor 10, amb alta eficiència energètica, baixa energia incorporada i producció fotovoltaica.**

Emet 5,90 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a l'any, un 90% menys que el primer, i té 71 punts DEE. Amb uns nivells òptims de consum i un cop reduïda al màxim l'energia incorporada, incorporem producció local per assolir una reducció global del 90% de les emissions. És el que hem anomenat factor 10.

- Increment de l'aportació energètica de fonts renovables: solar fotovoltaica, solar tèrmica, biomassa i biogàs.
- Sistemes energètics amb COP superiors a 6.

**Rehabilitació d'alta eficiència energètica i baixa energia incorporada**, amb unes emissions de 15,30 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a l'any, un 74% menys que el primer. En un edifici existent, una part de l'energia incorporada ja s'ha amortitzat, de manera que si incrementem la seva eficiència (i alhora allarguem la seva vida útil) la reducció d'emissions és encara més notable. Amb uns sistemes equivalents als de l'habitatge d'alta eficiència energètica (Can Vergonyós, Tossa de Mar, 2008), obtenim una reducció d'emissions molt superior.

- Reducció de la transmitància tèrmica dels tancaments i eliminació de ponts tèrmics;  $U < 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , de les obertures  $U_{H,v} < 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Millora de la protecció solar i incorporació d'espais exteriors.
- Incorporació d'energies renovables: fotovoltaica, biomassa, biogàs.
- Sistemes energètics amb COP superior a 6.

Per a cadascun dels sistemes presentats, es van analitzar diverses alternatives pel que fa a sistemes constructius. Cadascun es va analitzar amb les seves dades de transmitància, pes, emissions de CO<sub>2</sub> equivalent i cost d'execució material.

El treball realitzat demostra que és possible reduir les emissions de CO<sub>2</sub> equivalent de l'edificació de manera molt important, i que els increments de costos necessaris són molt limitats respecte dels beneficis obtinguts (amb relacions molt més favorables que en les inversions necessàries per a la millora de la producció). Les dificultats per a la seva implantació, cal buscar-les en la baixa competitivitat del sector de l'edificació i en la manca d'inversió en R+D+i. Aquest treball de recerca tindrà continuïtat dins del projecte LIMA (*Low Impact Mediterranean Architecture*).<sup>10</sup>

<sup>7</sup> Emissions corresponents al total de l'energia incorporada i l'energia consumida durant la vida útil, expressada en kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a l'any aplicat a la superfície útil dels habitatges.

<sup>8</sup> Els materials d'origen vegetal fixen el CO<sub>2</sub> atmosfèric per constituir la seva estructura; en utilitzar-los com a material de construcció, es reté el CO<sub>2</sub> que, d'altra manera, per podrimen o

crema, retornaria a l'atmosfera. Amb una gestió sostenible dels boscos europeus, es podria satisfer la totalitat de la demanda actual de materials de construcció.

<sup>9</sup> Les emissions de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> dels soterranis són molt més elevades que les de la resta de plantes, a causa fonamentalment de la necessitat d'utilització massiva del formigó armat. On sigui viable, es proposa substituir

els aparcaments en subsòl per aparcaments en superfície o construccions en alçada.

<sup>10</sup> El projecte LIMA, liderat per SaAS, està integrat per un consorci d'empreses fabricants de productes i sistemes d'alta eficiència, amb la participació de diverses universitats i centres de recerca europeus, i el suport del Departament de Medi Ambient.

# Noves maneres de mesurar

La principal innovació en el discurs sobre el camí vers una edificació més sostenible exposat a Construmat 2007 consistia justament –més que en noves maneres de mesurar– en la incorporació de nous indicadors; en l'intent de no valorar només paràmetres convencionals com la superfície o el volum de les diferents unitats funcionals ( $m^2$ ,  $m^3$ ) i els costos de construcció ( $\text{€}/m^2$ ), sinó també l'impacte ambiental global de l'edifici durant tot el seu cicle de vida.

Entre els múltiples factors ambientals a valorar en aquesta visió holística, com es recullen per exemple en qualificacions com LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) o BREEM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), de creixent interès a Europa en els últims anys, vam escollir el que ens va semblar més rellevant en el context actual: l'impacte relacionat directament amb l'escalfament global, expressat en el denominador comú d'emissions equivalents a diòxid de carboni ( $\text{CO}_2 \text{ eq}$ ).

Aquest nou enfocament ens va dur a mesurar dos conceptes addicionals o de manera diferent: l'impacte relacionat amb la producció dels materials de construcció, la seva posada en obra i fase de desconstrucció després de la vida útil de l'edifici, i també les emissions relacionades amb l'energia usada a l'edifici durant el temps de la seva existència, aquí definit en 50 anys. Per fer possible la comparació entre ambdós indicadors, va caldre, a més, referir-los al mateix denominador; en aquest cas la superfície útil de l'edifici.

Els resultats de la incorporació d'aquests nous conceptes van ser sorprenents en alguns aspectes: per exemple, a l'edifici d'habitatges de protecció oficial utilitzat com a referència, construït amb tecnologies convencionals segons exigències del CTE (Codi tècnic de l'edificació), les emissions de  $\text{CO}_2 \text{ eq}$  associades als materials van arribar a significar gairebé el 50% de les emissions totals



**Christoph Peters**

Arquitecte

en un cicle de vida a 50 anys, amb un augment de pes en la balança global d'emissions a mesura que reduïm el consum d'energia per a la fase d'ús de l'edifici.

Les maquetes a nivell 1:1 de seccions representatives de cada estàndard constructiu exposades a Construmat mostraven aquest canvi de paradigma en relació amb els materials, en indicar-ne a l'etiqueta descriptiva no només pes i cost, sinó emissions de CO<sub>2</sub> eq associades a l'energia incorporada. Per al seu càlcul, es va utilitzar la base de dades BEDEC-PR/PCT de l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, que va permetre obtenir aquesta informació còmodament per a la gran majoria de les partides, incloent embalatge i residus de construcció. Altres fonts, i també investigacions pròpies, van completar les dades existents.

A fi de determinar el consum d'energia global previst per a la fase d'ús de l'edifici, es van utilitzar diferents programes de simulació de demanda i se'n va determinar el consum d'energia associada, segons la tecnologia i la font d'energia utilitzades. També aquí es van experimentar canvis de pes en la balança energètica: a mesura que millorem l'envoltant dels edificis i en minimitzem l'intercanvi tèrmic, creix la influència de les pèrdues o guanys derivats de la ventilació, fins a superar els valors a causa de la conducció per l'envoltant. A mesura que aconseguim reduir la demanda energètica per climatització, ventilació i aigua calenta sanitària –sobre les quals els projectistes tenim una clara influència–, creix el pes del consum, principalment determinat per l'usuari: il·luminació, cuina i equips. En un edifici que hagi aconseguit reduir a la meitat el seu consum per a aquestes prestacions, fàcilment trobarem un consum per a il·luminació, cuina i equips superior al 50% del consum energètic primari total.

El camí cap a la incorporació habitual d'aquests nous indicadors en els càlculs dels edificis encara està

començant: de l'impacte de les emissions incorporades als materials, encara hi ha pocs estudis i detalls; en canvi, en termes d'energia de consum i emissions associades, es comença a caminar per l'obligatorietat de la qualificació energètica.

Tanmateix, és la introducció de la visió holística del cicle de vida en l'edificació allò que permet mesurar i sobretot valorar els principals impactes ambientals i les possibilitats de millora; la seva aplicació pot formar la base per a un ús creixent de materials de menys impacte, l'aplicació de dissenys i tecnologies innovadors d'estalvi energètic i la màxima implicació de les energies renovables –amb un sobrecost assumible d'inversió i un important estalvi econòmic, si se supera la segregació de costos d'inversió i els associats a l'ús de l'edifici.



# Sobre l'ús i la gestió dels edificis al voltant de la sostenibilitat

Si no fa gaire temps s'afirmava que l'objectiu de l'edificació se centrava a garantir l'obtenció d'habitabilitat i confort, la inajornable i necessària demanda actual de sostenibilitat implica introduir la consideració dels recursos que han estat utilitzats per obtenir-la. Per tant, cal eficiència a més d'eficàcia; aquesta eficiència es pot definir com la relació entre l'habitabilitat aconseguida i l'impacte ambiental causat per assolir-la.

Considerant tot el cicle de vida d'una edificació, cal destacar el pes que té la fase d'ús i explotació de l'edifici, que, per exemple, en termes d'energia, se situa al voltant del 70% del consum total.

L'ús d'un edifici duu associat el consum de diferents tipus de recursos (energètics, materials i hídrics), i també la generació d'importants quantitats de residus associats a cada recurs i propis de l'activitat. És a dir, l'ús i la gestió d'un edifici incideixen de manera significativa en el consum final i en l'impacte ambiental associat.

La repercussió ambiental de l'accés i la disponibilitat dels diferents recursos que es consumeixen en un edifici hauria de justificar el màxim rigor en la gestió del seu consum. Tot l'esforç que suposa generar, transportar i disposar d'un watt de potència energètica, d'un litre d'aigua o d'un kilogram de matèria hauria de comportar la gestió més rigorosa possible d'aquests recursos.

L'anàlisi d'allò que es consumeix respecte d'allò que es necessita permet establir que l'ús i la gestió tenen la clau perquè no hi hagi un consum de recursos sense finalitat, cosa freqüent. Estudis propis<sup>1</sup> han permès establir que en edificis d'ús terciari, per exemple, el malbaratament energètic associat a una gestió deficient pot arribar fins al 40% del total d'energia consumida al llarg d'un any, i això pot succeir en edificis molt senzills i sense cap mena de consideració d'eficiència, o fins i tot



## **Fabián López Plazas**

Doctor arquitecte, soci fundador de Societat Orgànica, consultoria ambiental en l'àmbit de l'edificació.

en edificis verds, ecològics, sostenibles. Tots els esforços del projecte es poden dilapidar molt ràpidament.

Però, així com la resposta a les necessitats de confort no pot ser solament la incorporació d'un aparell de climatització molt eficient, la gestió eficient i acurada del consum de recursos d'un edifici no depèn només d'un programari de telegestió intel·ligent; cal una estratègia de projecte prevista des de l'inici que requereix el compromís i la participació de tots els agents involucrats.

Així com és fonamental considerar que un edifici treballa en un entorn climàtic dinàmic, és igualment important tenir en compte que l'ús de l'edifici també és dinàmic. No n'hi ha prou que estigui plantejat de manera adequada per aprofitar les condicions naturals de l'entorn, sinó que ha de preveure la flexibilitat en el seu ús i ha de disposar dels mecanismes o sistemes adequats (passius o actius) per adaptar-s'hi; en cas contrari, és probable que no s'hi puguin realitzar les activitats previstes en les condicions d'habitabilitat adequades, o que es realitzin amb un malbaratament considerable de recursos associats.

La comptabilització de consums, com també el seguiment de les condicions d'operació de les instal·lacions i les condicions de confort, han d'incorporar-se en la redacció dels projectes com a qualitats, ja que aporten la informació necessària per avaluar l'eficiència en l'ús dels recursos d'un edifici.

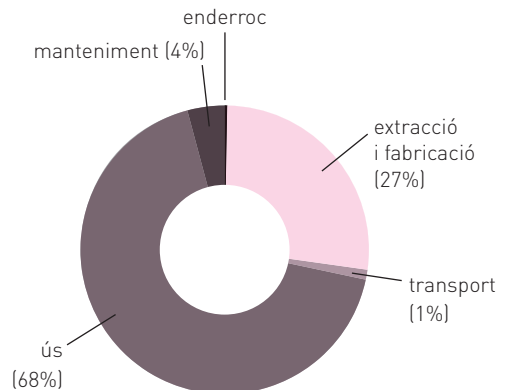
Es parla, s'escriu i s'investiga sobre les millors estratègies de disseny que redueixin la demanda de recursos, incorporin sistemes d'alta eficiència i seleccionin els materials més adequats, però sembla que no es posa la mateixa intensitat i atenció en la gestió dels recursos una vegada l'edifici entra en ús i deixa de ser un projecte carregat de les millors intencions. Mentre que en uns

casos s'està arribant a ajustar molt en càlculs i estimacions, fa la sensació que d'altra banda l'aixeta continua oberta i sense control.

### Interrogant

Fins on un projecte anomenat passiu, ecològic o sostenible garanteix realment a l'usuari que el consum de recursos i l'impacte ambiental seran mínims? És possible preveure-ho? És responsabilitat de qui projecta?

### Consum d'energia en un edifici terciari tipus al llarg del seu cicle de vida



**1 López Plazas, F.** *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación.* Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, marzo de 2006.

**Bordass, W., Cohen, R., Standeven, M., And Leaman, A. (2001).** «Assessing building performance in use 3: Energy performance of the Probe buildings». *Building Research and Information* 29 (2), 114-128.

**Bordass, W. 1, Bromley, K. 2 and Leaman, A.** *User and Occupant Controls in Office Buildings.* BRE Research Report in Building Services, Abril 1993.

**Olofsson, T., Andersson, S. and Östin, R.** «Energy load predictions for buildings based on a total demand perspective». *Energy and Buildings* 27, 1998.

# Rehabilitar: una oportunitat urgent

Després del transport, l'edificació és el segon factor d'insostenibilitat de les nostres conurbacions, on viu la major part de la població. És el que mostra l'ACV d'ambdós sectors, una cosa que no es veu amb la comptabilitat del Protocol de Kyoto, amb la qual les emissions s'assignen allà on hi ha la *boca de xemeneia*. Cal remarcar, a més, que són els sectors que han experimentat un creixement més gran d'emissions en l'última dècada, al llarg de la qual s'ha produït en paral·lel un debat central, entre *desenvolupament* i *regeneració*, sobre com disminuir la insostenibilitat de l'edificació:

*«El repte per als arquitectes és desenvolupar nous edificis que incorporin tecnologies sostenibles per reduir així la contaminació i els seus costos de manteniment. S'estan posant a punt innovacions que reduiran dràsticament els costos a llarg termini i la contaminació generada.»*

Richard Rogers (1997)

*«La idea que els edificis de baix consum són respectuosos envers el medi ambient i que, mitjançant la construcció de més edificis d'aquest tipus, complirem les promeses fetes en la Címera de Rio és, naturalment, una estúpida. Un nou edifici mai no estalvia energia, sinó que genera noves necessitats energètiques, i la qualificació de nou sòl per urbanitzar és fonamentalment antiecològica.»*

Gunther Moewes (1997)

La situació actual a Espanya pot resumir-se amb quatre xifres. Comptem amb un habitatge per cada dues persones, més que la mitjana europea. No pas menys de tres milions d'habitatges són buits, desocupats, al voltant de dos milions són aptes per viure-hi i més de mig milió estan per estrenar. Ja que la major part dels nostres edificis serveix per allotjar gent, en comptem amb un



## **Mariano Vázquez Espí**

Responsable del Grup d'Investigació en Arquitectura, Urbanisme i Sostenibilitat de la Universitat Politècnica de Madrid, GIAU+S (UPM)

*estoc* més que raonable: no cal continuar construint. És urgent que la demanda d'habitatge pugui trobar-se amb l'habitatge desocupat. I aquí no trobarem gaire ajut en la nostra legislació (llevat d'unes quantes excepcions autonòmiques), ja que en general el seu objectiu és ordenar el creixement de l'estoc, no pas la seva gestió.

Quanta energia i emissions calen perquè l'estoc actual doni *allotjament confortable* als seus habitants?

Qualitativament la situació no permet dubtar gaire: en una part petita, però significativa, la gent viu situacions de desconfort perquè aconseguir l'habitabilitat del seu habitatge exigiria consums que simplement no pot pagar; en una bona part de l'estoc, el confort s'assoleix amb malbarataments energètics notables. En ambdós casos, cal una política de rehabilitació energètica, política no gens fàcil per a la qual no comptem ni amb un diagnòstic global clar. Però mantenir l'actual situació de malbaratament o inhabilitat és irresponsable, fins i tot si mentrestant només es construïssin edificis *ecològics*. Les meves estimacions, *grosso modo* i basades en l'estudi d'uns quants casos, apunten al fet que una rehabilitació senzilla, de baix cost, poc ambiciosa energèticament, permetria reduccions significatives del consum de cada edifici, que serien més grans que les que s'assolirien mitjançant la pura substitució d'edificis: parar el creixement immobiliari per iniciar una rehabilitació sistemàtica podria traduir-se en la reducció de com a mínim un 15% del total d'emissions anuals del país. Tanmateix, la variabilitat és tan gran que caldria analitzar edifici a edifici, o com a mínim per tipus, edats i barris. En molts casos, a més, cal comptar que el cost energètic de la reforma estructural i espacial mateixa no podria compensar-se amb els estalvis en el consum futur, i caldria demolir i substituir.

La rehabilitació energètica podria donar una sortida a l'actual i beneïda crisi del sector de la construcció, ja que requeriria tant de reformes, molt generadores d'ocupació, com de noves construccions, tot això sense urbanitzar ni un pam més de sòl. I caldria innovar en fronts diversos: en legislació i normativa, en tècniques constructives pensades per a la rehabilitació, en gestió i explotació de la informació territorial sobre consums per a un diagnòstic eficaç, en participació social. Al costat de la reforma d'edificis caldria emprendre la regeneració urbana mateixa. I, encara que després de tot això, les nostres ciutats continuarien consumint recursos esgotables, com a mínim hauríem guanyat en benestar. Tenim l'oportunitat de parar el creixement urbà sense deixar de construir: hi hauria teca de sobra per als pròxims anys.

# La rehabilitació d'habitatge públic a Catalunya

Sortosament, des de fa uns anys es fa palesa la necessitat imperiosa d'avançar vers un canvi continu i sostingut de molts plantejaments a fi de no esgotar els recursos del nostre planeta i limitar els impactes lligats al nostre sistema economicoproductiu. El repte de la intervenció en l'estoc del parc edificat, seguint paràmetres de sostenibilitat, és avui un dels canvis significatius que cal emprendre en la construcció.<sup>1</sup> Així mateix, hi ha una consciència connectada no tant a l'expressió *decreixement* com a una estratègia per *fer-ne més o igual amb menys recursos*.

Des de 1985, a Adigsa<sup>2</sup> ens ocupem de rehabilitar els antics barris d'habitatge públic. Per a nosaltres, un edifici d'habitatges no deixa de ser un monument de convivència social que commemora la vida de les persones que l'habiten; per aquesta raó, entenem que ha de ser respectat i conservat per garantir el manteniment de la població existent i de les configuracions actuals dels teixits socioeconòmics en funcionament.

Un edifici té una vida útil rendibilitzada per l'acció de manteniment dels ocupants. Els conceptes *manteniment* i *rehabilitació* són sinònims de construir sense destruir, d'allargar la vida útil dels edificis mitjançant una acció que integra aspectes no solament ecològics (eficiència, economia), sinó també socials, és a dir, són el màxim garant de la sostenibilitat.

Resumint, podem dir que la nostra funció als barris ha estat adequar els habitatges socials a les noves necessitats resolent-ne patologies, millorant-ne el confort i, en definitiva, allargant-ne la vida útil.

Dins del cicle de vida d'un edifici, la intervenció d'Adigsa se centra en un dels aspectes que consumeix més recursos i, en conseqüència, genera més impactes: l'ús. Encara que en les etapes de planejament i projecte es prenen les grans decisions d'arquitectura bioclimàtica, és en l'etapa d'ús (amb les operacions de rehabili-



## Josep Linares

Director de la Unitat Operativa de Rehabilitació i Millora de l'habitatge d'Adigsa

## Anna Mestre

Responsable de R+D+i d'Adigsa



tació i manteniment) on es pot actuar sobre la presa de consciència social respecte a la disminució dels impactes i la utilització de l'edifici perquè consumeixi menys recursos. Executem, a més, una rehabilitació particular, podríem dir que especialment humana, ja que les diferents intervencions s'han dut a terme sense desallotjar els habitants. Aquest contacte ha permès prendre consciència de les necessitats reals dels usuaris i facilitat algunes tasques de Bones Pràctiques i de conscienciació ambiental. La participació proactiva de l'usuari en tot el procés rehabilitador contribueix a la concertació social i a la garantia de dur a terme una obra amb un ús adaptat a les persones que habiten l'habitatge. Perquè no n'hi ha prou de fer obres, les obres s'han de fer amb i per a l'usuari.

### **Investigacions realitzades: diagnosi ambiental en la rehabilitació de l'envolvent tèrmic**

La consciència ambientalista aplicada als recursos, concretament a materials i energia, ja ens va dur l'any 2004 a analitzar el vector energètic (MJ) de les intervencions de millora de l'envolupant tèrmic als barris socials. Es va calcular el balanç energètic dels aïllaments i es va estimar l'energia estalviada en climatització gràcies a la millora de l'aïllament de façanes i cobertes; es va tenir en compte el consum energètic associat a la instal·lació dels aïllaments i els anys de vida útil esperats del sistema. Una de les conclusions que es va obtenir va ser que la disminució de la demanda energètica de calefacció dels barris d'Adigsa obtinguda amb aquesta millora era del 28%; expressat d'una altra manera, representava un estalvi mitjà d'1 t de CO<sub>2</sub> per habitatge i any.

Aquests estudis (igual que esdevé actualment amb Líder i Calener VyP<sup>3</sup>) ofereixen dades teòriques que, encara que són molt vàlides i actualment obligatòries per a tota obra nova, no són tan properes a la realitat

com la constatació d'alguns problemes reals que percebem en gestionar habitatge públic, com els relacionats amb la precarietat i la pobresa energètica. Últimament, hem dut a terme alguns treballs de camp (enquestes en barris) en què es constata un fort pes de l'usuari en el resultat real del consum energètic i una adaptació important entre renda familiar, consum energètic i, per tant, grau de confort real.

### **Reptes de futur**

Prevaler i potenciar el planejament i l'obra nova amb criteris bioclimàtics.

- Implementar la rehabilitació energètica en qualsevol actuació de rehabilitació o millora de l'edifici. Promoure i incentivar mesures d'estalvi i eficiència que siguin acceptades pel mercat; potenciar el consens en comunitats de veïns mitjançant convenis entre aquestes comunitats i les administracions que assegurin un assessorament tècnic directe en tot el procés.
- Resoldre algunes llacunes com la manca de normativa específica per a rehabilitació i de tècnics especialitzats, o la manca de coneixement i bases de dades disponibles de l'estoc edificat a disposició dels tècnics i de l'Administració per atorgar ajuts a la rehabilitació.
- Promoure estudis i diagnòstics tècnics i socials i invertir en R+D+i.
- Per al personal tècnic que actuï en rehabilitació, donar importància a la fase de diagnòstic i facilitar actuacions responsables, amb el màxim coneixement de l'edifici existent i de les tècniques utilitzades i la integració del vector ambiental i social en les decisions. L'usuari és qui millor coneix el seu barri i el seu edifici, i és una font d'informació valuosa.

**1** Per exemple, el Conama de 2009 dedicat a Pobles i Ciutats inclou com un dels reptes el parc d'edificis existents.

**2** Adigsa és una empresa pública creada l'any 1985 que gestiona i administra l'habitatge públic de la Generalitat de Catalunya i depèn del Departament de Medi Ambient i Habitatge. [www.adigsa.cat](http://www.adigsa.cat)

**3** [www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/CalenerVYP/](http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/CalenerVYP/)

# Habitabilitat

Des de gener de 2008, i per primera vegada, hi ha limitacions a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle en alguns llocs del món, establertes en el Protocol de Kyoto. Coartar progressivament les possibilitats d'emetre residus és l'estratègia social per dirigir el nostre sistema tècnic cap a la sostenibilitat. Un sistema tècnic basat en el bombament sistemàtic de materials des de la litosfera que, d'una manera o una altra, esdevenen residus abocats a l'aire, a l'aigua i al sòl. Abocaments generadors d'unes transformacions de l'ambient que són ja incompatibles amb la pervivència de molts dels sistemes naturals sobre els quals se sosté la nostra societat.

Les restriccions a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, en concret de CO<sub>2</sub>, són enormement significatives, ja que el 80% de l'energia primària que usa la Humanitat es basa en els combustibles fòssils, en l'obtenció d'energia tèrmica mitjançant l'oxidació del carboni reduït amb la generació de diòxid de carboni. L'emissió humana de gasos amb efecte d'hivernacle és la causa del canvi climàtic i de l'alteració de la matriu biofísica a tot el planeta, amb uns efectes insuportables quan se superen augments de temperatura mitjana de la superfície de la Terra superiors a 3 o 4 graus centígrads respecte dels valors mitjans de les últimes centúries.

Aturar l'augment de la temperatura mitjana de la superfície de la Terra implica aturar l'augment de la concentració de gasos amb efecte d'hivernacle (particularment de CO<sub>2</sub>) en l'atmosfera. I estabilitzar aquest contingut de CO<sub>2</sub> implica no només deixar d'augmentar cada any la quantitat emesa d'aquest gas, tal com ha succeït en els últims 200 anys, sinó anar reduint-la fins a fer-la equivalent a la capacitat dels embornals naturals per absorbir-la: una quantitat gairebé equivalent a un 20% de les emissions mundials l'any 2000.



**Albert Cuchí**

Doctor arquitecte, professor titular de la Universitat Politècnica de Catalunya

Reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a un 20% de les emissions de l'any 2000, generades llavors per una població de 6.000 milions de persones, 1.200 milions de les quals pertanyents, bàsicament, als països desenvolupats, és un repte d'una magnitud enorme. Però ineludible. Tot això, considerant per al futur una població que s'estabilitzarà sobre els 10.000 o 12.000 milions i que haurà de tenir un model de desenvolupament obert a tothom. Com més tard s'arribi a aquest objectiu, més gran serà la concentració de gasos amb efecte d'hivernacle i més grans els efectes permanents sobre el clima i la nostra societat.

L'ús d'energia per fabricar els materials, construir els edificis i usar-los suposa una quantitat molt significativa d'emissions de CO<sub>2</sub> que, en el cas de l'edificació espanyola, l'any 2005 va implicar unes emissions equivalents al 30% de la quantitat de les emissions imputables a Espanya amb la comptabilitat establerta en el Protocol de Kyoto. L'edificació constitueix, doncs, un sector determinant en la lluita contra el canvi climàtic. Encara que, d'altra banda, pot ser vist com un sector que resultarà fortament pressionat per les polítiques de lluita davant el canvi climàtic, un sector que resultarà extremadament transformat per aquest procés, i, en conseqüència, ha de tenir una estratègia que li permeti adequar-s'hi amb el màxim d'eficiència en l'ús dels recursos invertits per fer-ho.

Una estratègia que ha de maximitzar la utilitat que produeix el sector, el factor sobre el qual cal mesurar l'eficiència dels recursos invertits i, en especial, de les emissions de CO<sub>2</sub> que s'hi imputin. Una utilitat que no pot ser cap altra que l'habitabilitat, entesa com la generació dels espais necessaris per acollir les activitats socials. Uns espais determinats a través d'unes carac-

terístiques socialment establertes com, per exemple, les exigències contingudes en el Codi tècnic de l'edificació, però que s'estén a variables molt més àmplies establertes en normes i a usos molt diversos.

Si per obtenir i mantenir l'habitabilitat, és a dir, per construir i mantenir habitables les edificacions, cal generar emissions de CO<sub>2</sub>, la limitació progressiva d'aquestes emissions suposarà també l'establiment de limitacions progressives a la creació i al manteniment de l'habitabilitat (un bé social de primera necessitat), si no varia l'emissivitat del sector. Una emissivitat marcada pels edificis existents, atès el llarg període de vida de l'edificació com a producte. Començar a fer avui edificis de baixa emissivitat quant als seus materials i ús no suposarà una reducció de l'emissivitat del sector, tret del cas d'«edificis embornal» teòrics o «zero emissions», sinó que s'esdevindrà a mesura que substitueixin els edificis del parc existent.

L'única manera de reduir l'emissivitat del sector de l'edificació, entès com les activitats adreçades a la generació i el manteniment de l'habitabilitat socialment necessària, és intervenir sobre el parc existent i rehabilitar-lo amb criteris d'eficiència quant a emissions. La nova edificació ha de ser entesa com un cas extrem d'intervenció substitutiva sobre l'edificació existent per dotar de baixa emissivitat l'habitabilitat que allotjava.

En aquest sentit, una promoció d'edificació en el futur haurà de ser plantejada com la intervenció sobre una habitabilitat ja existent per augmentar-ne l'eficiència quant a emissions o per proveir més habitabilitat amb aquestes mateixes emissions, o ambdues coses alhora. Si això suposa un grau d'intervenció major o menor sobre els edificis existents, inclosa la seva desconstrucció i substitució per una nova edificació, només

podrà derivar-se de l'optimització del balanç entre la reducció d'emissions obtinguda, deguda a l'ús dels edificis, i les emissions que generaria la fabricació dels materials necessaris per a la intervenció.

Naturalment, cal reconsiderar del concepte mateix d'habitabilitat. Avui, aquest concepte s'expressa des d'una sèrie de tipologies edificatives habituals (el cas de l'habitatge és exemplar) en què predomina una gran homogeneïtat determinada més aviat per criteris lligats al valor de canvi dels edificis que no al seu valor d'ús, la qual cosa determinaria una oferta més gran de tipus per adequar-se, amb major eficiència, a les demandes d'habitabilitat que generen els diversos modes de vida urbana actuals.

Per això, cal definir un nou concepte d'habitabilitat directament basat a definir les condicions d'accés als serveis que l'edificació procura, els reconeguts de seguretat, higiene i confort, i als altres serveis que ofereix l'habitatge habitualment des de la consideració dels recursos necessaris per fer-ho. Un concepte que permeti no solament reconèixer modes de vida diferents del model familiar estàndard, que, per exemple, nodreix les tipologies edificatives habituals, sinó que permeti reinterpretar el parc ja construït com a suport d'aquests nous modes de vida. Per la seva banda, el concepte d'habitabilitat ha de permetre incloure l'accés als serveis urbans considerats necessaris per a una qualitat de vida urbana digna. Un concepte d'habitabilitat que estendria el seu àmbit d'aplicació a allò que és urbà, al barri i a la ciutat, i assumiria així el rescat d'emissions provocades per la gran ineficiència del nostre model de mobilitat urbà com una font de recursos per proveir més habitabilitat.

En conclusió, el repte del canvi climàtic és un repte transformador per al sector de l'edificació. Un repte que

cal abordar des de la limitació que suposarà la restricció d'emissions de CO<sub>2</sub> a la creació i el manteniment de l'habitabilitat socialment necessària. Una habitabilitat que ha de ser redefinida sobre patrons diferents que permetin la màxima eficiència en les emissions generades; que suposi una reinterpretació que revalori el patrimoni construït com a suport d'una habitabilitat eficient; que entengui que el sector s'ha de transformar des d'un sector basat eminentment en la nova construcció cap al sector de la rehabilitació; una rehabilitació que ha de ser abordada des del barri i la ciutat, incloent la consideració de l'habitabilitat com l'accés als serveis d'un model que pot assumir la manera de vida urbana.





**Protagonistes,  
les personnes**



## 8

## Tots en som part implicada

Ens trobem en un moment de canvi. Són molts els camps de coneixement que estan experimentant transformacions importants i s'entreveuen nous descobriments en diverses disciplines, de la biologia a la física, de les comunicacions a la medicina. Ens trobem en un moment d'incertesa representat simbòlicament pel món líquid de què parla Zygmunt Bauman.<sup>1</sup> Vivim un temps de transició en què els antics models no es mantenen<sup>2</sup> i els nous no han madurat encara. Època de crisi, però també d'esperança, creada per persones, individus i grups que cerquen, amb diversos mètodes i nous enfocaments, les claus d'una nova manera de viure, una manera renovada d'habitar el món.

<sup>1</sup> Zygmunt Bauman. «Teoría social y ambivalencia. Una perspectiva crítica». Revista *Anthropos*, número 206. Rubí, 2005.

<sup>2</sup> Richard Sennett. *La cultura del nuevo capitalismo*. Editorial Anagrama, SA. Barcelona, 2006.

<sup>3</sup> Richard Tarnas. *Cosmos i psique*. Editorial Atalanta. Girona, 2008.

### Cap a una nova comprensió de la realitat

Diversos pensadors i analistes coincideixen en la necessitat de posar en comú els coneixements clarament transversals de les diferents maneres d'observar el món, des de les disciplines més variades i a totes les escales possibles. La necessitat de crear vasos comunicants entre ciència i art, humanisme i tecnologia, ecologia i economia, allò que és personal i allò que és transpersonal, cos i ment, el que és conscient i el desconegut inconscient, el jo i el món, la societat i la individualitat.<sup>3</sup> La constatació de noves sensibilitats sobre la implicació de subjecte i objecte i la comprensió de la complexa interdependència entre el conjunt i les parts en la concreció de fenòmens i processos. Això duu a una comprensió més profunda del paper de la imaginació, la intuïció, l'instint o l'art com a fonts de coneixement; a la conveniència d'obrir la ment a la rica multiplicitat que ofereixen altres sensibilitats culturals. Es constata el desig de superar la fragmentació del coneixement amb intents de comprensió més globals.

### Sobre certeses i actituds

Cal actuar contra el dogmatisme, tan freqüent en la història, que condueix a divisions en dos bàndols, contra la competitivitat associada i la conseqüent victòria i derrota, la divisió entre vencedors i vençuts, triomfadors i marginats. Potser sigui el moment oportú d'observar i aprendre dels comportaments cooperatius i simbiòtics en els ecosistemes com la manera més eficient de consumir recursos i produir residus. En determinades situacions d'escassetat o davant emergències derivades de problemes naturals com ara fams, es produeixen situacions de vandalisme, però alhora també són freqüents les accions solidàries. Potser convé plantejar-nos si certes afirmacions sobre la bondat incontestable de la competitivitat a ultrança i del creixement com a única meta, si la visió mercantilista que es pretén prioritària en qualsevol moment, per exemple, no s'han convertit en els nous dogmes d'un pensament que es pretén únic, però que mai no ho ha estat.

Els dubtes sobre el grau de sostenibilitat d'algunes accions podrien dur-nos a cercar la solució pretesa perfecta, l'única possible. Potser sigui millor, abans de promulgar receptes i fórmules magistrals, situar-nos en actituds més humils i acceptar complexitats que no se solucionen amb idees simples que són, en el millor dels casos, titulars de premsa per satisfer vanitats o rendiments crematístics; potser així aconseguim



apropar-nos a solucions duradores per als múltiples problemes socials, ambientals, econòmics i culturals a què hem de fer front. Davant dels eslògans i les lletanies, hem de revalorar la nostra capacitat analítica i crítica i intentar arribar a solucions complexes, que difícilment no podrem vendre com a dogmes, perquè mantindrem sempre els dubtes, les incerteses que produeixen els equilibris sense vencedors ni perdedors absoluts, però amb avantatges per a tothom.

### Sobre ecologia i ecologistes

Hi ha una visió arcaïtzant dels ecologistes que redueix l'interès envers el medi ambient a una minoria d'excursionistes amants de la natura i especialistes en plaques solars. Aquesta concepció, que hem caricaturitzat lleugerament, comença els anys seixanta, i dificulta i frena la comprensió de l'ecologia com a ciència de la natura i els ecosistemes en què ens movem.<sup>4</sup> L'ecologia no és només ambiental, sinó també social i econòmica, mental i cultural.<sup>5</sup> I no presenta un món idíl·lic sense conflictes, sinó que determinades infraestructures són necessàriament conflictives i requereixen raonaments complexos per evitar reaccions irades com les que moltes vegades es produeixen. La reflexió gira entorn de beneficis i perjudicis globals i locals; per fer-hi front i aconseguir solucions acceptables, cal la participació organitzada de tothom. El famós NIMBY, *Not in my backyard*—no al pati de casa meva—,<sup>6</sup> imposa la necessitat de no enviar al veí allò que no volem a casa nostra. Les visions alarmistes sobre el futur poden provocar-nos qualsevol de les tres clàssiques reaccions davant de la por: negar el problema, fugir-ne o fer-hi front i intentar posar els mitjans per superar-lo, i, per tant, resoldre'l. Tenim recursos per a això.

