

CIÈNCIA I TÈCNICA

Ecologia

AULA D'ECOLOGIA

CICLE DE CONFERÈNCIES
2007



AULA D'ECOLOGIA

Il·lustració de la coberta:

El Fighting Temeraire ancorat per darrer cop abans de ser desballestat.

William G. Turner, 1838. Oli sobre tela. The National Gallery, Londres.

Turner va copsar el final d'una era i l'inici d'una altra, la industrial, amb l'emergència d'una nova ideologia.

ANNA ÀVILA I JAUME TERRADAS (EDS.)

AULA D'ECOLOGIA

CICLE DE CONFERÈNCIES
2007

Universitat Autònoma de Barcelona
Servei de Publicacions
Bellaterra, 2008

DADES CATALOGRÀFIQUES RECOMANADES PEL SERVEI DE BIBLIOTEQUES
DE LA UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

Aula d'Ecologia : cicle de conferències 2007 ; Anna Àvila, Jaume Terradas (eds.). — Bellaterra :
Universitat Autònoma de Barcelona. Servei de Publicacions, 2008. — (Ciència i Tècnica ; 35. Ecologia)

ISBN 978-84-490-2532-7

I. Universitat Autònoma de Barcelona

II. Col·lecció

III. Àvila, Anna

IV. Terradas, Jaume

1. Ecologia — Congressos

2. Fonts d'energia renovables — Congressos

3. Desenvolupament sostenible — Congressos

502.17(063)

L'Aula d'Ecologia ha estat, en els cicles del 1996 al 2007, una iniciativa de l'Ajuntament
de Barcelona i la Universitat Autònoma de Barcelona, que ha tingut el suport,
en la coordinació i secretaria, del Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals (CREAF).

Director de l'Aula d'Ecologia

Jaume Terradas i Serra, catedràtic emèrit d'Ecologia de la UAB

Coordinadors per l'Ajuntament de Barcelona

Txema Castiella i Viu, Margarita Parés i Rifà

Preparació dels textos (resums de les ponències)

Anna Àvila (CREAF)

Coordinació de les sessions

Anna Àvila (CREAF)

Edició i impressió

Universitat Autònoma de Barcelona

Servei de Publicacions

08193 Bellaterra (Barcelona). Spain

Tel. 93 581 10 22. Fax 93 581 32 39

sp@uab.cat

<http://publicacions.uab.es/>

ISBN 978-84-490-2532-7

Dipòsit legal: B. 8.889-2008

Imprès a Espanya. Printed in Spain

Imprès en paper ecològic



Aquesta publicació no pot ser reproduïda, ni totalment ni parcialment, ni enregistrada en, o transmesa per, un
sistema de recuperació d'informació, en cap forma ni per cap mitjà, sia fotomecànic, fotoquímic, electrònic, per
fotocòpia o per qualsevol altre, sense el permís previ de l'editor.

Índex

- 9-12 Pròleg, per Jaume Terradas i Serra
13 Ponents i programa de l'Aula d'Ecologia de l'any 2007

Dotzè cicle de conferències 2007

- 15-22 **Ramon Parés**
Evolució del litoral barceloní: la perspectiva d'un microbiòleg
- 23-28 **Carme Miralles-Guasch**
Transport i territori urbà
- 29-34 **Salvador Rueda**
Podem ser autosuficients en aigua? Viladecans: un cas pràctic
- 35-40 **Ramon Terricabras**
Agricultura periurbana: el Parc Agrari del Baix Llobregat
- 41-48 **Josep Bernis**
Sostenibilitat i tecnologia. Vers un model únic de ciutat?
- 49-56 **Ramon Folch**
Energia i sostenibilitat. Catalunya 2030
- 57-63 **Jesús Ramos Martín**
Metabolisme energètic i economia
- 65-73 **Jaume Terradas**
Vulnerabilitat i adaptació davant del canvi climàtic
- 75-83 **Miquel Barceló**
Informàtica, societat i medi ambient
- 85-91 **Felip Pich-Aguilera**
Arquitectura i sostenibilitat des de la realitat

Pròleg

Jaume Terradas i Serra

Catedràtic emèrit d'Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona i director de l'Aula d'Ecologia

Aquest desè volum de resums de les conferències que es fan a l'Aula d'Ecologia, que organitza l'Ajuntament de Barcelona conjuntament amb la Universitat Autònoma de Barcelona, i amb la cooperació del Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals (CREAF), correspon a l'edició de 2007 de l'Aula, que va tenir lloc a la Casa Elizalde de Barcelona. Els resums han estat elaborats per la doctora Anna Àvila, investigadora del CREAF, i revisats pels mateixos ponents.

Com és tradició, les conferències no tenen un tema unitari, però toquen molts problemes ambientals importants i, de manera destacada, alguns que es relacionen amb el metabolisme de l'energia i els recursos i les perspectives de progrés cap a models més sostenibles. Els resums s'han ordenat amb un criteri temàtic que no es correspon amb l'ordre d'intervenció dels ponents durant la realització de l'Aula.

El doctor Ramon Parés, indubtablement un dels impulsors de la microbiologia a Catalunya, va presentar una panoràmica molt àmplia dels estudis sobre l'evolució del litoral barceloní des del punt de vista de la presència en l'aigua o en els sediments de bacteris i virus que poden resultar indicadors de qualitat en relació amb aspectes sanitaris. Va ocupar-se de manera molt especial dels bacteris enteropatògens i també va exposar els avantatges que va representar la introducció de mètodes de teledetecció.

Carme Miralles-Guasch, una de les nostres expertes més distingides en el tema, tan essencial, del transport i la mobilitat, va exposar els canvis conceptuals que s'han produït al voltant d'aquestes qüestions en els darrers anys, i després va aprofundir en els problemes de la mobilitat dins l'àrea barcelonina, amb profusió de dades sobre mitjans, motivacions i diferències entre grups socials i de gènere que apareixen en l'anàlisi detallada d'aquesta mobilitat. Salvador Rueda, que des de l'Agència Local d'Ecologia Urbana de Barcelona impulsa noves idees en relació

amb models més sostenibles, va plantejar un tema crucial per al nostre futur: el de les possibilitats d'avançar cap a l'autosuficiència en un recurs tan bàsic com és l'aigua. Va proposar que es consideressin tres xarxes (aigua potable, aigua no potable i clavegueram) i que es modelés el sistema acuradament, de manera que l'aprofitament de l'important aquífer barceloní reduís la necessitat d'aigua importada de la conca proveïdora. Va presentar un estudi detallat per a un municipi, Viladecans, i després va ocupar-se del conjunt de la regió metropolitana. Va demostrar que un planejament urbanístic adient pot promoure un estalvi notori de les necessitats d'aigua i va posar en evidència que el marc jurídic actual del planejament limita les possibilitats d'avançar en aquest camp i que hauria de ser revisat.

Ramon Terricabras va endinsar-nos en un cas particular d'agricultura periurbana, el del Parc Agrari del Baix Llobregat. La conservació d'àrees de sòls agrícoles molt fèrtils adjacents a les grans ciutats planteja grans dificultats, ja que no té un suport legal suficient i s'ha de basar en normes urbanístiques, tot i que aquestes situacions són força freqüents i, de fet, afecten zones amb els millors sòls de tot Europa. El cas específic del Baix Llobregat suposa un esforç pràcticament únic en aquesta direcció a casa nostra i, per tant, té un gran interès. El ponent va explicar-ne els trets més importants i els resultats assolits, així com també les dificultats que encara existeixen.

Amb la conferència de Josep Bernis es va entrar en aspectes teòrics de com l'urbanisme ha anat integrant poc o molt alguns conceptes, com el de capacitat de càrrega i les implicacions termodinàmiques dels models de creixement, però el ponent també va comentar dades sobre l'àrea metropolitana barcelonina, tema en el qual és un reconegut expert, i va defensar la compactació de les ciutats com a mesura per reduir els costos energètics.