### Sobre poder i participació

La modernitat va significar per al món occidental l'esquerdament de moltes certes que eren font de poder. Des del Renaixement fins a la Il·lustració, s'estableixen les bases que permeten un canvi en la concepció del seu origen i l'accés de nous protagonistes al seu exercici. Les tancades elits de llinatge que controlaven el papat i la noblesa cauen i un nou ordre s'imposa; el poder de les masses, de la tribu, del clan, també pot exercir-se de manera despietada.<sup>7</sup> El nou model es divideix en dos grans poders: el polític i l'econòmic. El primer adquireix la seva tradicional divisió tripartida per intentar evitar els abusos propis del poder absolut, mentre que el poder econòmic, la nova elit, dirigeix el sistema social actual de manera gairebé absoluta. A quins interessos respon cadascun dels poders? Fins a quin punt pot interessar-se el poder econòmic per la sostenibilitat? Hi ha diferents economies? Què cal fer? Per a quan el poder del coneixement? Una dona sàvia sembla entreveure la sortida del laberint: qui aconsegueix arribar al poder ha de desprendre-se'n, al mateix temps que l'exerceix. En la mesura que ho aconsegueixi, tindrà autoritat moral i el seu exercici serà legítim.<sup>8</sup>

Per aconseguir un nou paradigma cal formar una massa crítica que faciliti la formulació i aplicació de nous models.<sup>9</sup> Des de les administracions fins a les avantguardes intel·lectuals i científiques; dels tècnics als gestors; de les empreses a les organitzacions de voluntariat; emprenedors que generin activitat econòmica respectuosa envers el medi i socialment justa, i tècnics que projectin i realitzin nous espais habitables. Ens necessitem, no només com a demandants, sinó com a coautors d'un ordre social més just, amable i saludable, que permeti a les generacions futures viure amb una qualitat de vida semblant o millor a la que hem tingut nosaltres, aspiració que ha estat constant en la Humanitat, però que avui té serioses dificultats per complir-se.

<sup>4</sup> Ramón Margalef. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona, 2005.  
<sup>5</sup> Félix Guattari. *Las tres ecologías*. Editorial Pre-Textos. Valencia, 1990.

<sup>6</sup> Oriol Nel·lo (ed.). *Aquí, no! Els conflictes territorials a Catalunya*. Editorial Empúries. Barcelona, 2003.

<sup>7</sup> Elias Canetti. *Masa y poder*. Muchnik Editoriales, SA, Barcelona, 1977 i 1981, i Alianza Editorial. SA, Madrid, 1983 i 1987.

<sup>8</sup> María Zambrano. *Persona y democracia*. Editorial Anthropos. Barcelona, 1988.

<sup>9</sup> Rupert Sheldrake. *La presencia del pasado: Resonancia mórfica y hábitos de la naturaleza*. Editorial Kairos. Barcelona, 1990.

# 8A

## L'Administració que regula

Per resoldre alguns problemes de gran envergadura i escala, com l'escassetat de recursos, l'excés de residus o el canvi climàtic, cal una regulació complexa i completa que inclogui incentius i prohibicions, campanyes de sensibilització i normatives, tant a escala global com local. Davant de la falta d'un poder mundial, les Nacions Unides promouen la creació d'institucions que assoleixin pactes voluntaris entre els diversos estats. La Unió Europea, en fràgil equilibri amb els poders dels estats que la componen, regula, mitjançant directives, els criteris que després aquests estats adoptaran. Les administracions més pròximes a la ciutadania tenen potestats a l'escala corresponent.

### Estratègies d'estalvi en l'edificació a Espanya

En els últims anys, la normativa espanyola d'edificació ha patit un tomb total, amb la finalitat de millorar la qualitat i el confort de la construcció. Un aspecte de gran rellevància consisteix a limitar la demanda energètica, i, en aquest sentit, s'han promulgat tres normatives fonamentals: el codi tècnic de l'edificació (CTE) sobre estalvi d'energia, el relatiu al nou rendiment de les instal·lacions tèrmiques als edificis (RITE) i la certificació energètica dels edificis.

El CTE pretén afavorir el desenvolupament de polítiques sostenibles. Duu incorporades les exigències de la Directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu sobre l'eficiència energètica dels edificis. És també un instrument per a l'aplicació dels compromisos de Kyoto. L'objectiu de la norma és limitar la demanda d'energia, millorar el rendiment de les instal·lacions tèrmiques, incrementar l'eficiència energètica de les instal·lacions d'illuminació, i aconseguir una aportació mínima d'energia solar per produir aigua calenta i electricitat.

L'anomenat RITE regula els requisits mínims d'eficiència energètica que han de complir les instal·lacions tèrmiques dels edificis, tant nous com ja existents. Per aconseguir un consum ecològic, el consumidor hauria de tenir la capacitat de poder elegir entre productes amb major o menor impacte ambiental, certificats mitjançant ecoetiquetes, que proporcionin informació comprensible i veraç de l'impacte que produeixen els diferents productes i serveis.

Finalment, la certificació energètica dels edificis pretén instaurar un procediment per aconseguir aquest objectiu, indicant el grau de consum energètic d'un edifici. Tots els edificis de nova construcció o sotmesos a una gran rehabilitació han de tenir una qualificació que es representa per un escalat de 7 lletres entre la A –el que consumeix menys energia– i la G –el de més consum. La qualificació s'obté mitjançant la comparació entre l'edifici projectat i un edifici virtual de referència construït segons els estàndards habituals en l'actualitat.

En altres països europeus, com ara Alemanya i Suïssa, la qualificació s'obté mesurant el consum real de l'edifici (vegeu l'entrevista a Pierre de Lausanne al capítol 8).



Aïllant de fibra de fusta utilitzat a l'estand del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya a Construmat 2009.

## El Decret d'ecoeficiència a Catalunya

L'any 2006, es va publicar el Decret que regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència als edificis de Catalunya. En la seva introducció, el Decret recull de manera explícita la necessitat que les pautes edificatives no comprometin la capacitat de les generacions futures per satisfer les necessitats pròpies. En el mateix preàmbul, s'esmenten, qualitativament, alguns problemes, com l'escassetat de l'aigua, i també es quantifiquen. S'esmenta la xifra del 40% d'emissions de CO<sub>2</sub> associada a la construcció d'edificis. El decret, que pretén conscienciar la ciutadania i es planteja com un instrument en evolució, promou mesures relacionades amb quatre conceptes bàsics: aigua, energia, materials i sistemes constructius i, finalment, residus. Cada apartat assenyala actuacions que convé dur a terme i que es puntuen segons la seva importància, i segons el major o menor nivell de compliment del paràmetre. Per exemple, augmentar l'aïllament tèrmic d'una façana per reduir consum energètic té tres possibles puntuacions, segons el grau de millora introduït respecte d'una mesura estàndard. Així, si aquesta mesura se supera en un 10%, s'hi atorguen 4 punts; si es millora en un 20%, s'hi atorguen 5 punts, i, si es millora en un 30%, s'hi atorguen 30 punts.

## Altres normatives i actuacions

Com a mostra de la diversitat d'aspectes susceptibles de ser regulats, podem esmentar la normativa gallega sobre l'hàbitat que obliga a prendre en consideració l'eliminació de la contaminació per gas radó a l'interior dels habitatges. Aquest gas es troba preferentment en zones amb subsòl granític, com és el cas de Galícia.

Les diverses normatives municipals sobre recollida de residus domèstics o industrials són un altre camp d'actuació que evoluciona molt ràpidament. S'assagen sistemes diversos per comprovar-ne l'eficiència. Hi ha normatives per evitar la contaminació lluminosa o acústica i d'altres que prevenen l'abocament de productes contaminants al medi. D'altres incideixen sobre l'aigua i sobre els gasos, els materials o la salut, promouen l'ús d'energies renovables o obliguen a circular a una velocitat determinada.

Cal assenyalar també el caràcter divers de les normatives quant al grau d'obligatorietat, un aspecte de gran importància. Algunes normes van acompanyades d'un detallat apartat de sancions en cas d'incompliment, mentre que d'altres només són una declaració de bones intencions. D'altra banda, es pot decretar una norma aportant els recursos necessaris per fer-la complir. Algunes normatives es divulguen àmpliament, mentre que d'altres es publiquen al butlletí oficial corresponent i només arriben al coneixement dels experts que, sovint, són els únics que entenen la lletra menuda de certes normes o els complicats requisits per aplicar-la. La casuística és molt variada. Hi ha normatives que afecten tothom i d'altres que només afecten certes indústries o comerços. N'hi ha de generalistes i n'hi ha de molt concretes, llargues i curtes, clares i confuses.

L'Administració no sempre actua amb caràcter dissuasiu o coercitiu. Hi ha actuacions positives que afavoreixen o impulsen determinades activitats o maneres de fer les coses. Alguns incentius es vehiculen mitjançant polítiques fiscals, d'altres mitjançant subvencions o primes. Es llancen campanyes de sensibilització i conscienciació i s'inicien processos participatius que afavoreixen les actuacions que tenen en compte els criteris i les mesures envers la sostenibilitat, com són les Agendes 21. Hi ha, doncs, un ventall ampli d'actuacions que regula l'activitat socioeconòmica envers un model més sostenible. Malgrat tot, l'instrument principal continuarà sent una voluntat política clara i decidida d'avançar en aquesta direcció.



Cartells de diverses campanyes promogudes per la Generalitat de Catalunya

# Normativa: el yin i el yang d'un canvi necessari

Pot resultar xocant que un text que parli de normatives hagi estat incorporat al capítol referent a les persones. I, tanmateix, és on correspon. Perquè sovint oblidem que qui redacta les normes, l'anomenada *Administració*, no és un ens virtual a culpar d'alguns dels nostres mals, sinó que la formen, simplement, persones que intenten amb més o menys encert millorar el nostre entorn.

Redactar una norma és, per naturalesa, complicat. Com a mínim, i per començar, provoca en la ciutadania reaccions contradictòries, negatives al començament a causa d'una certa mandra davant el canvi d'allò conegut o la sensació d'excessiva normativització, suavitzades després per l'aspecte positiu que suposa la unificació de criteris respecte al tema regulat i fins i tot per la percepció d'haver millorat algun aspecte que ens afecta. I és que, segons la filosofia oriental, qualsevol idea té el seu costat yin (fosc) i el seu costat yang (brillant) i pot ser percebuda com la seva contrària si se la mira des d'un altre punt de vista.

Ens pot agradar o no, però, sobretot en el tema que ens ocupa, la sostenibilitat, cal un CANVI, amb majúscules. Perquè ha nascut un nou paradigma, un nou model de societat encara incomplet en la seva definició, que es dibuixa a mesura que l'experiència ens ensenya. Ningú no té la certesa absoluta de què ens espera, però és fàcil intuir el que s'acosta, sobretot si atenem la multitud d'estudis científics apareguts en els últims anys.

I l'Administració sembla haver iniciat el camí d'aquest canvi. De vegades amb valentia, d'altres tímidament i potser en algunes ocasions de manera sectorial, sense una línia comuna que uneixi totes les seves actuacions. O sense facilitar les eines per posar-ho en marxa amb garanties.



**Pilar Martorell**

Arquitecta i membre d'AuS

La història ho demostra. Malgrat les reticències amb què va ser rebuda, l'ordenança solar de Barcelona (1999) va suposar un abans i un després. Ja Berlín ho havia intentat sense èxit i, tanmateix, va ser la tenacitat d'un grup d'incondicionals la que va dur la seva aprovació a bon port, i va aconseguir que, a partir d'aquesta experiència, nombrosos municipis i més tard l'Administració central obliguessin a aprofitar l'energia gratuïta del sol per escalfar aigua als edificis. Un canvi important.

Una cosa semblant va ocórrer amb l'aparició a Catalunya del Decret d'Ecoeficiència (2006), amb què es pretén disminuir tant la producció de residus com la demanda de recursos materials i energètics durant la construcció i l'ús dels edificis. La seva aparició va sorprendre molta gent, sobretot per la innovació que suposava, però també pel fet de ser una norma aïllada, sense un marc referencial de política clarament sostenibilista en el qual, a partir de coneixements contrastats, un canvi coherent es desenvolupés de manera gradual però ferma.

Potser perquè aquest salt radical i indubtablement necessari es produeixi convindria incloure-hi dos aspectes bàsics.

D'una banda, el marc normatiu del país ha d'involucrar tothom: Administració, empreses, tècnics, usuaris, etc., evidenciant que aquesta és una tasca d'equip, l'única manera d'obtenir resultats. A tall d'exemple, la petita gran fita aconseguida en els últims temps en la disminució de la demanda d'aigua domèstica no hauria de deixar satisfet ningú. Perquè, no ens enganyem, si bé és cert que l'usuari és una part de la solució, també és innegable que el punt feble rau tant en la gestió dels recursos hídrics com en les deficiències de les xarxes de subministrament. Moltes situacions crítiques no són res

més que el resultat de desídies acceptades pel costum. I això cal canviar-ho.

D'altra banda, és imprescindible facilitar el compliment de les normatives proporcionant les eines necessàries per a la seva aplicació. No es tracta únicament de passar el testimoni a altres agents, com els tècnics, últimament desbordats per l'allau descoordinada de normativa promoguda des de diversos estaments, cosa que en complica enormement l'acceptació i la implantació. Es tracta d'ajudar a complir-les. La instauració d'una norma no ha de ser una «passada de pilota» sinó un procés coordinat entre tots els agents implicats.

L'Administració, les persones que la integren, són aquí per corregir aquests errors. I també, i això és fonamental, per aconseguir que la pressió del poder econòmic no freni una política de sosteniment dels recursos, perquè en depèn el nostre futur, no solament econòmic, sinó també ambiental i social.

De vegades cal tirar-se a la piscina, encara que tingui poca aigua, tot i saber que hi haurà qui ens dirà temeraris i d'altres avantguardistes. Però tot és qüestió d'equilibri. És el yin i el yang de les persones, de tot allò relacionat amb la vida. És el yin i el yang de les nostres normes.

# Quan la participació esdevé diàleg: vers les administracions interactives

*«La funció del diàleg és treure a la llum les estructures amagades de pensament, de manera que, a mesura que passem per damunt de les creences inqüestionables, anem creant una consciència col·lectiva.»*

David Bohm

Quin context és el millor perquè la ciutadania participi en processos d'implantació de la sostenibilitat? Del concepte «governar a» s'està passant al «governar amb». És un primer pas, però no n'hi ha prou. Una comunitat o organització que vol crear un veritable context favorable a la participació està disposada a passar al «governar entre».

La participació ciutadana, si no vol ser superficial i insuficient, ha de transformar-se en veritable diàleg interactiu ciutadà. Un diàleg és quelcom que es fa de manera permanent i continuada. Va en dues o més direccions, i és una eina al servei de la reflexió col·lectiva. El veritable diàleg consisteix a expressar les nostres opinions i els punts de vista des dels quals les emetem, i té com a objectiu clar l'aprenentatge de qui hi participa i la comunicació. Una discussió no sempre forma part d'un diàleg constructiu.

La participació ciutadana és necessària, però ha de ser considerada un punt de partida per arribar a un veritable diàleg interactiu. Qualsevol avís, queixa, suggeriment, denúncia, etc. pot ser considerat una oportunitat d'interacció.

El diàleg és previ a la participació. Per tant, cal establir els mecanismes de diàleg de la mateixa manera que cal establir els mecanismes de participació. Pot prendre formes molt diferents, i té un gran poder transformador. No és el mateix demanar la participació de les persones abans que després d'haver-hi dialogat.



**Pere Subirana i Samitier**

Gerent de l'empresa Aiguadepluja Innovacions SL

Perquè la sostenibilitat pugui ser aplicada, cal que sigui explicada. Si expliquem el criteri que ens duu a una determinada decisió, aquesta decisió pot ser entesa millor, s'hi estigui o no d'acord. Una persona està més disposada a reciclar si pensa en el model de ciutat engrescador que vol fer realitat.

L'Administració local mateixa ha d'avançar vers les administracions dialogants i interactives. El model organitzatiu de les administracions actuals és el model industrial, sorgit al segle passat: l'Administració és una màquina que produeix uns determinats resultats adreçats a una «massa» compacta. Els processos es poden sistematitzar i no hi ha lloc per a l'aprenentatge permanent ni per a les accions diferenciades.

Tanmateix, el model organitzatiu més adient a les necessitats actuals és el model biològic: l'Administració és un ésser viu que està dins d'un determinat context i hi interactua gràcies a un intercanvi dinàmic. L'organisme s'adapta als canvis i és sensible a les necessitats.

La millor base perquè la ciutadania es corresponsabilitzi és un marc basat en la reflexió, la discussió i l'aprenentatge. Entenem, doncs, la participació com un procés de diàleg permanent, i sota aquesta perspectiva proposem alguns principis a partir dels quals es poden desenvolupar línies d'acció. Quan considerem la participació com a diàleg i demanem a algú que hi participi, podem preveure'n les respostes i donar-hi un tracte adient, tenint en compte que no tothom acollirà la sostenibilitat de la mateixa manera.

Els agents promotors de la sostenibilitat diuen: «Mireu, tinc una proposta a fer-vos. Crec que val la pena que pensem com volem el nostre municipi en el futur. Crec que cal tenir present la sostenibilitat com a criteri a fi de no generar més problemes; crec que és una oportunitat de fer canvis positius. M'agradaria que participeu en aquest procés».

Les respostes poden ser diferents. Exemples:

**Resposta 1:** Si vols que participi en el procés de sostenibilitat, sedueix-me. Mostra-me'n els beneficis, informa'm dels problemes i dels efectes negatius de la insostenibilitat... Educa'm.

**Resposta 2:** No veig clar què en trauré, de tot plegat.

**Resposta 3:** No em facis perdre el temps.

**Resposta 4:** Tinc altres problemes que m'impedeixen de participar-hi. No hi estic en condicions. Tinc problemes, així que no m'atabalis.

**Resposta 5:** No m'utilitzis. No em facis servir per als teus objectius, per més nobles, bonics i sostenibles que siguin.

**Resposta 6:** Vull participar-hi, però no vull entrar en jocs de poder i baralles polítiques. No m'agrada participar enmig d'un ambient enrarit.

**Resposta 7:** Si vols que hi participi, digues-me com. Dóna'm canals de participació que siguin entenedors, fàcils i factibles.

**Resposta 8:** Deixa'm participar a la meua manera. No em demanis que assisteixi a reunions, però m'agrada portar un hortet. Aquesta és la meua manera de participar.

**Resposta 9:** Vull participar-hi, sempre que vegi que la meua participació serveix d'alguna cosa. Parla amb mi. Dialoga; si no estàs d'acord amb la meua opinió, com a mínim explica-me'n el perquè. I, sobretot, escolta'm.

**Resposta 10:** M'agradaria que la meua participació tingués un premi, encara que fos simbòlic. Ser reconegut agrada a tothom. Encara no estic gaire acostumat a ser responsable i necessito models.

De les respostes sorgeixen les línies d'acció que es poden aplicar a cada comunitat o organització. Tot procés participatiu que no presenti la sostenibilitat com un recurs, com una oportunitat, està condemnat al fracàs.

# 8B

Dani Calatayud  
Àlex Cuesta  
Arquitectes

## Els savis que investiguen: història de la petjada ecològica

### Introducció: de William Rees a William Catton

Al capítol 3, hem exposat la petjada ecològica com una nova manera de mesurar l'impacte dels humans en la natura. Com sorgeix el concepte de petjada ecològica? Quin és el seu origen i història? William Rees, ecòleg de la Universitat de British Columbia, coinventor d'aquest concepte juntament amb Mathis Wackernagel, ens en dona les claus. El seu objectiu és «... reconnectar l'home amb el món natural en formes que reflecteixin la realitat biofísica; per a això estudio l'homo sapiens amb l'objectiu d'identificar i quantificar els fluxos d'energia i materials apropiats per a l'espècie humana. L'indicador «petjada ecològica» demostra que l'espècie *homo sapiens* ha esdevingut l'organisme consumidor dominant en tots els ecosistemes terrestres i oceànics (...) l'home és la força geològica més important i la seva acció està afectant el clima terrestre».

### *Què és una petjada ecològica?*

És una eina comptable que permet mesurar els requeriments en termes de consum de recursos i assimilació de residus d'una determinada població o economia –per exemple, una ciutat– i expressar-los en àrea de terra productiva. La petjada ecològica calcula quina és l'àrea total de l'ecosistema necessària per suportar la càrrega adequada per a les necessitats dels seus habitants. Aquesta àrea (HE) depèn de la petjada del consumidor (he) i el nombre de consumidors (n). Per estimar la petjada d'una persona, es relacionen els béns de consum en cinc categories: alimentació, habitatge, transport, béns de consum i serveis públics. Per produir qualsevol bé, calen trossos d'ecosistema –pastures, terra agrícola, boscos, àrees de pesca– i una altra cosa que es diu *energyland*. I això què és? És l'àrea d'embornal de carboni necessària per absorbir el CO<sub>2</sub> emès per l'energia primària requerida per produir els béns consumits per l'usuari. L'*energyland* és el flux d'energia que es dispersa al llarg del cicle de vida del bé.

### *I per què es compta d'aquesta manera la petjada ecològica?*

En la bibliografia del seu llibre *Our ecological footprint*, William Rees cita William Catton, un sociòleg de la Universitat de Chicago que defineix el terme *capacitat de càrrega d'un ecosistema* com «... la màxima població d'una certa espècie que pugui sostenir-se indefinidament en un hàbitat específic sense afectar-ne la productivitat primària neta». I què és la productivitat primària neta? Catton dona en la seva bibliografia més pistes per entendre les bases històriques de la petjada ecològica ampliant la ja llarga llista de Rees. Aquesta llista permet seguir un fil conductor que al llarg de 250 anys recorre diverses disciplines.

### **1650-1800 Dels fisiòcrates als economistes clàssics**

A França, durant un breu període del regnat de Lluís XV, l'any 1750, es desenvolupa una escola de pensament econòmic liderada per François Quesnay. Mantenia que el procés econòmic podia ser entès centrant-se en un sol factor físic, la productivitat de l'agricultura. Els fisiòcrates argumentaven que les lleis de la natura són físiques i funcionen amb independència de la voluntat de l'ésser humà, i que, si els éssers humans fossin capaços d'adoptar el comportament econòmic «adiant» que implicava la llei natural-física, el benestar social seria maximitzat. Quesnay, en el seu *tableau économique*, mesura la productivitat agrícola desgranant el flux de riquesa a través de les classes



socials. El model representa per primera vegada un sistema general d'equilibri d'un país mesurat en productivitat primària.

### **1800-1902 Dels termodinàmics a Sergei Podolinsky i Pfaundler**

A començament del segle XIX, la base física i ecològica intuïda per l'escola fisiòcrata es consolida amb el descobriment de les lleis de la termodinàmica que fan J. Black, C. Rumford, J. Vat, Sadi Carnot, Nicolas Clément, James P. Joule, J. R. Mayer, H. L. F. von Helmholtz, R. J. E. Clausius, William Thomson, James C. Maxwell i Ludwig E. Boltzmann.

Les discrepàncies entre els termodinàmics i l'economia clàssica són llegendàries. Per començar, podem analitzar la confrontació Jevons-Clausius.

#### *1865 Stanley Jevons: el model energètic d'Anglaterra*

L'any 1866, els estats europeus estan en plena Revolució Industrial. S. Jevons constata que Anglaterra necessita 600 milions de tec a l'any. En les conclusions del seu llibre *The Coal Question* resumeix el dilema: després de l'adopció dels principis del lliure canvi, hem d'aplicar aquests principis als nostres recursos? Dispersar la nostra abundància mineral tan pròdigament és ser esplèndids amb un capital que mai no retornarà. El nostre imperi i raça inclouen ja un cinquè de la població del món, i la creació de nous estats regits per la nostra tutela dels mars, el nostre comerç (...) i sobretot la difusió de les nostres noves tècniques estimula el progrés de la Humanitat. Cal prendre la decisió transcendental entre una grandesa breu o una de continuada i llarga mediocritat.

#### *1885 Clausius i el model energètic alemany*

R. J. E. Clausius descobreix la llei de l'entropia –la segona llei de la termodinàmica: «... l'energia en un sistema tancat a l'entrada d'energia passa irreversiblement de formes fàcilment transformables a altres formes menys transformables i, per tant, la probabilitat que es produeixin transformacions en l'energia disminueix constantment. En ser l'univers un sistema tancat, després d'un llarg període tota l'energia adoptarà una forma que no serà capaç de transformar-se; consistirà en una calor que s'estenirà de manera equilibrada per tot l'univers. En aquell moment –la mort tèrmica–, qualsevol moviment s'interromprà, ja que per a la transformació en calor de qualsevol forma d'energia és indispensable tenir cossos a diferents temperatures». Al final de la seva vida, en un discurs a l'emperador Bismarck, defensa la hidràulica com a forma d'energia renovable per desenvolupar Alemanya davant l'opció adoptada per Anglaterra i els Estats Units d'utilitzar les seves reserves de carbó. «En l'àmbit de l'economia és vàlid que de cada cosa s'ha de consumir tant com es pot produir (...) a la pràctica procedim de manera totalment diferent (...) ens comportem com hereus des preocupats consumint la reserva de carbó (...), que deu la seva energia potencial al sol. Si aquest recurs s'esgotés, els homes estarien condemnats a espavilar-se només amb l'energia que continuï enviant el sol».

### **1780-1860 De la fisiologia a Sergei Podolinsky i Pfaundler**

La química orgànica es desenvolupa entre 1780 i 1860; Ingenhowsz, A. de Lavoisier, J. Priestley, J. Sennebie, N. T. de Saussure, V. Leibig, i J. R. Mayer havien fixat la unitat de la fisiologia, la quilocaloria. Entorn de 1880, A. Flick, K. Voigt i Pettenkofer havien elaborat treballs sobre l'eficiència termodinàmica dels humans i animals que Podolinsky i Pfaundler coneixien bé.

### **1880 Podolinsky i el model energètic socialista**

Poronaïsk, socialista ucraïnès, va ser el primer a dilucidar explícitament el procés econòmic des d'una perspectiva termodinàmica. Poronaïsk coneixia fisiocràcies i termodinàmics, i insistia que si la natura era la font originària de la riquesa hi havia implicacions econòmiques. L'article de Podolinsky «El treball de l'ésser humà i la seva relació amb la distribució de l'energia» és un article seminal per entendre la petjada ecològica. Els capítols 1 a 3 són un repàs a les lleis de la termodinàmica per argumentar l'ús de l'anàlisi del flux d'energia per estudiar els sistemes de producció. Als capítols 3 i 4, fa referència a la química orgànica i la fisiologia de plantes i animals. Al capítol 5, calcula la productivitat neta del treball humà com a funció de la quantitat d'energia requerida per a aquest treball. Estudia el sistema de producció agrícola de França –en kcal– produïda per hectàrea respecte de l'energia requerida per produir-la, incloent l'energia dissipada en els factors productius –contingut en energia de llavors, despesa calòrica de l'ésser humà i d'animals de tir–, i calcula la productivitat neta en kcal/ha. Dedueix que els agrosistemes alimentats per entrades d'energia aportades pels humans –exosomàtiques– augmenten la productivitat neta respecte d'ecosistemes naturals sense aportacions externes. Al capítol 11, compara l'evolució demogràfica i la productivitat neta d'Europa –que compta en tàlers, una unitat de salari utilitzada per Marx que equipara a 3.000 kcal/dia– i conclou que «la productivitat del treball augmenta (...) més ràpid del que augmenta la població». Podolinsky va intentar reconciliar la teoria del valor del treball marxista amb una anàlisi termodinàmica del procés econòmic. Això va conduir-lo a concloure que el límit últim en la llei del desenvolupament econòmic no es trobava en les relacions entre classes productives sinó en les lleis físiques, i que el model socialista formulava un error de base en declarar que el «socialisme científic» superaria les escassetats materials i assoliria un estat d'extensió material il·limitada. Frederick Engels va comentar les cartes que Podolinsky enviava a Marx, que no en va contestar cap.

### **1902 La capacitat sustentadora de Pfaundler**

Pfaundler, professor de física a Gratz (Àustria), escriu l'any 1902 un article titulat «L'economia mundial a la llum de la física» que és imprescindible per entendre la petjada ecològica. Pfaundler es pregunta: quants humans pot alimentar la Terra? Per resoldre el problema, proposa comparar la capacitat sustentadora de la Terra amb les necessitats de l'espècie humana. Defineix la capacitat sustentadora de la Terra, que més endavant denominarà capacitat de càrrega, com «... la població màxima que pot sustentar un territori». Proposa mesurar «... la necessitat mitjana per persona a cada territori i confrontar-la amb la quantitat de materials disponibles considerant la Terra un territori únic».

#### *Les necessitats de l'espècie humana*

Què passa si una regió no troba els materials necessaris al seu territori pròxim? Doncs que els intercanviarà amb altres regions mitjançant el comerç. Els materials compleixen la llei de la conservació i són abundants. Només alguns serien el factor limitant si transportar materials d'altres regions costa treball a causa de la fricció: el factor limitant seria la necessitat d'energia per transportar béns. Però, quins béns s'han de mesurar? Proposa mesurar l'energia per alimentar-se, vestir-se, habitar i desenvolupar treball.

### *L'energia d'un bé de consum*

Però, com es pot mesurar? Pfaundler posa l'exemple del pa. «Els seus materials no es perden per la llei de la conservació, seran assimilats per l'organisme, excretats com a rebuigs i reciclats per descomponedors.» Què cal per fer una barra de pa? Calen hectàrees de terra o materials i sol. Però si aquestes hectàrees són part d'un bosc, una muntanya, un llac o un desert no serveixen; només si un camp plantat amb blat és irradiat pel sol aquesta planta acumularà energia química disponible. També cal l'energia necessària per produir el treball necessari per recollir, transportar i moldre el blat, energia que sempre prové del sol.

### *Energia apropiada*

Per dimensionar l'energia d'alimentació, Pfaundler coneix i cita M. Rubner, i dóna per a una persona que treballi consums de 118 g de proteïnes, 56 g de greixos, 500 g d'hidrats de carboni-midó o sucres –que sumarien 3.055 kcal/dia.

Per dimensionar l'energia per vestir-nos, Pfaundler cita Rubner, que estimava que vestir-se comporta un estalvi de 600 kcal/dia, però no dóna cap estimació de l'energia necessària per produir aquest bé.

Pfaundler no dóna cap estimació de l'energia necessària per habitar, però sí que en desglossa la comptabilitat: «... cal estimar l'energia continguda en la fusta, i l'emprada en l'extracció i el transport de pedra, sorra, ciment, ferro... cal incloure-hi també l'energia en calefacció i l'energia d'enllumenat».

Finalment, per mesurar la demanda d'energia per desenvolupar treball, Pfaundler cita el treball de Stanley Jevons. L'any 1900, la demanda mundial era de 660 Mtec/any i el consum *per capita* era de 0,4 tec/any. Pfaundler coneix molt bé Clausius i la seva actitud de discriminar fonts renovables de no renovables; explica la primera i la segona llei de la termodinàmica: «La lluita per la vida consisteix a obtenir l'energia necessària per elaborar els materials necessaris per subsistir. La capacitat sustentadora depèn de la conversió per les plantes de l'energia del sol». Fa càlculs per cobrir les necessitats amb fonts renovables. Cita els treballs de Pouillet i de Langley, calcula una incidència de  $663.010^6$  kcal/ha/any, que serien 1.000 tec/ha/any. Per avaluar la productivitat primària neta (PPN), cita els estudis de rendiment de plantes d'Engelman i J. Sachs: el 0,8% de l'energia química quedava incorporada en el midó, un 20% s'hi incorporaria com a sucres, el 80% restant era cel·lulosa no comestible per humans i un 50% es descomptava com a superfície ocupada per camins, carreteres i cases, però no incorpora les pèrdues per factors productius estudiats per S. Podolinsky. La PPN per any d'1 ha serien  $5,310^6$  kcal.

### **Energia apropiada per a les necessitats humanes**

Pfaundler estima l'apropiació humana de productivitat primària neta (AHPPN) en 5.000 kcal/dia o  $1,82510^6$  kcal/any. Divideix la PPN per l'AHPPN i dedueix el nombre de persones per hectàrea, 2,9 persones/ha.

### *Capacitat sustentadora de la Terra*

Com es pot avaluar la superfície terrestre? Podolinsky coneix la biocapacitat de França, i Pfaundler una biocapacitat mundial desglossada de 2.174 Mha de pastures + agricultura l'any 1902, però no cita les seves fonts.

### Resultat

Si l'energia apropiada per a les necessitats humanes era de 2,9 persones/ha i la capacitat sustentadora era de 2.174 Mha de pastures + agricultura, es podrien sustentar 6.300 milions d'habitants. Si totes les hectàrees fossin conreades –i l'espècie fos vegetariana–, la capacitat sustentadora màxima seria de 20.000 milions d'habitants.

### 1760-1930 Dels clàssics als neoclàssics

L'any 1760, hi havia a Europa dues escoles de pensament econòmic: el mercantilisme i la fisiocràcia. La primera defensava l'adopció de polítiques favorables a la protecció del comerç. L'any 1778, A. Smith contribueix a desmuntar les tesis fisiòcrates a través de Turgot. Inicia l'economia política amb la seva *La riquesa de les nacions*, en què considera que la tendència natural de l'home a enriquir-se és beneficiosa per al conjunt de la societat. També creia que ho seria la divisió i especialització del treball, i afirmava que els factors productius eren substituïbles: el treball humà per treball animal, aquest per treball mecànic, l'últim per capital. D. Ricardo i J. B. Say van defensar els avantatges del comerç i la divisió del treball, i la Llei de Say, que postulava que l'oferta generaria la seva pròpia demanda. En els seus *Principis de l'economia política* de 1820, T. Malthus preveu que la insuficiència de la demanda efectiva generaria atur, i que la manca de la demanda seria el problema fonamental del sistema. L'any 1830, Karl Marx, que va viure la primera gran crisi del capitalisme industrial, va defensar que les relacions de producció en el sistema capitalista determinaven que la plusvàlua s'acumulés i es concentrés en molt poques mans. Des de 1870, l'escola neoclàssica de L. Walras va explicar la formació de preus des del costat de la demanda agregada. Els actors econòmics procedien mitjançant un «tempteig», que finalment es traduïa en un comportament estadístic que tendia a maximitzar la utilitat marginal. Finalment, l'any 1930, J. M. Keynes defensa una teoria basada en la noció de demanda agregada de T. Malthus per explicar les variacions del nivell general d'activitat observades durant la Gran Depressió de l'any 29 i següents. En aquesta situació de desocupació «només» es podria augmentar l'ocupació incrementant les despeses mitjançant dèficit públic. Que els sona com a cosa coneguda?

### 1925 Soddy versus els neoclàssics

Només nou anys abans, Frederick Soddy, distingit amb el premi Nobel de Química l'any 1921, consultava a J. M. Keynes sobre la Llei de Say. L'any 1921, el va convidar a una conferència a la London School of Economics. Allà va fer una crítica sense matisos a la teoria econòmica neoclàssica. Va mantenir que una teoria comprensiva de la riquesa econòmica de les nacions havia de tenir les lleis biofísiques com a primer principi, perquè «... la vida deriva en el seu conjunt de l'energia física, no d'una altra propietat de la matèria viva, i encara menys d'una deïtat externa; deriva exclusivament del món inanimat. És dependent per a totes les seves necessitats inclosa la seva continuïtat física dels mateixos principis que mouen el motor de vapor. Els principis, l'ètica i totes les convencions humanes no poden contradir els de la termodinàmica». Com Ostwald, Soddy creia que el progrés econòmic va ser possible per la transició de l'ús de formes d'energia solar directa a l'accés successiu a magatzems no renovables de combustibles fòssils. «La societat de *l'era del castell de focs artificials* ara té prosperitat no només per l'enginy humà sinó sobretot per cremar la nostra herència d'energia solar acumulada en l'era carbonífera pels capitalistes originals, les plantes.» Soddy va sostenir que l'error bàsic de l'economia neoclàssica era confondre la dimensió física

indiscutible de la riquesa amb el deute, un concepte matemàtic, i, per tant, purament imaginari sense dimensió física: «Ningú no deu res a ningú en la natura. A diferència de la riquesa –física–, el deute es pot crear petant els dits per voluntat de la ment humana, es regeix per lleis de matemàtiques i no obeeix les lleis de la física. A diferència de la riquesa, que és conforme a les lleis de la termodinàmica, el deute no es descompon amb el temps; al contrari, creix en un tant per cent cada any, per gràcia de lleis matemàtiques ben conegudes, les de l'interès simple i compost.» Soddy postulava l'any 1921 que en algun punt els deutes superarien la riquesa de les nacions fent que el sistema financer s'esfondrés. A.J. M. Keynes no li va agradar segurament, però va ser l'únic a predir el col·lapse de 1929.

### **1900-1945 Demògrafs versus geògrafs; del mite de la frontera a la capacitat de càrrega**

L'any 1940, els demògrafs del New Deal P. K. Whelpton i W. Thompson de la Scripps Foundation de Miami declaraven: «... l'augment de població només és compatible amb un augment de l'estàndard de vida. Només el progrés pot retardar en una nació els problemes de la superpoblació.» W. Catton coincideix que Amèrica del Nord estava superpoblada, però nega el paper de la tecnologia: la tecnologia incrementa la sobrecàrrega. Segons W. Catton, l'origen del problema se situa en l'èxit d'*El mite de la frontera*, un llibre de F. Jackson Turner de 1893. L'any 1888, l'US Census havia proclamat la desaparició de la frontera de l'oest. Turner va presentar el seu llibre a l'Exposició Mundial Colombina, i defensa la tesi que, en aquesta frontera, cada generació de colons europeus tornava a viure totes les fases de la Revolució Industrial: caçadors, recollectors, pasturatge, agricultura extensiva, mineria, manufactura, creació de ciutats, agricultura intensiva i fase industrial. Aquesta línia convertia els colons europeus en més durs, individualistes i dominants i explicava el caràcter dels nord-americans.

### **500 aC a 1840 De la geografia natural als conservacionistes; la capacitat de càrrega d'H. Fairfield Osborn**

W. Rees i W. Catton citen C. Glaecken en un article de 1955 per al congrés «Man's role in changing the face of the Earth» que resumeix 2.500 anys de relació entre home i natura, vistos per geògrafs i conservacionistes. Arrenca l'any 500 aC amb els filòsofs, Ciceró, Aristòtil, Teodosi, Virgili, Plini, Varró, Columella, que constaten la relació entre pràctiques agrícoles i esgotament de terres. Les primeres reflexions sobre protecció dels boscos són fruit de la cartografia d'inicis del segle XVII, Colbert, J. Evelyn, Francis Fabre, el baró von Richthofen, J. C. Brown, i el *Report on forestry* de F. B. Houghn. A començament del segle XVIII, el romanticisme de John Ray i Ray Durham descobreix la saviesa de Déu en la creació de la natura. En aquella època, la relació entre gestió forestal i gestió de conques hidrogràfiques és tractada per enginyers com H. de B. Saussure. Durant l'inici del segle XIX, la incidència de l'espècie humana en la domesticació d'animals i de plantes és descrita per Buffon, Von Humboldt, Bonpland, Boussingault o E. Reclus. A mitjan segle XIX, la botànica centra els estudis de Frederic Chom, A. de Candolle, M. J. Schleider o V. Hehn. Des de final del segle XVIII, la incidència de l'espècie humana en la transformació de la geografia física és tema recurrent de G. Perkins Marsh, N. S. Shaler i E. Fischer. W. Catton cita W. Vogts, S. H. Ordway i H. Fairfield Osborn, qui ens interessa perquè amplia la metodologia de Podolinsky i Pfaundler.

### 1948 Henry Fairfield Osborn Jr.

Henry Fairfield Osborn Jr. va ser el president de la New York Zoological Society. No tenia una base termodinàmica, però coneixia molt bé la geografia en recórrer el món amb el seu pare, Henry Fairfield Osborn Sr, que era geòleg, paleontòleg, president del Museu Americà d'Història Natural, eugenicista, descobridor de l'ornitholestes, el tyrannosaurus rex, el pentaceratops, el velociraptor –un dels seus col·laboradors va inspirar el personatge d'Indiana Jones. Al tercer capítol d'*Our Plundered Planet*, H. F. Osborn Jr. descriu els humans com una nova força geològica. El punt de partida és el canvi tecnològic i les seves implicacions en la geografia: «No fa gaire temps, al segle XVI, un viatge al voltant del món prenia més de tres anys. Ara és possible enviar un missatge al voltant de la Terra en pocs segons i donar la volta al món en menys de quatre dies. Els límits entre nacions s'estan dissolent. El comerç fa les nacions interdependents per aconseguir els productes, materials o mercaderies que han esdevingut part necessària de la vida diària per a la major part dels humans del planeta».

#### *Quina era la superfície terrestre productiva?*

«La Terra –52.000 Mha– és més petita que el nostre quadre mental. Gairebé tres quarts de la Terra –39.000 Mha– estan coberts d'aigua, i la meitat de tota la Terra és inhabitable en ser regions polars, muntanyes o deserts de sorra o gel. Disposem només de prop de 6.500 milions d'hectàrees favorables a l'ús dels humans; dividides pel nombre d'habitants mundials, 2.100 milions d'habitants (h.), significa un màxim teòric de 3,24 ha/h. de terra productiva habitable per cada ésser humà si les regions habitables totals fossin dividides per igual.»

#### *Productivitat primària. Quina era la superfície adient?*

«El subministrament d'aliments i d'altres requisits primaris prové, tot, de la natura i solament de la natura –de terres, de boscos, i de rius i mars. El problema principal dels humans des de sempre ha estat obtenir-ne aliments, materials i energia. Hem de considerar, sens dubte, tots els tipus de terres, incloent les cobertes per boscos o prats, o favorables al conreu. En l'estat actual del coneixement estadístic, no podem estimar amb exactitud les proporcions de les àrees productives de la Terra i els usos a què es dediquen, i hem de restar a cada continent les àrees de deserts artificials, que són estèrils.»

#### *Quin era el sòl adient quant a alimentació?*

«La quantitat de sòl que es pot utilitzar per a conreus –el sòl productiu del món avui– es limita a no pas més de 0,82 ha/h. Els fisiòlegs accepten que calen 1,01 ha/h. de productivitat mitjana per proporcionar una dieta adequada mínima. Molts països en tenen avui menys de 0,406 ha/h.» Com a mínim, donava un ordre de magnitud.

#### *El cens del món i la Revolució Industrial*

H. F. Osborn Jr. cita el Dr. Malthus i ja no es mostra tan optimista com Podolinky: «La població de la Terra ha augmentat gairebé cinc vegades durant els tres segles passats. La civilització humana ocupa virtualment totes les àrees productives de la superfície terrestre. Si continua aquesta taxa, es doblaria l'actual població del món en setanta anys, i assoliria els 4.000 Mh. l'any 2030. Això és a causa dels nous descobriments que han permès els humans explotar més lluny i amb més eficàcia que anteriorment els recursos naturals vius de tots els continents de la Terra i transportar-los d'una part del globus a una altra, i aquesta és la causa profunda de l'augment explosiu de la pobla-

ció dels dos segles passats. El Dr. Malthus no estava tan equivocacat quan va postular que l'augment de la població tendria a superar la capacitat sustentadora de la Terra, i que si la producció d'aliments augmentava mitjançant un quocient aritmètic, i la demografia augmentava amb quocients geomètrics, els ajustaments demogràfics serien inevitables. No va poder preveure, però, el desenvolupament de mitjans de transport –sistemes de línies de ferrocarrils, vaixells de vapor, línies aèries– i l'explotació de la productivitat primària de l'hemisferi occidental, especialment dels Estats Units i del Canadà. «La Humanitat viu tres grans eixams humans: Europa-Rússia, l'Extrem Orient i Índia-Ceilan-est de Bengala; s'hi atapeeixen 1.400 Mh. en 1.620 Mha. La seva densitat és de prop de 95 h./km<sup>2</sup>, vuit vegades la densitat dels Estats Units.»

H. F. Osborn Jr. refuta la idea que els tres grans eixams de la Humanitat al Vell Món puguin ser suportats per la capacitat productiva pròpia: «A primera vista, semblaria que els 700 Mh. restants han de viure confortablement en la resta de l'espai productiu. Però, de les 12.000 Mha restants, 6.500 Mha són massa seques, o massa fredes, o massa muntanyoses per ser productives. La resta de la Terra és a Amèrica, l'Àfrica o Austràlia. Cal reconèixer que la Revolució Industrial d'Europa es va acompanyar d'un enorme augment de població –de 175 Mh. a 400 Mh.–, alimentat en un grau molt considerable per la capacitat sustentadora en boscos, petroli i fonts d'aigua dels Estats Units i el Canadà. La concentració extraordinària de la meitat de la Humanitat en centres urbans reforça la discussió sobre per què es concentren en aquests centres muntanyes de productes i de si viuen de les terres que els envolten. És evident que els mitjans de transport dels productes als centres on es consumeixen són molt eficients. Si això no fos així, una proporció gran dels seus habitants no hi podrien continuar vivint.»

Finalment, declara que la geografia tenia l'any 1948 poc significat «llevat que desemboqui en un estudi més exhaustiu de la distribució de la gent sobre la superfície de la Terra. Cap solució veritable no podrà ser trobada fins que no hi hagi una revolució completa del punt de vista sobre l'ús dels recursos terrestres pels humans i sobre els usos als quals els destinen.»

### **1920-1973 De la *Technical Alliance* a l'*Energy Research Group***

*1921 Technocracy, Inc.*

El 1921, Howard Scott i altres enginyers industrials de la Universitat de Colúmbia van formar Technocracy, Inc. Com Podolinsky i Soddy, sabien que l'ús de més quantitat d'energia havia augmentat la productivitat del treball. Pensaven que, si l'energia era el factor crític que determinava el desenvolupament econòmic i social, calia mesurar el canvi social en kcal usades *per capita* per dia. Proposaven substituir els diners per certificats d'energia. Com Soddy, els tecnòcrates es malfiaven de la taxa d'interessos bancària, i per evitar malentesos els certificats d'energia serien intransferibles, no negociables i sense interès, i caducarien.

*1950 W. Fred Cottrell*

L'any 1950, W. Fred Cottrell, sociòleg a la Universitat de Miami (Ohio), estava impressionat per com havia operat històricament el que ell anomenava «el canvi tecnològic», usant una quantitat sempre creixent d'energia de més d'alta qualitat (especialment combustibles fòssils) per treballador per realitzar una mateixa tasca econòmica específica. Segons Cottrell, la Revolució Industrial era en termes econòmics revolucionària perquè el treball de l'ésser humà era substituït per quantitats enormes

d'energia que anomenava inanimada, fòssil o fantasma, que és l'origen del terme utilitzat per W. Catton l'any 1980. Cottrell va observar que les societats adopten generalment una nova tecnologia i ús d'energia associat només si lliura un «superàvit» de treball útil, i potencial major, per tant, per produir mercaderies i serveis. L'expansió econòmica sense precedents de la Revolució Industrial i social es produïa en gran part perquè l'excés d'energia lliurat pels combustibles fòssils doblava el produït per les fonts d'energia renovable disponibles abans de la revolució.

#### *1949-60 M. King Hubbert*

Hubbert, un geofísic, va quedar impressionat per la correlació notable entre l'explosió de la civilització humana i la transició a una economia moguda per combustibles fòssils. L'any 1949, havia fet prediccions alarmants sobre l'esperança de vida de l'era dels combustibles fòssils. L'any 1956, va redactar un informe conegut com la corba d'Hubbert que estima que la producció petrolífera domèstica dels Estats Units arribaria al seu zenit en 60 anys: «... l'època dels combustibles fòssils com a font important de l'energia industrial serà només un esdeveniment efímer». Hubbert era tan clar com Soddy: «... quan hom parla de l'estat del creixement del PIB, no tinc ni la més remota idea de què significa; intento traduir-ho a carbó, petroli, acer i d'altres quantitats físiques necessàries per fer funcionar una indústria... El PIB és una entitat monetària de comptabilitat, obeeix a les lleis dels diners –lleis matemàtiques–, pot crear-se o destruir-se, però no obeeix a les lleis de la física.»

#### *1950 Howard T. Odum*

A *Environment, Power and Society* de 1950, Howard T. Odum usa el flux d'energia per analitzar la combinació entre sistemes humans i natura. Odum combina la teoria de la selecció natural de Darwin i el principi del màxim treball de Lotka, el procés dels ecosistemes per maximitzar l'energia disponible. Odum argumentava que l'energia era la font del valor, la riquesa econòmica. En qualsevol lloc on hi hagués un flux de diners, hi havia un requisit en flux d'energia. Odum explicava que els diners s'utilitzen per comprar necessitats –mercaderies i serveis– derivades de la degradació d'energia. Cada compra funciona en el sistema econòmic com una retroalimentació; estimula més demanda d'energia, que ha de ser extreta de l'estoc, per introduir-se dins de l'economia i produir més mercaderies i serveis. Els diners circulen en un cicle tancat, mentre que l'energia de baixa entropia entra des de l'exterior –la biosfera– en el sistema de preus, s'utilitza per a tasques econòmiques i surt del sistema econòmic sempre com a calor degradada.

#### *1975 Robert Constanza*

Sobre la hipòtesi d'Odum –subjecta a comprovació empírica–, Constanza estudia la relació entre l'energia directa i la indirecta usada per produir un bé o un servei als Estats Units i el valor monetari associat a la seva transacció de mercat. Constanza utilitza el terme «energia incorporada» per descriure el cost energètic total del bé o servei. Va demostrar que hi havia una forta relació estadística entre el contingut en energia incorporat d'un bé i el seu valor monetari si els càlculs incloïen una estimació dels costos energètics de serveis del treball, serveis públics i ús directe de combustible.



### 1970 Earl Cook

Earl Cook, degà de Geociències a la Universitat de Texas A&M, va escriure l'any 1970 *Man, Energy and Society*, un dels llibres més complets sobre energia. Earl Cook desconfiava del perill associat a la incompatibilitat d'una fervent, gairebé religiosa, devoció de la societat pel desenvolupament econòmic, i del fet que aquest creixement depenia d'un estoc finit i no renovable de combustibles fòssils. Declara: «Els americans van començar amb fusta, van canviar al carbó i després al petroli en una cursa per aconseguir el lideratge del món en riquesa material –mesurada en tones– i en força militar. Sense energia abundant i barata, Europa no hauria pogut refer-se tan sorprenentment ràpid dels estralls de la Segona Guerra Mundial, i el Japó no hauria pogut assolir el seu estatus de potència industrial.»

Cook argumentava que la societat industrial, i els Estats Units en particular, farien front a una disminució dels seus recursos sense parió en la Història. Davant d'aquesta ràpida disminució de la qualitat dels combustibles, la societat industrial té dues opcions, l'opció del «progrés» –creure que un canvi tecnològic omnipotent i les lleis econòmiques ens rescataran de qualsevol problema relacionat amb els recursos– o l'opció de la prudència –ajustar els nostres valors i modes de vida a la realitat de l'energia i del recurs.

### 1978 Energy Research Group (ERG)

Els últims que analitzem són B. Hannon, R. Herendeen i C. Bullard de l'Energy Research Group (ERG) de la Universitat d'Illinois. En plena crisi de l'energia, van desenvolupar un model *input-output* de l'economia dels Estats Units basat en el flux d'energia. Hannon va argumentar que els Estats Units havien d'adoptar polítiques fortes de conservació d'energia per compensar la disminució de les fonts de combustibles fòssils domèstics i la seva creixent dependència de fonts no nacionals. Hannon va proposar un racionament de l'energia mesurada en cupons canviables per treball que proporcionarien el control i la responsabilitat directa de l'ús de l'energia al consumidor. Hannon defensava que els consumidors havien de tenir més informació sobre els impactes que les seves decisions representaven en la demanda energètica: «Cal un coneixement dels recursos energètics disponibles, anàleg al d'un compte d'estalvis o de la nostra pila de llenya acumulada davant de la xemeneia. L'absència d'aquest coneixement és l'arrel del problema...»

### 1900-1980 De la sociologia a la capacitat de càrrega de W. Catton

E. Durkheim funda l'any 1900 la sociologia clàssica, que pretén explicar fets socials només amb fets socials. L'any 1925, als Estats Units, l'ecologia humana va ser establerta com a camp sociològic per R. D. McKenzie, sociòleg de Chicago, influït pel treball de Frederic E. Clements que postulava l'any 1916 que «... una comunitat social era un super-organisme i, com els ecosistemes, les comunitats humanes seguien patrons fixos en les etapes de successió». Chicago va ser escollida per R. Park, E. Hughes i F. Znaniecki com el gran laboratori on es podien estudiar comportaments específics. L'any 1950, l'Ecologia antropològica adopta amb R. B. Lee i R. Rappoport l'estudi del flux d'energia de l'ecologia moderna d'A. Tansley i Odum. L'any 1975, W. Catton és elegit president del Comitè de Sociologia Ambiental de l'ASA. Per superar el paradigma de Durkheim, utilitza els treballs de l'escola de Chicago i dels seus col·legues de l'Ecologia antropològica per sortir del marc de la sociologia. «Els sociòlegs ambientals se surten considerablement de la disciplina per la negativa total d'aquesta de fer front a factors no socials com ara el consum de recursos naturals i la degradació ambien-

tal». L'ecologia moderna necessitava la natura dels serveis prestats pels ecosistemes en forma de fonts o dipòsits de recursos, embornals de residus i hàbitat, mitjançant una unitat de l'ecologia: l'hectàrea d'ecosistema.

### 1980 W. Catton amplia la capacitat de càrrega

Al capítol 3 del clàssic *Overshoot*, W. Catton proposa ampliar el concepte de capacitat de càrrega de Podolinsky, Pfaundler i H. F. Osborn amb dues idees per incorporar-hi el comerç, la capacitat invisible de Borgstrom i G. hardin i la capacitat de càrrega fantasma de Cotrell.

1 3.000 kcal o el salari d'un dia; un tàler és la unitat de Marx, que reapareix als Estats Units com a esclau energètic.

#### *Capacitat de càrrega invisible*

L'any 1965, G. Borgstrom, científic nutricionista de la FAO, al seu article «Hungry Planet», dedica un capítol a la capacitat de càrrega –*carrying capacity*– i inventa el concepte d'hectàrees invisibles, que discrimina entre hectàrees importades –*trade acres*– i hectàrees marines –*fish acres*: «... un gran nombre de nacions han superat la capacitat de càrrega (*Net Primary Productivity*) dels seus límits geogràfics i polítics. Això ha estat possible només perquè aquesta capacitat era invisible; és a dir, s'ubicava en un altre racó del planeta –*trade acres*. El menjar per a la població dels països desenvolupats era només parcialment subministrat per hectàrees visibles, en forma de granges i pastures. Una fracció cada vegada més important s'importava. Les hectàrees marines expressen hectàrees addicionals d'aigües productives –fora dels seus límits– que haurien de ser proveïdes per la nació per satisfer la demanda de la seva població». La pregunta que formulava és òbvia: «El dia en què tots els països siguin densos i urbans, on anirem a buscar les hectàrees invisibles?» G. hardin explicava que, l'any 1968, un nombre de nacions va estendre unilateralment els seus límits territorials marins de les tradicionals 3 milles a 200 milles marítimes. En fer això, els Estats Units van restringir les proteïnes marines que menjarien els japonesos aquell any un 44%.

#### *Capacitat de càrrega fantasma*

W. Catton cita Cotrell, que explicava que l'invent de J. Watt havia augmentat la dependència d'esclaus energètics importats del passat: «L'energia consumida per un treballador és de 3.000 kcal; aquest esclau energètic equival a 1 milió de kcal/any. L'any 1980, l'energia *per capita* mundial mitjana equival a 10 esclaus energètics; els ciutadans dels Estats Units consumeixen 80 esclaus energètics per habitant/any.» L'Hungry Planet de Borgstrom consumia 2 esclaus energètics per habitant/any. Cotrell recordava que, de tota aquesta energia: «... el 90% no deriva del flux solar i és importada del passat. L'any 1980, un esclau energètic costa 16 \$/any; el mateix contingut energètic obtingut de biocombustibles costa 208 \$.» W. Catton afegeix: «... si estenem la idea de G. Borgstrom a l'energia, és evident que depenem d'energia formada en la prehistòria. L'energia inanimada-fòssil pot fer-se visible si la convertim en les granges necessàries per plantar hectàrees de biocombustible amb un contingut energètic equivalent a l'energia substituïda. Aquestes hectàrees són una mesura explícita de la capacitat de càrrega prehistòrica –o fantasma.

#### *La capacitat de càrrega extreta per la població dels Estats Units*

W. Catton amplia la seva definició de capacitat de càrrega expressant-la en hectàrees visibles, invisibles i fantasma. W. Catton es pregunta quina és la capacitat de càrrega fantasma d'un americà l'any 1980. Un americà consumia 58 barrils de petroli, unes

6,9 hectàrees. Aquell any, els nord-americans disposaven de 2,02 ha/h., per la qual cosa la capacitat de càrrega fantasma era de 4,88 ha/h. Amb 230 milions d'habitants, el 5% de la població, els Estats Units s'apropriaven de 1.122 milions d'ha, el 20% de la terra emergida productiva.

### *Senyals de l'excés*

En el cas de competició per recursos, l'espècie humana adopta patrons repetits; G. hardin explicava que, mentre l'estoc sembla il·limitat, les nacions competeixen invertint capital en factors productius per augmentar les seves captures anuals; quan la taxa d'extracció supera la taxa de reposició, apareix la fase d'escassetat. En el cas de la pesca, l'extracció superava 100 vegades el temps de reposició. W. Catton es pregunta: quina és la taxa d'extracció de carboni respecte a la taxa de reposició de l'atmosfera? P. Cloud, bioquímic, respon: «la taxa d'absorció del carboni per la fotosíntesi és de 0,6 GTC/any, i el món emet 4 GTC/any». La segona superava la primera en 10.000 magnituds: això de la capacitat de càrrega pintava cada vegada pitjor.

### **1965-95 De l'economia neoclàssica a la bioeconomia**

L'any 1980, W. Catton havia construït la metodologia que seguiria W. Rees, que tenia, a més, un parell d'asos a la màniga. El primer, ser president d'Ecological Economics al Canadà. Com mesurar la demanda de capital natural per part de l'economia? W. Rees utilitza la distinció entre fluxos i estoc de Georgescu-Roegen –pare de l'Ecological Economics. Representa el món com una peixera farcida d'un estoc produït lentament pel flux solar. L'estoc és el capital natural, del qual s'extreu un ingrés/renda. Si l'estoc disminueix a una taxa superior a la seva velocitat de reposició, ens descapitalitzem i disminueix el nostre estoc. W. Rees ens recorda que «... per posar un peix al nostre plat, cal un estoc i factors productius: una flota pesquera, factories per enllaunar-lo, comercialitzar-lo i distribuir-lo». Repren l'argument de G. hardin: «... si tots els factors productius fossin substituïbles, podríem incrementar-los augmentant el capital i la flota infinitament; però, si l'ecosistema s'esgota, una inversió infinita en capital no és capaç de produir ni una sola unitat de biocapacitat. El model neoclàssic no funciona perquè els preus haurien de reflectir l'esgotament dels béns; els preus no reflecteixen gens la fragilitat de l'estoc, fins que se'n produeix l'esgotament.» El segon as a la màniga de W. Rees és R. Constanza, també d'Ecological Economics, que disposa de bases de dades sobre energia incorporada de béns de consum.

### **1823-2008 Flux d'energia i canvi climàtic**

#### *1827-1930 Història de la climatologia*

La sinopsi telegràfica de la climatologia comença l'any 1827 amb Fourier, que formula una hipòtesi: l'atmosfera es comporta com el vidre d'un hivernacle escalfant el planeta, perquè certs gasos atmosfèrics que cobreixen el planeta són transparents a la llum del sol, però no a la «radiació fosca». J. Tyndall construeix l'any 1865 el primer radioespectròmetre per mesurar el forçament radiatiu d'aquests diferents gasos, vapor d'aigua, diòxid de carboni, ozó i hidrocarburs. L'any 1895, Svante Arrhenius, químic i primer premi Nobel de Suècia, demostra que si les glaciacions estan associades a una menor activitat fotosintètica, la concentració de diòxid de carboni havia de ser menor, i dedueix que durant les glaciacions es produïa una retroalimentació –una paraulota complicada però que caldrà recordar– que accelerava la glaciació mateixa. La resposta numèrica d'Arrhenius era rudimentària, però útil: si la concentració de

CO<sub>2</sub> es reduïa un 50%, la temperatura superficial de la Terra baixaria 4 °C - 5 °C. L'any 1938, un altre premi Nobel, l'enginyer de turbines G. S. Callendar, es va dedicar a recollir mesuraments de temperatura del segle XIX fins a 1938, i va descobrir increments de prop del 10% en 100 anys. El problema era que el mesurament atmosfèric del CO<sub>2</sub> al continent era erràtic. Els càlculs d'Arrhenius donen un escalfament de 0,03 °C per dècada. Aquesta dada era més incòmoda, per la qual cosa ràpidament es va argumentar que els oceans absorbirien tot el CO<sub>2</sub> addicional que es bombés a l'atmosfera.

#### *1950-60 Científics i militars*

L'any 1947, W. Libby es dedicava a la datació de restes arqueològiques i antropològiques amb una tècnica militar que havia dut H. Suess de la seva experiència en investigació militar atòmica, a Alemanya, sobre l'enriquiment d'isòtops de carboni 14: «La USAF no tenia interès a datar l'edat de les mògies egípcies, però estava molt interessada a detectar residus de les proves nuclears soviètiques.» L'any 1953, Suess sabia com el carboni fòssil era capturat pels arbres, i va pensar que havia de ser possible mesurar l'absorció a través dels oceans: «... l'estudi del carboni dissolt ens donarà alguna pista sobre la seva circulació en els grans dipòsits». Segons Plass i H. Craig, el problema dels oceans es dividia en dos factors: la química d'absorció –en superfície– i la mescla en profunditat. El problema era que els càlculs del temps de permanència de la molècula de CO<sub>2</sub> en l'atmosfera, abans de penetrar als oceans, variaven de 16 hores (Dingel, 1954) als 1.000 anys estimats per Plass. L'oceanògraf R. Revelle, primer químic que va estudiar l'aigua marina l'any 1935, amb una bona entrada en la US Navy –havia inventat un sistema per detectar submarins japonesos i alemanys durant la Segona Guerra Mundial–, és nomenat l'any 1945 director de l'Institut Scripps, on contracta Suess i Craig per estudiar el C<sub>14</sub>. L'any 1946, és enviat per la Navy a estudiar les explosions nuclears de les illes Bikini, i posa al geoquímic P. Cloud a estudiar l'activitat bioquímica de les llacunes. Cloud tardaria uns anys a desenvolupar les tècniques de micropaleontologia que permetien inferir els nivells d'oxigen i diòxid de carboni dels últims 600 milions d'anys. Per a això, recorre tots els continents –Àfrica, Sud-amèrica, la Xina, la Sibèria, Austràlia i Amèrica del Nord– per estudiar els embornals de diòxid de carboni. L'any 1954, tenen sort; una prova nuclear fereix la tripulació d'un vaixell pesquer japonès. La National Academy of Science (NAC) sol·licita un informe sobre riscos. Per tenir una resposta, la US Navy fa explotar una altra bomba nuclear a 2.000 peus de fondària. L'equip de Revelle descobreix que els residus nuclears formen estrats de capes d'un metre d'espessor distribuïdes en un diàmetre de 100 km<sup>2</sup>, sense barrejar-se amb la resta de l'aigua. La resposta era: «els residus quedaran inalterats durant cents d'anys». R. Revelle declara: «... el mateix passaria amb qualsevol altra cosa, incloent-hi el CO<sub>2</sub>...» De cada 100 molècules introduïdes, 10 serien dissoltes per l'aigua superficial, però la cascada de reaccions expulsaria la resta a l'atmosfera. Si la dissolució completa de 100 molècules de CO<sub>2</sub> estava en l'ordre de diversos cents d'anys, l'escalfament global d'Arrhenius estava servit. Però calia trobar les 90 molècules de CO<sub>2</sub> atmosfèric mesurant la concentració de CO<sub>2</sub> atmosfèric. R. Revelle, que contracta Keeling per treballar en el Scripps, coneixia una tècnica que permetia mesurar la composició de gasos –l'espectrofotòmetre d'infraroigs. Keeling en compra dos exemplars i col·loca el primer en un laboratori al cim del volcà Mauna Loa; col·loca el segon en una estació a l'Antàrtic, amb la col·laboració dels submarins nuclears de la US Navy. L'any 1960, Keeling publica les

dades del període 1957-60; l'increment era el previst per Suess i R. Revelle. Però el que no podien explicar és que en els viatges a l'Àrtic Keeling mesurava el gruix de la capa del gel –el Pentàgon va considerar aquesta dada un secret militar, revelat 40 anys després. Keeling, Suess i R. Revelle sabien que entre 1954 i 1994 el gruix de gel s'havia reduït un 40%.

#### *1960-85 Canvi climàtic i política*

L'any 1963, l'Administració de J. F. Kennedy va retallar el pressupost i va decidir abandonar el laboratori de l'Àrtic. Només quedava Mauna Loa. L'Administració de Nixon va començar a argumentar l'any 1969 que això de mesurar el CO<sub>2</sub> era avorrit i Mauna Loa es podia quedar sense diners. F. K. Hubbert, Cottrell, Herling, Schumacker i J. Randers-W. Beherens (*Limiths to growth*), van pressionar l'Administració, i G. Ford (1973-77) va crear el programa Global Monitoring of Climatic Change, dirigit per l'ERDA de D. Slade. L'any 1977, l'Administració de J. Carter en nomena responsable A. Weiberg, enginyer nuclear, redacta i aprova la primera llei –la National Climate Act–, finança un programa sobre l'estudi del clima, sota la direcció de la NOAA, i multiplica el pressupost de D. Slade per vuit. L'any 1981, l'Administració de R. Reagan decideix acabar amb l'«ambientalisme alarmista», retalla fons i destitueix E. Fierman del DOE i a D. Slade. R. Revelle acudeix al seu exalumne Al Gore Jr. i el convenç per organitzar una sessió televisada al Congrés amb S. Schneider i P. Cloud; davant del focus de l'atenció pública, ningú no es va atrevir a suprimir el programa de Mauna Loa.

#### *1970-1997 La ciència del canvi climàtic*

L'any 1968, P. Cloud havia construït el millor model biogeoquímic de la Terra en estat primitiu. L'any 1975, entra en contacte amb el Goddard Space Flight Center, la NASA i el seu director, J. Hansen. J. T. Houghton, físic atmosfèric que col·laborava des de 1970 amb el Goddard, supervisa els mesuraments dels satèl·lits Nimbus. L'any 1981, a l'article publicat a *Science* «Impacte climàtic de l'increment del CO<sub>2</sub> atmosfèric», J. Hansen desglossa les equacions d'un model climàtic amb unes primeres estimacions que prediuen que la concentració de CO<sub>2</sub> en l'atmosfera provocaria un escalfament global més ràpid del que es preveia. Entre 1981 i 1990, W. S. Broecker i Dansgaard impulsen un programa de perforacions de gel a Groenlàndia. Analitzant l'aire del passat, els científics remunten la concentració del CO<sub>2</sub> atmosfèric fins a l'edat del gel. Un tall va demostrar que en els 420.000 anys anteriors el CO<sub>2</sub> havia arribat a concentracions de 180 ppm durant els períodes glacials més extrems, i havia pujat fins als 280 ppm en les èpoques més càlides de l'Allerød, però mai no havia estat més elevat. En l'aire exterior, els mesuraments assolien 350 ppm. L'any 1988, es crea l'IPCC, coordinat per Houghton com a director del Hadley, que l'any 1993 resumirà la investigació rellevant amb escenaris d'escalfament de +1,4 °C a +5,8 °C per a l'any 2100. Finalment, l'any 1997, es firma el Protocol de Kyoto amb el compromís mundial de reduir per a l'any 2012 les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle un 5,2% per sota del nivell de 1990. El Protocol va ser ratificat l'any 2005 per més de 140 països.

#### *1981-2006 Canvi climàtic i política*

Aleshores, J. T. Houghton era llest i no pas J. Hansen? No ben bé. L'article a *Science* de 1981 li havia costat a J. Hansen una retallada de fons dràstica. El maig de 1989, amb l'Administració de Bush Sr., en una reunió del Congrés, Al Gore critica Hansen

per contradir-se en un testimoni escrit. Hansen interromp Al Gore i li revela que l'últim paràgraf que ha llegit, ell no l'ha escrit, sinó que algú altre l'ha incorporat al text. L'any 2004, amb l'Administració de Bush Jr., Hansen declara en entrevistes a l'*ABC News*, *The Washington Post* i *The New York Times* que el Departament de Relacions Públiques de la NASA revisa les ponències públiques del Goddard. L'any 2006, esclata l'escàndol: Hansen denuncia en el programa de TV *60 Minuts* que la Casa Blanca redacta comunicats de premsa adreçats a les agències federals per disminuir la importància del canvi climàtic. La denúncia va provocar una investigació del Congrés. L'inspector del FBI encarregat de la investigació va declarar: «La nostra investigació ha establert que des de l'any 2004 fins a l'any 2006 el Departament de Relacions Públiques de la NASA ha distorsionat la informació sobre la ciència del canvi climàtic amb l'objectiu de reduir, marginalitzar o infravalorar la seva comprensió pel públic.»

### *2003-2008 Escenaris i urgències sobre el canvi climàtic*

W. S. Broecker explica que durant l'escalfament de l'Allerød fa 11.500 anys la circulació termohalina es va aturar, i es va reiniciar dos-cents anys després del Younger Dryas. Per què? El carboni de l'oceà superficial és drenat gradualment cap a les profunditats. En aquesta nova modalitat, les aigües profundes alliberen més calor a l'oceà sud que, transportat pel corrent, reapareix a l'Antàrtic i produeix el desglaç. En fondre's, la nova massa d'aigua –amb menor salinitat– empeny l'aigua salina i reinicia la circulació. Per parar la circulació, els oceans s'han d'escalfar entre +4,5 °C i 5 °C. La interrupció ha produït en el passat canvis abruptes. Si es produís la «parada», el nord d'Europa es refredaria, Irlanda tindria el clima de Suècia i els boscos bàltics desapareixerien substituïts per tundra. L'any 2001, J. Hansen va publicar un article sobre escenaris i estratègies. Suggereix a curt termini concentrar-se en el carbó per prohibir-ne l'ús –si no és viable una captura segura del carboni. Declara: «... no veig com podem evitar que el gas i el petroli acabin en l'atmosfera perquè són propietat de Rússia i l'Aràbia Saudita. Podem fer els nostres vehicles més eficients, però aquest petroli s'acabarà utilitzant i acabarà en l'atmosfera. No és tan important la velocitat d'emissió. El que sí podem fer és interrompre l'ús del carbó.» En un altre article de 2007, declara: «El desglaç de Groenlàndia i l'Antàrtic pot tenir un comportament no lineal, a causa de múltiples retroalimentacions. Hi ha indicis que el desglaç dobra la seva velocitat cada 10 anys, en una progressió aritmètica que assoliria els 500 cm l'any 2105 (...) no puc garantir que l'exponencial descrita sigui la correcta, però m'hi jugo 1.000 dòlars contra una rosquilla que està més pròxima a la realitat que una velocitat de desglaç lineal –que assoliria 30 cm l'any 2105. El model climàtic de l'IPCC carregat amb l'escenari «sense canvis», desemboca en concentracions de 750 ppm per a les quals es prediu un escalfament de +3 °C per a l'any 2100 i una expansió dels oceans de 20 a 60 cm l'any 2100. Aquest model només inclou els canvis «ràpids», no els canvis «lents» associats a les retroalimentacions. Si el model de l'IPCC és correcte, les capes de gel resistiran el forçament actual durant un mil·lenni; si és incorrecte, W. S. Broecker tindria raó i les dades paleo-climàtiques demostren que fa 12.000 anys es van produir increments de 20 metres en un període de 400 anys, amb proporcions d'1 m/20 anys, en èpoques en què el forçament era de 280 ppm.» Els garanteixo que J. Hansen parla seriosament i reclama l'estabilització d'emissions a 350-400 ppm l'any 2050.