També d'energia, en l'àmbit de tot el territori català, va parlar Ramon Folch, qui, amb el seu equip, ha publicat un estudi profund sobre aquesta qüestió capital. Sobre les fonts energètiques, va destacar «la conveniència d'allunyar-se de tot fonamentalisme i instal·lar-se de la millor manera possible dins la complexitat d'aquest sistema». Després, va exposar les tendències en la demanda i com s'hi està donant resposta a casa nostra, i va adoptar una òptica més global per mostrar que els esforços actuals pretenen pal·liar l'absència progressiva d'oferta energètica, per concloure que el sistema econòmic ha de canviar d'estratègia i passar a gestionar la demanda.

Jesús Ramos Martín, economista, va parlar del metabolisme de les societats, sobretot del «metabolisme exosomàtic», i de com analitzar les

economies en relació amb el seu consum d'energia des de la perspectiva dels sistemes complexos. Va oferir dades sobre creixement econòmic i consum d'energia, analitzant indicadors de desenvolupament, i va mostrar resultats obtinguts amb el model Multiple Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism (MSIASM).

En la meua pròpia conferència, vaig fer una exposició sobre els conceptes relacionats amb la vulnerabilitat davant el canvi climàtic, complementada amb exemples catalans i mundials que posen de manifest els aspectes físics i socials sempre imbricats en aquests processos. L'augment del nivell del mar és un dels impactes més directes i fàcils d'entendre, així que hi vaig dedicar força atenció. A continuació, vaig parlar de les adaptacions, també amb exemples i molt especialment en el cas de Londres. Finalment, vaig expressar la urgència d'ocupar-nos, des d'ara, no només de la mitigació, sinó també dels efectes del canvi climàtic que de tota manera es poden produir, mitjançant la identificació de vulnerabilitats i el desenvolupament de processos adaptatius, i d'adoptar una òptica de canvi global més enllà del canvi estrictament climàtic.

Miquel Barceló va destacar l'enorme revolució que ha suposat el desenvolupament de la infotecnologia, amb un factor multiplicador de l'ordre d'un bilió i d'un ús universal, en empreses, llars i totes les activitats econòmiques. Però ens va advertir sobre el fet que la «computopia» s'aplica a una petita fracció de la humanitat, i que la resta del món no té cobertes necessitats bàsiques com l'aigua i l'aliment. I no només això, sinó que sovint entoma els problemes ambientals generats per la informàtica, que són greus a causa dels elements emprats en la construcció d'ordinadors i altres aparells.

Finalment, Felip Pich-Aguilera va presentar les grans possibilitats que s'obren en el camp de l'arquitectura i la necessitat d'una actitud cívica per part dels arquitectes per avançar cap a models més sostenibilistes de construcció. Ens va mostrar alguns exemples dels seus propis treballs, tant pel que fa a aspectes que tenen relació amb la producció industrial d'elements que permeten el muntatge i el desmuntatge amb minimització de residus, com pel que fa a la concepció bioclimàtica dels edificis.

Com a director de l'Aula, agraeixo un any més, el dotzè, la voluntat tant de l'Ajuntament de Barcelona, representada per la tinent d'alcalde Imma Mayol i la gerència del Sector de Serveis Urbans i Medi Ambient, com de la Universitat Autònoma de Barcelona, de seguir organitzant aquests cicles. També vull expressar agraïment al CREAM, al Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona i a Magda Pujol i Javier Jerónimo (de les secretaries del CREAM i de la Unitat d'Ecologia

de la UAB, respectivament). Essencial ha estat la tasca de coordinació, des de l'Ajuntament, de Txema Castiella i Margarita Parés i, per a les sessions, d'Anna Àvila, que també s'ha ocupat de la redacció i l'edició dels resums. Finalment, no cal dir que res no hauria estat possible sense la participació, brillant, dels ponents i la presència, i participació activa en els debats, del públic.

Febrer de 2008

Ponents i programa de l'Aula d'Ecologia de l'any 2007

Dotzè cicle de conferències 2007

Ramon Parés, Universitat de Barcelona

Evolució del litoral barceloní: la perspectiva d'un microbiòleg

Carme Miralles-Guasch, Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona

Transport i territori urbà

Salvador Rueda, Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona

Podem ser autosuficients en aigua? Viladecans: un cas pràctic

Ramon Terricabras, Parc Agrari del Baix Llobregat

Agricultura periurbana: el Parc Agrari del Baix Llobregat

Josep Bernis, Enginyer urbanista

Sostenibilitat i tecnologia. Vers un model únic de ciutat?

Ramon Folch, Estudi Ramon Folch (ERF). Consell Social de la UPC

Energia i sostenibilitat. Catalunya 2030

Jesús Ramos Martín, Departament d'Economia Aplicada de la Universitat Autònoma de Barcelona

Metabolisme energètic i economia

Jaume Terradas, Unitat d'Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. CREA

Vulnerabilitat i adaptació davant del canvi climàtic

Miquel Barceló, Departament de Llenguatge i Sistemes Informàtics de la Universitat Politècnica de Catalunya

Informàtica, societat i medi ambient

Felip Pich-Aguilera, Pich-Aguilera Arquitectes, SA

Arquitectura i sostenibilitat des de la realitat

Evolució del litoral barceloní: la perspectiva d'un microbiòleg

Ramon Parés

Catedràtic emèrit de Microbiologia. Universitat de Barcelona

Tradicionalment, els naturalistes són considerats homes de camp, és a dir, gent que treballa a cel obert. Els microbiòlegs, en canvi, es veuen com a gent de laboratori que, partint de fets experimentals ben establerts, tracten de fer nous plantejaments per trobar-ne la resposta en experiments rigorosos i, si és possible, decisius. Això no obstant, els microbis desenvolupen un paper important en molts problemes del medi ambient. En aquest cas, però, no es pot operar de la mateixa manera, i és gairebé impossible d'assolir bones demostracions experimentals. Es tracta sovint de fenòmens molt complexos que preferentment s'han d'abordar de forma multidisciplinària i en un context en què es puguin mobilitzar recursos específics durant temps llargs. Un exemple d'aquest tipus de problemes és el que presentaré en aquesta exposició sobre el litoral de Barcelona, entès com a part d'un sistema natural, sota els efectes del desenvolupament d'una gran aglomeració urbana i industrial.

Presència de virus a les platges i a l'aigua del mar de Barcelona

Es considera litoral de Barcelona la franja de costa que va des de Montgat fins al començament dels rocams del Garraf. Comprén uns 43 km de longitud entre les desembocadures dels rius Besòs i Llobregat. Entre ambdós rius, es troba la zona portuària de Barcelona, que actualment comprén 15 km de costa. El problema a què ens referim és el de la repercussió sanitària, estètica i mediambiental de l'aportació de contaminants amb les aigües procedents del pla de Barcelona al medi marí. Després de vint-i-cinc anys d'estreta implicació en el seu estudi, tractaré de donar un compendi de l'estat de la qüestió des de la perspectiva d'un microbiòleg.