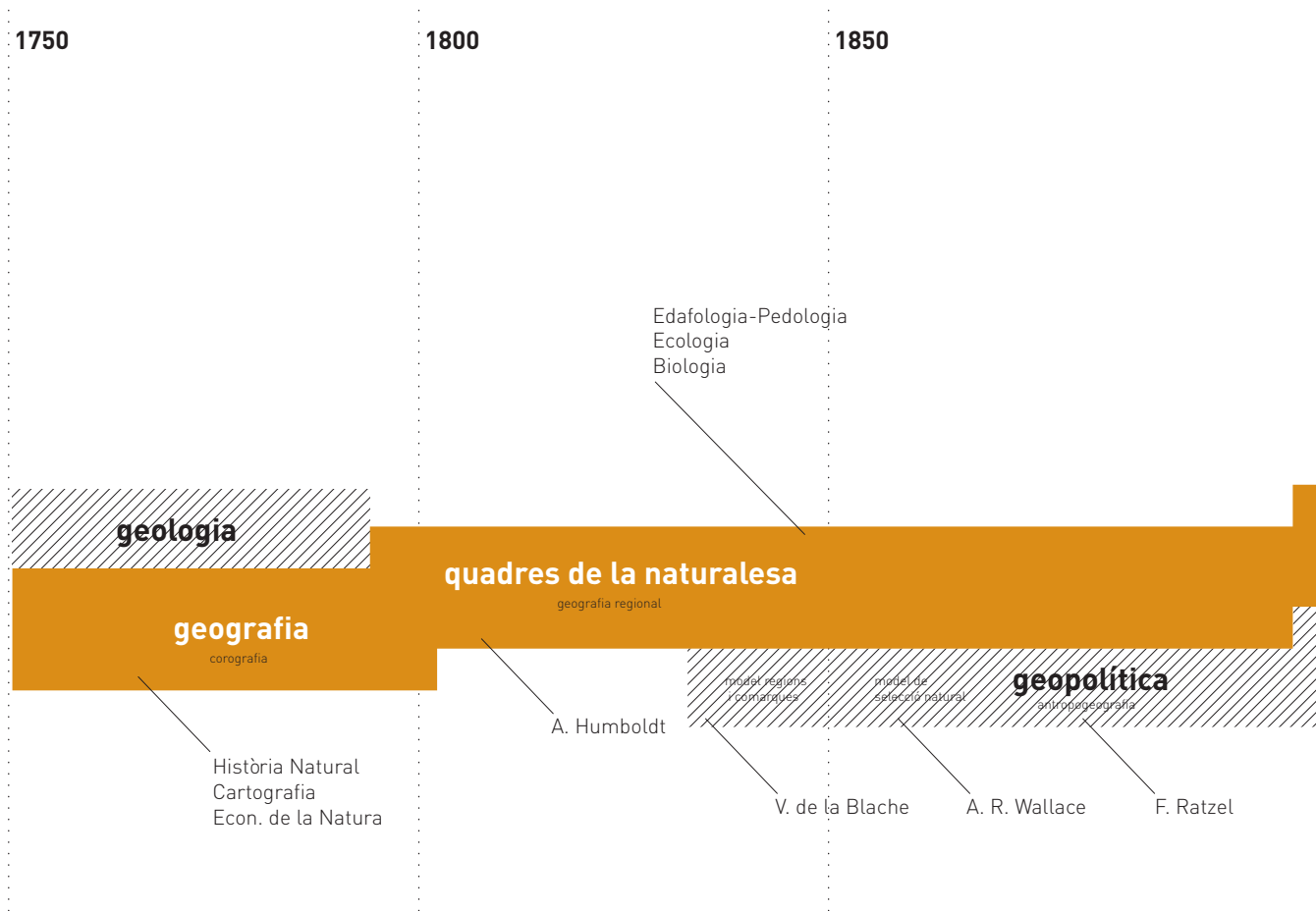
### La síntesi de la petjada ecològica

W. Catton i W. Rees coneixien la història; Pfaundler havia fornit el mètode i la llista de béns de consum; Podolinsky, les hectàrees visibles en alimentació; Borgstrom, les hectàrees invisibles en alimentació, H. F. Osborn, la necessitat d'incorporar les hectàrees del comerç de béns; les hectàrees de treball requerides per Clausius són transformades en hectàrees fantasma per Cotrell, i M. K. Hubbert, P. Cloud i W. Catton les transmutaran en hectàrees d'absorció de CO<sub>2</sub>; Constanza, Hannon i Bullard havien aportat els llistats d'energia útil i grisa dels béns de consum, i Revelle i Keeling són els herois d'aquesta història. Avui, W. Broecker i J. Hansen ens recorden la urgència d'una regulació del CO<sub>2</sub> més allà de Kyoto que incorpori el comerç mundial i d'una estabilització a 400 ppm. W. Rees va aportar la seva capacitat de síntesi i el seu *alter ego* M. Wackernagel –la nova generació que utilitza la Xarxa– difon l'indicador i calcula la petjada mundial: 1,87 ha de biocapacitat mundial i 2,2 ha de petjada mundial, i crea escenaris. El tercer as a la màniga de W. Rees i M. Wackernagel és la seva formació de base de planificadors urbans, que no apareix en aquesta història, quelcom que no deixa de sorprendre quan el 50% de la Humanitat viu en entorns urbans, i la petjada urbana és més del 50% de la petjada total i es compon sobretot d'*energyland*. Vejam si després de 125 anys, aquesta gent de la petjada ecològica tindrà la raó.

### Influències i lectures que van portar W. Rees i W. Catton

#### a definir la petjada ecològica

- Home versus natura; Filòsofs; Plató, Aristòtil.
- Economia clàssica versus bioeconomia.
  - S. Jevons «The coal question», K. Boulding (1968) «Earth spaceship», N. Georgescu-Roegen H. Daly (1970) «*steady state*».
- Demògrafs, P. K. Whelpton i W. Thompson.
- Nutricionistes, F. Quesnay «*Tableau Economique*», G. Borgstrom i G. Hardin (1968).
- Termodinàmics; R. Clausius, S. Podolynski, L. Pfaundler, F. Soddy, F. Lotka, Cotrell (1955) «*Energy and Society*», Ayres Sr. & Scarlott (1955), F. K. Hubbert (1969) «*peak of oil*».
- Geògrafs/biòlegs/conservacionistes, J. Evelyn «*Sylva: A discourse of forest, trees, and the propagation of timber*», G. Perkins-Marsh «*Man and Nature*», W. Vogts (1940) «*Road to survival*», H. Fairfield Osborn (1948) «Our Plundered Planet» i S. H. Ordway (1956) «*Resources of the american dream*».
- Urbanistes, P. Geddes, Mumford.
- Senyals d'excés sobre la capacitat de càrrega. G. hardin (1968), P. Cloud, H. Daly (1970) «*steady state*» i F. K. Hubbert (1969) «*peak of oil*», P. Erlich, Vitousek.
- Canvi climàtic i química atmosfèrica.



**A. von Humboldt**  
naturalista (1769-1859)



Geògraf i explorador prussià. És considerat un dels últims il·lustrats i el pare de la Geografia Moderna Universal. Gran viatger i observador del medi i documentador.

**Vidal de la Blache**  
geògraf (1845-1918)



Destacat impulsor de la geografia moderna. Va desenvolupar els seus estudis al nivell de comarca i de regió, on interactuen fenòmens físics imants.

**Alfred R. Wallace**  
geògraf (1823-1913)



Naturalista. Reconegut pel terme *selecció natural* i la seva introducció, en paral·lel a Darwin (net). Darwin el visita, i resulta codescobridor de les teories més conegudes.

**Carl Sauer**  
geògraf (1889-1975)



Desenvolupa la teoria del paisatge, que diu com la metodologia per explicar el paisatge cultural resulta de la superposició de moltes capes del paisatge natural.



1900

1950

2000

Biologia de Poblacions i Sistemes  
Holisme  
«Urbanisme Ecològic»

C. Troll

V. B. Sochava  
M. de Bolós

biogeografia

geosistema

**ecologia del paisatge**

geoecologia

Climatologia  
Ciències de la Terra  
Bioeconomia

**geografia humana**

paisatge cultural, morfologia del paisatge

C. Sauer

**Carl Troll**  
ecòleg (1899-1975)



Introduïdor del concepte d'*ecologia en el paisatge*. Reprèn idees de Humboldt per exercir el la seva anàlisi i pensament. Proper a la geografia cultural de Sauer.

**Viktor B. Sochava**  
ecòleg (1905-1978)



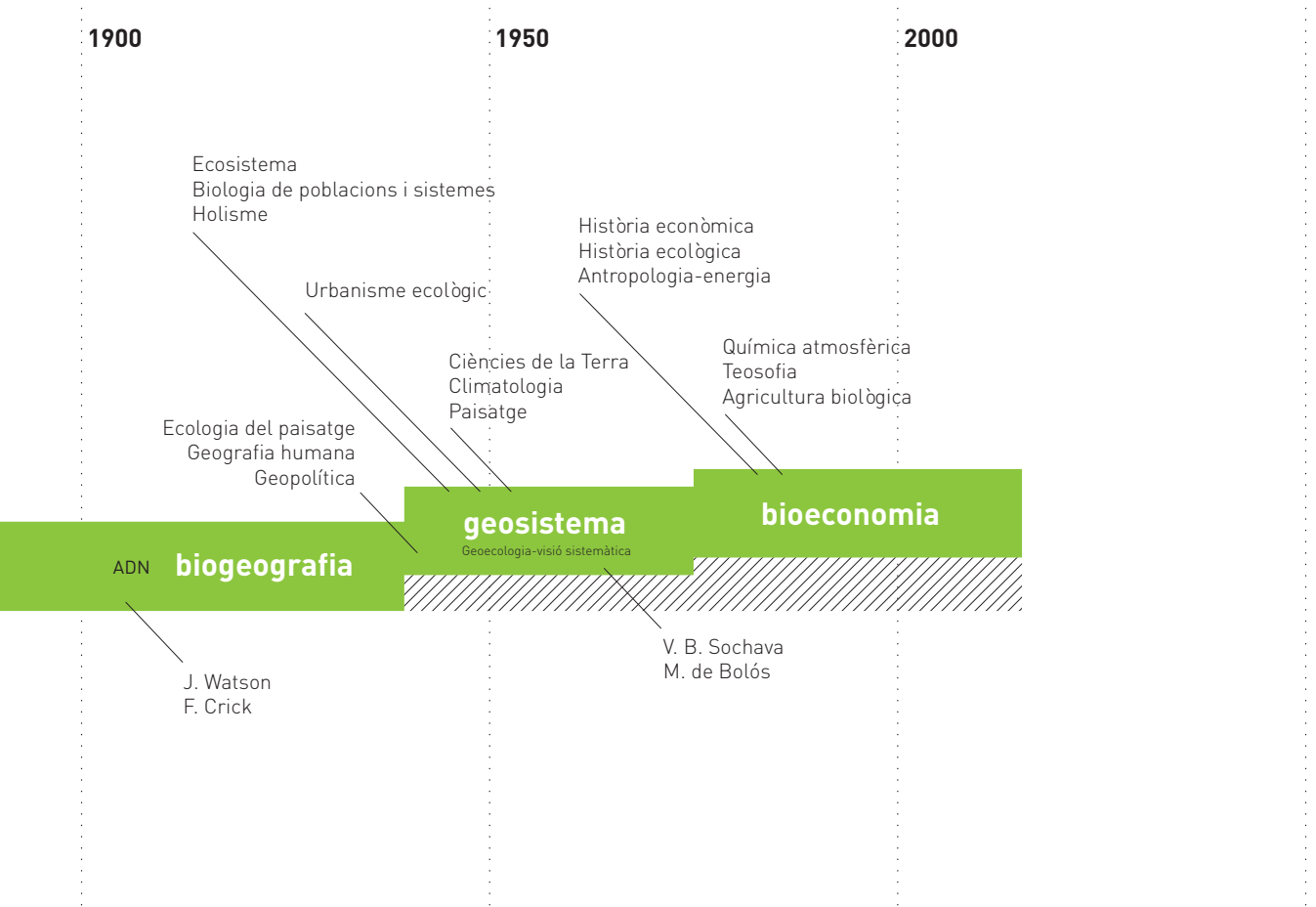
Aparició del concepte de *geosistema* com a idea transdisciplinària per interpretar el paisatge des d'una disciplina científica. Tendència reforçada a partir de les idees de Troll.

**Maria de Bolós**  
geògrafa (1926-...)



Posicionada en una branca de la geografia, que es defineix a partir de conceptes transdisciplinaris, aplicats al territori i al paisatge.





**August Weissmann**  
biòleg (1834-1914)



Investigacions en zoologia (dípters). Conegut per les investigacions en la teoria de l'herència a partir del plasma germinal (base de noves cèl·lules).

**Gregor Mendel**  
naturalista (1822-1884)



Fomula les lleis que regeixen l'herència genètica a partir dels treballs amb diferents variants de plantes i petits animals. Enuncia les Lleis de Mendel.

**William Bateson**  
genetista (1861-1926)



Considerat el pare de la Genètica teòrica moderna. Preocupat per temes de variació i herència. Estudiós del mendelisme.

**James Watson**  
biòleg (1928-...)

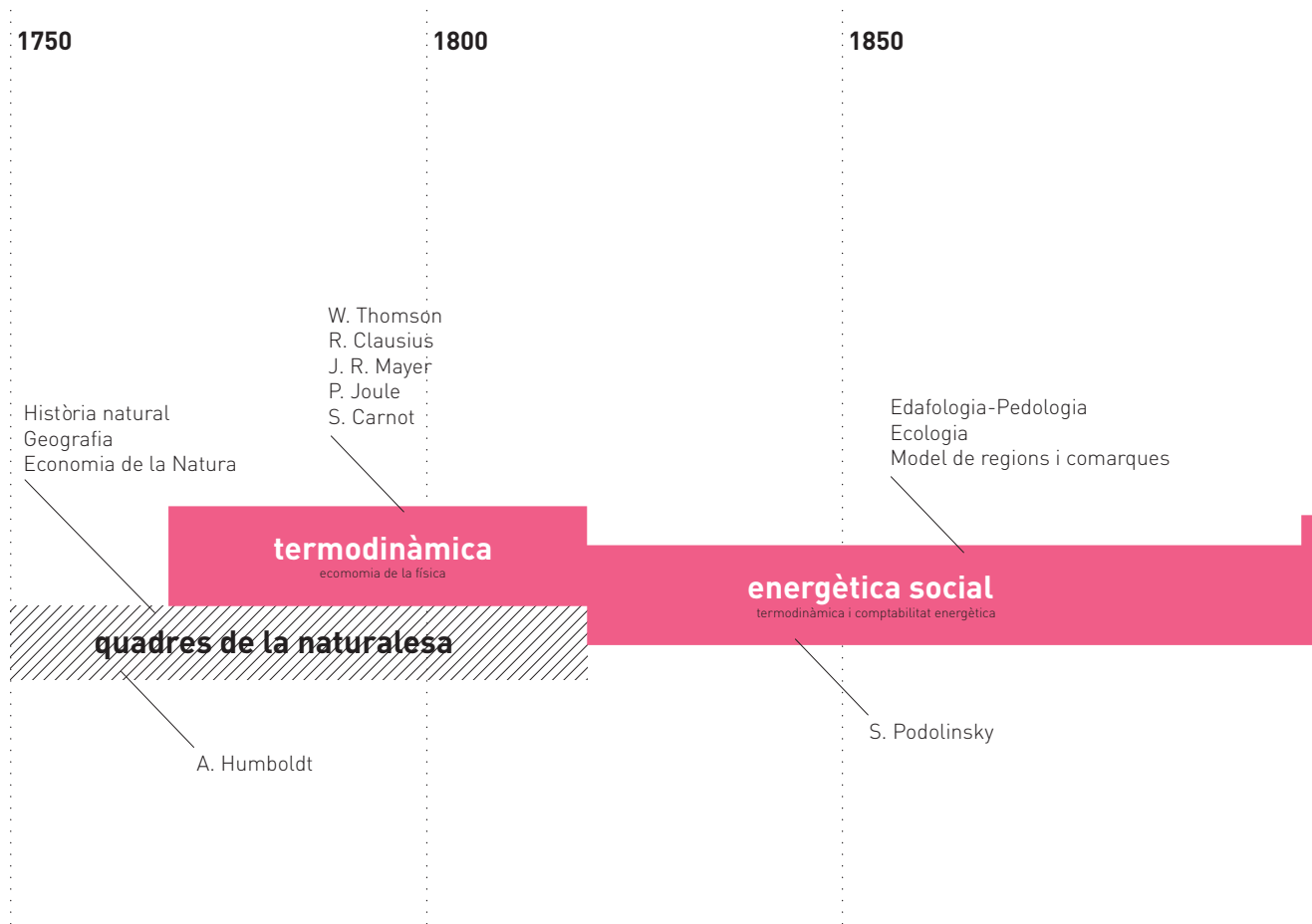


Va ser un dels descobridors de la estructura de la mol·lècula d'ADN. La idea era com descobrir el procés de «còpia» que proporcionava el codi genètic.

**Francis Crick**  
biòleg (1916-2004)



Codescobridor de la mol·lècula d'ADN. Basat en l'anàlisi de cristalls i les quatre bases químiques que el formen. Relacionat amb la formulació de substàncies prohibides.



**James P. Joule**  
físic (1818-1889)



Notable en la seva època en la investigació de l'electricitat i la termodinàmica. Estudia la naturalesa de la calor i la relació amb el treball mecànic.

**N. L. Sadi Carnot**  
matemàtic (1796-1832)



Pioner en l'estudi de la termodinàmica. Poc comprès entre els seus contemporanis. Formula com es determina el rendiment màxim d'una màquina.

**S. Podolinsky**  
metge (1850-1891)



Pioner en el desenvolupament del concepte de rendiment energètic d'un *input* en els usos de la terra [agricultura]. Condicions de la vida humana a la Terra.

**J. Popper-Lynkeus**  
físic (1838-1921)

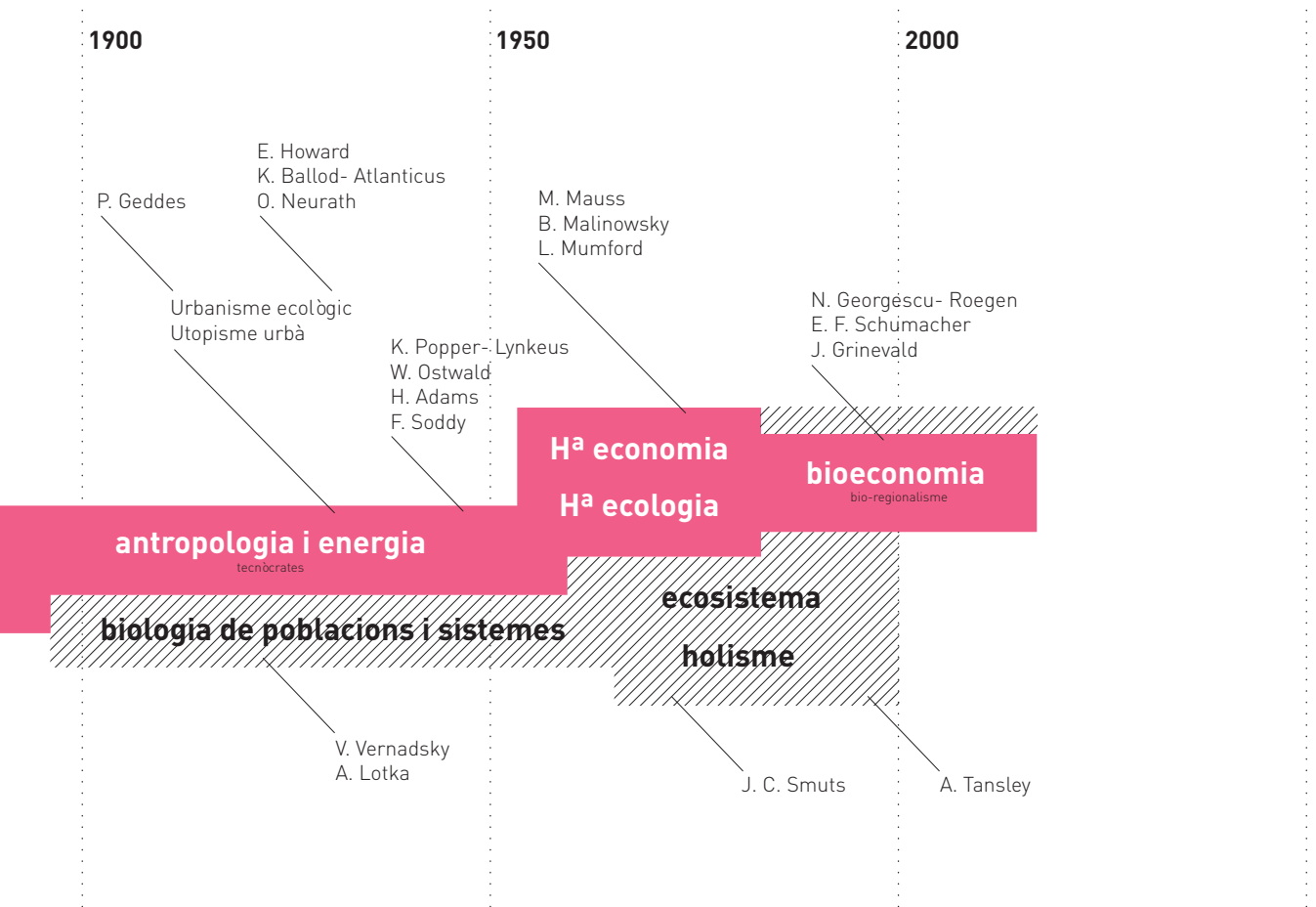


Inicialment va escriure articles sobre electricitat i navegació aèria. Propi al Círculo de Viena. Divideix l'economia en dues parts: subsistència i mercat.

**Patrick Geddes**  
biòleg i sociòleg (1854-1932)



Inicialment fa un intent d'aplicar la biologia per a l'estudi dels organismes socials. Més tard és reconegut com a expert en urbanisme [ecològic] i redefeix les línies econòmiques aplicades.



**Henry Adams**  
historiador (1838-1918)



Primer historiador que va relacionar períodes cronològics amb energia. Concretament va explicar més relacions amb la termodinàmica que amb els fluxos energètics.

**E. Howard**  
urbanista (1850-1928)



Conegut per la seva publicació. També es va preocupar per temes socials. Arriba a formar una associació, que va formular i realitzar la primera ciutat-jardí.

**Lewis Mumford**  
historiador (1895-1990)



Disposat a documentar la història de la tecnologia i la ciència americana. Principalment, l'estudi de les ciutats i l'arquitectura urbana. Influenciat per Geddes.

**N. Georgescu-Roegen**  
economista (1906-1994)

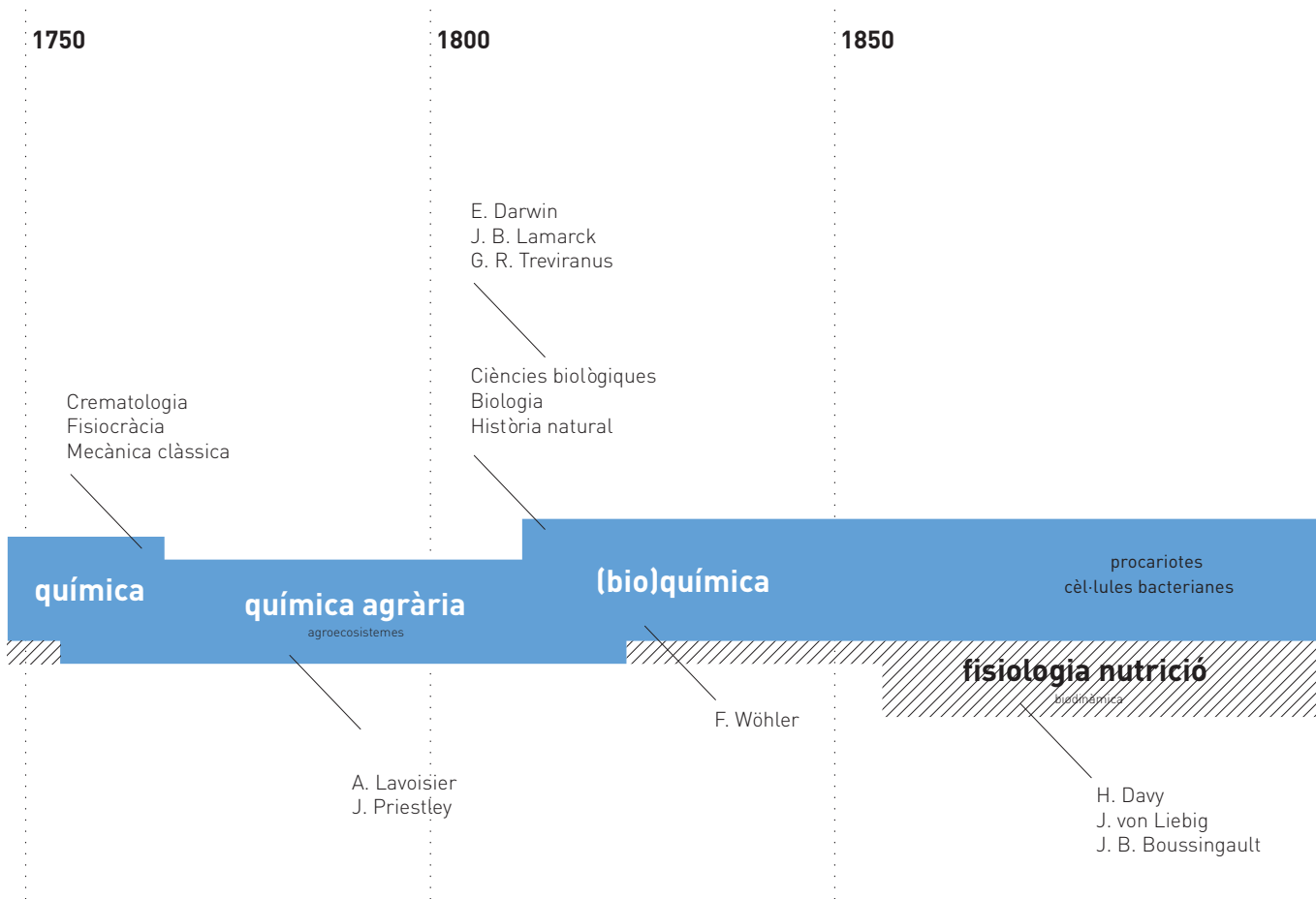


Alumne de Shumpeter. L'esgotament dels recursos i els efectes de la contaminació provoquen un judici del creixement econòmic. Formula el creixement 0 i la llei de l'entropia.

**Jacques Grinevald**  
filòsof (1945-...)



Pioner en el moviment del decreixement. Ho defineix com un concepte físic, on el que decreix són la demanda de fluxos de matèria i energia. Nega el creixement sostenible.



**Antoine Lavoisier**  
químic (1743-1794)



Creador de la química moderna. Estudia l'oxidació dels cossos i la composició de l'aire. Formula la llei de conservació de la massa.

**Joseph Priestley**  
químic (1733-1804)



Descobridor de cert nombre de gasos. Adverteix de la importància del regne vegetal en la producció d'oxigen en defecte del regne animal.

**Friedrich Wöhler**  
químic (1766-1834)



Precursor en química orgànica. Demostra la possibilitat d'obtenir substàncies «naturals» al laboratori a partir de matèria inorgànica. Coetani de J. von Liebig.

**Humphry Davy**  
químic (1778-1829)

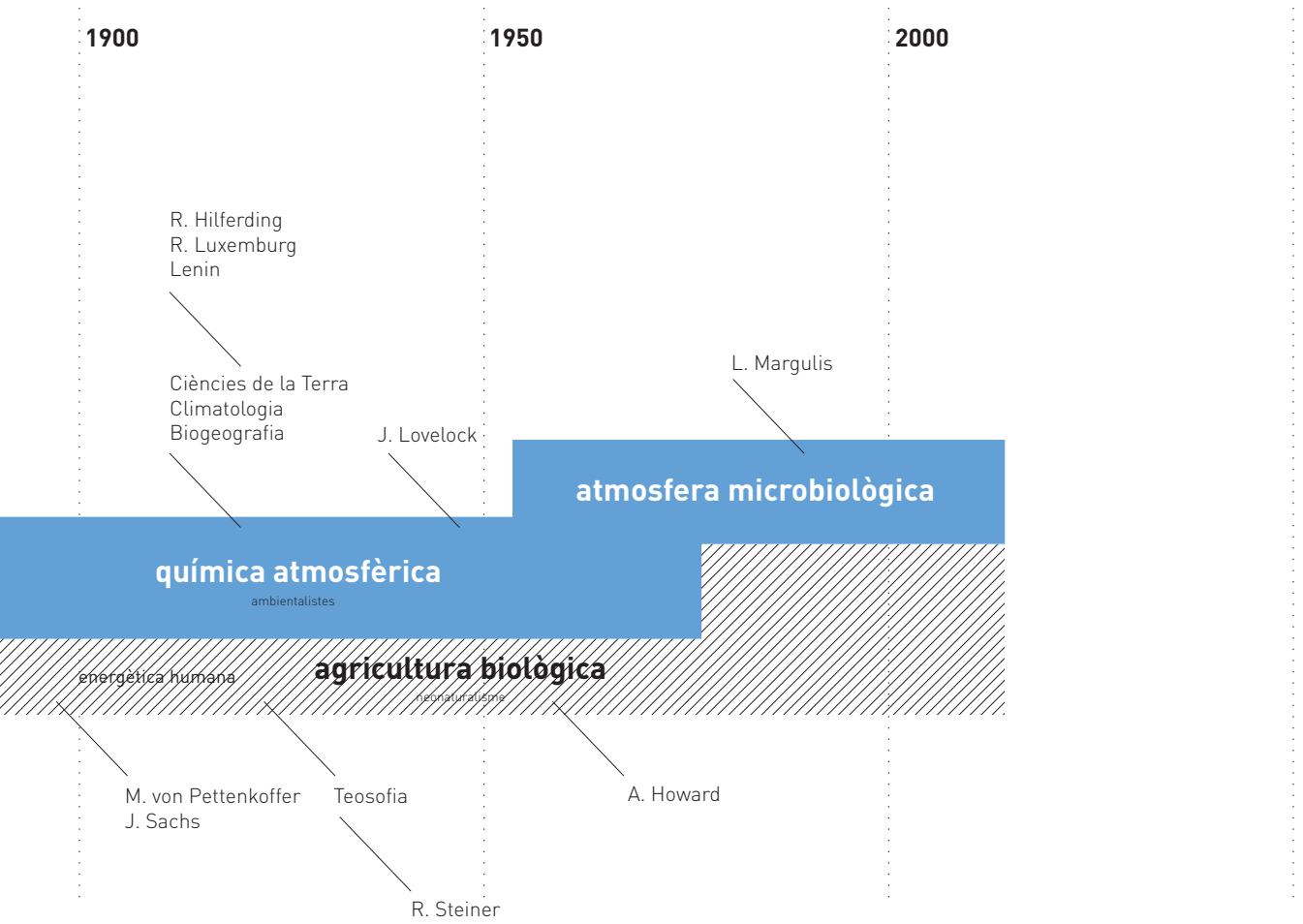


Investigacions de les aplicacions de l'òxid nítrós. Descobridor del potasi, sodi, magnesi i altres elements en estat pur a partir de reaccions.

**Justus von Liebig**  
químic (1803-1873)



Descobreix que les plantes s'alimenten de nitrògen i diòxid de carboni de l'aire. Inventa fertilitzants a partir de nitrògen.



**Julius von Sachs**  
botànic (1832-1897)



És considerat investigador, escriptor i professor i principalment per l'estudi i desenvolupament de la fisiologia i de les plantes.

**Rudolf Steiner**  
filòsof (1861-1925)



Creator d'una obra com a inici de l'antroposofia. Busca un camí espiritual adequat a la consciència de l'home occidental, un camí cognitiu. Tot això, complementari a les ciències naturals.

**Albert Howard**  
naturalista (1873-1947)



Pare de l'agricultura biològica. Pioner en el mètode orgànic. Base científica del compostatge: «compostatge indore». Buscava la preservació del sòl fèrtil.

**James Lovelock**  
químic ambiental (1919-...)



Planteja la hipòtesi de Gaia, que explica que la Terra funciona com un organisme viu, autoregulant-se, sota un límit extrem. Inventa el captador d'electrons, per analitzar atmosferes.

**Lynn Margulis**  
biòloga (1938- ...)



Descobridora del potencial evolutiu del món bacterià. Concreta el procés de la creació de cèl·lules eucariotes (SET). Concepte de simbiogènesi. Pren el relleu de Lovelock.





1900

1950

2000

J. A. Shumpeter  
F. Perroux

Socialisme utòpic  
Institucionalisme  
Teoria planificació i desenvolupament

economia marginalista

macroeconomia

N. Senior  
A. Cournot

Walras  
Jevons  
Pareto

J. M. Keynes  
M. Kalecky

**Rudolf Hilferding**  
economista (1877-1941)



Conegut socialdemòcrata i un dels líders de la II Internacional. En principi es presenta com a marxista, però es decantà pel revisionisme.

**Antoine Cournot**  
matemàtic (1801-1877)



Va iniciar la sistematització formal de la ciència econòmica. Més que a la docència, es va dedicar a l'administració. Pioner en l'aplicació de models matemàtics en economia.

**J. A. Shumpeter**  
economista (1883-1950)



Va destacar per les seves investigacions sobre el cycle econòmic i per la importància cabdal de l'empresari. Va predir la destrucció sociopolítica del capitalisme.

**F. Perroux**  
economista (1903-1987)



Dedicat a la problemàtica entre l'equilibri general i els problemes de la política de l'economia monetària. Teoria dels pols de desenvolupament com a instrument polític-econòmic.

**John M. Keynes**  
economista (1883-1945)



Les seves teories van tenir un fort impacte en la línia econòmica moderna. Decantà per una intervenció econòmica estatal, per salvar períodes de depressió.

# 8C

**1** Jesús A. Marcos Alonso. *Los ingenieros entre el pasado y el futuro*. Editorial Laia. Barcelona, 1974.

**2** Jaime Martín-Moreno Amando de Miguel. *Los arquitectos en España*. Estudio sociológico de la profesión. Hermandad nacional de previsión social de arquitectos superiores. Madrid, 1976.

**3** Spiro Kostof (coordinador) *El arquitecto: historia de una profesión*. Ediciones Cátedra. Madrid, 1984.

## Tècnics i experts que construeixen

Una professió es defineix principalment per una pràctica especialitzada dins el procés productiu, però implica també altres coses: un procés d'aprenentatge, una situació institucionalitzada respecte el mercat de treball, unes relacions estructurals de competència o col·laboració amb altres professions, una acció col·lectiva des d'un col·legi professional<sup>1</sup>, una posició l'escala social que varia segons el grau d'autonomia i responsabilitat dins les empreses, una imatge pública difosa pels mitjans de comunicació que creen certes elits a escala mundial.

Tradicionalment, la construcció d'edificis és una funció dels arquitectes<sup>2</sup>, la seva presència està documentada ja en el tercer mil·lenni abans de Crist.<sup>3</sup> La progressiva complexitat del procés productiu ha fet que hi intervinguin altres professionals, primer enginyers i aparelladors i també geògrafs, ambientalistes, artistes, i moltes altres especialitats en funció de les característiques de cada obra. Avui el ventall de col·laboradors s'ha ampliat i la construcció d'edificis complexos o la intervenció sobre el territori acostuma a ser un treball en equip amb diversitat de disciplines. N'és una mostra el llistat de professionals que escriuen en aquest llibre; a més d'arquitectes, biòlegs, economistes, aparelladors, enginyers, ambientalistes, físics, químics i altres experts configuren una bona representació de la transversalitat dels coneixements amb què es pot abordar l'edificació, la ciutat i el seu metabolisme i el territori en tota la seva dimensió.

Les entrevistes que vénen a continuació daten de 2004; el fet que continuïn sent vigents demostra que en aquests temes s'ha avançat poc.

**Enric Auli** és doctor en Farmàcia i diplomat en Enginyeria Ambiental i Direcció d'Empreses. ha treballat a l'Ajuntament de Barcelona i als departaments de Medi Ambient i Sanitat de la Generalitat de Catalunya. Va ser professor de Sanitat Ambiental a la Universitat de Barcelona, i conseller delegat a Espanya de l'empresa RWE Umwelt Services, líder en el sector mediambiental a Alemanya. Actualment, és director dels Serveis Mediambientals del grup Habitat.



### Què és la construcció sostenible?

Estem parlant d'un terme vinculat al de desenvolupament sostenible, concepte divulgat i estès a partir de la Cimera de la Terra, organitzada a Rio de Janeiro per les Nacions Unides. Tot i que l'any 2002 s'encén el llum vermell, sabem que des de l'any 1992 s'hi està treballant seriosament. Em consta que grans multinacionals estan adaptant els seus productes i les seves organitzacions a les recomanacions del desenvolupament sostenible. Això significa que va de debò. Avui, podem afirmar que, en el futur, qualsevol activitat humana haurà de ser sostenible o no serà possible. Fóra absurd pretendre que un sector tan important com el de la construcció defugís aquesta tendència. Això ha de produir-se de la nit al dia? És evident que no, però hem de ser harmònics amb la decisió de la societat mundial d'anar cap aquesta direcció.

### Què entenem per sostenible?

L'equilibri entre els components i els objectius econòmics, socials i mediambientals. Els econòmics són obvis dins la construcció. Els socials comprenen tant els dels treballadors de la construcció com els dels ocupants dels habitatges. Un exemple interessant és el projecte Casa Barcelona, realitzat a Construmat, que intenta investigar sobre el nou tipus d'habitatge, que ha d'adaptar-se als canvis constants en les famílies. S'ha de fer molta feina en el camp social de l'usuari de l'habitatge. Entre els objectius que s'han d'assolir, destacaria els relatius a la salut, sovint oblidats. Els components econòmics i socials ja es tenen en compte habitualment en la construcció. Els mediambientals, en canvi, vinculats a l'ecologia, són els que menys es tenen en compte i els que esdevenen sinònim de sostenible.

### Com construïm avui? Com hauríem de construir?

Hi ha una sèrie de defectes en la construcció actual que s'han de corregir. Un de molt clar és la disbauxa en el consum d'energia. Després de la Segona Guerra Mundial, s'ha construït molt, ràpid i barat, a partir d'una energia barata, amb la idea de corregir els defectes, després amb calefacció i, posteriorment, amb climatització. Aquí, es pot incidir amb la línia bioclimàtica. És molt important fomentar l'ús d'energies netes i tecnologies més eficaces. Hem d'analitzar tots els aspectes en cada cas. Per exemple, estem d'acord que el gas és una energia més neta i millor que el gasoil, però a la muntanya el gasoil val la meitat que el gas. El problema és que no podem generalitzar en les respostes. Cal aprofundir.