A finals dels anys setanta, vam estudiar la contaminació viral de l'aigua de les platges de Barcelona. En aquella època encara hi havia una

sèrie de col·lectors de clavegueram que abocaven les aigües residuals directament al mar, especialment al litoral nord (zona del Besòs), pròpiament un litoral urbà. Un col·laborador del nostre laboratori, el doctor Lucena, havia estudiat la determinació quantitativa de virus en aigües residuals amb el professor Schwartzbrod de la Universitat de Nancy, on van obtenir excel·lents resultats amb aigües residuals urbanes. El seu retorn a Barcelona va constituir una bona oportunitat per aplicar el mateix mètode a l'aigua del mar, on no es tenia cap experiència. Vam escollir per al mostratge les platges de Castelldefels, de la Barceloneta i de Badalona, on vam fer un primer estudi qualitatiu i quantitatiu dels enterovirus en les aigües del litoral barceloní. Les mostres, de 25 l, es preniën a 10 m d'on trenquen les ones i a 30 cm de fondària. El virus més freqüent va ser el de «pòlio-3 vaccínica», que es trobava a les tres zones de mostratge en una concentració molt superior a l'habitual. Aquestes altes concentracions només es van manifestar entre el 5 i el 10 de setembre de 1979, i des del dia 11 van passar a uns valors més baixos i a una major diversificació en els tipus de virus. Això no podia ser altra cosa que el resultat d'una aportació puntual de «pòlio-3 vaccínica» durant les dues primeres setmanes de setembre. Efectivament, vam comprovar posteriorment que en aquestes dates a Badalona hi havia hagut una campanya massiva de vacunació de record de vacuna antipòlio viva atenuada de pòlio-3. Així doncs, el nostre treball va resultar en una comprovació incidental de la recuperació de pòlio-3 vaccínica en el mar, després de l'administració oral del virus a una fracció important de la població. Un resultat semblant seria avui irrepètible, perquè no hi ha campanyes de vacunació oral comparables i, sobretot, perquè les aigües del clavegueram no van a parar directament al mar. Hom podria preguntar-se també si el retorn a la situació normal va ser degut a la seva dilució en l'aigua del mar o si hi va haver una inactivació dels virus. La conclusió dels nostres experiments de laboratori va ser que la concentració estacionària de virus en l'aigua del litoral era conseqüència d'una aportació continuada en equilibri amb la dilució, la inactivació i la possible sedimentació, ja que els virus s'adsorbeixen en partícules sòlides en suspensió.

El risc epidemiològic de la presència de virus en l'aigua de mar és un problema encara no ben resolt avui dia, relacionat amb la concentració i el tipus de virus. El problema més important és el derivat de l'acumulació de virus en els mol·luscs filtradors, un tema molt estudiat arreu del món així com també al nostre Departament de Microbiologia, però que s'aparta massa del tema d'avui per considerar-lo en aquesta presentació.

Presència de bacteries enteropatògenes a l'aigua del mar

L'estudi dels virus a l'aigua de les platges del litoral barceloní va anar acompanyat de la determinació de les bacteries coliformes fecals. Vam constatar que la contaminació fecal era molt alta a les aigües litorals, cosa que ens va fer pensar en la possible presència de bacteries enteropatògenes. Per a la detecció dels enteropatògens vam prendre com a referència l'estadística hospitalària de les anàlisis de coprocultius de malalts amb símptomes de gastroenteritis de l'any 1983. La llista, facilitada pel professor Guillem Prats, comprenia *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Campilobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, *Pleisomonas shigelloides*, *Clostridium difficile* i *Vibrio*, els quals vam buscar en l'aigua litoral simi-larment al que havíem fet amb els virus.

Cal tenir en compte que la concentració d'*Escherichia coli* en la femta humana és de 10^9 cèl·lules viables per gram de pes humit. En aquells mostrejos, la seva concentració en l'aigua del litoral barceloní es troba-va entre 10^3 i 10^7 cèl·lules per 100 ml, una concentració molt conside-rable.

Després de diferents campanyes utilitzant el vaixell del CSIC *García del Cid*, vam observar, tant en el sediment marí com en la columna d'ai-gua, la presència generalitzada de membres dels gèneres *Aeromonas*, *Vibrio* i *Yersinia*, des de la línia de la platja fins més enllà de 8 km mar endins. A diferència d'altres bacteries que moren ràpidament en l'aigua del mar i que, per tant, depenen estrictament d'una continuïtat d'a-portacions, les bacteries esmentades es multipliquen en les aigües del litoral, on es vessen aigües residuals urbanes. En experiments de labo-ratori vam observar que dues soques d'*E. coli* aïllades d'aigües fecals i mantingudes en aigua de mar presentaven una mortalitat que en tres o quatre dies reduïa les poblacions en un 90 %. En canvi, les soques d'*Aeromonas*, malgrat una caiguda inicial, posteriorment es multiplica-ven considerablement. De fet, amb l'aportació de matèria orgànica sem-pre hi ha un cert creixement d'*Aeromonas* d'origen terrestre en l'aigua del litoral. Passa el mateix amb les bacteries del gènere *Vibrio*. De les espècies del gènere *Vibrio* aïllades al litoral barceloní, les més freqüents van ser *V. alginolyticus* i *V. metschnikovii*, la primera de les quals pot con-siderar-se autòctona, és a dir marina. Els aïllaments de *Vibrio cholerae* no van correspondre a soques responsables del còlera epidèmic, si bé no se'n va poder determinar la significació sanitària. En canvi, sí que se sap que alguns membres d'*Aeromonas* i *Vibrio* són patògens oportunistes.

Les concentracions de *Yersinia* van ser molt més baixes que les d'*Aeromonas* i *Vibrio*. Això no obstant, aquesta bactèria té un compor-

tament semblant a *Aeromonas*, ja que es multiplica tant en la columna d'aigua com en el sediment, i persisteix en aquest darrer molt més temps. Sempre va dominar *Yersinia enterocolitica*, les soques de la qual no es van diferenciar de les hospitalàries. La seva persistència en el sediment superficial pot ser facilitada pel fet que aquesta bactèria creix de 0 a 40 °C, a diferència d'altres patògens que no ho poden fer per sota dels 20 °C.

També es van aïllar 34 soques de *Salmonella*, que es continuen considerant indicadors de risc sanitari. Totes pertanyien al grup *S. cholera-suis*, d'origen animal i humà. Es va comprovar que la freqüència d'aïllaments tenia un mínim estival i un màxim a la primavera, en tant que la freqüència hospitalària té un màxim estival i un mínim hivernal. Això fa pensar que la població de les aigües litorals estaria constituïda per formes subclíniques o d'origen no humà més resistents. *Salmonella* no es va trobar en el sediment.

De les bactèries consignades a la llista hospitalària vam poder aïllar una soca de *Campilobacter jejuni* i dues de *Pleisomonas shigelloides*, però no vam trobar *Shigella* ni *Chlostridium difficile*. En canvi, fora de la llista hospitalària es va observar la presència de *Bacteroides*, *Bifidobacterium* i *Budvicia*, que també són d'origen fecal.

L'increment de clorofil·la a en l'aigua litoral

La clorofil·la *a* es troba, al litoral marí, sobretot en les algues microscòpiques que constitueixen el fitoplàncton. En estudis que vam dur a terme durant els anys 1984, 1985 i 1986, vam veure que el litoral sud de Barcelona (zona Llobregat) era més ric en clorofil·la *a* que el litoral nord (zona Besòs), amb unes mitjanes de 8,3 i 3,2 mg L⁻¹ respectivament. Al litoral nord, la clorofil·la disminuïa des de la vora cap a uns 500 m endins, mentre que al sud augmentava. A la zona nord, vam trobar una correlació significativa entre la clorofil·la *a* i la concentració de coliformes fecals i l'amoni, mentre que a la zona sud la correlació significativa va ser amb els fosfats.

Es va aïllar un nombre considerable d'algues microscòpiques (cinc gèneres de cianofícies i quatre de clorofícies), on destacava l'abundància de la clorofícia *Chlorella sorokiniana*. El sistema mixotròfic i heterotròfic de *Chlorella* manté el sistema pigmentari i, per tant, l'augment de la clorofil·la *a* no corresponia necessàriament a producció primària. No obstant això, és possible que, en algun punt, el creixement autotròfic pogués ser responsable de l'augment de clorofil·la *a*, la qual cosa estaria en concordança amb les variacions observades en l'espectre d'absorció a les diferents zones.

Els indicadors fecals i les obres del Pla de Sanejament del Litoral

La contaminació fecal de les aigües del litoral de Barcelona per l'abocament directe d'aigües residuals s'ha produït durant segles, però es va incrementar extraordinàriament cap a mitjan segle XIX i es va anar reduint posteriorment per l'aplicació progressiva de mesures de sanejament. Els microorganismes d'origen humà característics de la contaminació fecal són *Escherichia coli*, el coliforme fecal per excel·lència, i *Streptococcus fecalis*, el seu company inseparable. Els dos no perduren en el mar, però una aportació continuada dona lloc a una concentració estacionària a l'aigua del litoral i als sediments superficials. La concentració de coliformes fecals viables (en 100 ml d'aigua) es fa servir a tot el món com a indicador de la qualitat de l'aigua per al bany i per a altres activitats de l'ésser humà en el litoral.

Fins a la primera meitat dels anys vuitanta, la qualitat de l'aigua del litoral barceloní era francament dolenta. En les mateixes mostres on es va realitzar l'esmentat estudi de bacteries enteropatògenes, també es van analitzar els colis totals, els colis fecals i els estreptococs fecals. Els seus valors van ser molt alts: els colis fecals sobrepassaven normalment les 10^3 cèl·lules viables per 100 ml, i podien arribar fins a 10^7 .

L'any 1984, una anàlisi sistemàtica dels coliformes fecals en la línia de la platja i a 500 m mar endins en el litoral nord va mostrar unes concentracions de 10-100 vegades per sobre dels valors de qualitat imperativa (10^3 cèl·lules viables per 100 ml d'aigua). Això, però, va experimentar un canvi espectacular després de quinze anys d'obres de sanejament importants: l'estiu de 1998, les concentracions de coliformes van estar per sota de 10^2 cèl·lules viables per 100 ml aigua en tots els punts de mostreig de la costa barcelonina.

Les obres de sanejament van consistir en la construcció d'un col·lector interceptor a la costa de ponent (al sud del Besòs), i d'un altre a la costa de llevant (al nord del Besòs), que es va connectar a la depuradora del Besòs. El cabal del riu Besòs també es va derivar cap a la depuradora. Cal considerar, així mateix, la construcció de l'emissari de Sant Adrià. Pel que fa al litoral sud, cal considerar els interceptors de Gavà i Castelldefels, però encara s'ha de finalitzar una de les obres previstes per a aquesta zona, la depuradora de la Zona Franca.

A banda de les obres del Pla de Sanejament que encara manquen, el sistema total previst tindrà encara alguns punts febles. Malgrat les obres que s'han fet en les respectives conques, les aportacions del Llobregat i del Besòs són importants quant a la contaminació del litoral, i estem lluny de veure solucionat aquest problema. D'altra banda, les pluges

torrencials pròpies de la nostra meteorologia a vegades no poden ser engolides totalment, i aleshores cal obrir els sobreeixidors i abocar al mar un gran cabal d'aigua no tractada. L'efecte d'un episodi de pluja fa pujar les concentracions d'*E. coli* de 10^1 a $10^{3,5}$ cèl·lules per 100 ml, però en dos o tres dies retrobem de nou els valors habituals.

Control remot de la qualitat de l'aigua litoral

Les dades subministrades pel sensor TM dels satèl·lits Landsat-4 i Landsat-5 ens van permetre abordar dos objectius: 1) la localització i la ponderació dels abocaments al mar, i 2) la comprovació de l'efecte de l'interceptor transversal de Llevant sobre la contaminació fecal del litoral nord.

L'any 1991 vam començar a treballar amb el sensor CASI-P5 (Compact Airborne Spectrographic Imager) aerotransportat en l'avió *Cessna Citation* de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Paral·lelament a la campanya aèria, se'n va fer una altra de marina sobre el litoral metropolità, on es van mostrejar 19 paràmetres en 97 estacions posicionades per GPS. Els resultats obtinguts *in situ* es van contrastar amb la radiometria captada pel sensor a fi d'obtenir correlacions múltiples amb les variables independents, la qual cosa permetia l'extrapolació a cada punt de les imatges. Es va dividir el litoral en dues zones tractades independentment per optimitzar la correlació (zona del Llobregat i zona del Besòs). Aquí esmentarem les variables que van mostrar la major correlació amb la radiometria (amb $r > 0,80$, terbolesa, salinitat, clorofil·la *a* i paràmetres microbiològics).

A la zona del Llobregat, les imatges del sensor CASI-P5 mostren una taca de petita dispersió d'*E. coli* a la desembocadura del riu Llobregat, mentre que *Aeromonas* presenta una dispersió molt més gran, en concordança amb la seva major perdurabilitat en el medi marí. Al Besòs s'observa també una taca de coliformes totals a la desembocadura del riu, així com l'efecte radical que ha tingut l'interceptor de Llevant i el del Bogatell, que ha suprimit tots els vessaments directes al mar dels col·lectors de clavegueram i ha deixat un litoral distintament net. Aquest mateix patró també s'observa usant les imatges del sensor TM del satèl·lit Landsat, tot i que aquestes tenen una resolució menor.

En la imatge de la salinitat a la zona del Llobregat, es pot apreciar la influència del vessament d'aigua dolça del riu, que triga a barrejar-se amb l'aigua del mar i forma, per tant, una taca extensa de menor salinitat davant la desembocadura.

La deposició prodeltaica

Els rius Besòs i Llobregat presenten un sistema deltaic submarí format després de l'estabilització relativa del nivell del mar en la situació actual, fa uns sis mil anys. L'any 1987 vam realitzar una batimetria detallada de la plataforma continental del litoral nord, entre el port de Barcelona i Badalona, on vam trobar que el talús oceànic és a uns 12 km davant del Besòs, a 85 m de profunditat, des d'on cau fins a més de 2.000 m. A la zona propera del prodelta, els sediments estan formats per aportacions terrestres molt riques en matèria orgànica, contenen molta aigua i gran quantitat de gasos, principalment CO₂ i CH₄ procedents de la descomposició final anaeròbica de la matèria orgànica realitzada per les bactèries del metà. Es tracta de la darrera etapa d'una seqüència de fermentadors-reductors de nitrat, putrefactors, sulfurògens, acidògens i metanògens. Els microorganismes que intervenen en la degradació de la matèria orgànica constitueixen comunitats complexes que es desenvolupen com a conseqüència de les aportacions terrestres, tant si són naturals com artificials.

En els sediments també trobem espores de *Clostridium perfringens*, una bactèria anaeròbica que s'excreta en la femta a raó de 10⁵ a 10⁶ cèl·lules per gram de pes humit. Per això, en les aigües fecals trobem unes 10⁵ bactèries d'aquest tipus per 100 ml, o sigui el mateix ordre de magnitud que els estreptococs fecals i 10-100 vegades menys que els coliformes fecals. Les espores de clostridis es mantenen indefinidament en els sediments, sense multiplicar-se o seguint uns microcicles que permeten que el seu nombre es mantingui pràcticament constant indefinidament. En zones no contaminades trobem valors entorn de 10 espores/g sediment, que es poden considerar de procedència natural. Aquests valors els trobem a la franja distal del prodelta Besòs-Llobregat, a uns 7-8 km de la costa.

La concentració màxima d'espores de clostridis la vam trobar davant del Besòs. Es tracta d'uns valors molt elevats (10⁴/g sediment), només unes deu vegades més petits que els de la mateixa femta. El perfil de les concentracions de clostridis en profunditat en els sediments ens va indicar que la contaminació fecal del litoral de Barcelona era molt antiga. De fet, la comparació dels perfils de disminució de les espores amb els de metalls pesants en els sediments ens va indicar que la contaminació fecal havia precedit la contaminació industrial al litoral de Barcelona.

Corol·lari

Per tot el que s'ha assenyalat anteriorment, cal tenir en compte que l'estratègia per al manteniment de la qualitat del medi marí parteix de les premisses següents: 1) eliminació dels residus tòxics i peril·losos al mateix lloc on es generen, 2) depuració biològica o fisicoquímica dels vessaments d'aigües brutes i difusió pel corresponent emissari, 3) vigilància dels indicadors de l'equilibri acceptat del sistema, i 4) identificació i correcció de les agressions. Cal tenir en compte que el litoral barceloní sempre estarà afectat pel desenvolupament urbà i industrial de la ciutat.

Ara coneixem una mica més l'acció antropogènica responsable d'un procés històric de degradació del medi, i esperem que aquest coneixement ens ajudi a gestionar-lo i a corregir els desequilibris de forma raonada.