També hem de treballar pel que fa als materials. Hem d'intentar no exhaurir les matèries primeres. Per tant, cal buscar les que es renoven de manera natural. Hi ha un cas interessant a Pittsburgh. L'arquitecte William McDonough, a principi dels noranta, va fer una casa amb fustes tropicals procedents d'un bosc de creu i explotació sostenible. Ara, una empresa, a Canàries, està intentant fer plantacions de fustes tropicals gestionades amb criteris de sostenibilitat. Aquesta és una iniciativa fantàstica. Hem de fugir de les actituds tancades. També hem de tenir present el transport. Si tenim un material a prop, no cal que l'anem a buscar a 3.000 quilòmetres.

Crec que és primordial un tema oblidat: el gas radó, que es troba en el subsòl d'alguns llocs i en alguns materials. Pot concentrar-se a les zones baixes de les cases, perquè és un gas pesat. És el responsable del 10% dels casos de càncer de pulmó als Estats Units, on, en algunes zones, per vendre una casa, cal un certificat que avaluï que no hi ha gas radó. No entenc com, al nostre país, les organitzacions serioses no donen més importància a aquest tema.

També convé parlar de les mancances de les tècniques constructives habituals actuals, pel que fa a les humitats de condensació, quan un 25% de la població és al·lèrgica. Parlant d'allèrgies, està molt bé fer cobertes verdes, però si a la zona viu molta gent al·lèrgica a la pols de les graminies, és evident que no s'ha d'utilitzar aquesta espècie. Seria un altre exemple d'aplicació incorrecta de sistemes constructius en principi recomanables.

#### **Quines altres línies d'actuació són possibles avui?**

Si aconseguim corregir aquests defectes de la construcció actual, haurem fet un pas molt important cap a la sostenibilitat, tot i que puguem anar més enllà. Caldria tenir presents altres aspectes, com ara els camps electromagnètics. Molta gent no li dona importància, però existeixen investigacions serioses suficients per saber que una excessiva concentració és perjudicial per a la salut. I es pot construir de manera que s'evitin aquests camps.

Es pot actuar, també, en altres fronts. Per exemple, les fonts d'energia que fem servir per cuinar. El gas, aconsellable com a combustible per a la calefacció, no ho és, en canvi, com a foc de cuina en habitatges per a gent gran. En aquest cas i amb aquesta finalitat, és molt millor un sistema d'inducció. Com que no hi estan acostumats, una campanya d'informació fóra molt efectiva. Encara hi ha altres línies d'actuació interessants en

el disseny d'edificis, tenint en compte les construccions tradicionals o el mimetisme amb la natura, però amb les tecnologies i els materials actuals. A Zimbabwe, per exemple, un arquitecte ha construït dos edificis alts utilitzant com a inspiració el sistema de les termites en el càlcul de l'estructura.

#### **Més enllà d'aquestes actuacions, com hem d'enfocar, avui, la promoció d'un bloc d'habitatges en un poble de Catalunya?**

Ara, es parla molt del paper del promotor, el qual es troba en aquest moment davant una decisió important. Pot quedar-se a veure-les venir, i seguir construint com fins ara, o pot posicionar-se ja ara, respecte de la sostenibilitat, sigui per criteris econòmics, sigui per criteris personals o d'imatge corporativa. Situar-se ara és avantatjós, perquè la tendència segur que va en aquesta direcció, encara que de moment els costos siguin entre un 5% i un 30% superiors als de la construcció tradicional.

#### **Parlem de la rendibilitat econòmica.**

Avui, ja podem dir que, en un edifici d'oficines, els criteris de construcció sostenible són rendibles econòmicament, sense entrar en criteris socials ni ambientals. No parlo només de l'estalvi en manteniment i despeses de consum d'energia o aigua, sinó de dos aspectes que moltes vegades no s'analitzen. Un és el de la fidelització del client que lloga les oficines. Ara, en un edifici convencional, el període de rotació dels clients és de 2,5 anys de mitjana. El cost de cada canvi és molt elevat. Si podem allargar el període de rotació de 4 a 5 anys, l'estalvi serà importantíssim. Un altre factor que s'ha de tenir en compte és l'absentisme laboral. S'ha comprovat que, en un edifici ben condicionat, s'arriba a reduir un 15%, i això són molts diners.

Això influeix menys en l'habitatge. És curiós constatar que el comprador sovint tendeix a allargar més el braç que la màniga, quan seria millor buscar allò que s'adapta a les seves possibilitats. Si es tracta de gastar 12.000 € més, no en metres, sinó en aspectes que influeixen en la salut, la gent no hi arriba, perquè ja ha fet un esforç massa gran quan ha definit el prototip d'habitatge que vol. Però, en realitat, si compres una casa tradicional, estàs augmentant molt les probabilitats que el teu fill sigui asmàtic o tingui al·lèrgies. Tampoc no es valora prou l'estalvi en consum energètic, que pot ser de 30 euros o 50 euros al mes.

### **Per què aïllem les cases tan malament?**

En la millora dels aïllaments, hi influeix el nostre clima moderat. No és el mateix estar molt al carrer o a la plaça que haver d'estar tancat a casa, com passa als climes freds de muntanya. La construcció tradicional estava molt més adaptada, ja que les cases estaven orientades cap al sud. Ara, per normatives urbanístiques desafortunades, et trobes amb cases orientades a ponent en les quals, a la nit, ningú no pot dormir de la calor que hi fa. Realment, hi ha hagut uns anys en els quals s'ha construït molt malament.

### **Per què els temes de salut no es valoren com caldria?**

L'interès pel medi ambient prové de problemes de salut molt greus derivats de la contaminació de l'aire. Les primeres ordenances són de l'any 1968. Amb la crisi del petroli del 1973, es va produir una giragonsa molt curiosa: es va associar el medi ambient amb els *hippies*, es van barrejar en un paquet la droga, el sexe i el medi ambient i, com a conseqüència, es van marginar els temes mediambientals. Per què es va produir aquesta associació? Va ser casual o dirigida? Parallelament, es va associar el medi ambient amb la natura. Però, escolti, i l'home? Es van marginar els aspectes de salut pública que, per a mi, són bàsics. Li auguro un rebrot de problemes de salut al·lucinant, si no canviem el model actual de desenvolupament. Les fronteres entre una sèrie de malalties es poden redistribuir com a conseqüència del canvi climàtic.

### **Quin és el futur a mig termini?**

Veig un avanç molt gran en la consciència sobre el medi ambient. Ara se'n parla sovint, i això farà canviar el sistema de compra de la gent, que és el mecanisme més eficaç per anar en una direcció determinada. Confio molt en les campanyes, no de sensibilització, com es diu, sinó d'informació.

### **No pot ser que esdevingui només una moda, i, per tant, sigui efímer?**

No, no és una moda, sinó una tendència claríssima cap a un canvi de la societat. Es quedaria només en una moda si el producte fos dolent, folklòric o poc seriós. Si el que oferim no dona resultats, correrem aquest perill i, per tant, el canvi serà efímer. Per això, és molt important fer els experiments amb coses petites i no destinades al públic. Hem de fer nombroses comprovacions per donar un producte bo i garantit. Hem de ser molt seriosos amb les solucions que oferim. Això és imprescindible.

**Fructuós Mañá Reixach** és doctor en arquitectura per la Universitat Politècnica de Catalunya i catedràtic del Departament de Construccions Arquitectòniques de la ETSAB (UPC). Va dirigir l'oficina consultora tècnica del Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya i va ser director adjunt de l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. És autor de nombrosos llibres i articles i assessor expert en patologies de l'edificació i estructures.



### Què és la construcció sostenible?

En aquest moment, i en aquest país, no sabem gaire encara què és la construcció sostenible. Per veure-hi clar, caldria analitzar-ho per capítols. La necessitat d'estalvi d'aigua, per exemple, és un tema clar. Sabem que la reducció del seu consum és fonamental en el nostre país, ja que tenim limitacions a causa de la nostra geografia i la nostra climatologia. La gran quantitat de residus que genera el servei de l'aigua, que en general es proporciona sense cap cura pel que fa a la seva reducció i gestió, està afavorida per les baixes taxes d'abocament i de transport. Es podria reduir la producció de residus a un 60% o un 70%, actuant en tres fronts: prenent petites decisions en la fase de projecte, amb una mica més de cura, en la fase de construcció, i cobrant el cost real d'abocament.

Quant al tema de l'energia, he de dir que el poso relativament en qüestió. És evident que s'ha de promocionar l'estalvi d'energia no renovable, perquè, a escala global, està àmpliament demostrat que estem afectant greument el sistema amb les nostres emissions de CO<sub>2</sub>. S'haurien d'implantar instal·lacions de generació d'energia a partir de fonts naturals, tot i que hi ha grups ecologistes que estan en contra d'algun d'aquests procediments, com és el cas de l'energia eòlica. D'altra banda, però, no ho acabo d'entendre del tot, ja que és un procediment prou assajat al nord d'Europa.

### Què ens pot dir dels materials?

En la construcció, s'utilitzen molts tipus de materials. Serà difícil que el prescriptor, per molt conscient que sigui, pugui arribar a conèixer-los tots, i prendre mesures mediambientals específiques per a cadascun d'aquests materials. És possible que conegui prou bé els materials que constitueixen el volum de l'obra, però, pel que fa a materials especials (cada cop n'hi ha més), el tema es complica. Als prescriptors, ens és gairebé impossible saber què passarà amb un cert material d'aquí a cent anys, així com saber, per exemple, si estem posant una bomba de rellotgeria amb un material que amb el temps pot arribar a ser tòxic (mireu el que ha passat amb l'amiant). Crec que és fonamental que el fabricant d'un material especial, que és qui millor el coneix, estableixi normes de com tractar-lo. A més de les característiques tècniques del producte, ens haurien d'avisar dels possibles problemes que pot causar el seu ús, i informar-nos de com s'ha de tractar quan es converteix en un residu. Això hauria d'aparèixer com a màxim argument de venda i de promoció.

Hi ha materials que, per les seves característiques mediambientals, es qüestionen. És el cas dels metalls que solen associar-se a alts nivells de consum o de contaminació, com ara el titani o l'alumini, i també de plàstics, com el PVC. Crec, però, que aquests materials, que són el resultat d'un gran esforç de la nostra civilització industrial de cara a aconseguir millors materials (de prestacions més grans i de menor pes, per exemple), no es poden marginar així com així. S'han d'utilitzar amb control, especialment, quan ofereixen una propietat tècnica que no pot ser substituïda per cap altra de menor impacte al medi natural. El que no s'ha de fer és un ús abusiu només justificat per aspectes formals o de moda. Dos exemples: des del punt de vista mediambiental, la coberta de titani del Guggenheim és més que qüestionable, i també les plaques de fosa d'alumini que fa uns anys es van utilitzar com a acabat de façanes. En canvi, el PVC ofereix unes característiques tècniques que fan que sigui raonable la seva utilització en fusterries. Aquests materials s'han d'estudiar afinadament, i utilitzar-los, segons criteris d'optimització, d'acord amb les seves propietats específiques.

#### **Com l'alumini que, reciclat, consumeix poca energia.**

No, hi discrepo. El reciclatge de l'alumini consumeix molta energia.

#### **Diuen els fabricants que només és el 5% del que es consumeix si es fabrica de nou.**

Però és que el 5% de molt continua sent molt. Per exemple, quilo per quilo, un alumini amb un 80% de reciclat causa un impacte 11,4 vegades més gran que el d'una fusta sense protegir. Tot i així, jo crec que l'alumini per a fusteria és pràcticament insubstituïble. Quin material ens dona, a llarg termini, les prestacions de l'alumini? Què s'ha de fer si el volem substituir? Posar fusta, d'una durada molt més curta, i pintar-la de tant en tant amb una reina que, per addició, probablement pollueixi més que la fusteria d'alumini? En aquests temes, o s'hi afina molt o més val callar. Ja comencem a tenir experiència en passos en fals que han suposat el desprestigi de conceptes ja abans de la seva aplicació. Si et passes la vida buscant un material amb unes característiques tècniques determinades, s'ha de valorar molt bé quin retrocés suposa deixar d'utilitzar-lo. La sostenibilitat no ha de frenar el progrés tècnic, sinó que hem de triar aquells camins de la progressió tècnica que produeixen el menor impacte en el medi, sense aturar-nos.

#### **Cap a on anem? Cap a on hauríem d'anar?**

##### **Comencem per l'aigua.**

Diria que, pel que fa a l'estalvi d'aigua, s'està anant en una bona direcció. Avui dia, ja no es comercialitzen aixetes que no siguin de baix consum, ni cisternes que no tinguin el doble polsador. També estan apareixent en el mercat diverses ofertes de cobertes ecològiques.

##### **I l'aprofitament d'aigües grises? I les dobles xarxes d'aigua potable i no potable?**

Bé, però amb alguna precisió. Realment, aprofitar les aigües grises per a l'arrossegament de residus en els vàters i d'altres és una bona idea, perquè significa un estalvi molt important de l'aigua de qualitat. Però s'han de sospesar bé els avantatges i els inconvenients. Val a dir que el que fem ara, eliminar els residus amb aigua potable, és absurd, però hauríem d'evitar crear-nos problemes a llarg termini que podrien ser pitjors que els actuals. És lògic utilitzar aigua no potable per a usos no qualificats, però s'ha d'estar segur que el tema sanitari queda ben resolt. Per exemple, si les cisternes dels vàters no estan segellades, com s'evita que, en un moment determinat, una criatura no begui d'aquella aigua?

##### **I pel que fa als residus?**

Aquest és un tema que, tot i estar en estat embrionari, com tots els altres, podem considerar que està ben encaminat. Actualment, els residus de la construcció són una preocupació universal, no tant per la toxicitat potencial que tenen, sinó pel gran volum que assumeixen. Tot i que existeix un nivell de sensibilització que va creixent, crec que calen dues condicions per desencallar definitivament la qüestió: que el cost dels abocadors sigui el que ha de ser, tal com ha passat a diversos països d'Europa, i que la gestió dels residus sigui incorporada en els pressupostos com una «partida d'obra».

##### **De quin ordre hauria de ser la pujada dels abocadors?**

De l'ordre de 5 o 6 vegades el cost actual. És el que costa al nord d'Alemanya, a Holanda, o a qualsevol altre lloc on volen prioritzar el reciclatge i la reutilització de materials per sobre de la «disposició». El cost de la runa neta sol ser barat, però les taxes d'abocament de les runes brutes sol ser prohibitiu. Crec que, una vegada resolt els objectius inicials (evitar que s'aboqui a la riera més pròxima), s'hauria de revisar a fons la política actual d'abocadors. Molts s'han omplert molt més del que es preveia. S'han de considerar com un bé escàs i, per tant, costós.

S'ha d'anar cap a la cultura del residu mínim, cosa que, vist des d'un punt de vista teòric, ha de ser fàcil d'aplicar, ja que afavoreix l'economia. Un residu és un material que prové o d'un excés de compres, o d'un mal tracte dels materials nous o d'un projecte mal modulats respecte dels materials majoritaris. Totes aquestes circumstàncies són controlables. Si es compra estrictament el material que fa falta, i se'n té cura, l'experiència demostra que els residus es redueixen fàcilment a un 30% o un 40%. A més, hi ha moltes oportunitats de reciclar els sobrants a l'obra mateixa. Els granulats poc qualificats, per exemple, es poden utilitzar com a replens de drenatge, o per a pendents de cobertes o bases de soleres. Només cal que els caps d'obra tinguin com a pràctica habitual tenir cura dels materials nous, i estiguin disposats a la possible utilització de materials sobrants.

**Hi ha dues imatges que identifiquen els temes mediambientals: d'una banda, el món hippy, i, de l'altra, una tecnologia sofisticada pròpia dels rics. Entremig, on hi ha el gruix de la construcció, un gran buit.**

Ni una cosa ni l'altra. Els «ismes» acostumen a ser especulacions polítiques o intel·lectuals. No solen representar les coses en el seu estat més comú. En l'àmbit de les tecnologies específiques, hi ha coses que es fan difícils d'entendre. En diversos països del nord d'Europa, es munten uns camps eòlics increïbles i d'una eficàcia contrastada. Aquí, en canvi, tenim bones condicions per instal·lar-ne, però no ho fem, perquè de tant en tant es mata un ànec. Els navarresos han creat uns camps eòlics extensíssims, i porten a terme una bona política mediambiental.



**Rafael Serra Florensa** és doctor, arquitecte i catedràtic a l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (UPC). Des del 1965, ha combinat la seva feina com a professor de Condicionament Ambiental amb la d'arquitecte. A la universitat, ha dirigit i participat en projectes d'investigació d'àmbit nacional i internacional, i ha creat un solid equip interdisciplinari en el seu camp.



### **Com definiria la construcció sostenible?**

Sempre és difícil resumir amb poques paraules conceptes que porten moltes càrregues diferents, però, d'entrada, podem dir que la construcció sostenible és el tipus de construcció respectuosa amb el medi ambient i que utilitza energies naturals, i és capaç de conviure amb l'entorn, produint, alhora, bones condicions per a l'hàbitat humà.

### **ha escrit molt sobre sistemes passius que potser, ara, s'han oblidat?**

Els sistemes de condicionament ambiental en arquitectura, més que oblidats, estan marginats, perquè hi ha una indústria i una cultura que es preocupen molt de fer un edifici emblemàtic sense tenir en compte l'entorn. La qüestió va més enllà de l'arquitectura. És un problema de cultura social d'una societat consumista que vol créixer indefinidament. No se sap ben bé cap a on ni com, però considera el creixement com allò més important. Aquesta és la base del problema.

### **Hi ha un altre perill, el de la simplificació. Fan un edifici, posen quatre plaques solars a la coberta i diuen que és sostenible. Ja han complert.**

I, evidentment, no han complert. El problema demana posicions més radicals. Puc demostrar que, amb una mínima atenció al projecte, estem capacitats, en el nostre país i amb el nostre clima, per fer edificis que consumeixin un mínim d'energies artificials sense que siguin més cars que la construcció que s'està fent ara.

### **En canvi, tothom diu que és molt més car.**

D'una banda, tothom creu que és més car i, de l'altra, es desconfia de tot el que és diferent. Es projecta un edifici, es calcula i s'arriba a la conclusió que no cal la calefacció. Però el propietari l'acaba posant. Després, no la fa servir, o molt poc, però ha carregat amb el cost d'aquesta instal·lació, i ha fet una despesa que hagués pogut destinar a millorar altres aspectes de control natural. Som en aquest punt intermedi, en una resistència que ofereix tot el sistema al canvi, perquè en el fons no estem prou convençuts.

### **Si preguntéssim als convençuts quants tenen bombetes de baix consum a casa, probablement el nombre seria molt baix.**

Sí, seria poca gent, però també et diré que ens estem justificant, i ens rentem la consciència amb petites accions

que, en el fons, són la xocolata del lloro. El tema és més global. En un edifici, el problema bàsic no és posar bombetes de baix consum, que ja està bé, sinó, per exemple, que no s'hagi d'encendre mai la llum artificial. Això és molt més greu, perquè implica un consum i una càrrega ambiental més alts. hauríem d'anar al principi, i atacar els problemes des d'una visió més radical, perquè l'arquitectura ha de funcionar d'aquesta manera.

**És curiós que, normalment, associem radicalitat amb postures contundents i brutals. Però el que explica no ho és gens.**

No, al revés, és un tema de sensibilitat. És brutal fer edificis amb una calefacció que contamina i que no és necessària, i edificis amb instal·lacions d'aire condicionat. Hi ha tota una indústria que viu d'això, i que continuarà defensant aquest model. Sembla que la modernitat impliqui tenir aire condicionat a casa. Però això és totalment impropï, fals i perillós, perquè cada vegada que posem una instal·lació d'aire condicionat, estem perjudicant el medi ambient, i estem obligant els veïns que també el posin. Els estem introduint soroll a casa, i a l'entorn, una càrrega tèrmica molt més gran. Per això, farà més calor, hi haurà més soroll i la gent tindrà més necessitat de tancar-se. És com un cercle viciós que costa molt de trencar.

**Què podria fer l'Administració per corregir aquesta situació?**

Moltes accions i a molts nivells. Ja n'ha fet alguna. Per exemple, la llei que permet la producció d'energia elèctrica en petites quantitats, amb fotovoltàica instal·lada a casa, i que estableix preus que afavoreixen aquesta producció. Ara bé, altres accions més fermes, com impedir que un edifici faci ombra a un altre a l'hivern, molt fàcils d'estudiar i d'entendre, no es fan. Quan parlem d'aquests temes, ens hem de mantenir en un nivell molt pràctic i senzill, o bé hem d'anar a buscar uns nivells gairebé filosòfics. El que serveix molt poc són les petites accions correctores que només amaguen el problema, com ara el que dèiem abans de posar unes bombetes que consumeixen menys. És clar que s'han de posar aquestes bombetes, però no va per aquí el problema.

**Trobaríem dos models de construcció: un de proper a l'arquitectura tradicional, que utilitza materials com el fang, i que s'aplica a construccions de petites dimensions, i un altre, més tecnològic, amb totes les**

**sofisticacions de la domòtica. Entremig, ben poca cosa.**

Un arquitecte italià em deia que hi ha una contradicció de termes quan es parla d'*eco-high-tech*. Les dues desviacions són perilloses, tant la de confiar que els edificis d'alta tecnologia funcionaran millor que els edificis més senzills, com la de pensar que podem tornar a fer l'arquitectura del passat en unes altres condicions socials, amb una mà d'obra molt més econòmica i uns materials i unes tècniques que no són els d'ara. El que hem de procurar és que l'arquitectura funcioni bé a partir de l'actitud que tenia l'arquitectura popular, però utilitzant la nostra tecnologia. I no és tan difícil. Només cal proposar-s'ho, i aplicar quatre coses que molta gent no sap o no recorda. Iestic parlant d'arquitectes, però no només d'arquitectes.

**També hi ha l'usuari...**

Les pressions vénen de totes bandes. Les administracions han de fer la seva funció, que va més enllà de parlar, com moltes vegades fan. Els tècnics hem d'assumir la nostra responsabilitat. No ens podem excusar amb «oh, és que ens demanen això altre!» Si argumentes i ofereixes solucions, moltes vegades, hi ha una bona resposta per part de la gent. Els usuaris han de demanar viure en millors condicions, perquè no tan sols és una qüestió d'ecologia mundial, ni un problema d'estalvi d'energia, sinó que són problemes reals que s'han de tenir en compte. Però el més important de tot és que les persones que viuen en uns edificis ben dissenyats, ambientalment parlant, viuen millor. Això és el que la gent va descobrir, però encara no n'és prou conscient, encara es deixa enlluernar per les imatges de l'alta tecnologia. Encara avui dia, si agafes les persones que treballen en una oficina i les portes a un edifici amb aire condicionat i murs cortina, pensen que han guanyat posició social, perquè estan en un edifici més modern. Però, després, es queixen, es refreden i protesten, perquè tenen fred a l'estiu i calor a l'hivern, i això és absurd.

**Considerem el cas d'un paleta de poble que fa un petit bloc d'habitatges en una estructura urbana d'eixample, com n'hi ha tants. Què li diries a aquest home?**

Jo començaria anant a veure l'arquitecte municipal i li diria: «Ei! Això és un error! El 70% dels edificis no poden tenir sol a l'hivern». I resoldre això no implica reduir l'ocupació urbanística. Es poden tenir ordenacions urbanístiques molt sensates només fent un disseny en el qual es pensin aquestes coses des de l'inici. I, a

partir d'aquí, intentaria resoldre-li al màxim els problemes de l'edifici que està fent. Els paletes, en un principi, i en coses molt bàsiques, també es resisteixen, perquè és un canvi en la manera de fer. Tots els canvis ofereixen resistència, però després s'hi adapten de seguida, i millor que molts arquitectes. Recordo la primera vegada que, en una casa de segona residència, els vaig fer canviar la típica paret feta amb un mur exterior de 15 cm, una càmera amb una mica d'aïllament i un envà interior. Els vaig dir: «Farem la paret de 15 cm a l'interior, posarem un aïllament el doble de gruixut i, per fora, un acabat exterior que sigui resistent». El paleta em va pujar automàticament el preu del metre quadrat de la paret construïda, i quan va fer la segona, me'l va tornar a abaixar. Va descobrir que a ell també li era més pràctic construir d'aquesta manera, perquè amb la paret interior ja suportava l'estructura del forjat, i després podia acabar l'exterior.

**Després de molts anys d'espera, tenim el codi tècnic que fa augmentar els gruixos d'aïllament tèrmic.**

Jo ja prescindixo de la normativa d'aïllaments quan projecto un habitatge. Tenint en compte el que costen, els faig molt més importants. Estic parlant de l'ordre de 10 cm de gruix a les parets i de 15 cm a les cobertes.

**Fins a quin punt podem prioritzar l'ús de determinats materials, segons els seus consums energètics o el grau de contaminació?**

Això demana molt de sentit comú, perquè hi intervenen nombrosos factors. Hi ha materials d'alt consum energètic en la producció, però que, en canvi, impliquen molt poc consum en la posada en obra, i tenen possibilitat de recuperació. És clar que la recuperació s'ha de mirar entre parèntesi, perquè després, quan arriba l'hora d'enderrocar un edifici i fer-ne un de nou, es destrueix, tot i que no es pot recuperar res. Ahir, en el curs que estem fent, un arquitecte deia: «El que hauríem de fer és parlar amb els drapaires, perquè ens avaluessin el que ells pagarien per cada material que recuperem d'un edifici». És evident que hi ha materials més agressius, i per això ens sembla que la *high tech* és perillosa des d'aquest punt de vista: pel tipus de materials que s'utilitzen, pels costos, per la contaminació que implica l'elaboració, etc. Però al mateix temps, a la *high tech*, hi ha tècniques de control i de funcionament que es podrien aplicar perfectament en els edificis per millorar-ne el funcionament. El fet que sigui *high tech* no vol dir que sigui dolent.

**Albert Cuchi** és doctor, arquitecte i professor al Departament de Construccions Arquitectòniques I de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura Tècnica del Vallès (UPC). Treballa en el camp teòric, i és docent i professional en temes relacionats amb el medi ambient.



### Què és la construcció sostenible?

El concepte de sostenibilitat té arrels teòriques antigues, però troba una formulació estàndard en l'enunciat de desenvolupament sostenible que planteja l'informe «Our common future», resultat dels treballs de la Comissió Mundial per al Medi Ambient i el Desenvolupament de les Nacions Unides. L'informe és, essencialment, una demanda ètica, una proposta d'igualtat en la distribució dels recursos entre nosaltres i les properes generacions. La demanda de sostenibilitat es refereix, d'una manera explícita, al desenvolupament econòmic i social. És un repte dirigit al camp de l'economia.

Aquest discurs troba un desenvolupament adient en la tesi de José Manuel Naredo i Antonio Valero en el seu llibre *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. El llibre parteix de les teories de Nicholas Georgescu-Roegen, físic i economista nord-americà d'origen romanès que va morir fa uns anys. Roegen va demostrar que la relació entre els processos econòmics i el món material és determinant, i que l'economia es mou, inevitablement, en un context material regit pel principi de la degradació antròpica.

La tesi de Roegen es basa en el fet que el sistema econòmic vigent és un sistema circular que ha abandonat les seves bases físiques. Encara que el diner circula, els materials que utilitzem es van degradant i exhaustint. Transformem recursos en residus que no es recuperen. La terra té un capital natural, en tant que els materials són recursos, i ho són, perquè alguns tenen una qualitat prèvia que altres no tenen (un mineral ho és, perquè té més concentració d'un metall que d'un altre). El que fem nosaltres és purificar-lo per donar-li utilitat, l'utilitzem, i esdevé residu, el dispersem pel medi. El que estem fent, en el fons, és tenir cada cop menys recursos i més residus.

### Com podem mantenir el nivell de recursos actuals per a les generacions futures?

L'única manera és agafar els residus i tornar-los a la qualitat de recursos, procés que fa la naturalesa, i que rep el nom de «tancar el cicle dels materials». Aquest procés necessita energia, i cal que el sistema econòmic el reconegui. Tot i que és evident que en sabem molt de trobar recursos i transformar-los en productes, encara en sabem molt poc del procés de reconvertir els residus en recursos. I és que una vegada tenim els residus, ens els recull l'Ajuntament, perquè sembla que ja no tenen cap valor econòmic.

Amb el sistema tècnic actual surten coses paradoxals. Analitzem, per exemple, el cicle d'un combustible fòssil com el petroli: en traiem l'energia, i generem residus i emissions. Si haguéssim de tancar el cicle del material, i retornar els residus a recursos, hauríem de recuperar les espècies químiques resultants, l'aigua, el CO<sub>2</sub>, etc., i tornar-les a agrupar per crear les molècules d'hidrocarburi originals. D'aquesta manera, deixaríem als nostres hereus la mateixa capacitat de resoldre les seves necessitats que la que tenim nosaltres. És clar que, en aquest procés, consumiríem més energia que la que obtenim cremant-lo. Per tant, des d'un punt de vista de sostenibilitat, no té sentit utilitzar combustibles fòssils, perquè no sabríem recollir els productes de la combustió i tornar a produir combustibles. En qualsevol cas, emprariem més energia de la que obtenim. Aquest és el problema.

Si la condició de sostenibilitat és tancar els cicles dels materials, hem de buscar qui més ens pot donar aquests recursos. De fet, tenim un model, la biosfera, que fa uns quants milers de milions d'anys que va funcionant i fa justament això: adaptar la quantitat d'ús dels seus materials a la velocitat dels cicles de recuperació dels recursos, i utilitza, bàsicament, l'energia solar. La biosfera sí que en sap de tancar el cicle dels combustibles fòssils. El cicle recurs-residu-recurs-residu és continuat.

En canvi, nosaltres tenim un sistema tècnic fonamentat en la potència dels combustibles fòssils. Hem passat d'un sistema orgànic a un altre de mineral. Tot el que teníem fins fa 200 anys era d'origen orgànic, els materials que utilitzàvem (la roba, el menjar, etc.) els extrèiem de la biosfera, els recursos minerals que fèiem servir eren, en quantitat, anecdòtics. A partir dels combustibles fòssils vam crear una societat mineral, en la qual hem estat bombejant matèries des de l'escorça terrestre fins al medi, i quan el residu ja no interessa, el dispersem pel medi mateix. De fet, el problema que tenim és que estem llençant matèries amb formes, tipus i composicions que la biosfera no admet, i no les recicla com feia amb els residus orgànics, perquè no les reconeix. Per tant, el que fem és bloquejar-la, i així, inhabilitar-la, i finalment destruir-la.

L'abandonament de la capacitat productiva de la biosfera (del territori) com a suport del sistema productiu fa que la percepció del problema ambiental s'hagi produït, no pas des d'una perspectiva econòmica, sinó fonamentalment des de la perspectiva d'una incidència sobre la salut, o des de la sensibilitat social per la natura, el paisatge i la vida vegetal i animal. Només les societats

«arcaiques», que viuen en un sistema tècnic orgànic, perceben la qüestió com un tema de transcendència vital, molt lluny de la nostra percepció. Per a elles, el deteriorament del medi natural equival a un deteriorament de la qualitat de vida.

### **Què hauríem de fer per sortir de l'atzucac?**

El que necessitem ara i avui és un sistema tècnic que tanqui els cicles dels materials. A la universitat estem investigant quins materials utilitzem en la construcció dels edificis. Volem esbrinar quins són els processos tot quantificant-los, cosa que és bastant divertida, perquè ara no ho sabem. Si mesurem el flux dels principals materials que circulen per un edifici domèstic actual, expressat en quilograms per habitant i dia, resulta que al cap del dia consumim:

Residus domèstics: 1,7 kg/habitant al dia; materials de construcció: 3 kg/habitant al dia, cosa que equival a 2,7 tones/m<sup>2</sup>; energia: emetem 2 kg de CO<sub>2</sub>/habitant al dia (les emissions de CO<sub>2</sub> s'han mesurat a partir dels consums de gas i electricitat per cuinar, il·luminar, fer funcionar els diferents electrodomèstics i climatitzar); aigua: consumim de mitjana 168 litres/habitant al dia, dels quals només 5 són per cuinar i beure. Els altres els fem servir per desfer-nos dels residus. Aquesta dada és un bon mesurament de la ineficàcia del sistema. A més, com que aquesta aigua la traiem dels sistemes naturals, i la tornem potinejada, perquè és el vehicle en el qual posem els residus per eliminar-los, estem atemptant contra la «gran màquina» que té la capacitat de tancar els cicles materials. Estem anant en contra de la possibilitat de tancar els cicles que ens ofereix la biosfera. Aquestes dades fan que, després, ens preguntem quins materials són, quin percentatge hi ha, on són dins l'edifici, quins problemes presenten i quines alternatives tenim, si volem tancar el cicle.

### **On som a Catalunya avui?**

Doncs, tràgicament, com a arreu del món: en la direcció contrària i cada vegada de manera més accelerada. Sovint, nosaltres també som els primers que anem en aquesta direcció equivocada, els arquitectes. Per què? Doncs, perquè ens hem cregut d'una manera acrítica la història que l'evolució de l'arquitectura evoluciona a través de l'ús d'uns materials determinats, introduïts per una indústria que fa girar la roda del progrés cada vegada més ràpid. Nosaltres som els introductors d'uns materials que, encara que semblin els mateixos de

l'edifici on estem ara (casa entre mitgeres, a l'Eixample de Barcelona, construïda l'any 1901), són radicalment diferents, i, en aquest sentit, no anem en la direcció que toca. D'altra banda, l'edificació té nombrosos avantatges respecte d'altres activitats. Fixa't que la xifra de residus de materials de construcció és de la mateixa magnitud que la dels residus domèstics. Per què? Doncs, perquè un edifici dura moltíssim, en canvi, els residus domèstics provenen de recursos que entren i surten contínuament.

### **Cap a on hauríem d'anar?**

Hem de fer dues coses: parar la velocitat i canviar el sentit. Cal redefinir noves estratègies, objectius. Tot.

### **Com hi anem?**

No anirem cap a una construcció sostenible, si no ho demana la societat. Hem de transmetre la idea que la sostenibilitat és una demanda de qualitat de vida. Malauradament, hem fet un canvi en el sistema tècnic. El sistema mineral actual es fonamenta en el bombeig sistemàtic de recursos naturals que estem exhaurint. Si hem de passar a una societat orgànica sostenible, encara que sigui d'un nou tipus, en què la biosfera recicli els residus en recursos una altra vegada, no podem anar creixent de manera indefinida. Tampoc no podem continuar amb els recursos minerals. Morirem abans no s'acabin, ofegats pels residus. Això ja està passant amb la capa d'ozó o amb l'enverinament de la biosfera i de nosaltres mateixos, perquè nosaltres també som biosfera.

### **Quines eines, estratègies i mètodes cal utilitzar?**

No sé quines seran més eficients, ni tampoc quin seria l'objectiu, si fer un canvi radical o anar fent camí. Per anar canviant, caldria que ho demanés el mercat. Això vol dir que hauria de demanar-ho tothom. De fet, la sostenibilitat és una demanda ètica. Ens diuen que siguem solidaris amb les generacions del futur, però hem de ser conscients que això significa un canvi en les nostres vides. Els edificis haurien de tenir aquesta nova qualitat. Per tant, fóra bo considerar-ho com una demanda de qualitat. Quan es reuneixen els promotors, sempre diuen: «Jo hi entraré quan m'ho demani el mercat. Altrament, no inverteixo ni una pela en sostenibilitat». T'enganyaran fins que tu no et deixis enganyar.

### **El problema de fons, quin és?**

Crec que la societat no és conscient del problema que tenim plantejat en els termes adequats. Això és, que

hem de canviar el model de vida. Però també penso que, de mica en mica, ens hi anem apropant. La gent ho està entenent després de les successives catàstrofes: el Prestige, Doñana, Txernòbil, i també el Pla hidrològic nacional, que no és un desastre natural, sinó que en aquest cas el desastre l'ocasiona el Govern. Hi ha un llibre boníssim, *Algo nuevo bajo el sol* (vegeu la cita del capítol 1), que analitza el món des de diferents punts de vista. Compara els canvis succeïts entre el 1900 i el 2000, i mostra de manera evident que el que ha passat aquest segle no havia passat mai abans.

Recordo una anècdota molt significativa. Un dia, a casa de la meua àvia, que té més de noranta anys, discutíem a l'hora de dinar sobre quina aigua mineral era millor, si una o l'altra, i ella ens diu: «Vosaltres, a tot en dieu progrés, i no tot ho és. Quan jo era petita, anava a buscar l'aigua a la font, ben carregada, i a vegades estava gelada. La gastàvem amb cura, perquè era pesat anar a buscar-la. Després, la van portar a casa. Obries l'aixeta i sortia l'aigua. Això sí que va ser un progrés. Ara, vosaltres aneu a buscar-la al súper, perquè la de l'aixeta no es pot beure. Torneu a anar a la font com abans, i a més la pagueu. Això no és progrés.» Creiem que tot és progrés, però no. Moltes de les accions que fem són defensives, restitueixen un bé perdut, però la gent, a poc a poc, ho va copsant. Tampoc no s'entén gaire, encara que la misèria de molts països sigui conseqüència de la riquesa del nostre Primer Món. Això encara no s'accepta. Quan ho veiem, ens demanarem: Estic disposat a baixar el meu nivell de consum? Això no vol dir baixar la qualitat de vida. Serà el moment de prendre la gran decisió. Decidirem viure d'una altra manera?