Transport i territori urbà

Carme Miralles-Guasch

Professora del Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Directora de l'Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona

Introducció

El transport ha estat sempre un tema d'actualitat. Ara, a més, és un tema central dins la nova sensibilitat sostenibilista. Aquest enfocament cap a la sostenibilitat fa que haguem d'analitzar, entendre i proposar polítiques públiques de transport diferents de les que han estat vigents fins ara. Però, abans d'entrar en el tema de transport i territori, m'agradaria emmarcar com analitzem aquest nou paradigma de sostenibilitat.

La sostenibilitat com a noves coordenades que fan repensar el món apareix cap als anys seixanta. Els primers pensadors criden l'atenció sobre el fet que el model de creixement no pot ser il·limitat. Critiquen el model desenvolupista dels anys seixanta i parlen dels límits del creixement i de les conseqüències adverses de no tenir-los en compte.

Entre les veus que s'alcen en aquesta època, es troba la de l'escriptora de temes urbans Jane Jacobs, qui, ja l'any 1961, va afirmar que el model urbà extensiu, funcional i fragmentat no és un model viable (ara en diríem sostenible, però aleshores encara no es feia ús d'aquest mot). Jacobs proposava de repensar les ciutats des de la proximitat, l'espai públic i les relacions de veïnatge. Aquests primers pensadors eren valents, ja que anaven a contra corrent del pensament del moment, basat en el creixement continu com a única possibilitat.

A finals dels anys vuitanta, la sostenibilitat va esdevenir un paradigma científic i un nou repte polític. Avui, voldria situar la sostenibilitat en el transport dins d'aquests dos elements com a nou paradigma i repte polític.

A partir d'aquest doble repte, plantejem un canvi conceptual i metodològic en la forma d'aproximar-nos a la mobilitat, al transport i al territori. El primer que fem és canviar el nom que li donem al transport a la ciutat. Abans, s'equiparava a trànsit. Els ajuntaments només tenien

departaments de trànsit que s'ocupaven principalment del mitjà privat: els departaments de trànsit havien de donar solucions a la quantitat de cotxes que ocupaven els carrers. Als anys vuitanta, es van començar a incorporar a la planificació altres mitjans de transport, com ara el metro, l'autobús, el tramvia, la bicicleta, la moto, el tren, etc. Però als anys noranta trobem encara una mancança: no n'hi ha prou de considerar la suma de tots els mitjans de transport; el que ens interessa, de fet, és la mobilitat. I es passa a adoptar aquest concepte.

La mobilitat a la ciutat

La mobilitat es defineix com la suma de desplaçaments dels ciutadans en un espai urbà o metropolità. El subjecte de les anàlisis, aleshores, passa a ser el conjunt de les persones que ens movem i els mitjans de transport queden relegats a ser els objectes que utilitzem les persones per efectuar el desplaçament. El canvi és radical pel que fa a l'enfocament de les polítiques públiques de transport, ja que la mobilitat té característiques pròpies que depenen de les peculiaritats de les persones que es mouen (edat, gènere, nivell de renda, estil de vida, etc.), i es pot analitzar en relació amb aquestes característiques. A més, les persones tenen motivacions i necessitats que determinen les opcions d'escollir un recorregut o un mitjà de transport. En canvi, quan la mobilitat es mira des de l'òptica dels mitjans de transports, l'anàlisi és molt tècnica: la velocitat, el tipus de motor, etc. Els mitjans de transport, com a instruments que modifiquen la velocitat en el desplaçament, no han de ser el subjecte de les polítiques públiques, sinó que ho han de ser les persones amb les seves necessitats.

Hi ha un altre element important quan pensem en la mobilitat en el territori. La mobilitat és la suma de desplaçaments, però l'objectiu no és moure'ns, sinó arribar. Per tant, hem de facilitar els desplaçaments per la ciutat per tal que es pugui arribar als llocs a l'hora desitjada i amb un esforç raonable. Aquest ha de ser l'objectiu principal de les polítiques de transport a la ciutat. I aquí hem introduït un element important: l'accessibilitat. Fins ara, l'accessibilitat era un element que aplicàvem com a descriptor del territori. Per exemple, un polígon industrial era accessible o no ho era. A partir d'ara, són les persones les que han de tenir accessibilitat al territori. Seguint amb l'exemple, el polígon només és accessible per a aquelles persones que tenen un cotxe amb el qual poder arribar-hi, però l'accessibilitat no existeix per als que no disposen de vehicle. Si dissenyem una nova estructura viària entre determinats barris, podem dir que ara els barris estan connectats pel carrer en qües-

tió i que ja són accessibles, però no són els barris els que es comuniquen, són les persones del barri les que han d'anar d'un lloc a l'altre. I si només fem estructures viàries, tan sols donem capacitat d'accés a algunes de les persones. Això ens porta a pensar que la sostenibilitat ha de tenir també aquesta dimensió i preocupació social.

Així doncs, l'accessibilitat relaciona ciutat, territori, mobilitat i transport, introduint una dimensió espacial i alhora una dimensió personal i col·lectiva. De fet, la relació entre transport i territori preveu sempre un element d'accessibilitat. No tots els mitjans de transport tenen la mateixa significació en aquesta relació, hi ha mitjans més oberts o «democràtics» que altres. Amb aquesta aproximació, situem la sostenibilitat, no només en termes de contaminació o despesa energètica, que actualment ja estan clars i assumits, sinó també en la seva dimensió social, fins al moment força menystinguda.

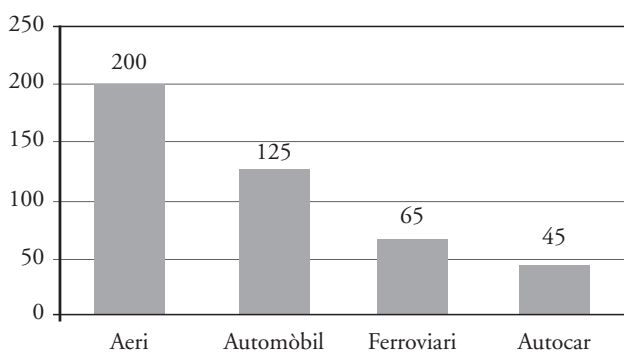
Veiem, doncs, que l'accessibilitat té una dimensió territorial. Com captem aquesta dimensió territorial? L'abast territorial es pot conèixer a partir de les anàlisis de l'origen i destinació dels desplaçaments. No hi ha desplaçaments sense origen i destinació. I això, que sembla tan obvi, durant molt de temps no s'ha previst. S'ha planificat el territori i la ciutat pensant que els temes de desplaçament i mobilitat no eren elements del territori. I, com a exemple, tenim el cas dels polígons industrials, on no poden arribar determinats ciutadans, com els joves sense carnet de conduir o altres persones sense cotxe; o la localització d'hospitals, d'universitats públiques, etc., desvinculada del transport col·lectiu. El territori es planificava amb professionals que no interactuaven: uns dissenyaven el transport i els altres, els carrers.

La proximitat és un dels valors en alça en el planejament urbà d'ara i del futur, ja que la proximitat està relacionada amb el temps, fonamental per dissenyar el transport i un recurs molt preuat per a les persones. La proximitat fa que puguem reduir el temps necessari per a les activitats. I la proximitat a la ciutat permet usar un mitjà de transport com el fet d'anar a peu, fins ara menystingut en les polítiques de transport però perfectament incorporable. Els vianants necessiten polítiques públiques que es preocupin dels seus recorreguts per tal de facilitar aquesta modalitat de transport, que d'altra banda és més sostenible ja que no contamina i utilitza pocs recursos (i és saludable!).