**Recordo una enquesta en la qual mesuraven el grau de felicitat de la gent. Era interessant, perquè el nivell de felicitat anava creixent paral·lelament al nivell econòmic. Però només fins a un cert nivell, després baixava.**

És que la nostra societat no té res clar. S'associa nivell de vida amb qualitat de vida, i no és així. La qualitat de vida depèn, en primer lloc, d'uns mínims econòmics, evidentment, però després depèn de molts altres factors que ara no valorem prou. Avui, entenem el concepte de benestar associat al consum, i aquest associat a disponibilitats. A partir d'aquí, el consum, la producció i les necessitats van creixent de manera il·limitada, i això no pot ser. Abans, en una societat no-consumista, dins el teu espai vital, podies arribar a satisfer les teves necessitats amb una relativa facilitat, perquè una necessitat

era quelcom que podies arribar a assolir en el temps de la teva vida. Avui, les necessitats es reproduïxen, i un cop satisfeta una, en generem una altra. Aquest procés genera insatisfacció de manera permanent.

Molta gent està treballant sobre aquest tema: com es creen les necessitats i com se satisfan. Quan la humanitat s'adoni d'aquest tipus de coses, i pugui prendre la decisió de canviar de sistema de vida, estarem realment davant la gran decisió. Ara, les demandes socials més freqüents són la de tenir una segona residència, que les autopistes siguin gratuïtes, etc. Però hem de saber que això és incompatible amb el desenvolupament sostenible. No decidirem fins que no tinguem aquesta consciència. No sé què dirà la gent llavors. Potser serà massa tard.

Mentre no ens plantejem seriosament l'objectiu de canviar el model, l'objectiu immediat serà guanyar eficiència en l'ús de recursos. També hi ha un interès econòmic en aquest objectiu. A l'ITeC, hem fet alguns treballs en què es veu com, amb una inversió ridícula, es pot aconseguir una gran eficiència. Per exemple, avui dia, fer un edifici que no emeti CO<sub>2</sub> no és descabellat. Costa més, però no és descabellat. Si controléssim el preu del sol, probablement ho podríem aconseguir. Passa el mateix amb l'aigua: es pot fer que no s'alteri el cicle de l'aigua. Amb els materials de construcció és més difícil tancar el cicle, perquè hauríem d'anar a tècniques com les que utilitza Gabi Barbeta en habitatges unifamiliars, però el model no és aconsellable per a l'ocupació del territori que representa. Cal anar cap a una estratègia per a l'eficiència, i anar transformant les necessitats actuals en demandes de qualitat de vida.

### Parlem de certificacions

És una llàstima que no tinguem una certificació de reciclat dels materials, ni una certificació de l'aigua. Són eines que, com a mínim, fan que es visualitzi cap a on anem. Un exemple molt bo és el LEED, un sistema de certificació que mesura una sèrie de factors sobre el consum de recursos i la generació de residus. Si un edifici aconsegueix determinats valors, té tants punts. Nosaltres ens vam plantejar què passaria si poséssim cadascun d'aquests valors de referència al límit. Quin edifici en sortiria? Lògicament, es fan edificis que alteren, un mínim, el sistema biosfèric, que no fan ombra a l'edifici que tenen al davant, que només funcionen amb energies renovables (fins i tot, en produeixen més de les que gasten), que respecten el cicle de l'aigua, l'agafen i la tornen en les mateixes condicions. Surten edificis

reciclables (la rehabilitació és la tècnica més sostenible, en la qual reutilitzes materials). Avui, popularitzar aquestes metodologies fóra d'allò més interessant.

### Com s'hauria de plantejar la feina de l'arquitecte a partir d'aquestes premisses?

Cal anar muntant les estratègies en cada camp, i tenir clar que la feina de l'arquitecte no és només construir edificis, sinó tancar els cicles naturals. Curiosament, és una restricció, alhora que ens amplia el camp. Necessitem una manera diferent de projectar i ensenyar. Quan els arquitectes treballem en un lloc determinat, suposem que el fem més habitable, però seria també interessant tenir al costat la fotografia del lloc d'on s'han tret les graves i els altres materials. En projectar, no actuem només sobre aquell punt, sinó que, d'alguna manera, també actuem sobre molts altres llocs. Hi ha alcaldes que diuen: «Jo no vull graveres al meu municipi». D'acord, però com ho farà per obtenir els recursos que necessita? Perquè, és clar, si vostè no vol graveres i els altres tampoc, el problema és d'on traiem els recursos i quins recursos, perquè no val endur-se els que són d'un altre. En realitat, amb la forma de vida actual, el que fem és consumir la vida dels altres.

Amb la societat mineral, el territori es converteix en una pedrera, i amb el consegüent transport horitzontal, estem transformant el paisatge. La mineria destrueix boscos sencers, i, sense els combustibles fòssils, la mineria és impossible. De fet, la màquina de vapor neix per bombejar l'aigua de les mines de carbó i fer-les productives. Un autor recomanable és Pietro Laureano, arquitecte italià i consultor de climes àrids de les Nacions Unides, que ha estudiat a fons la cultura de l'aigua. T'aconsello el seu llibre, *La Piramide rovesciata: il modello dell'oasi per il pianeta terra*. Diu que els humans, primer, fan el desert, i, després, aprenen a viure amb la ruïna que han creat. No poden viure com ho haurien fet, si haguessin tingut en compte els efectes secundaris i perjudicials de les seves maneres de conrear. Ara, estem fent el mateix que van fer amb el Sàhara. Aquest era un paradís, i les activitats humanes el van destruir. Laureano reivindica els sistemes tradicionals com uns coneixements adaptats als recursos, i opina que ara hi estem perdent per una modernitat que, com uns focs artificials, veurem quant dura. Mentrestant, estem destruint el medi i les cultures tradicionals, i això és molt greu.

# El planejament: base de la ciutat construïda

Pla Parcial Urbanístic del Pla  
de Baix de Domeny. Girona.

**A** Abans d'exposar els criteris de sostenibilitat tinguts en compte en el desenvolupament d'una àrea agrícola adjacent a la ciutat de Girona, voldria fer la reflexió primera que hom té (o jo vaig tenir) quan s'enfronta a un projecte d'aquesta naturalesa: certament seria més sostenible no desenvolupar aquesta àrea. Per tant, el fonament de la ciutat construïda no és el planejament, sinó la visió i voluntat política i econòmica dels governs (que hem escollit) que duen a terme i aproven els planejaments de les nostres ciutats i territoris. Els tècnics vivim amb la contradicció de fer-ho tan bé com sigui possible per desenvolupar aquest espai que mai no serà millor. Serà diferent i amb qualitats molt diferents, potser bones qualitats en altres aspectes; però en aquests casos on les preexistències tenen un valor que difícilment podrem recrear enlloc més, sempre hom es demana si no hi hauria un altre lloc possible per fer habitatge, tot i ser qualificat de *sostenible*.

La majoria de nosaltres vivim al voltant de ciutats, i en depenen la nostra forma i qualitat de vida, les nostres rutines diàries, les nostres economies, la nostra manera de relacionar-nos amb l'entorn, i també la nostra salut. Les ciutats i els seus espais són peces dinàmiques, centres de tot tipus d'activitats i d'interaccions socials i culturals.

L'augment de la densitat de les nostres ciutats, que incrementa la demanda de recursos, i els requeriments arquitectònics i infraestructurals necessaris per fer possibles les activitats urbanes esdevenen cada cop més insostenibles. És clar per a bona part de la nostra societat que cal treballar amb criteris de sostenibilitat per garantir uns resultats positius dels processos de manteniment, desenvolupament i rehabilitació de les nostres ciutats. Projectes que s'han dut a terme seguint aquests criteris demostren que una proposta d'innovació d'aquest tipus pot comportar beneficis socials, econòmics i mediambientals.



**Clara Jiménez**

Arquitecta i paisatgista

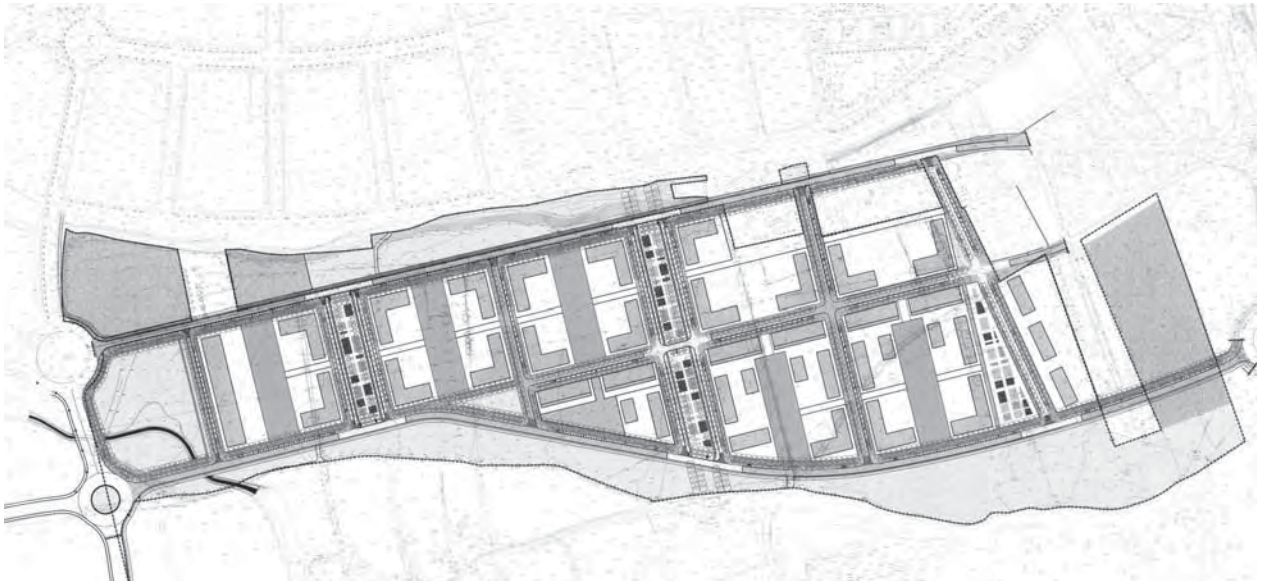


**B** Amb aquests objectius, l'Ajuntament de Girona es va proposar la redacció del Pla Parcial Urbanístic del Pla de Baix de Domeny amb l'objectiu d'introduir criteris de sostenibilitat en tot el procés, tant urbanístic com constructiu. Per aconseguir aquest fi, i prèviament a la redacció del Pla, diversos experts van dur a terme una sèrie d'estudis i treballs per avaluar les diferents opcions urbanístiques; les seves conclusions i recomanacions van servir de base per elaborar el Pla i la seva normativa.<sup>1</sup>

El Pla de Baix de Domeny és al marge esquerre del riu Ter, a l'extrem nord-oest de la ciutat de Girona, entre els barris de Domeny, Taialà i Fontajau; i és la darrera àrea amb aquestes dimensions de sòl per urbanitzar que resta a la ciutat. En total són 25,27 ha de terreny. El seu Pla parcial urbanístic es proposa ordenar el sector amb una densitat d'habitatges mitjana complementada amb usos comercials; preservar les àrees forestals i part de

les àrees agrícoles existents destinant-les a espais lliures públics, i crear diverses zones d'equipaments. Aquests objectius es volen dur a terme seguint criteris de desenvolupament urbanístic sostenible, els quals es fan palesos a la normativa.

Aquests criteris cerquen noves solucions pel que fa al model urbanístic i al tipus d'edificació, proposen la concentració d'habitatges, eviten una ocupació extensiva de l'espai, tenen en compte la disposició d'espais lliures –tant públics com privats–, i preveuen la preservació de vistes i circulacions d'aire, així com l'orientació. Amb això, es vol també protegir el paisatge existent i mantenir-ne la qualitat dins del conjunt de l'actuació. En aquest sentit, es regulen també els principis que han de regir l'enjardinament i la nova vegetació que es vol introduir, la qual pretén adequar-se al màxim al clima i règim d'aigua de l'entorn, i també formar part de la



<sup>1</sup> Estudis previs a la redacció del Pla parcial:

- Pla Parcial del Pla de Baix de Domeny (Girona). Propostes d'urbanisme i edificació sostenible. J. Serrasolses.
- Criteris d'eficiència energètica, ús racional de l'energia i utilització d'energies renovables. Institut Català d'Energia. 2003.
- Estudi d'impacte de la indústria Nestlé i de les infraestructures

viàries a la zona urbanitzable del Pla de Domeny. Girona, maig de 2004. SiS consultoria acústica, SL.

- Estudi per al Pla Parcial Urbanístic del Sector del Pla de Baix de Domeny. Girona, 2003. Paulí Pla, arq.
- Estudi per al Pla Parcial Urbanístic del Sector del Pla de Baix de Domeny. Girona, 2003. Pich-Aguilera architects.

• Estudi de trànsit del Pla de Baix de Domeny. Girona, 2005. INTRA Ingenieria de Tráfico, SL.

- Propostes per a la normativa urbanística del Pla Parcial Urbanístic del Pla de Baix de Domeny. Girona, 2004-2005. Albert Cuchí (UPC) i Societat Orgànica.



creació de microclimes, per exemple per a la protecció de façanes durant l'estiu. D'altra banda, amb la finalitat d'aprofitar al màxim l'aigua pluvial i de retornar-la al medi tan neta com sigui possible, es proposen diversos sistemes tant per a la recollida de pluvials dels edificis en dipòsits per al reg com per al tractament i filtratge de les aigües pluvials d'urbanització. La urbanització preveu la permeabilitat dels paviments a fi de retornar l'aigua al medi al més a prop possible.

El Pla també preveu la millor manera de garantir l'accessibilitat i mobilitat dels habitants mitjançant la regulació del transport públic necessari perquè no es converteixi en un barri-dormitori, i té en compte la contaminació acústica i lumínica i l'estalvi energètic de la nova implantació. Pel que fa als processos constructius

de la urbanització i els edificis, es projecta fer una gestió acurada dels materials i residus de la construcció.

Dins els edificis, les estratègies que es consideren adients per obtenir una eficiència ambiental adequada es reflecteixen a les demandes de les Normes Urbanístiques. Els recursos que l'edifici gestiona són nombrosos, però es poden ordenar en tres tipus essencials: materials (de construcció, residus domèstics), energia (climatització, il·luminació, ACS, cocció, electrodomèstics i força), i aigua.

**C** És cada cop més evident en els processos de construcció urbans que la idea de desenvolupament sostenible s'ha d'ampliar amb la introducció d'un nou concepte: l'ecologia urbana. L'ecologia urbana s'interessa no només pels aspectes mediambientals de les actuacions a les ciutats, sinó que es preocupa tant dels recursos, l'economia i la gestió com dels aspectes relacionats amb les problemàtiques socials i comunitàries. És més clar cada vegada que, a més de considerar aspectes com l'ús de l'energia, els materials saludables, les deixalles, la contaminació i altres qüestions tecnicomaterials relacionades amb la petjada ecològica en el nostre entorn construït, les consideracions socials i econòmiques són d'igual importància per a un desenvolupament sostenible. L'ecologia urbana s'interessa pels recursos, l'economia i la gestió, i també per aspectes referents a les comunitats humanes creades pels nous projectes i plans de desenvolupament. Hi ha actualment models que demostren la viabilitat econòmica, social i mediambiental d'una nova manera de construir, avui, la ciutat de demà. Cal, per a això, una voluntat política clara, i una capacitat de gestió i una voluntat d'innovació per part dels tècnics tant públics com privats per assolir aquests objectius, que en el futur hauran d'esdevenir comuns en les noves àrees urbanes.



# Bioconstrucció i bioarquitectura: avantguarda marginal? Reacció revolucionària?

Què entenem per bioconstrucció i bioarquitectura? Seria la pràctica d'una ètica professional i una indústria de la construcció que posa en el centre de la seva activitat la reflexió sobre els límits que les regles de la vida estableixen en el desenvolupament de projectes, tècniques i processos de construcció dels edificis.

Bioconstrucció: construcció vital? Construcció de la vida? Construcció amb la vida? Construcció *vivable*?

Bioarquitectura: arquitectura viva? Arquitectura per a la vida? Arquitectura de vida?

Davant l'extraordinària evolució esdevinguda en el segle passat quant als coneixements científics i les recalcades tecnològiques, en la nostra manera de construir, urbanitzar i viure; davant les potencialitats i amenaces d'aquesta evolució, a partir dels anys seixanta del segle XIX la bioconstrucció i la bioarquitectura reprenen la tradició constructiva passada i els sistemes d'equilibris i creixements presents en la naturalesa per respondre a preguntes eternes, plantejades amb nova força i energia: com construir per viure millor? Pot ajudar l'arquitectura a desenvolupar les potencialitats dels individus i les societats? Aquest tipus d'edifici, d'arquitectura o de materials m'ajudaran a ser més lliure, sa, feliç? Permetrà aquest procés d'edificació i projecte millorar, en el futur, la relació entre individus, entre comunitats i entre la Humanitat i el planeta?

Sovint, especialment entre professionals, s'identifiquen la bioconstrucció i la bioarquitectura amb una defensa de l'ideal de retorn a la societat preindustrial, una tornada enrere capaç de restablir l'harmonia entre Humanitat i planeta: un ideal reaccionari. Així, la imatge de la bioconstrucció està sovint lligada a cases unifamiliars o petits llogarrets que en les seves formes i tecnologies proposen i visualitzen un món antimodern i

**Valentina Maini**

Arquitecta



protradició, antiurbà i prorural, antiindividu i procomunitat, antitecnologia i proespiritualitat, antiliniarecta i procorbes, antimàquines i promanualitat, antiindústria i proartesania, antiquímica i proalquímia, antiglobalització i proregionalisme. Aquest tòpic, amb les seves fàcils dicotomies, les seves radicals i simplificades afirmacions, redueix la bioarquitectura a un simple estil marginal, allunyat del debat arquitectònic, i atorga a la bioconstrucció un paper residual, i, per tant, només interessant per a grups reduïts de professionals, usuaris o empreses.

La imatge més propera a l'univers de la bioconstrucció són aquells projectes que manifesten una visió holística, en què les dicotomies desapareixen. Llavors el projecte de bioconstrucció o bioarquitectura pot fixar-se en una imatge que combina modernitat i tradició, interès per la urbanitat i per la ruralitat, promoció de la llibertat individual i exaltació de la comuna, tecnologia i espiritualitat, línies rectes i corbes, ús de les màquines i valorització de les manualitats, artesania que innova la indústria i processos industrials que no anul·len la necessitat d'oficis artesanals, cautela extrema en la introducció de la química industrial i col·laboració amb la indústria en la recuperació i promoció d'investigació sobre materials i química natural, estratègies i eines globalitzades i defensa del patrimoni i diferències locals.

### **La bioconstrucció, un camí convenient**

Per l'elecció de materials no perjudicials per a la salut de les persones i de l'ambient (es considera la toxicitat de productes químics individualment i en les seves interaccions recíproques, la prevenció de la contaminació electromagnètica, etc.).

Per l'atenció a les peculiaritats ambientals del lloc per a un màxim aprofitament, adaptació i integració en

el medi: aspectes bioclimàtics i recuperació de l'anàlisi energètica del lloc.

Per un ús eficaç i l'optimització de recursos naturals: experimentació de sistemes constructius i recuperació de tècniques tradicionals per part de grups *hippies*, anys després aplicades en la indústria.

Per la recuperació de la centralitat de la persona usuària en el desenvolupament de totes les fases del projecte i de l'edificació.

Per la desmitificació del concepte *progrés* i de la indústria com a motor d'evolució humana amb activitats al marge de la gran indústria que posen en dubte els models de desenvolupament i consum dominants, i són valuosos exemples d'alternatives afavoridores d'un desenvolupament sostenible.

Per l'ètica en el projecte, en l'economia i en l'optimització de mitjans, sense confondre-la amb una ètica de l'estètica que dona valor ètic a la forma en si mateixa, per exemple en considerar que una casa amb les parets corbes és més natural i harmoniosa que una de parets rectes.

### **Avantguarda marginal? Reacció revolucionària?**

Considerem la bioconstrucció una pràctica d'avantguarda en l'ús de materials i sistemes constructius que la indústria després recull, difon i popularitza. La bioconstrucció, encara que parteix d'una actitud de reacció al progrés percebut com a amenaça, acaba proposant solucions constructives i radicalment innovadores, necessàries per a un desenvolupament sostenible.

# L'arquitectura bioclimàtica

Entenem l'arquitectura com aquella disciplina que construeix el nostre espai vital individual i la seva relació amb l'espai col·lectiu com si d'una tercera pell es tractés, i que garanteix el màxim benestar físic i psicològic de les persones que l'habiten.

L'arquitectura ha estat històricament bioclimàtica: ha tingut en compte les condicions climàtiques i de l'entorn (sol, vegetació, pluja, vents), ha estat construïda amb els materials pròxims i naturals i ha proporcionat uns estàndards mínims climàtics per als seus usuaris. I això ha estat bàsicament a causa de les limitacions tecnològiques i del fet de no disposar d'una energia barata com ho han estat el petroli i els seus derivats.

Construir avui arquitectura bioclimàtica significa redescobrir les relacions amb l'entorn (sigui natural o urbà), reduir el consum energètic i minimitzar les instal·lacions climàtiques, reduir l'impacte ambiental de l'edificació, oferir el màxim benestar a l'usuari i garantir una permeabilitat interior-exterior que aproximi l'usuari a l'entorn i als seus valors paisatgístics i climàtics, i entendre que formen part de la vida quotidiana i de l'existència humana mateixa.

A continuació, descrivim alguns dels valors més importants que milloren la resposta climàtica dels edificis en climes mediterranis i continentals:

## **L'entorn: terreny existent, vegetació i vents predominants**

Una bona arquitectura és aquella que sap adaptar-se al terreny i que no necessita grans moviments de terra ni murs de contenció nombrosos, llevat dels estrictament necessaris per garantir l'accés i el compliment del programa.

Convé preservar la vegetació autòctona atès el seu valor ecològic, la seva adaptació al medi i la seva capacitat de control climàtic sobre l'edifici i el seu entorn:



**Fidela Frutos**  
**Josep M. Sanmartín**  
Arquitectes

en l'orientació nord (de fulla perenne) obstrueix el vent hivernal i a l'estiu proporciona un lloc agradable d'ombra; en l'orientació oest i sud (de fulla caduca) produeix ombra a l'estiu i redueix la temperatura superficial de les façanes, mentre que a l'hivern permet el pas del sol.

### **L'orientació de l'edifici i el funcionament de les obertures**

Una bona orientació de l'edifici permet un estalvi energètic i econòmic important (tant per climatitzar com per il·luminar), i també tenir diverses percepcions de l'entorn i de la qualitat de la llum en l'espai interior al llarg del dia.

En les nostres latituds, convé controlar les finestres al nord ja que és una façana freda i a l'oest per evitar el sol estival de la tarda. Les obertures al sud han de ser les predominants per millorar la captació solar a l'hivern.

En general, es recomana protegir les superfícies vidrades amb persianes exteriors de lames orientables, a fi de graduar la llum a l'estiu, i amb finestrons interiors aïllats a l'hivern.

També es recomana que el disseny de l'edifici permeti tancar les obertures al sud a l'estiu, atesa la màxima radiació solar (finestres, persianes i finestrons) i il·luminar i ventilar l'interior des de les obertures a les altres façanes en ombra. A l'hivern es recomana l'operació contrària. Així, l'estalvi energètic és considerable.

### **Els espais climàtics intermedis: hivernacles i umbracles**

Els balcons, les galeries i els porxos són espais tradicionals ocupables que proporcionen un bon control climàtic entre l'interior i l'exterior d'un edifici: permeten la radiació solar sobre la façana i a l'estiu generen ombra a sobre.

Es recomana dotar-los d'una bona dimensió perquè el seu ús sigui agradable i esdevinguin espais complementaris de qualitat. Es recomana així mateix transformar-los en hivernacles durant l'hivern: tancant-los amb superfícies vidrades (totalment practicables a l'estiu) on l'aire s'escalfa a causa del tancament i s'introdueix en l'interior de l'edifici per les obertures existents de la façana. I convertir-los en umbracles a l'estiu: amb persianes de lames orientables, que donin ombra i refresquin la façana i l'interior de l'edifici.

Als llocs de clima continental on les temperatures són severes, tant a l'estiu com a l'hivern, es recomanen els porxos a la façana nord: en l'estiu funcionen com un umbracle i són espais frescos; si es tanquen mitjançant superfícies vidrades, a l'hivern protegeixen la façana de les temperatures extremes.

### **La ventilació natural: estratificada i creuada**

La ventilació natural *creuada* és el corrent d'aire que es genera entre dues façanes oposades a causa de la diferència de temperatura i pressió de l'aire. La ventilació natural *estratificada* és la que es genera a causa de la diferència de temperatura de l'aire entre dues obertures situades a alçades diferents.

L'arquitectura tradicional ha sabut aprofitar aquests dos fenòmens naturals per expulsar cap a l'exterior l'aire sobreescalfat i reduir la temperatura interior dels edificis a l'estiu, sense cap mena de refrigeració mecànica ni de consum energètic.

L'arquitectura bioclimàtica recupera i millora en el seu disseny tots els elements que fomenten la ventilació natural, i proporciona un elevat confort espacial i higrotèrmic (humitat i temperatura): distribució de les finestres en façanes oposades, incorporació de patis i d'espais verticals interiors de diverses alçades, col·locació

de finestres a la part superior de les escales, col·locació de xemeneies d'aire, etc.

És important recordar que en climes càlids cal restringir aquesta ventilació, principalment durant les hores nocturnes, quan la temperatura exterior és força inferior a la de l'interior de l'edifici.

### **Els elements captors solars passius**

L'element més usual és el *mur Trombe* i les seves possibles variants sense inèrcia tèrmica. Se situen a la façana sud i es componen d'una superfície transparent en la part exterior (ja sigui vidre o policarbonat), una cambra d'aire tancada a l'exterior (espai lliure de 10 cm com a mínim) i un mur de façana de certa grossor mínima (30 cm) pintada amb un color fosc i amb una obertura inferior i una altra superior.

El principi físic del seu funcionament és l'efecte d'hivernacle, el mateix que està causant l'escalfament del nostre planeta: els raigs solars d'una determinada longitud d'ona penetren per la superfície transparent i escalfen el mur negre; el mur escalfat irradia la calor cap a la superfície transparent amb una altra longitud d'ona que ja no pot travessar-la i rebota cap a la cambra d'aire; en conseqüència, l'aire contingut a la cambra es va escalfant i hi puja.

Com a resultat, a la cambra es crea una convecció d'aire cap amunt i el volum d'aire escalfat surt per l'obertura superior i s'introdueix dins de l'habitatge on cedeix tota l'escalfor. Gràcies a l'obertura inferior, el volum d'aire que surt per la part superior del mur Trombe torna a entrar per l'obertura inferior i es torna a escalfar. I així successivament.

Durant la nit, aquesta convecció d'aire no funciona, però en canvi el mur haurà anat acumulant calor durant tot el dia, l'irradiarà cap a l'interior de l'edifici i el calefatarà.

En resum: gràcies a aquest element captor, hi ha una espècie de motor natural que permet calefatar l'interior de l'habitatge durant l'hivern. A l'estiu, podem obrir unes portes exteriors i convertir el mur captor en una façana ventilada, o bé evitar que hi incideixi el sol mitjançant la col·locació d'una persiana. I se l'anomena *passiu* perquè no cal cap mena d'energia ni mecanització perquè funcioni.

### **El factor verd: façanes i cobertes**

Un cop més, trobem en l'arquitectura tradicional exemples que incorporen la vegetació als edificis: plantes enfiladisses de fulla caduca que a l'estiu proporcionen una gran superfície d'ombra i de color i que, amb la caiguda de les fulles, permeten que els raigs solars incideixin a la façana a l'hivern. Els avantatges climàtics també ho són per a l'entorn immediat: en no sobreescalfar-se les façanes a l'estiu, no esdevenen superfícies radiants de calor i la temperatura exterior es redueix; els contaminants són absorbits per la vegetació; es regulen de manera natural els nivells d'humitat, i la fauna troba nous hàbitats en l'espai construït.

El mateix esdevé en el cas de la vegetació a la coberta, la qual pot convertir-se en el jardí de l'edifici, sobretot pensant en la majoria dels edificis urbans.

Podríem dir que l'arquitectura bioclimàtica té la capacitat de «restituir el que s'ha pres a la natura».

### **La millora dels aïllaments tèrmics**

Aquest és un dels factors fonamentals per reduir el consum energètic d'un edifici. Es recomana que siguin d'origen natural (suro, llana d'ovella, cànem, etc.), ja que permeten que l'edifici transpiri i que la seva elaboració pugui ser pròxima, amb la qual cosa es redueix la mobilitat i les emissions de CO<sub>2</sub>. Els gruixos han de ser considerables per a així reduir la transmissió tèrmica a



l'estiu i a l'hivern (10 cm en façana i 20 cm en coberta com a mínim).<sup>1</sup>

### **La inèrcia tèrmica: a l'edifici i al terreny**

És la propietat física que indica la quantitat de calor que pot conservar un cos i la velocitat amb què la cedeix o absorbeix de l'entorn, i és diferent en cada material. Així, mentre els materials petris s'escalfen i cedeixen l'escalfor lentament, els materials metàl·lics s'escalfen i la cedeixen ràpidament.

De la mateixa manera que l'arquitectura tradicional ha sabut aprofitar aquesta propietat física, l'arquitectura bioclimàtica també ho fa: a l'hivern i durant el dia els murs i paviments, convenientment estudiats, s'escalfen amb el sol i durant la nit cedeixen lentament l'escalfor a l'interior de l'edifici. A l'estiu i durant la nit se'n pot rebaixar la temperatura mitjançant una bona ventilació que ajudarà a mantenir la temperatura fresca de l'espai interior fins al dia següent.

En el cas de climes càlids on a la nit la temperatura exterior no és menor de manera substancial a la de l'interior, es pot climatitzar l'edifici aprofitant l'estabilitat de la temperatura del terreny (de gran inèrcia tèrmica), tant a l'estiu com a l'hivern: es fa circular aire en tubs enterrats en el sòl a uns 2-3 m i s'impulsa cap a l'interior de l'edifici. Segons el clima, la latitud i la longitud total dels tubs, la temperatura de l'aire impulsat pot oscil·lar aproximadament entre 15 °C i 22 °C.

### **Alguns comentaris finals**

Els sobrecostos ocasionats per la incorporació parcial o de tots aquests elements en l'arquitectura bioclimàtica poden oscil·lar entre el 3% i el 10% i es compensen àmpliament amb l'estalvi energètic aconseguit, que pot oscil·lar entre el 60% i fins i tot la gairebé nul·la necessi-

tat de consum energètic per a climatització; això dependrà del grau de confort que desitgi l'usuari.

Recuperar la memòria arquitectònica i constructiva i adaptar-la a les necessitats actuals de confort i del sistema productiu és relativament senzill, sempre que es tingui en compte des de l'inici del disseny arquitectònic.

L'arquitectura bioclimàtica introdueix a la seva matriu formal i funcional la reducció de l'impacte ambiental: redueix el consum d'energia per climatitzar i il·luminar, redueix les emissions amb efecte d'hivernacle, redueix també la producció de residus i del consum d'aigua, etc. Així mateix, proporciona una bona qualitat de vida als seus habitants, ja que molts dels mecanismes de millora climàtica esdevenen espais de qualitat.

I, a partir de la decisió individual d'optar per una arquitectura bioclimàtica, s'està incidint en l'entorn cultural i social propi, es millora la qualitat de vida de les persones i es protegeix el medi ambient.

**1** Serien valors recomanables les transmissibilitats tèrmiques següents tenint en compte totes les capes de l'element constructiu:

- en façana  $U < 0,25 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- en coberta  $U < 0,20 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- en mitgeres  $U < 0,40 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- en soleres  $U < 0,30 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- en vidres  $U < 1,30 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

# La industrialització i com s'aproxima a la sostenibilitat

El sector de la construcció a Espanya és un dels factors econòmics i socials bàsics i caldria ocupar-se'n d'una manera decidida per desenvolupar tot el seu potencial vertebrador, tant des d'un punt de vista economicoproductiu com social i tecnològic. La industrialització ha d'aparèixer com un instrument eficaç en aquests termes, i delimitar l'impuls especulatiu que la societat mateixa imposa sobre el sector.

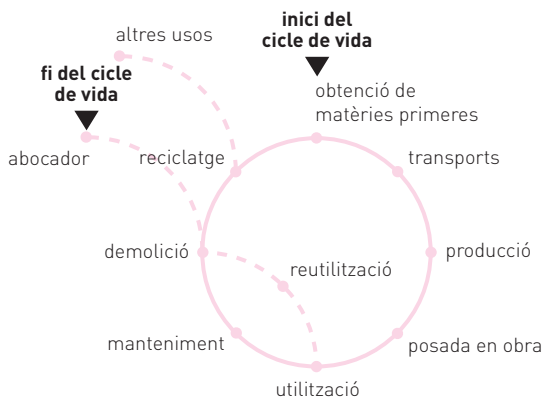
Certament, hi ha al nostre país una potent indústria fabricant de materials i components per a la construcció que és cada vegada més eficient i de major qualitat; tanmateix, la posada en obra continua sent en essència manual i cada vegada més deficient, atès que ja no hi ha un entramat artesanal; i és que no és raonable continuar tractant de fer artesanía sense artesans. Es parla de la indústria de la construcció al nostre país, però una anàlisi més detallada permet dubtar de l'exactitud del terme.

Cal generar sistemes integrats que garanteixin una major qualitat del conjunt i potenciïn la producció en fàbrica dels components perquè puguin després ser acoblats in situ amb la reducció conseqüent de les operacions manuals no qualificades, i deixar de considerar el solar com una planta de producció de l'edifici.

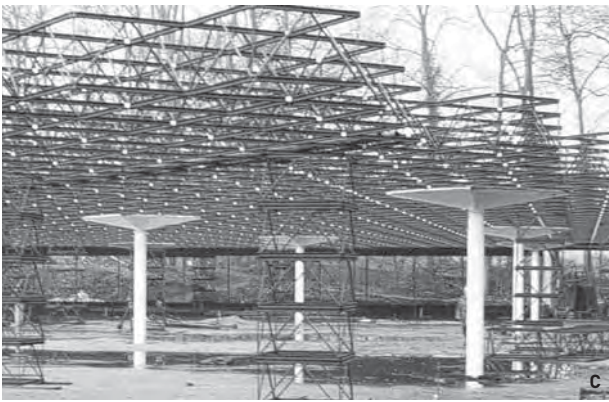
És evident que la industrialització és un canvi ideològic substancial en la percepció de la nostra tecnologia i del territori propi, que ens ha de permetre, d'una banda, aconseguir la qualitat necessària exigida i encara no aconseguida, i, d'altra banda, treballar per un ús racional dels nostres recursos.

Si ens centrem en els aspectes de sostenibilitat, es plantegen múltiples interrogants: com minimitzar l'estacionalitat? Com promoure la producció local amb la inversió necessària d'un procés industrial? Com aconseguir una producció industrial flexible que pugui adaptar-se a les particularitats de l'edificació? Com

## A. Anàlisi del cicle de vida



**Teresa Batlle**  
**Felip Pich-Aguilera**  
Arquitectes



**A** Esquema de l'anàlisi del cicle de vida (ACV) des de l'obtenció de matèria primera fins al reciclatge o abocador (del bressol a la tomba). Extret de la conferència d'Alejandro Josa García-Tornel («Anàlisi del cicle de vida. Una aproximació ambiental»), organitzada per l'Agrupació d'Arquitectura i Sostenibilitat del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.

**B i C** El pas d'un procés d'obra tradicional –en el que el solar és també el lloc de producció– a un procés industrial –on l'edifici és el resultat de l'ensamblatge in situ de components produïts en una fàbrica– és determinant en la manera de concebre l'arquitectura. Probablement tingui a veure amb la diferència entre la construcció en tapiera i la construcció en pedra. Mentre una es

reduir en la producció les emissions de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera? Com considerar els aspectes mediambientals en el conjunt de l'edificació?

No es tracta de generar un nou entramat industrial, sinó d'aprofitar l'estructura existent i de propiciar que evolucioni vers nous models de producció en què no solament es tindrà en compte la relació qualitat-preu, sinó també els seus efectes sobre el medi ambient.

El sector de la construcció ha de modificar la seva manera de treballar, i donar lloc, com va dir Augenbroe l'any 1998, «a un nou paradigma que tingui en compte la satisfacció de l'usuari, el menor consum de matèria i energia, i la disminució de l'impacte ambiental».

La complexitat i la fragmentació del sector dificulten una anàlisi detallada del seu impacte ambiental. En aquest sentit, hem de ser capaços d'idear instruments per analitzar la globalitat i parametritzar-la mitjançant indicadors amb què avaluar cicles complets, que considerin diferents aspectes com ara les matèries primeres i els materials, els sistemes, l'ús, el manteniment, la reutilització i el reciclatge. Tot això en nom d'un nou concepte que podríem anomenar *matèria primera circular*, en el qual utòpicament no hi hagi erosió del territori natural.

concep com a reblert o moldejat de material imprecís fins a reblir una colmatant, l'altra necessita del pensament abstracte de cada una de les parts mitjançant l'estereotomia per tal que una vegada ensamblades completin un tot preconcebut.

**B** Muntatge de peces postesades de formigó. Miguel Fissac, anys seixanta.

**C** Mòdul industrialitzat amb estructura lleugera. Jean Prouvé, 1970.

# Industrialització i sostenibilitat

La industrialització dels processos constructius en general representa una millora respecte de les qualitats sostenibles d'un projecte. L'obra en sec –que basa el muntatge en cargols, entre altres recursos– permet minimitzar el consum d'aigua en el procés d'execució, reduir els residus i facilitar-ne el reciclatge posterior. Alhora, els sistemes prefabricats de construcció permeten escurçar el calendari propi de les obres amb construcció tradicional i millorar-ne la precisió d'execució i fins i tot la seguretat.

Si al valor afegit de la industrialització incorporem un material amb baix impacte ambiental, estarem donant un pas endavant en la recerca de models de construcció sostenible. En el projecte de construcció de l'escola de primària Waldorf-Steiner El Tiller a Bellaterra, Cerdanyola (Barcelona), el material escollit és el panell de fusta contralaminada d'una empresa austriaca. La seva estructura bidireccional li confereix un bon comportament mecànic i el format de placa massissa millora substancialment el comportament de la fusta contra el foc.

Com a sistema constructiu, els panells contralaminats de fusta són un sistema de prefabricació *flexible*, per la facilitat de manipulació en fàbrica i a l'obra. Aquesta característica fa que les variables directes de la prefabricació com la seriació d'elements, el modulatge i la repetició perdin importància. No cal amortitzar mòtllols, cosa que ja no repercuteix sobre el cost de l'obra, de manera que l'escala del projecte ja no és una limitació i es poden emprar en projectes petits o mitjans. Les úniques limitacions en el sistema escollit són l'optimització de les mides de producció del material en fàbrica i el seu transport, però en qualsevol cas això no representa una limitació per al projectista.



**Anna Manyes**  
**Sandra Bestraten**  
**Emilio Hormías**

Bestraten Hormías Arquitectura, SLP

Aquest material s'adequa perfectament a les necessitats plantejades pel projecte de l'escola Waldorf-Steiner El Tiller. Es buscava una solució que s'allunyés de la imatge de provisionalitat de les solucions modulares, però que permetés una execució ràpida i econòmica i complís, amb escreix, els estàndards de qualitat i condicionament requerits pel Departament d'Ensenyament.

El projecte arquitectònic, el conformen tres mòduls independents d'identiques dimensions, que s'articulen al voltant d'una plaça de 12 x 12 m. Un voladís perimetral exterior ofereix la comunicació entre els accessos principals. Cada mòdul conté dues aules, un paquet de banys adaptat a discapacitats i un vestíbul de distribució. La superfície és de 108 m<sup>2</sup> per mòdul i un total de 360 m<sup>2</sup> construïts. Els mòduls dissenyats són *transportables* a un nou emplaçament i també s'hi pot afegir una segona planta modular.

L'únic volum prefabricat íntegrament a fàbrica és el bany, dissenyat amb tots els acabats finals i instal·lacions col·locats: enrajolats, paviment, miralls, premarcs, finestres de façana, persianes exteriors, sanitaris, instal·lacions d'aigua i electricitat. La resta de l'edifici es resol amb plaques contralaminades bidimensionals. Les façanes, algunes estructurals, es van prefabricar totalment en panells de grans dimensions que incloïen acabats exteriors, interiors i fusteries acabades amb persianes de lamelles orientables exteriors per al control tèrmic i lumínic. Els panells de façana estan formats per una placa estructural amb aïllament per la cara exterior, cambra d'aire ventilada amb acabat final de lames de fusta de làrix. La cara interior de la placa ve amb un tractament hidròfug de fàbrica per quedar vista. La previsió dels tubs de les instal·lacions elèctriques també es va col·locar a fàbrica.

Treballar amb components bidimensionals i no volumètrics permet optimitzar el volum a transportar (reduït al volum del bany, per guanyar temps de muntatge), i disminuir considerablement el nombre de viatges per a un volum final edificat. L'execució de l'obra completa s'ha desenvolupat en 4 mesos; el muntatge propi dels tres mòduls s'ha fet durant 5 dies amb una grua i de 4 a 6 operaris.

En criteris de sostenibilitat, el projecte ha suposat una reducció del 50% d'emissions de CO<sub>2</sub> en la construcció (transport inclòs), comparat amb un mòdul d'aula estàndard del mercat i amb dades de consums de CO<sub>2</sub> de l'ITEC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya). Quant a climatització, la façana ventilada, la coberta i els aïllaments permeten un estalvi energètic del 37%. La disposició de les obertures permet garantir la il·luminació natural durant el dia. El projecte també incorpora l'ús d'energies renovables amb col·lectors solars en coberta per a l'aigua calenta.

En conjunt, aquest projecte es presenta com una experiència sostenible i alternativa a la construcció modular d'aularis i un camí amb moltes més possibilitats arquitectòniques per explorar.



# 8D

Torsten Maseck  
Arquitecte

## Els usuaris: ecociutats, ecobarris, eco...

La ciutat està en crisi. Repensar la ciutat és repensar les bases socials, econòmiques i ecològiques actuals de la nostra societat. Què hem heretat? Què ha anat malament? Com transformar l'existent? Com crear el nou?

Segons dades de l'ONU, aproximadament el 50% de la població mundial (uns 3.300 milions de persones) actualment viu en zones urbanes, i augmentarà previsiblement fins a uns 5.000 milions el 2030. A Àfrica i Àsia, la població urbana es duplicarà entre el 2000 i el 2030 (font: Informe de l'estat de la població mundial 2007, UNFPA). En si mateix, aquest desenvolupament no té per què ser una notícia negativa.

La ciutat, tradicionalment, és un lloc de desenvolupament, servei, esperança contra la pobresa i millors condicions de vida. Es converteix en un problema quan no es preveuen estratègies eficients per a la cohesió social, l'habitatge, la governabilitat, la mobilitat i el medi ambient. La velocitat i el descontrol del creixement urbà, per exemple, en ciutats d'Àsia o Àfrica, compliquen el desenvolupament d'aquestes estratègies.

Si mirem les ciutats occidentals, el creixement ja no és el problema essencial, sinó la seva insostenibilitat en tots els aspectes. Consumeixen energia, recursos materials i aigua en excés. Són emissores de CO<sub>2</sub> i gasos contaminants i productores de grans quantitats de residus. Es converteixen en zones sobreescalfades (efecte «illa de calor») assetjades per una mobilitat al límit del col·lapse.

Arribats a aquest punt, calen noves estratègies per encaminar les nostres ciutats cap a un model viable en el futur. Parlem llavors de la «ciutat sostenible», basada en un canvi de paradigma radical que abandona els models urbanístics del segle XX.

En l'àmbit internacional, avui en dia, es presenten projectes d'*ecocities* o *sustainable cities*, com per exemple Masdar a Abu Dhabi (Foster&Partners) o Dongtan prop de Shangai (SOM i Arup), com a models de ciutat sostenible per al futur. Tanmateix, encara no s'ha dut a terme cap d'aquests conceptes. En l'esmentat àmbit i amb tota la complexitat que caracteritza les urbs del segle XXI, no és clar quines seran les estratègies que ho aconseguixin i quins seran els paràmetres i indicadors que ho corroborin.

No obstant això, trobem exemples ja realitzats i avaluats d'un rang més petit en els denominats «ecobarris», amb una mida fins i tot més reduïda en conjunts residencials ecològics. Només a Alemanya, s'han executat aproximadament 150 projectes d'aquest últim tipus. Malgrat això, pocs exemples aconseguixen, fins ara, oferir respostes integrals a la complexitat d'una ciutat actual en els aspectes ecològics, econòmics i socials. Sent optimistes, n'existeixen uns 5 o 6 en l'àmbit europeu. Però comencem amb alguna cosa d'història.

### Quins són els antecedents d'un desenvolupament urbà sostenible?

Algunes ciutats antigues com l'hel·lènica Priene (segle III aC) són exemples històrics impressionants d'un desenvolupament urbanístic respectuós amb els recursos energètics, naturals i espacials. Una bona orientació, una densitat optimitzada del teixit urbà, la possibilitat d'habitar i treballar en la mateixa unitat (conjunt habitatge-taller-pati) i una optimització bioclimàtica de les edificacions (orientació sud, porxos, patis) van ser alguns dels aspectes d'un planejament urbà sostenible, que ja es tenia en compte en aquesta època primerenca de la història de l'urbanisme.



Los Angeles (EUA), un exemple de ciutat extensiva

Amb la industrialització massiva durant la segona meitat del segle XIX, a les ciutats europees van aparèixer conflictes socials, ambientals i econòmics que van condicionar molt negativament la qualitat de vida dels seus habitants.

Les ciutats-jardí de l'inici del segle XX, basades en les idees d'Ebenezer Howard, buscaven una alternativa a aquestes ciutats industrials contaminades, hiperpoblades i amb condicions higièniques deficientes. El 1903, Letchworth (prop de Londres) va ser la primera ciutat-jardí que es va fundar, amb capacitat per a 33.000 habitants. Aquests barris es caracteritzaven per oferir habitatges per a obrers en un entorn natural envoltats de zones verdes i de producció agrícola. Eren limitats en la seva mida i amb certa autonomia, però ben comunicats amb els grans centres i les seves indústries mitjançant el ferrocarril. La creació d'un teixit social equilibrat, amb una identificació del ciutadà amb el seu barri, espais verds comunitaris i serveis públics centralitzats van ser altres dels principis d'aquest model.

No obstant això, els assoliments en el camp dels drets socials i laborals, el benestar econòmic generalitzat de les societats occidentals i el gran èxit del transport motoritzat, en especial del cotxe com a símbol d'una nova llibertat amb forma de mobilitat individual, van guiar les nostres ciutats durant el segle XX cap a un model diferent. Aquest model es basa en la separació funcional entre producció, habitatge i serveis, amb grans infraestructures viàries per a la mobilitat individual, generant el que avui denominem la «ciutat extensiva» o *urban sprawl*, amb la ciutat de Los Angeles com a exemple més destacat.

El creixement accelerat de les ciutats com a llocs amb millors condicions de vida i de treball en comparació amb el camp empobrit és un altre factor que va influir en el desenvolupament urbà durant gran part del segle XX i que, avui en dia, continua sent un punt important en l'àmbit global, especialment a les ciutats asiàtiques. Hi ha una clara tendència cap a les macrociutats, encara que més de la meitat de la població urbana viu en ciutats de menys de 500.000 habitants.

### Un model en crisi

Ja en els anys seixanta, es buscaven alternatives en el model descrit per raons socials, econòmiques i ambientals. Un dels objectius de l'àmbit social era la recuperació del carrer com a lloc per al ciutadà, per a activitats socials i per a la trobada entre veïns. Pacificar barris residencials mitjançant restriccions del tràfec individual i augmentar la superfície destinada al contacte i a les activitats de la comunitat de veïns eren aspectes socials que es van reflectir en propostes com el *Golden Lane* per a Londres d'Alison i Peter Smithson, l'any 1952, amb les seves plataformes en altura o la introducció de les *Spielstrassen* (carrers per jugar) com a vies amb preferència per a vianants a Alemanya en els anys setanta. L'accés per als vianants a zones verdes i la creació de vies separades per a bicicletes formaven part d'aquests conceptes alternatius.

En el pla econòmic, amb les dues crisis del petroli dels anys 1973 i 1979, es demostrava que el model urbà i, amb aquest, el model d'habitatge, de producció i de mobilitat basat en la disponibilitat de recursos energètics fòssils «il·limitats» i barats, no era un concepte viable per al futur. En conjunt, amb la problemàtica ambiental –que arriba per primera vegada a la consciència col·lectiva de la població mitjançant el moviment ecologista i antinuclear dels anys setanta i vuitanta– es formava, en països com Alemanya i Àustria, la base per al desenvolupament dels primers conjunts d'habitatges ecològics.



Priene, ciutat hel·lènica del segle III aC.



Projecte de ciutat jardí. Bedford Park (Londres). Litografia de 1882



Un transport públic econòmic i eficient a la superfície: el metro-bus de Curitiba (Brasil).

Aquests primers projectes, que suposaven encara unes quantes unitats d'habitatge, es caracteritzaven per recórrer a materials sans, no tòxics, recursos renovables com la fusta, un baix consum energètic mitjançant un millor aïllament tèrmic i l'aprofitament de l'energia solar de manera activa i passiva. Es van crear així projectes pilot com el primer pas cap al desenvolupament de models urbans alternatius més amplis, amb la intenció d'optimitzar les nostres ciutats en tota la seva complexitat.

No obstant això, no tot consisteix a construir noves ciutats. Les existents són tot menys sostenibles, i és urgent que apareguin estratègies per millorar el seu funcionament en tots els àmbits. Curitiba, al Brasil, n'és un dels exemples més coneguts; allà es va aconseguir solucionar els conflictes de trànsit amb la introducció, el 1974, d'un sistema de transport públic innovador, els metro-busos, malgrat els recursos econòmics limitats de què disposaven.

### **Quins nous paràmetres defineixen avui si un edifici, un barri o una ciutat són sostenibles o no?**

Per començar, no es tracta de preguntar si alguna cosa és sostenible o no ho és. Poques coses són blanques o negres al nostre món. Seria més realista qüestionar-se en quina mesura alguna cosa és sostenible. Així, doncs, com mesurem el grau de sostenibilitat? Quins són els indicadors al nostre abast avui en dia?

Mentre que abans es parlava exclusivament del cost econòmic per a gasoil, gas o llum que consumeixen els nostres edificis, avui som capaços de calcular la demanda d'energia primària en unitats de kWh per m<sup>2</sup> i any de calefacció i refrigeració per a un edifici i atorgar-li una categoria mitjançant la certificació energètica. En conjunt, amb una anàlisi de cicle de vida de l'edifici i els seus components, i amb un càlcul exacte de l'energia incorporada als materials i sistemes, a més dels consums en aigua calenta sanitària i electricitat, tenim dades més exactes a la nostra disposició que ens indiquen el consum total de recursos naturals relacionat amb l'edifici i el seu ús.

En un pas següent, podem adjudicar a un habitant d'aquest edifici la seva part proporcional del consum d'energia primària total (amb les emissions de CO<sub>2</sub> associades) necessària per a la seva activitat d'«habitar». Juntament amb altres dades de les seves activitats «vitals o quotidianes», com la mobilitat, l'alimentació i el consum de béns, podem crear un balanç individual per a aquesta persona que tradueix l'estil de vida que porta en el seu context geogràfic, econòmic i cultural a la quantitat d'energia que consumeix, i a les emissions de CO<sub>2</sub> corresponents, incloent també en la mesura que sigui possible el consum d'aigua i la generació de residus.

Per compensar aquest impacte ambiental causat pel nostre «ciutadà tipus» interpretat en l'àmbit global com a pressió sobre la biosfera del nostre planeta, existeix un altre indicador, la petjada ecològica (Mathis Wackernagel i William Rees, 1995), que ens indica la superfície productiva de la terra en hectàrees, necessària per compensar l'impacte causat, per exemple en forma de boscos que absorbeixen el CO<sub>2</sub> emès, pastures per a la producció de la carn que consumim, etc.

Sabent que la capacitat de la nostra biosfera és finita, podem comparar diferents estils de vida, extrapolant-los a la totalitat de la humanitat i diferenciant si són viables o no viables com a model de futur. Si, per exemple, l'estil de vida europeu actual amb la seva petjada ecològica associada s'adoptés a tot el món, se superaria per un factor de 2 a 3 la capacitat de càrrega de la biosfera del nostre planeta. És a dir, es tracta d'un model inviable per al conjunt de la humanitat.



Actualment, la pressió que l'activitat humana causa sobre la biosfera ja excedeix entre un 25% i un 30% la seva capacitat de càrrega, i els països industrialitzats en són els principals responsables. En altres paraules, «hipotequem» diàriament el nostre planeta amb el consegüent desequilibri que la majoria dels científics indiquen com a causa principal de l'escalfament global i del canvi climàtic.

Tancar els cicles de la matèria, de l'aigua i de l'energia relacionats amb l'activitat humana ha de ser l'objectiu final que ens permeti mantenir la biosfera en equilibri. Quan s'aconsegueixi probablement podrem parlar d'un estil de vida sostenible.

Per definir on som en aquest camí s'han d'identificar i quantificar aquests fluxos d'energia, matèria i aigua. Seguint l'exemple de l'edificació, això implica actuar en totes les fases (planificació, construcció, funcionament, reciclatge), en tots els àmbits (material, sistema, edifici, barri, ciutat, biosfera) i tancar tots els cicles.

### Ecobarris pioners

En relació amb l'encàrrec del Departament de Medi Ambient i habitatge de la Generalitat de Catalunya al grup PAuS (Projectes d'Arquitectura i Sostenibilitat vinculat a l'agrupació AuS del CoAC) de la realització del seu estand «El Primer Pas» per a la fira Construmat 2007, es va dur a terme un treball documental que consisteix en sis entrevistes a habitants de diferents entorns urbans europeus que porten un estil de vida «més sostenible». A continuació es descriuen aquests sis llocs i se'n resalten les característiques més significatives.

#### 1. Ecobarri Vauban, Friburg (Alemanya)

Vauban és un barri ecològic de prop de 2.000 unitats d'habitatges per a aproximadament 5.000 persones, ubicat a Friburg (250.000 habitants), ciutat al sud-oest d'Alemanya, la regió més assolellada del país. El barri té els seus orígens en els anys noranta, quan després de la reunificació d'Alemanya, l'exèrcit francès decideix deixar lliures les casernes que tenien ocupades, una àrea d'unes 42 ha, situada a la perifèria de la ciutat.

L'escassetat d'habitatge per a estudiants en aquesta ciutat universitària provocava l'ocupació d'edificis abandonats en un moviment estudiantil d'autogestió (projecte SUSI) que es pot entendre com a inici d'un procés de participació ciutadana sense precedents a Alemanya. Un altre procés que va originar la creació d'aquest projecte singular de Vauban va ser la lluita ciutadana contra la intenció de construir diverses centrals nuclears a la regió durant els anys setanta, cosa que va conduir a les autoritats a canviar cap a una política energètica més i més influïda pel moviment ecologista que apostava per les energies renovables. Finalment, el fet que el model de participació ciutadana del barri Rieselfeld de la mateixa ciutat tingués poc èxit, va ser el que va empènyer els responsables polítics a apostar, en el cas de Vauban, per un procés més innovador amb un teixit complex d'actors participants, com agrupacions ciutadanes, promotors, arquitectes, assessors externs, universitats i centres d'investigació, empreses i institucions etc. Entre tots van desenvolupar un concepte molt avançat en el seu temps i que avui és a l'avantguarda dels barris ecològicament sostenibles.

Va ser clau, en aquest procés, la creació i acceptació per part de l'Administració del Fòrum Vauban, una associació formada per veïns i futurs habitants del barri, experts i activistes ecològics, que fomentava i coordinava el procés participatiu cap al desenvolupament del barri de manera sostenible, en l'àmbit econòmic, ecològic i social.

Als objectius primers de l'Ajuntament, que consistien a crear un barri dens, de baix consum energètic, amb bones infraestructures i transport públic, d'alta qualitat de



Entrevistes a persones que viuen en cases sostenibles. (Construmat 2007)



L'Andreas viu al barri de Vauban, a Freiburg (pàg. 262).



Vauban és un barri de cases ecològiques, amb un consum d'energia molt inferior a la mitjana.

Els carrers de Vauban estan pensats perquè constitueixin veritables espais de relació social.



vida per a famílies joves, s'hi van afegir objectius més concrets i exigents: l'execució de la idea d'un barri sense cotxes, desenvolupant nous conceptes de mobilitat, el foment de la formació de cooperatives entre els futurs veïns per a l'autopromoció d'habitatges plurifamiliars, el planejament adequat per a la construcció de cases d'estàndard passiu (consum en calefacció de menys de 15 kWh/m<sup>2</sup> a l'any), i la realització d'importants elements puntuals, que serien nuclis potencials d'activitat i trobada, com el mercat central del barri o el centre comunitari per a activitats socials.

Entre els elements que dotaven el projecte dels recursos necessaris per al desenvolupament urbanístic amb una forta estratègia sostenibilista figuraven els fons de l'estat federal de Baden-Württemberg, les subvencions de la Fundació Alemanya del Medi Ambient i la participació en el programa LIFE de la Unió Europea.

L'execució del barri va anar acompanyada de nombroses reunions entre totes les entitats participants: taules rodones i tallers de treball per aconseguir la màxima participació de tots els actors i la màxima implementació de tots els aspectes amb criteris de sostenibilitat en l'aspecte econòmic, ecològic i social.

Es van redactar documents, com un manual de 400 pàgines sobre el desenvolupament de barris sostenibles realitzat durant el projecte LIFE pel Fòrum Vauban, en col·laboració amb l'Institut d'Ecologia Aplicada (OekoInstitut), que van ser eines importants per crear coneixement i una base comuna de discussió entre tots els actors del procés, resumint experiències i resultats per tenir-los en compte en el futur.

Des del 1993 i durant més de 12 anys es va planificar i executar el projecte en diverses fases i es va concloure el 2006 amb l'entrada en funcionament de la nova línia del tramvia del barri, juntament amb l'acabament de l'última fase de l'obra.

Les innovacions més destacades són les següents:

- Establiment d'un estàndard millorat de baix consum energètic (65 kWh/m<sup>2</sup> anuals segons la normativa suïssa) per a tot el barri, molt exigent en el seu temps.
- Creació d'aproximadament 150 habitatges d'estàndard energètic *Passivhaus* o *Plusenergiehaus*.

- Construcció d'una planta de cogeneració (CHP) d'alta eficiència amb estelles de fusta (biomassa) com a combustible connectada a una xarxa comunitària de calefacció (*district heating*).
- Desenvolupament d'un concepte ecològic de mobilitat basat en el transport públic de qualitat, la limitació de l'accés i estacionament de cotxes privats dins del barri (aparcaments concentrats a les vores) i un sistema de *car-sharing*.
- Avantatges econòmics per als habitants que voluntàriament prescindissin del vehicle privat (estalvi en costos per a la construcció d'aparcament).
- Integració de la vegetació i de recursos hídrics existents en la nova planificació del barri i participació veïnal en el disseny dels espais lliures de caràcter verd.
- Recollida separada i reutilització d'aigües pluvials; infiltració natural d'aigües pluvials al terra.



Els carrers són d'accés restringit per als cotxes.

- En els aspectes socials i econòmics, es van aconseguir també certs assoliments:
- La restricció del trànsit als carrers del barri ha permès convertir-los en llocs de relació social i de joc per als nens, disminuint l'impacte negatiu que tenen els cotxes sobre aquests espais.
  - La creació de més de 40 cooperatives de construcció no només ha permès construir molts habitatges de manera més barata i individualitzada, sinó que també ha generat un teixit social més estable, i ha fomentat la generació d'una consciència ecològica a la comunitat de veïns.
  - La creació d'una plataforma veïnal participativa (Fòrum Vauban) va permetre als habitants del barri donar veu a les seves necessitats i desigs, des de la creació d'un centre social fins a l'establiment d'un mercat d'aliments produïts a la regió; la plataforma és una eina ideal per a la comunicació, l'intercanvi d'idees i el foment d'un teixit social actiu i equilibrat.

Entre les lliçons apreses pels participants del procés destaquem les següents:

- Per crear un teixit social divers cal evitar una estructura d'edat monolítica de famílies joves, buscant una estructura social més diversa, també en termes de poder econòmic.
- Per obtenir resultats és important començar els processos participatius com més aviat millor i dotar-los amb prou mitjans econòmics per a la seva realització durant un temps prolongat.
- L'Administració, la ciutadania i els experts en tots els camps han de col·laborar, comptant amb mecanismes eficients de mediació per als conflictes i problemes de comunicació inevitables.

La diversitat d'entitats i actors participants en el procés necessita un gran esforç addicional de coordinació i integració, però alhora representa la gran riquesa del resultat: un barri amb conceptes innovadors, veïns compromesos i una gran qualitat de vida. Vauban es pot descriure com un dels ecobarri més avançats d'Europa.

## 2. Ecobarri Viikki, Hèlsinki (Finlàndia)

El barri de Viikki és un districte de la ciutat d'Hèlsinki situat a uns 8 km de la capital finlandesa. En una àrea d'un 1.100 ha, s'ha creat un barri per a unes 6.000 persones, basat en la barreja de zones d'activitat científica amb àrees residencials i espais naturals. Viikki està dividit en les subàrees del Parc Científic, Latokartano, Viikinranta i Viikinmäki. Viikinmäki és la zona residencial més gran del barri i acull un important nombre d'edificis ecològics experimentals.

Basat en programes nacionals per a la construcció sostenible, des del 1998, es va desenvolupar el projecte a base de concursos tant per a la realització del Pla directiu



El Juha viu al barri de Viikki, Hèlsinki (pàg. 264)



Una casa de baixa energia, feta amb materials naturals, permet reduir el consum elèctric a la meitat.

com per a edificis concrets del barri. El projecte d'ordenació es basa en un esquema de corredors verds que penetren als blocs residencials, la qual cosa crea una continuïtat d'espais verds i una transició gradual entre sistema urbà i ecosistema natural. Així mateix, unes grans àrees reservades per a activitats de jardineria dels habitants i àmplies zones comunitàries creen llocs d'interconnexió i de comunicació entre veïns. Aquestes zones no impermeabilitzades permeten una infiltració natural d'aigües pluvials i afavoreixen la biodiversitat de l'entorn. Un centre de jardineria, un parc educatiu per a nens i un centre d'educació ambiental autogestionat completen l'oferta als habitants de Viikki. A més, formen part d'aquest conjunt una reserva natural de més de 250 ha de zones pantanoses i diferents àrees d'activitat agrícola tradicional, la qual cosa crea un conjunt de diferents ecosistemes.

L'orientació dels edificis afavoreix l'aprofitament de l'energia solar i, amb això, una arquitectura energèticament més eficient. A fi d'assegurar la implementació de raonaments de sostenibilitat durant el desenvolupament del barri, es van establir criteris per avaluar la qualitat ambiental dels projectes presentats. Segons el mètode desenvolupat, es van concedir punts per a l'actuació en els àmbits següents:

- Contaminació (emissions de CO<sub>2</sub>, gestió dels residus de construcció i residus domèstics).
- Recursos naturals (combustibles fòssils i energia de calefacció i energia elèctrica).
- Salut (clima interior, humitat, soroll, exposició al vent i al sol i varietat als habitatges).
- Biodiversitat (vegetació, gestió d'aigües pluvials).
- Producció d'aliments (jardineria i qualitat del sòl).

La concessió del permís d'obra es va vincular a una puntuació mínima necessària per a cada projecte, deixant obert al promotor l'àmbit on havia d'actuar preferentment. Es va posar èmfasi tant en la col·laboració amb grans promotores com en les cooperatives petites i persones individuals en projectes d'autoconstrucció, a fi d'aconseguir una màxima diversitat en tipologies d'habitatge i perfils d'habitants.

Quant a la mobilitat, es busca la concentració de cotxes en bosses d'aparcaments separats de l'interior dels blocs amb les seves zones verdes comunitàries. Els autobusos i una línia de metro una mica més allunyada formen part de l'oferta de transport públic. Les connexions per als vianants i la creació d'una infraestructura que afavoreix l'ús de la bicicleta amb continuïtat fins al centre d'Hèlsinki complementen l'estratègia pel que fa a la mobilitat. No obstant això, s'ha fet evident que la llunyania d'àrees més àmplies de serveis i la distància fins al centre d'Hèlsinki fan necessari l'ús de cotxe per a molts habitants.

L'objectiu inicial del projecte Ecobarri Viikki era la reducció total de l'impacte ambiental del barri entre un 30% i un 50%. Segons dades de l'oficina de planejament d'Hèlsinki, es va aconseguir cobrir un 15% de la demanda de calefacció del barri mitjançant energia solar, es va reduir el consum en energia fòssil en un 50% i es va reduir el consum d'aigua i la generació de residus en un 30%.

### 3. Anell verd de Vitoria-Gasteiz (Espanya)

El projecte de l'Anell verd de Vitoria-Gasteiz pretén recuperar els espais naturals perifèrics que actuen com a pulmó verd de la ciutat i que serveixen de transició entre el medi urbà i el medi rural.

La ciutat, amb una població de 219.000 habitants, va subscriure la Carta d'Aalborg el 1995, amb el compromís d'avançar cap a un model de desenvolupament sostenible, incorporant programes d'acció local que millorin la sostenibilitat en l'àmbit



L'Alberto viu a Vitòria-Gasteiz (pàg. 266)

global. Això definia per a la ciutat la seva Agenda 21. L'Anell verd s'emmarca dins de les actuacions d'aquesta Agenda 21 i, per tant, es pot veure l'evolució de la qualitat dels espais recuperats si s'analiza la variació en el temps d'una sèrie d'indicadors. Aquests formen part d'una llista preestablerta tant per experts com per l'opinió ciutadana, que està oberta a incloure altres indicadors de tipus sociocultural a mesura que s'utilitzin els espais.

La superfície total projectada és d'unes 850 ha i consta de cinc espais que constitueixen l'esquema bàsic de l'anell, completat amb uns elements de connexió, com trams de riberes fluvials i el tractament d'espais marginals creats per anteriors activitats econòmiques d'extracció de material.

Els espais principals que defineixen la delimitació física com a base de partida estan qualificats com a parcs periurbans pel Pla general; tots són de titularitat pública:

- les riberes del riu Zadorra, al nord del casc urbà;
- el bosc d'Armentia, al sud-oest;
- les antigues zones humides de Salburúa, majoritàriament seques;
- la muntanya de Zabalgana, amb la superfície forestal reduïda dràsticament per una explotació de grava abans en actiu.

En la gran majoria de ciutats, els espais perifèrics que formen el límit entre l'urbà i el rural exerceixen de barrera entre els dos tipus d'entorn i solen estar pressionats per una sèrie d'activitats incontrolades, il·legals i conflictives en no tenir un ús propi definit. Les actuacions tenen com a objectiu solucionar els problemes d'aquests espais regulant les activitats i oferint a la ciutat llocs d'expansió i oci a l'aire lliure que, alhora, amortitzen la pressió que s'exerceix sobre el medi natural proper a les urbs.

En preservar determinats espais naturals de gran valor, que es trobaven en un estat precari, es promou la conservació dels valors naturals i paisatgístics del lloc, afavorint la restauració ecològica i l'ús per part dels ciutadans (observatoris de fauna, horts, hivernacles, un centre d'educació ambiental) que, d'altra banda, tenen el passeig diari com un costum molt arrelat.

Això es du a terme mitjançant estratègies que concerneixen al disseny, a la planificació i a la gestió de l'anell, tenint en consideració:

- la potencialitat d'aquests espais com a àrees d'aprenentatge, educació i sensibilització sobre el respecte al medi ambient;
- la recerca de solucions a nous problemes derivats de l'arribada del creixement de la ciutat a aquests límits, com pot ser la inclusió de criteris ambientals en solucionar les inundacions d'aquestes zones urbanes;
- la creació de valors afegits, paisatgístics i naturals a la perifèria urbana;
- l'interès d'aquests espais límit com a espais verds de filtre entre la ciutat i les zones amb ecosistemes més fràgils, allunyant-los i amortitzant la pressió que l'afluència de visitants pot exercir-hi.

Sense poder utilitzar la definició d'ecobarri o ecociutat, el projecte de l'Anell verd de Vitoria-Gasteiz es pot considerar com una actuació sobre un ecosistema periurbà que té gran influència sobre altres aspectes urbans com la mobilitat, la qualitat de vida dels barris límits, la cohesió social i l'educació ambiental.

#### 4. CDU – Centre de Distribució Urbana, La Rochelle (França)

La Rochelle, comunitat d'uns 80.000 habitants, situada a la regió de Poitou-Charentes, a França, ha adoptat ja des dels anys setanta una política enfocada cap a la protecció ambiental de l'aigua, l'aire, els espais verds i la costa, mantenint una alta



En la construcció de l'anomenat Anell verd, es van tenir en compte aspectes com la cohesió social i la mobilitat.



La Mireille viu a La Rochelle (pàg. 268)



Bicicletes de préstec gratuït a La Rochelle.

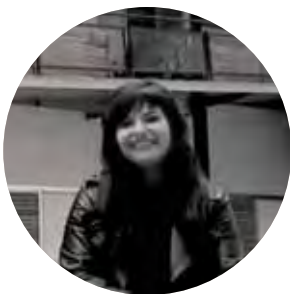
qualitat de vida per als seus ciutadans. En el desenvolupament com a comunitat d'una superfície de 2.800 ha, s'han atès aspectes importants per a l'ecologia urbana, com la instal·lació d'una reserva natural amb més de 20 ha de zones humides, camins i pistes per a ciclistes, i el tractament dels residus urbans a través de la recollida selectiva.

La política de l'aigua se centra a tancar al màxim el seu cicle, controlant la depuració i els residus industrials, així com les emissions atmosfèriques, i depurant de manera biològica les aigües grises, reutilitzant els llots per adobar els camps agrícoles.

Amb la voluntat d'afavorir mètodes de transport alternatius, reduint alhora el creixement del trànsit rodat, La Rochelle s'ha afegit al Pla de desplaçaments urbans (PDU) l'any 2000, i ha entrat en un pla pilot per a l'experimentació amb vehicles elèctrics en cooperació amb diverses empreses automobilístiques. En aquest context, es desenvolupa, el 2001, el Centre de Distribució Urbana (CDU). Es tracta d'un equipament logístic, de titularitat tant pública com privada, que gestiona el servei de distribució en furgonetes elèctriques: ha estat creat per millorar la circulació de mercaderies, racionalitzant els lliuraments i les càrregues amb l'objectiu de disminuir l'impacte mediambiental d'aquesta activitat.

En aquest Pla de desplaçaments urbans (PDU), també hi ha estratègies de reserva per a ciclistes i vianants d'una extensa zona protegida amb 150 km de carril bici i més de 250 camins per passejar. Així mateix, s'han creat unes bosses d'aparcament pròximes a la ciutat amb 4.500 places que després s'ofereixen en un transport públic denominat «Autoplus», un concepte multimodal i flexible que combina diferents mitjans: taxis col·lectius, bicicletes públiques i cotxes elèctrics. Es compensa, doncs, el fet d'aparcar lluny del centre amb una gran i variada oferta de possibilitats de mobilitat col·lectiva, i l'espai públic guanya en qualitat.

La Rochelle és un bon exemple d'implementació d'estratègies de mobilitat avançades que contribueixen a una ciutat més sostenible.



L'Ita viu a Mataró (pàg. 270)

### 5. Edificis d'alta eficiència energètica a Mataró i Lausanne

Dins del context de l'ecobarri com a lloc de desenvolupament d'estratègies de gestió eficient de recursos per garantir una vida urbana més sostenible i en equilibri amb l'entorn, podem entendre l'edifici com l'element base, la cèl·lula, que és part essencial del conjunt. A dos dels llocs visitats, Mataró (Espanya) i Lausanne (Suïssa), hi trobem exemples molt avançats d'edificis residencials d'alta eficiència energètica, adaptats al seu entorn climàtic, econòmic i cultural.

El projecte de Mataró, un edifici d'habitatges de protecció oficial de lloguer per a joves (Duran & Grau Arquitectes i Associats, SL, 2002) és un edifici que neix amb estratègies de caràcter econòmic avançades i socials. Es basen en la voluntat de construir amb baixos costos per facilitar habitatges a col·lectius de menor poder adquisitiu, sense prescindir d'una alta qualitat arquitectònica i funcional. També es parteix de l'optimització i gestió d'un màxim de serveis de manera comunitària, com la producció d'aigua calenta sanitària, la climatització, i els espais i equipaments comunitaris, com la bugaderia.