En relació amb la sostenibilitat, un altre element que s'ha de considerar és el dels costos de desplaçament. Quan Le Corbusier proposava la ciutat funcional, cada activitat de la ciutat ocupava una àrea diferent; per tant, els ciutadans s'havien de desplaçar d'una zona a l'altra. Però, en canvi, no va incloure en el disseny el cost del desplaçament. Ara, ens

adonem que aquest desplaçament té uns costos. Distingim quatre tipus de costos: costos d'operació, en temps, ambientals i socials. Els costos d'operació són els propis del fet de moure's (el bitllet, la benzina necessària). Els costos en temps comprenen l'estona esmerçada en el desplaçament. Els costos ambientals inclouen les emissions de contaminants i de CO₂. En les emissions d'aquest darrer, hi ha moltes diferències segons el tipus de transport, i el transport aeri és el més contaminant (Figura 1). Els costos socials són difícils d'avaluar econòmicament. Per exemple, destinar l'espai públic al transport impedeix que es destini als infants o a la gent gran. És un cost social, però podem determinar quant val? Encara no sabem quin valor donar-li.

Figura 1. Emissions de CO₂ (en grams/viatger-km)



Font: Comissió Europea, 1998

Basant-nos en l'enquesta de mobilitat en dia feiner de l'any 2006 a la regió metropolitana de Barcelona (RMB), hem fet un estudi dels desplaçaments en funció del cost en temps. Al llarg del segle XX, s'han incorporat diferents mitjans de transport a la ciutat amb la pretensió que ens permetrien anar més de pressa. En canvi, les enquestes indiquen que les persones que inverteixen menys temps en els desplaçaments són les que van a peu. A la RMB utilitzem una mitjana de 82 minuts diaris en desplaçaments. Els qui van a peu hi destinen 77 minuts diaris, mentre que els qui van amb cotxe n'hi destinen 81 (els conductors) i 79 (els acompanyants). En transport públic, usem 90 minuts diaris. Veiem que anar a peu és la manera de moure's que contamina menys i gasta menys i, d'altra banda, és també el tipus de desplaçament en què s'inverteix menys temps (Figura 2).

Figura 2.**Temps (en minuts) segons el motiu i el mode de transport**

<i>Temps</i>	<i>A peu</i>	<i>Transport públic</i>	<i>Conductor privat</i>	<i>Acompanyant privat</i>	<i>Total</i>
Total en desplaçaments	76,84	90,34	80,58	78,51	81,84
Tornada a casa	22,36	27,93	22,16	24,45	24,13
Anada i tornada a casa	23,68	30,93	23,43	25,06	25,44
Treball o gestions de treball	23,45	38,18	32,12	28,04	31,71
Estudis	23,26	35,81	22,86	28,12	28,24
Compres quotidianes	12,79	17,61	12,92	13,59	14,08
Compres no quotidianes	17,60	22,45	18,68	22,02	20,08
Anar al metge/hospital	23,88	27,81	22,73	26,99	25,48
Anar a visitar un amic/familiar	22,81	27,44	23,03	24,79	24,59
Acompanyar persones	23,35	24,07	22,01	24,79	23,24
Gestions personals	26,34	27,49	24,51	28,76	26,50
Oci	21,31	25,21	20,28	24,62	22,60
Dinar (no oci)	07,55	16,33	16,38	15,36	15,04
Passejar	45,74	43,45	46,64	44,39	45,18
Segons residència	39,41	77,57	52,46	33,78	52,13

Font: Enquesta de mobilitat en dia feiner, 2006 (Ajuntament de Barcelona i ATM)

El model de mobilitat a Barcelona

Hi ha diferents models de mobilitat en diferents ciutats del món. En algunes, anar a peu és negligible: són ciutats pensades exclusivament per al cotxe. A Barcelona, en canvi, anar a peu té un paper molt rellevant i representa la porció dominant dels desplaçaments, amb un 49,7 %. Aquest és un aspecte important per a la sostenibilitat de la ciutat pels motius que s'han citat anteriorment. Aquest elevat percentatge s'explica perquè la ciutat és compacta, diversa i segura per poder-hi fer les nostres activitats.

A Barcelona, cada dia hi ha uns 4,25 milions de desplaçaments en qualsevol mitjà de transport (que representen 3,5 desplaçaments per dia i habitant). En els moviments que connecten Barcelona i el seu entorn, la contribució del transport públic i el privat està molt igualada. En canvi, en els desplaçaments interns de Barcelona, fets amb mitjans de transport mecànics, hi predomina l'ús del transport públic.

Quins motius ens fan desplaçar? A Barcelona, el motiu ocupacional (estudis i treball) representa el 21 % dels desplaçaments, mentre que el

36 % correspon a la mobilitat personal (que comprèn activitats com portar els nens a l'escola, anar a comprar el pa, anar al metge, visitar amics, fer gestions, etc.). La tornada a casa representa el 43 % dels desplaçaments totals (enquesta de mobilitat en dia feiner, 2006, Ajuntament de Barcelona i ATM).

Un altre aspecte interessant és preguntar-nos quins mitjans de transport usem per fer les diferents activitats. En la mobilitat ocupacional domina el transport públic davant el transport privat (42 % *vs.* 36 %), mentre que en la mobilitat per motius personals dominen els desplaçaments no motoritzats (anar a peu, 57 %) i el transport públic només s'usa en un 25 %. En els desplaçaments per tornar a casa predominen els transports no motoritzats (45 %, enquesta de mobilitat en dia feiner, 2006, Ajuntament de Barcelona i ATM).

També ens hem preguntat si hi ha diferències entre col·lectius de ciutadans pel que fa a la seva mobilitat. Per gèneres, no hi ha diferència en nombre de desplaçaments diaris, però sí que n'hi ha respecte del motiu i el mitjà de transport. Hi ha més dones que homes anant a peu (49 % *vs.* 40 % respectivament) i agafant el transport públic (37 % *vs.* 27 % respectivament), mentre que els homes usen més el transport privat (34 % *vs.* 15 %). Observem també que les pautes de mobilitat varien segons l'edat i la situació laboral. Aquestes mateixes pautes s'observen a moltes altres ciutats del món.

En síntesi, en aquesta presentació hem situat el paradigma de la sostenibilitat del transport i la ciutat en termes d'elements socials i d'utilització de modes de transport, ja que la sostenibilitat depèn de l'ús que fem dels diferents mitjans de transport. Barcelona és una ciutat on es pot anar a peu, i això ajuda a la sostenibilitat.

Podem ser autosuficients en aigua? Viladecans: un cas pràctic

Salvador Rueda

Director de l'Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona

Presento aquí la meua reflexió sobre l'autosuficiència en aigua, entesa com un balanç entre els recursos disponibles i les necessitats, i considerant que l'aigua l'ha de menester tothom, no només l'ésser humà, sinó també els sistemes naturals que ens suporten.

És molt important, abans de plantejar-nos quanta aigua necessitem, considerar també quanta aigua necessiten els ecosistemes terrestres i aquàtics. Per exemple, en termes generals, es podria plantejar que un terç del volum de l'aigua pogués anar a usos antropogènics, un altre terç als ecosistemes terrestres, i el terç restant als ecosistemes aquàtics. Però, fins ara, la planificació hídrica ha menystingut aquesta concepció ambientalista. Fins fa poc, una idea força estesa en la població era que l'aigua que anava a mar era aigua perduda. Aquesta creença va generar discussions aferrissades en alguns indrets d'Espanya, per exemple per la qüestió del transvasament de l'Ebre. I, no obstant això, hem de recordar que el 99 % de la vida al mar es produeix a la plataforma continental i se sosté amb els nutrients que arriben amb l'aigua dels rius. Per tant, aquesta consideració s'ha de canviar radicalment i s'ha de procurar que determinada part de l'aigua «es perdi» al mar.

Una altra qüestió relacionada amb l'autosuficiència és la següent: a quin cost volem l'aigua? I, amb quina qualitat? D'aigua, n'hi ha molta... al mar. D'aigua, no en manca, però els costos energètics que representa la dessalinització de l'aigua marina són molt elevats. Les dessaladores en procés d'execució al delta del Llobregat tenen una demanda d'energia equivalent a la d'una ciutat nova de 250.000 o 300.000 habitants. Així doncs, la qüestió es trasllada a altres tipus de problemàtiques ambientals, com la dels gasos d'efecte hivernacle o l'esgotament d'energies fòssils. D'altra banda, ara com ara, a la nostra societat encara no és viable suportar la despesa energètica amb les produccions renovables.