Es va optar per construir amb plafons massissos de formigó fabricats a peu d'obra. És un sistema que té una inèrcia tèrmica elevada i manca de ponts tèrmics. Els forjats acullen serpentins, part intercanviadora del sistema de climatització que a més consta de captadors solars tèrmics no vidrats integrats a les cobertes inclinades. Per no ser envidrats, els captadors tèrmics serveixen també com a dissipadors de calor durant les nits d'estiu, refredant l'aigua del circuit i, com a conseqüència, mantenint els forjats a



El Pierre viu a Lausanne (pàg. 272)

temperatures considerablement estables durant tot l'any. Una instal·lació fotovoltaica forma una pèrgola que dona ombra a la terrassa comunitària.

La distribució dels habitatges té com a característica la flexibilitat, la bona orientació i la ventilació creuada. L'accés per passarel·la i els espais privats adjunts a les entrades dels habitatges serveixen d'element connector i de comunicació entre veïns i compleixen, per tant, una funció social important.

A Lausanne trobem un exemple d'una casa Minergie, segons un estàndard energètic suís que certifica a l'edifici una alta eficiència energètica amb un consum molt baix d'energia (42 kWh/m<sup>2</sup> a l'any), una tercera part de la utilitzada pels edificis estàndard de la zona. Malgrat la seva alta estanquitat a l'aire, el confort interior queda garantit gràcies a una bona ventilació mecànica amb recuperació de calor. Aïllaments de l'ordre de 25 a 30 cm i finestres de triple envidriament limiten les pèrdues energètiques a través de la pell.

L'arquitectura bioclimàtica de l'edifici disposa de diferents recursos amb els quals s'obté el bon funcionament energètic: la captació solar passiva mitjançant grans obertures cap al sud, la utilització de la inèrcia tèrmica interior per emmagatzemar calor, la ventilació natural nocturna per refrigerar l'edifici a l'estiu, una protecció solar adequada i una bona il·luminació natural.

Quant al cicle de l'aigua, es pot destacar la reutilització de les aigües grises, la recollida i l'ús de les aigües pluvials i la reducció de la superfície impermeabilitzada del terreny. Uns col·lectors solars tèrmics i una instal·lació fotovoltaica, que alhora s'usa com a element de protecció solar, complementen el concepte.

Els habitants de l'edifici estan sensibilitzats i han adaptat el seu estil de vida també en altres aspectes, com la mobilitat, l'alimentació i el consum d'energia a un model més eficient i de menor impacte ambiental.

## Conclusions

S'ha demostrat que només una visió global i alhora detallada ens dona pistes sobre les estratègies correctes que convé seguir per avançar cap a un model de vida més sostenible: els àmbits de mobilitat, l'edificació, l'alimentació, els béns de consum, l'aigua, els residus i la generació d'energia han de ser tractats de la mateixa manera, amb la màxima eficiència i, en la major mesura possible, en cicles tancats.

Tanmateix, cal considerar també que estudis comparatius a Alemanya han demostrat que el propietari d'una casa passiva (d'alt grau d'eficiència i molt baix consum energètic) pot tenir associat al seu estil de vida el doble d'emissions de CO<sub>2</sub> que una persona que viu en una casa dels anys setanta poc eficient, simplement pel fet de desplaçar-se dues vegades a l'any amb avió a d'altres parts del món o per tenir determinats hàbits de consum i d'alimentació. Igualment es pot dir que les ciutats que no apliquen radicalment un nou model de mobilitat sostenible mai no poden ser «ecociutats».

Algunes pàgines d'Internet permeten calcular la petjada ecològica ([www.myfootprint.org](http://www.myfootprint.org)) i reflexionar sobre l'impacte ambiental que causem amb el nostre mode de vida. Perquè, encara que parlem de la «gran escala» d'un barri o la ciutat en tota la seva complexitat funcional, la seva relació amb el territori i el seu impacte sobre la biosfera, no hem d'oblidar que cal començar per un mateix, convertint-nos en ciutadans del segle XXI amb futur. Perquè tant una «ecociutat» com un «ecobarri» necessiten «ecociutadans», i aquest és potser el repte més gran de tota aquesta història.



Accessos a través de passarel·les a l'edifici d'habitatges per a joves (Mataró).



Al seu darrere es veu la façana encarada al sud, captadora de calor (Lausanne).

Sóc l'Andreas Deleske, visc a Friburg, a Alemanya i comparteixo amb dos adults més un apartament de tres persones. Tinc 41 anys i m'agrada viure així. Sóc autònom. Per tant, els meus ingressos són variables. Un any puc guanyar prou, i un altre any pot ser flux. No necessito més de 1.600 € al mes per ser feliç.



### El barri

Visc al barri de Vauban a Freiburg, al sud d'Alemanya. Des de fa set anys, visc a la nostra casa passiva, i la trobo molt confortable. No hi ha gairebé gens de trànsit aquí, no hi ha cotxes individuals; això em plau molt i estic realment content de poder viure aquí.

### Les compres

A prop hi ha dos supermercats: un supermercat normal i un altre de biològic. S'hi pot anar a peu.



### La mobilitat obligada

Tenim un cotxe per compartir si es vol. Jo, que no tinc ni cotxe ni permís de conduir, puc, simplement, pagar un taxi si cal. Tinc el despatx a una antiga caserna. Em desplaço exclusivament en bicicleta, en tren i en transports públics. No tinc carnet de conduir, mai n'he tingut i no cal; al barri hi ha altres persones que tenen cotxe i l'utilitzen normalment, però estan obligats a no deixar-los davant de casa. Hi ha dos garatges públics on s'han de deixar els vehicles.

### L'oci

Al barri hi ha una sala d'esports, un centre cultural per a la ciutadania, la casa 37, on es poden fer festes i reunions, un restaurant, un bar-glass cafè i una cafeteria petita. Crec que tenim tots els serveis al lloc. Quan hi treballo, surto de casa meua i m'hi arribo a peu perquè es troben a 300-400 m.



### Les despeses

Al nostre edifici som tots propietaris, i paguem només les despeses. Juntes sumen 50 € per persona al mes i inclouen aigua, electricitat, calefacció, assegurança, el conserge i la neteja del jardí.

### L'habitatge

Visc en aquesta casa que ha estat la primera casa passiva com a edifici col·lectiu a Alemanya. Una casa passiva és una casa que gairebé no consumeix energia en calefacció. Per fer una comparació pràctica, jo visc en un apartament de 90 m<sup>2</sup>, som tres persones i hem gastat durant l'any 2006, exclusivament en energia per la calefacció, 90 €. La diferència i l'avantatge és que, ara, la quantitat anual és com el que pagàvem abans per mes. Podem dir que paguem 1 €/m<sup>2</sup> a l'any.

El que defineix una casa passiva és com es fa. Hi ha cinc elements importants que totes les cases passives comparteixen. El primer, i més important, és l'orientació d'una gran façana al sud. Una casa passiva significa que el sol l'escalfa passi-





vament. El segon element és un molt bon aïllament dels murs exteriors; hi ha 35 cm d'aïllament dins d'una estructura de fusta.

El tercer element són les finestres; hi ha finestres amb triple vidre. El que es veu en aquest edifici són alguns detalls; per exemple, veieu que els balcons estan separats tèrmicament de l'edifici, i això ajuda a evitar el pont tèrmic. Amb cada pont tèrmic es perd calor a l'hivern. Es veu també que les finestres són molt grans; és per captar la màxima energia solar als apartaments. Com he dit, s'escalfa passivament. Els marcs de les finestres estan coberts tant com ha estat possible, perquè els marcs perden més energia que els vidres i això s'intenta resoldre. Tenim una estructura de fusta que ajuda també a l'ecologia, perquè quan construïm amb fusta utilitzem molta menys energia primària.

El quart element és un sistema mecànic de ventilació amb aire nou i aire usat. És una ventilació amb doble flux, i entre els dos fluxos hi ha l'intercanvi de calor, que

pot recuperar gairebé tota l'energia perduda.

El cinquè element són, bàsicament, les aportacions internes. Què vol dir això? Que si ens dutxem, per exemple, aportem energia a l'apartament; i també amb la utilització del corrent elèctric, la televisió i altres aparells, i amb la calor humana, el fet de cuinar... tot això contribueix a escalfar la casa amb 12 kW/m<sup>2</sup> l'any. Dins d'una casa normal, això probablement només contribueix amb un 5%, mentre que a casa nostra és un 50% i això implica que necessitem molt poca energia. Està tot tan ben aïllat que les aportacions internes són suficients per escalfar la casa a partir de 12 °C de temperatura exterior. Entre 12 °C i 20 °C no necessitem calefacció. Tenim un consum d'entre 13 i 20 kW/m<sup>2</sup> l'any. De vegades és més de 14 kWh, però no passa res, són encara 90 € de gas per a escalfar. Quant a l'electricitat, és una casa normal.

### L'electricitat

No hem fet gaire per estalviar l'electricitat, però no escalfem amb electricitat ni hi cuinem; això és important. Tenim dues rentadores que són al soterrani, per a tot el veïnat. Tenen connexió amb l'aigua calenta per economitzar energia. Es van comprar electrodomèstics de classe A, perquè en general es pot dir que aquests electrodomèstics s'amortitzen molt de pressa. Aquesta casa és una excepció, no està connectada a la xarxa, som autònoms de la xarxa tèrmica. Tenim el nostre propi petit cogenerador, però no funciona amb fusta, funciona amb gas natural. Produeix el 60% del corrent elèctric que consumim i subministra gairebé un 100% de la calor que necessitem a l'hivern.

### L'aigua

A Alemanya, el consum mitjà és de 140 litres per persona i dia, i a Freiburg és de només 110 litres per persona i dia, no sé per què. A casa nostra és de 85 litres, i no és perquè ens dutxem menys, és perquè tenim reductors de cabal a les aixetes i fa la impressió que surt més aigua de la que surt en realitat.

### Comiat

Creiem que som persones normals, no ens fa l'efecte que vivim en un barri especial. És veritat que vénen molts visitants cada setmana, i això vol dir que deu tenir alguna cosa especial, suposo. No tenim un nou concepte, però hem millorat moltes petites coses i qui vulgui copiar aquestes coses o algunes idees està convidat a fer-ho.

**Em dic Juha Pekka, sóc arquitecte i visc a Hèlsinki.** Estava buscant un lloc per fer una casa a Hèlsinki i em van ensenyar la zona ecològica a la ciutat de Viikki, plantejada com a àrea d'habitatges ecològics. Vaig dissenyar una unitat de tres cases en filera i ara estem asseguts en una. Tinc una unitat familiar força petita. Només tinc xicota i un gos; ara per ara tenim prou espai per planificar la família, la feina i el que porti el futur.



### El barri

Hèlsinki té aproximadament 500.000 habitants i Vikki en deu tenir uns 10.000. És a uns 7 km de l'estació central; per anar-hi en cotxe hi ha 10 km o mitja hora. Hi ha un metro força proper i una connexió d'autobús fins allà. S'hi pot anar en bicicleta i molta gent utilitza aquest mitjà de transport. A mitjan anys noranta, la ciutat d'Hèlsinki tenia la idea de planificar Vikki com a àrea d'habitatges ecològics. Es va fer un concurs de planificació urbanística i ja en aquest concurs es van presentar molt bons projectes. El planejament actual es basa en el projecte guanyador, que és en forma de dits, amb corredors verds en mig de l'àrea dels habitatges. Així, la gent té les àrees verdes molt a prop.



### Les instal·lacions, producció renovable

Hi ha instal·lacions solars tèrmiques i fotovoltaïques que són més eficients del que s'havia calculat. Jo mateix m'ho pensava, però tinc una casa molt ben aïllada; i, en el meu cas, el temps d'amortització hauria estat massa llarg i com a persona privada he de finançar-m'ho tot.



### L'habitatge. Anàlisi del cycle de vida

Aquest solar és de lloguer, de fet pago lloguer del sòl. És una manera de pensar ecològicament; aquestes cases haurien de poder desaparèixer un dia, tot i que queda alguna cosa dels fonaments. La idea és que no s'antropitzi el sòl, que es podria reutilitzar després com a camp per a l'agricultura.

L'edifici té un concepte de baix consum energètic basat en materials de construcció naturals, que són degradables: palla, tàpia, fusta de pi, etc. Això fa que el contingut energètic sigui realment baix, però exigeix molta feina. Cal més mà d'obra que per construir un edifici estàndard, i la mà d'obra és molt cara a Finlàndia. Una de les partides més grans del cost va ser, segurament, la meua feina mateixa. Jo vaig treballar moltes hores en aquest projecte. La majoria dels edificis de Vikki ha estat construïda per grans empreses, és més professional. Però també més complicat d'introduir-hi canvis; en el meu cas, ha estat molt



fàcil fer tot tipus d'experiments, en el sentit de provar coses radicals. És molt bonic per a un arquitecte poder fer això. El nom del projecte de la casa és *Low energy house* a base de materials naturals.

### La demanda de clima de l'habitatge

A Vikki, l'objectiu ha estat reduir en 1/3 part la demanda de calefacció en comparació amb una casa estàndard, que necessita uns 110 kWh/m<sup>2</sup> l'any. Jo estaria més o menys a 55 kWh/m<sup>2</sup> l'any. El sistema de calefacció és un *district heating* (central de barri) en combinació amb radiadors en forma de petits tubs, i està dimensionat per a un consum molt baix en calefacció. Al mateix temps, tota la casa està elevada sobre un espai lliure d'aproximadament 80 cm, i això soluciona un problema molt típic a Finlàndia, que és la humitat que prové del sòl. L'estructura és bàsicament de fusta de pi. Les unions de fusta estan optimitzades amb claus i una quantitat mínima de cola.

L'aïllament tèrmic consisteix en farcells de

palla i tres capes de fang a cada costat. El revestiment de fusta protegeix, exteriorment, contra el temps. Aquest revestiment no està tractat, així que es tornarà de color gris en el futur. El valor de transmissió de la calor a través de la façana –que s'anomena U– ronda els 0,12 kW/m<sup>2</sup>K, en comparació amb un valor mínim exigint per l'ordenança, de moment, de 0,25 kW/m<sup>2</sup>K. Les finestres, grans i orientades al sud, també són de tipus *low energy*, fixes al marc, amb un valor de transmissió U de 0,80 M/m<sup>2</sup>K. Una diferència, en comparació amb les típiques cases de baix consum energètic a Finlàndia, és la ventilació. L'aire entra preescalfat des de sota l'edifici i, a través del forn de llenya, es distribueix pels espais i s'extrau pels banys cap al pis superior a través dels ventiladors.

### Els residus

Crec que és l'única casa de tot Vikki que té banys de compostatge. Alguns diuen que això no té sentit si hi ha connexió al clavegueram. Però per a mi no té sentit enviar els residus lluny si hi ha possibilitat d'utilitzar-los al jardí; així, els cicles de materials dins de la parcel·la estan tancats.

### Comiat

Tots els materials utilitzats en aquesta casa ja s'empraven fa cent anys. Aconsegueixo un bon balanç utilitzant un gran forn de llenya per a la calefacció, però també per preparar el menjar. A l'hivern l'utilitzo un cop cada dos dies. Quan realment fa fred, l'encenc un cop al dia. He previst que, si hi haguessin problemes de subministrament d'electricitat o energia, encara podria viure en aquest pis. Alguns viuen a casa seva amb una temperatura de més de 23 °C, i fins a 25 °C! I després, quan vénen de visita, es queixen que aquí fa massa fred, malgrat que els donem mitjons de llana!

Sóc l'Alberto Ibarreta Arkauz, i visc a Vitoria-Gasteiz, una ciutat de 225.000 habitants. M'estic a un barri dels afores perquè és un barri modern. Visc sol al pis, però tinc una filla a Bilbao, que veig una setmana sí i una no, i que acostuma a venir el cap de setmana. Treballo en un museu, al centre de la ciutat, on faig horari de matí i tarda, però tampoc no hi estic fix, tinc un contracte interí, i estic pendent que es convoqui la plaça; si surt, bé, si no, a buscar una altra cosa.



### El barri

Estic content en aquest barri. M'agrada la zona perquè és a prop d'un parc amb cervols, ànecs, animalets... és una zona molt bonica per passejar-hi. Com que és un barri nou, hi ha zones i carrers amples. Al barri vell de la ciutat, els carrers són molt estrets. Qui té cotxe no sé on el pot aparcar, ho té molt malament. En canvi, aquí ho tenim millor, els carrers són amples, i hi ha lloc per aparcar. La veritat és que estic content en aquest barri. Hi ha aquí mateix una ikastola a 3 minuts a peu. Més a prop encara hi posaran una guarderia. Hi viu gent jove aquí, i nens. Hi ha un parc infantil que agrada molt als nens. Hi ha recollida pneumàtica de residus, així que podem baixar les escombraries a qualsevol hora del dia. No hi ha contenidor, ni cap zona on s'acumulin les escombraries i faci mala olor. El barri va creixent, ja hi ha de tot: farmàcia, banc, bar, i, com ja he dit, la ikastola, la guarderia, etc.



### La mobilitat

Sóc força a prop d'on treballo, hi tinc uns 30 minuts caminant, però acostumo a desplaçar-me en bicicleta, perquè Vitoria és plana i resulta còmode, les voreres són amples i hi ha carril-bici. La distància, no sé calcular-la en metres, però d'aquí a la feina hi ha 25 minuts caminant lleuger, i 30 caminant normal. En bicicleta hi ha 10 minuts. I fins al centre de la ciutat, també hi ha uns 30 minuts. L'autobús passa força sovint, i, per sort, la parada és just davant del portal de casa meva. Malgrat això, no l'acostumo a agafar, perquè sempre cal esperar uns 3 o 5 minuts, i si el trajecte és de 30 minuts, en total tardaria 35 minuts. Però aquests 5 minuts més que tarda, els guanyes caminant més de pressa.



### L'oci

M'agrada nedar, vaig sovint a una piscina que és força lluny d'aquí. La vaig escollir perquè és en un centre cívic on acostuma a haver-hi poca gent a les hores que hi vaig. M'hi arribo en bicicleta o caminant.



### L'habitatge

Visc en un pis de l'edifici d'aquí darrere que, pel meu gust, és el més bonic de la zona. A més, m'agrada aquesta edificació perquè té unes finestres molt amples, i grans, i a casa tinc moltíssima llum natural. En canvi, al voltant en veig que tenen finestres molt estretes. L'exterior és de maó i les particions interiors del pis són de Pladur. La façana principal té més fusta, però la que dona més al nord, la del pati interior, és de maó blanc, amb menys fusta. Pel que fa a l'edificació, el pis està bé, jo n'estic content. És de protecció oficial, d'uns 69 m<sup>2</sup>. Em va costar uns 16 milions de pessetes, és clar, era preu antic. És un pis pensat per a discapacitats, i algú podria pensar que l'espai està un pèl desaprofitat ja que només té dues habitacions i els passos i les portes són amples, i la cambra de bany és molt gran, amb la banyera i el vàter adaptats. En el meu cas no serveix de res. El vàter té les seves barres, la pica és petita.



### La climatització: estalvi i cost de l'energia

La calefacció és individual, de gas. Si comparo aquest edifici amb la casa on viu la meua mare, per exemple, s'estalvia molta energia. La casa està ben aïllada, i no hi entra la humitat. La façana nord, que pensava que seria la més freda, ha resultat no ser-ho. Deu estar ben feta. No hi ha fusta en aquesta façana, ni finestres tan grans, sinó que és de maó, que protegeix millor, amb les finestres més petites. I, és clar, tot suma si les cases estan ben aïllades, però això és un pis, i si al costat, a dalt i a baix no hi viuen, tens el pis fred. En canvi, si tothom hi viu i està calent, s'hi està bé.



### Comiat

El canvi climàtic és terrible, i hi ha contaminació a tot arreu. Per exemple, en el menjar. No sabem què mengem. Moltes vegades es malgasta energia, i això és greu, perquè costa aconseguir-la, i per obtenir-la cal contaminar. Cal fer-hi alguna cosa, i crec que es podria fer molt més. Per exemple, es podrien posar plaques solars, que ja es fa, però s'hauria de fer molt més, a tot arreu. El món és un caos.

**Em dic Mireille i visc a La Rochelle**, una ciutat de prop de 80.000 habitants des de fa més de 10 anys. Visc sola, però sempre hi ha gent a casa, amics que allotjo regularment. És una casa petita, té 50 m<sup>2</sup> amb un jardí privat de 200 m<sup>2</sup>. Abans vivia en un apartament, però desitjava un jardí per cultivar verdures i tenir un bany sec. Coneixia força coses del model alternatiu, volia viure d'una altra manera i necessitava posar tot això en pràctica.



### El projecte

La idea, en principi, era comprar una casa que pogués adaptar d'una manera ecològica. La segona idea era construir-la amb palla. He participat en construccions de palla al voltant de La Rochelle i considero que és un mètode de construcció sublim, que redueix considerablement les emissions de CO<sub>2</sub> i que aïlla veritablement amb uns murs de 50 cm. És un tipus de construcció genial, si s'orienta bé. Vaig deixar la feina fa dos mesos, una feina molt coherent ja que treballava a una associació d'energies renovables. Explicava a nens com funcionen i quina n'és la utilitat.



### La mobilitat obligada

Treballava força lluny i estava obligada a agafar el cotxe, perquè el servei d'autobusos no és gaire bo. Com que havia d'utilitzar-lo sovint, tenia un cotxe que funcionava amb oli, així que encara en reciclo i ara el donaré a amics que continuïn amb aquest sistema. Reciclo l'oli dels fregits dels restaurants de La Rochelle, que filtro abans d'utilitzar. En general, tenim un cotxe per a tres o quatre persones i el compartim quan ho necessitem. Si en algun moment el necessito, sé a qui demanar-li, no hi ha cap problema. I, per a desplaçaments més llargs, la meua bicicleta té uns sistemes per adaptar un carretó on puc transportar força coses. La Rochelle ha fet esforços en tot allò referent a la mobilitat. ha instaurat les bicicletes grogues, de préstec gratuït, al centre de la ciutat. ha desenvolupat també vehicles elèctrics.



### Les compres

Visc al barri de Fétilly-La Trompette, un barri molt correcte de La Rochelle. Tinc un cotxe i una bicicleta i no utilitzo el bus des de fa molt de temps. Tinc tot el que necessito al barri: forn, estanc, petits serveis. Anar al centre, en bicicleta o a peu, és un moment. Visc en un barri idoni i molt ben situat. N'estic molt contenta. Si alguna cosa ha fet bé La Rochelle és complicar molt la situació als cotxes. Hi ha realment sentits prohibits a tot arreu, sentits únics i carrers sense sortida.



### L'habitatge

El barri és força antic i el cost del m<sup>2</sup> d'habitatge es troba al voltant de la mitjana de la ciutat, a l'entorn dels 20-25 € el m<sup>2</sup>/mes. La primera cosa que vaig fer en entrar a casa meva va ser desmuntar tots els radiadors elèctrics i posar-hi una llar de foc, per escalfar-me tot l'hivern i evitar tot allò elèctric. No vaig escollir qualsevol casa. Està perfectament orientada al sud. No tinc cap obertura al nord, ni a l'est ni a l'oest. Té forma d'U orientada al sud, de manera que puc recuperar la màxima energia a l'hivern. L'aigua s'escalfa amb energia solar. Consumeixo, essencialment, agricultura biològica de petits productors d'aquí a prop, o vaig a la cooperativa biològica a prop de casa. Tinc un escalfador elèctric de 30 litres per a tot el que és sanitari, però només l'engego quan realment cal.

### L'electricitat

Tinc molts pocs aparells elèctrics i no en deixo cap d'engegat. Tinc tot el confort necessari. Disposo de ràdio, televisió... com la majoria de gent, però consumeixo molt menys. Pago entre 60 i 80 €/any, que corresponen a un consum d'entre 350 i 400 kWh/any<sup>1</sup>, mentre que normalment la gent consumeix entre 1.000 i 1.500 kWh/any.

### El gas

Cuino amb gas, però menjo moltes coses crues, així que cuino poc. Una bombona de gas em dura, més o menys, un any i mig. És a dir, que el gas em costa entre 15 i 20 € l'any.

### L'aigua

En consumeixo poca, més o menys l'equivalent a 20-30 litres per persona i dia. Ho aconsegueixo recuperant l'aigua de la pluja, amb la qual faig funcionar la rentadora. El vàter sec s'assembla, quant a forma, a un de convencional, però també se li pot donar la forma que es desitgi. La meua comuna és quadrada amb la tapa de fusta, i, en comptes de funcionar amb aigua, ho fa amb un cubell ple de serradures a sota. Un cop ple, el buido per fer-ne compost, que després de més o menys un any es pot reutilitzar per abonar plantacions. Mai no he tingut cap queixa del veïnat, ni per l'olor ni per qualsevol altra cosa. He fet, també, proves per utilitzar una dutxa solar a l'estiu, i també una cuina solar.

### Sensibilització

Hi ha molts habitatges a La Rochelle, i a fora, que no són gens ecològics. Cases amb l'aïllament a l'interior, mal orientades i amb grans finestres al nord. Hi ha coses com ara aquestes que realment no entenc. Que la gent no estigui més informada, i que els arquitectes no hi tinguin un paper més compromès; que a les escoles d'arquitectura de França s'apregui sempre a construir de manera clàssica, que només es dediqui una vintena part del temps a l'arquitectura bioclimàtica...

El terme *desenvolupament sostenible* no m'agrada gens. Cada professió i cada persona entén el que vol darrere d'aquestes paraules. Si parles amb un polític, un economista o un comerciant, no en tenen el mateix concepte. Per a un economista, la noció *desenvolupament sostenible* es basa en un creixement infinit sobre un planeta de quantitats finites. Segons el meu parer, això és completament incoherent i no pot funcionar.

<sup>1</sup> 350/400 kWh=15/20 euros any;  
45 euros=1.000 kWh

Sóc l'Ita, tinc 36 anys, visc a Mataró, a la província de Barcelona, en un barri que es diu la Liàntia. Està situat a dalt de tot de la ciutat de Mataró. Visc en un pis de lloguer de protecció oficial. Són habitatges d'ajuda, en principi, per a gent jove, per a gent com jo, per a famílies monoparentals amb nens, per a gent gran. Estic separada i tinc una nena, la Noèlia, d'onze anys, i un nen, en Joel, que en té sis.



### **Els ingressos**

Cobro 750 €, perquè des de fa tres mesos estic a l'atur. Abans treballava al tèxtil, on el salari mitjà era d'uns 1.200 € al mes. Com que portava molts anys a la feina, i tinc dos nens al meu càrrec, cobro el màxim que es pot cobrar. Amb les dues criatures, el lloguer, el menjar, la llum, el gas... tot plegat fa que necessiti aquests ajuts.

El cost del lloguer és de 200 €, o una mica més, perquè a més dels 198 € del lloguer he d'afegir uns 58 € de despeses com l'aigua comunitària. Si dividim el meu sou en tres parts, vindria a ser una tercera part.



### **El barri**

El barri té tot el que cal. Fa poc hi han posat un espai juvenil, que va molt bé. I en conjunt s'està renovant, i això convenia molt. Han posat un CAP nou, perquè abans havies d'anar molt lluny. S'està rehabilitant, perquè és el barri que està més amunt. S'està renovant en tots els sentits, juvenil, sanitari... És un barri on ningú no es fica amb ningú, el carrer és molt tranquil, s'hi està molt bé.



### **La mobilitat obligada**

Abans, per anar a la feina, havia d'agafar el cotxe, perquè treballava al poble del costat, a Argentona, que és a uns 5-6 km. Entre sortir de casa, dur els nens a l'escola, tornar-los a casa, els horaris...

### **Les compres**

En principi, les compres, les faig al supermercat d'aquí al costat. Hi vaig en cotxe perquè el barri té grans desnivells i pujades, i no és possible pujar amb tota la compra. Però el consum que té el cotxe és mínim.





### L'habitatge

Està molt bé perquè tot és obert. Tens uns passadissos sense portes que és el que fa que hi hagi corrent d'aire; a l'estiu és perfecte perquè obres d'un costat i de l'altre i s'hi està molt bé. I a l'hivern, com que és petit, de seguida l'escalfes. Té una petita calefacció que va amb placa solar, i va per terra; funciona amb aigua calenta, i la temperatura màxima a l'hivern és de 18 °C. Són 50 m<sup>2</sup> per apartament, però estan molt ben aprofitats. El millor que té són les vistes, és clar, i també l'entrada de llum. És un bloc de 23 habitatges; cada pis té la seva entrada particular d'uns 2 m<sup>2</sup>. També hi ha un pati interior comunitari d'uns 400 m<sup>2</sup> que va molt bé, un local comunitari, i la bugaderia que també és comunitària.



### Els electrodomèstics

A casa, els electrodomèstics que tinc són la nevera, que és necessària, un microones i res més. L'edifici té bugaderia comunitària, amb rentadores i dues assecadores de 7 kg de capacitat, em sembla, i amb això ja en tenim prou. La rentada val 1,5 €, i amb el que es recapta es paguen despeses de comunitat, com la dona de la neteja, l'ascensor o la llum comunitària, que va amb gas i s'encén amb detectors de moviment. Aquest equipament comunitari és molt útil; primer per l'espai, ja que el pis només té 50 m<sup>2</sup>, i segon perquè estalvia pagar un rebut per despeses d'escala, que és el més normal. Les rentadores són a aquest preu, i l'assecadora val 1 € per 35 minuts de funcionament, perquè és una assecadora industrial. Assecar depèn de la butxaca de cadascú, no cal, en canvi rentar sí que cal. Estem connectats a l'electricitat, però amb la placa solar el que fem és estalviar energia.



### Les despeses

Les despeses d'electricitat (20 €) i del cotxe (108 €) són uns 128 € al mes, cosa que representa el 16% de la renda. El rebut d'energia que consumeixo, en euros perquè en kW no t'ho sé dir, més o menys és entre 30 i 50 € cada dos mesos. Això depèn de si és estiu o hivern. Si és un hivern molt fred pujarà una mica més. El sistema, tant d'aigua calenta com de llum, és comunitari. Funciona amb panells solars i gas comunitari, però s'intenta aprofitar el màxim els panells solars. Evidentment, mai no ens quedem sense aigua calenta, tret que passi alguna cosa; per això estem connectats a la xarxa, per si algun dia falta l'energia solar.



### Comiat

És qüestió d'acostumar-s'hi, perquè fins ara hem estat molt ben acostumats. Suposo que és qüestió que tothom se'n faci a la idea. Ara, hem començat fa poc amb la recollida selectiva, que també costa una mica. Però es tracta de conscienciar-nos-en. Això portarà temps, però ens hem d'informar molt, formar molt. Penso que ja que veiem molt la televisió, més que no pas llegim, cal aprofitar-ho perquè informi molt. El meu pis té tot el que ha de tenir, no cal res més. Amb tenir allò necessari, ja està bé.

**Em dic Pierre. Visc als voltants de Lausanne**, una ciutat d'uns 20.000 habitants de la part francesa de Suïssa, al costat del llac Lemán. Abans vivia a l'altre costat de Lausanne, al camp, i després ho vam canviar per un despatx. Finalment, vam decidir construir una casa, i ho vam aprofitar per fer una casa minergie<sup>1</sup>, que ens va permetre realitzar l'ideal que teníem. Tenim una renda al voltant d'uns 130.000 / 140.000 francs<sup>2</sup> a l'any. Això fluctua perquè és un treball autònom i no tenim garanties.



### La mobilitat obligada

Sóc enginyer; al despatx, integrat a l'habitatge, som dues persones: jo mateix i un company de feina, que viu a un poble del costat, a 3-4 km. Ve cada dia, habitualment amb una bicicleta elèctrica. La meua dona treballa fora com a mestra. Treballo 2/3 del temps aquí i 1/3 a casa dels clients. Em desplaço amb cotxe o transport públic, que no és sempre pràctic. Però no em moc gaire. No sóc un fanàtic de conduir a la carretera. La meua dona ensenya a nens d'entre 4 i 6 anys a un poble just al costat. Ella hi va de vegades amb cotxe o amb bicicleta. Si vam construir això és perquè volíem tenir el despatx a casa. No tenia ganes de fer quilòmetres per anar a treballar fora. És una elecció.

<sup>1</sup> Minergie és el nom d'un certificat que indica que s'han assolit determinades exigències.

<sup>2</sup> 86.400 euros/any = 7.200 euros/mes



### Les compres i les gestions

Pel que fa al transport públic, hi ha una línia de bus que passa per aquí al darrere, tot i que no gaire sovint, cada 20 minuts. Si camines una mica més, uns 10 minuts, pots agafar el metro que va a l'EPFL, a la universitat. No està malament, el transport públic. Nosaltres anem molt sovint amb bicicleta a la ciutat, passem pel costat del llac on hi ha carrils bici, no hi ha cotxes.

### L'habitatge

La casa ocupa 140 m<sup>2</sup> de superfície del terreny. La idea era fer una casa que fos essencialment solar passiva. Una bona part de la necessitat d'energia és coberta pel sol de manera passiva, gràcies als grans finestrals que donen al sud.

L'interior és una construcció de formigó, així hi ha bona inèrcia tèrmica. L'aïllament exterior ajuda perquè sigui una casa que, tant si fa bo com si fa fred, no calgui escalfar. Només hem d'escalfar-la quan fa fred i no fa sol.



### El clima i el consum

Si agafem tot el consum i el dividim pels metres quadrats de superfície, arribem a un resultat inferior als 45 kWh/m<sup>2</sup> l'any, que és l'estàndard minergie. Aquí nosaltres som a prop de 33 kWh/m<sup>2</sup> l'any. Una bona part de la calefacció és coberta passivament pel sol. El sol incideix als murs de l'edifici i s'hi acumula; després, es restitueix aquesta energia en forma de calor. Per exemple, si al vespre a l'hivern la temperatura no puja a 22 °C sense calefacció, hem d'aportar calor. Al matí, encara hi ha 19 °C, i, després, quan surt el sol, la temperatura puja ràpidament.



### La climatització i l'aigua calenta sanitària (ACV)

Per quan no fa sol, tenim gas que permet escalfar el terra i els radiadors a la planta baixa. Per a l'aigua sanitària, tenim 6 m<sup>2</sup> de panells sobre la coberta; escalfen tota l'aigua des de març fins a final d'octubre, i després, a l'hivern, preescalfem l'aigua. L'aigua que arriba a uns 5 °C és preescalfada fins a 20 °C-25 °C, i després es complementa amb gas. També hi ha panells fotovoltaics. Ha estat per interès propi que hem decidit fer una instal·lació com aquesta. Vam posar un sistema que fes ombra a l'estiu per impedir que entrés el sol per aquestes grans vidrieres de la casa que alhora són panells fotovoltaics, uns 15 m<sup>2</sup> de cèl·lules amb una potència de 1.900 W. Cada any produeixen 1.900 kWh; això és el 45% del consum anual. En una casa minergie, hi ha sobre costos perquè l'aïllament és important, però és molt poc. Hem posat al voltant de 20 cm d'aïllament a la coberta i 16 cm al mur. Això, a la construcció, és molt poc sobrecost.

### L'aigua

Hem posat un sistema de recollida d'aigua de pluja. L'aigua de la coberta és recuperada i va a la cisterna. Aquí, quan es compra l'aigua, es paga a 2,5 francs/m<sup>3</sup>, i, a més, hi sumen una taxa de depuració de 4,5 francs/m<sup>3</sup>; en total, costa 7 francs/m<sup>3</sup>. Consumim aproximadament 150 m<sup>3</sup>/any amb el jardí. Això fa uns 1.050 francs/any. A l'any, hi ha més de 100 m<sup>3</sup> d'aigua de pluja que són recuperats. Penso que podríem consumir-ne la meitat si la cisterna fos més gran.

### El gas<sup>3</sup>

Aquesta casa consumeix gairebé 700 m<sup>3</sup> de gas/any, cosa que equival a 7.000 kWh i costa aproximadament 1.000 francs/any.

### L'electricitat

D'electricitat, en consumim una mica més de 4.000 kWh.<sup>4</sup> Un 45% és produïda pel sol; per tant, comprem 2.400 kWh que ens costen 600 francs/any<sup>5</sup>. Tot plegat suma 1.600 francs per electricitat i gas, i encara 600 francs més per aigua. Gastem més en aigua que en electricitat.

### Comiat

A Suïssa, hi ha un model que diu que, si prenem tota l'energia que es consumeix i la dividim pels habitants, l'energia total (calefacció i transport) és de gairebé 6 kW per persona. Si volem assolir un model sostenible, d'acord amb els recursos naturals, caldria baixar a 2 kW per persona. En aquesta casa, ens trobem a 2 kW considerant també la nostra mobilitat.

<sup>3</sup> 1.000 kWh = 1.000 francs/7 = 143 francs = 95 euros/mes

<sup>4</sup> 10 kW/m<sup>2</sup>

<sup>5</sup> 2.600 kWh = 600 francs = 400 euros  
1.000 kWh = 153 euros