L'autosuficiència en aigua

L'autosuficiència està lligada al territori, a la proximitat, als recursos locals, al fet de no consumir més del que és estrictament necessari. Per tant, quan parlem de transvasaments, la idea d'autosuficiència cau en picat. Les persones de tendència desenvolupista argumenten que, de la mateixa manera que importem recursos energètics, també podem importar recursos hídrics. De fet, per exemple, la regió metropolitana de Barcelona (RMB) funciona amb aigua transvasada de la conca del Ter, a més de la de les pròpies conques del Besòs i del Llobregat.

La idea de portar aigua sense que importi des de quina distància també s'ha plantejat electoralment, per exemple, amb les propostes d'aportació de l'aigua del Roina que es van fer fa un temps. Aquests transvasaments tenen uns costos molt elevats, a més d'inseguretats i problemàtiques diverses.

Una qüestió molt important que hem de considerar és la destinació de l'aigua. A Marbella o a Califòrnia consumeixen 500 litres/habitant/dia, mentre que un consum «normal» estaria en 120 litres/habitant/dia. La idea del malbaratament també ha d'entrar en el concepte d'autosuficiència, ja que aquesta només preveu la quantitat d'aigua bàsica que hem de menester per funcionar. Considero que l'aigua és un dret bàsic. L'aigua bàsica ha de tenir un preu, però en el moment de passar-nos de la quantitat bàsica, el preu hauria de ser dissuasiu com a mesura per evitar de malbaratar-la.

En el Pla especial d'indicadors de sostenibilitat ambiental de l'activitat urbanística que hem fet per a l'Ajuntament de Sevilla, hem buscat uns indicadors i condicionants que ens mostrin quina és la quantitat bàsica d'aigua. Això ho hem fet a partir d'un estudi desenvolupat pel Dr. David Saurí, del Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona, que va estudiar la variació del consum d'aigua depenent dels diferents tipus d'edificació a la regió metropolitana de Barcelona. Utilitzant els estris adequats (per exemple, electrodomèstics de baix consum, airejadors a les aixetes) per tal que el consum sigui el mínim possible per fer les funcions bàsiques, es va obtenir que, en els habitatges plurifamiliars, el consum era de 82 litres/habitant/dia. Nosaltres proposem que, d'aquesta quantitat, 18 litres/habitant/dia no vinguin de la xarxa, sinó que vinguin de la captació d'aigua de pluja per a usos que no siguin de boca, com els lavabos. Aleshores, l'aigua potable que s'hauria de menester a l'habitatge són de 64 litres/habitant/dia, un valor semblant al que proposen altres estudis (60 litres/habitant/dia). Si a la quantitat de 82 litres/habitant/dia hi afegim el consum comercial, la suma de tot plegat és de 104 litres/habitant/dia.

L'esmentat estudi a la regió metropolitana de Barcelona mostra que el consum domèstic dels habitatges unifamiliars augmenta fins a 160 litres/habitant/dia, molt més elevat que en les cases plurifamiliars. Aquests es distribueixen en 70 litres/habitant/dia d'ús domèstic, una quantitat molt semblant a la dels habitatges plurifamiliars, que, recordem, era de 64 litres/habitant/dia, i la diferència (de 90 litres/habitant/dia) és bàsicament aigua per a la jardineria, que no caldria que fos potable.

En aquests moments, tal com està organitzat el sistema d'abastament d'aigua, unes grans empreses centralitzades donen servei a diferents municipis. El fet de postular la necessitat de crear empreses locals que donin serveis d'aigua a territoris petits representa un canvi molt gran de concepció. Però aquest canvi de concepció en la gestió dels serveis ens aproximaria a l'autosuficiència, ja que aquestes empreses haurien de crear-se amb la idea de la màxima eficiència i optimització en el consum i recursos, tant de l'aigua com de l'energia. Serien empreses de serveis descentralitzades amb l'objectiu de cercar l'eficiència en tots els àmbits. La possibilitat d'anar cap a l'autosuficiència obliga a tenir organitzacions capaces d'acomodar-se a aquests nous objectius d'eficiència.

Aigua urbana

En síntesi, l'esquema actual del cicle de l'aigua en una ciutat és el següent: es capta aigua d'una conca, des d'un embassament, un aquífer o la llera d'un riu i es tracta en plantes potabilitzadores per, posteriorment, distribuir-la a la ciutat. D'altra banda, l'aigua consumida va a un sistema de recollida d'aigües residuals cap a una depuradora que, havent fet el tractament de depuració, llença l'aigua al mar o als rius i en separa els fangs per recuperar-la. La pluja va al sistema del clavegueram, i les pèrdues de la xarxa potable, com les del clavegueram, van a parar a les aigües subterrànies.

Des de fa un temps, proposo un nou concepte d'urbanisme. La idea és que els projectes d'urbanització s'atenguin als reptes principals de la societat del segle XXI. En síntesi, són dos aspectes: la sostenibilitat i la nova era de la informació.

Actualment, els projectes urbanístics es basen en un plànol de dues dimensions on s'ubica tot el que es vol desenvolupar en el territori, al qual s'adjunta un document normatiu que posa les condicions del que s'ha de desenvolupar. Però el que es pretén és que totes les variables estiguin plasmades en el projecte de forma coherent. Fins ara, realitats bàsiques del segle XXI com l'aigua, l'energia, la distribució urbana, els serveis o les noves tecnologies no han estat mai previstos en el plànol o en

la norma, de manera que el mateix instrument presenta serioses mancances.

Proposo que a escala urbanística es dissenyin tres plànols (en alçada, en superfície i en el subsòl). Amb aquesta configuració hi podem introduir l'aigua, l'energia, una nova capa de biodiversitat, i també hi podem introduir la distribució urbana en el subsòl. A Barcelona l'aqüífer és molt ric; avui dia, s'estan depurant 25 hm³ al Besòs fruit de les extraccions d'aigua de l'aqüífer que inunda infraestructures de la ciutat. Amb la tecnologia actual, ens podríem estalviar part dels transvasaments usant aquests 25 hm³ que ara mateix ens perjudiquen. També podem connectar l'àrea de cobertes amb l'aqüífer. Al subsòl, podem disposar-hi blocs d'infiltració per recollir l'aigua sobrera, superficial i de cobertes (en aquest supòsit, l'aigua que ha passat per la calçada s'ha de depurar per la important contaminació que arrossega).

En definitiva, si considerem tres xarxes (aigua potable, aigua no potable i clavegueram) i en modelem el sistema acuradament, el nivell de flux d'aigua que s'ha d'extreure de la conca proveïdora és molt menor. D'altra banda, des de la perspectiva de la sostenibilitat, cal intentar que els recursos necessaris per a un determinat servei siguin menors i, per tant, la pressió sobre els sistemes que ens suporten siguin menors, buscant la manera que les fuites i les contaminacions siguin també menors. El model d'autosuficiència comença no gastant i continua disminuint la contaminació, i així ens estalvia els costos del reciclatge de l'aigua.

A escala de municipi; el cas de Viladecans

Viladecans, al Baix Llobregat, podria ser autosuficient, amb recursos procedents del propi territori municipal, però ara l'aigua hi arriba enterament a través de la xarxa. Repensant els circuits i introduint el sentit comú, podem estalviar, com veurem, uns onze milions de metres cúbics d'aigua.

Viladecans se situa just a la base de la serralada Litoral, en una plana que conté un aquífer important. Hi ha una certa salinitat a l'aqüífer, amb concentracions de clorur de 400 a 1.000 mg/l (dades del maig de 2003), producte de la intrusió salina del delta del Llobregat. Pel territori, hi circula la riera de Sant Climent, que forma una petita conca que va de la serralada litoral al mar. Una depuradora dóna servei a diferents municipis del Baix Llobregat. A continuació presentaré uns escenaris de gestió de l'aigua i en destacaré especialment el de l'autosuficiència.

La quantitat d'aigua procedent de la xarxa d'aigua potable és d'11,37 hm³. D'aquests, 3 hm³ van a Viladecans, i la resta, als altres municipis de

la zona (Castelldefels, Gavà). En principi, es planteja utilitzar al màxim els recursos que tenim: la depuradora amb tractament terciari i les captacions d'aigua de pou. A la depuradora, hi arriben 17 hm^3 d'aigua per depurar. D'aquests, en podríem treure $8,6 \text{ hm}^3$ per a usos que poden utilitzar aigua regenerada (indústria, reg o barreja amb aigua de millor qualitat). Actualment, a Viladecans s'usen de 8 a 10 hm^3 /any d'aigua per regar. Per als tipus de conreu de la zona, amb $4\text{-}5 \text{ hm}^3$ /any ja n'hi hauria prou; la resta s'usa per rentar les sals dels sòls, un malbaratament d'aigua.

Des de l'Agència proposem de fer un sistema de tractament (electrodiàlisi reversible) que permetria treure les sals per poder barrejar aquesta aigua dessalada amb la provinent de la depuració terciària. El reg amb aquesta aigua permetria conrear qualsevol tipus de vegetal. Ara no succeeix això, ja que només es planten els vegetals que suporten conductivitats elevades. Per tant, la nostra proposta portaria a una ampliació dels conreus.

D'altra banda, una part de l'aigua obtinguda per electrodiàlisi (uns $4,6 \text{ hm}^3$ /any) hauria de ser reinjectada per tal de frenar la intrusió marina en aquesta àrea. També es preveu extreure al voltant de $10,4 \text{ hm}^3$ /any d'aigua de pous, una part dels quals ($3,13 \text{ hm}^3$ /any) es tractaria per osmosi inversa per obtenir l'aigua de boca per a la població de Viladecans. Amb aquestes mesures, aconseguim la independència del subministrament al municipi, un municipi que ara ha de ser dotat d'aigua de xarxa. Veiem, però, que l'autosuficiència s'ha d'estudiar de forma local, buscant a escala petita la solució per a cada lloc.

Escala regional

Amb aquest tipus d'anàlisi anem aproximant-nos al concepte de capacitat de càrrega. Ens podem preguntar, fins on podem arribar? Quanta gent pot establir-se en una determinada localitat? Quantes funcions es podrien desenvolupar al territori, tenint en compte que l'aigua és el factor limitant? Com ho hem de fer per tal de no superar un consum sostenible? Actualment, a Barcelona no complim amb l'autosuficiència: importem 175 hm^3 /any del Ter i, a més, n'obtenim 60 hm^3 /any del mar.

Un estudi a la regió metropolitana de Barcelona ens informa de la seva demanda d'aigua. Per al consum domèstic s'usen 309 hm^3 /any, que, sumats a altres usos urbans (reg de parcs i jardins, equipaments públics), dóna un total urbà de 356 hm^3 /any. Afegint-hi la demanda de la indústria i l'agricultura, obtenim un total de 555 hm^3 /any. D'aquests, uns 175 hm^3 /any són aportats per la conca del Ter. Si pretenem l'autosufi-

ciència, haurem de buscar mecanismes i solucions per aproximar-nos a aquesta darrera quantitat com a principi per arribar a la sostenibilitat.

Una de les qüestions que cal pensar és el tema urbanístic, ja que el consum d'aigua depèn molt de les tipologies edificatòries. Nosaltres vam analitzar els 164 municipis de la regió metropolitana de Barcelona estudiant tots els seus plans urbanístics, comptant tot allò que ens permetés saber en què s'usa l'aigua: les piscines, els parcs, les fonts, les zones de reg, etc. El nostre objectiu era fer més eficient el consum i, per això, necessitàvem conèixer la demanda.

Vam cartografiar tota la planificació nova de tots els municipis de la regió metropolitana de Barcelona i vam obtenir que la majoria de desenvolupaments tenen un consum de sòl molt gran per l'efecte dels habitatges unifamiliars. Per tal d'evitar aquest gran consum de sòl, que va proporcionalment lligat al consum de recursos i d'energia, la nostra proposta és situar tot el creixement planificat en una franja de 2 km al voltant de la xarxa ferroviària de la zona. Amb això aconseguim una compactació del territori (estalvi de 8.000 ha de sòl) i alhora una reducció de 40 hm³/any en el consum d'aigua. Això obligaria a fer uns plans d'ordenació territorial amb nous instruments legals, ja que els que fins ara existeixen no ho permeten. Cerdà va fer propostes de reparcel·lació per tal de repartir els guanyos i també els deures en el procés urbanitzador. Això a escala territorial no s'ha fet, i cada municipi és amo del seu procés d'urbanització i molt gelós que ningú no s'hi fiqui. Així, caldria entrar en un sistema de compensacions similar als de la reparcel·lació; en aquest cas, en una reparcel·lació territorial. Es tracta d'una tasca important per a la qual es necessita força política i un ampli consens.

Hem fet càlculs per buscar projeccions de futur dels consums d'aigua de la regió metropolitana de Barcelona, partint de la base que ara utilitzem 555 hm³/any. Hem fet projeccions tendencials amb diferents escenaris, esgotant el planejament sense fer res (consum de 633 hm³/any) o aplicant mesures compactadores. Amb un model urbà compacte i amb mesures d'estalvi màxim i reutilització, el consum es redueix a 487 hm³/any. Per tant, introduint mesures urbanístiques i d'estalvi i reutilització estalviariem uns 60-70 hm³/any respecte de la situació actual. En una situació límit, a Barcelona podríem ser autosuficients usant només les aigües del Llobregat i del Besòs i els aqüífers de la ciutat. Podem somiar en una eficiència i una autosuficiència en aigua mantinguda per les conques pròpies de Barcelona, una proposta molt agosarada que, de moment, només podem imaginar per a situacions límit.

Agricultura periurbana: el Parc Agrari del Baix Llobregat

Ramon Terricabras

Gerent del Parc Agrari del Baix Llobregat

Introducció

Al Parc Agrari del Baix Llobregat ens hem proposat de donar la màxima divulgació a la problemàtica de l'agricultura periurbana, de la qual el Parc és un laboratori perfecte i una referència dins Europa, per tal que no sigui la petita perdedora de la reforma de la política agrària europea.

El Parc Agrari del Baix Llobregat va néixer fa deu anys, d'una confluència de voluntats des de la iniciativa local. Una voluntat política difícil de reeditar que, en aquells moments, es va expressar en aquest sentit. Cal tenir en compte que uns dels pocs instruments que existeixen per defensar l'agricultura periurbana al nostre país, són, paradoxalment, els plans urbanístics. Malgrat l'interès en la conservació d'àrees de sòls agrícoles molt fèrtils en àrees adjacents a les grans ciutats, fins ara aquests espais agrícoles no es reconeixen com a destinataris de la conservació. No hi ha una llei d'espais *agraris* que consideri l'espai d'especial interès agrícola, i ens hem d'agafar a les normes urbanístiques per trobar figures de protecció del territori agrari.

El Parc Agrari del Baix Llobregat, distant només 3 km de la plaça d'Espanya, és un gran desconegut per als barcelonins. Aquí faré una presentació ràpida del Parc Agrari i la seva problemàtica.

El Parc Agrari del Baix Llobregat és una figura de gestió, on l'Administració local s'ha jugat la credibilitat volent gestionar un territori de qualitat però difícil. És un espai on hi ha d'haver una producció i uns pagesos que visquin de la terra perquè ells mateixos siguin els mantenedors del territori. En aquesta jugada agosarada, el manteniment de la població productiva juga a favor del Parc, mentre que un dels enemics a combatre és l'abandonament de la terra per les perspectives d'inversió immobiliària especulativa.

L'organització del Parc Agrari és una gestió participativa, amb els mateixos pagesos emparats per l'Administració local. El Parc és finançat per l'Administració local i per ajudes europees *puntuals*. Es tracta d'una forma d'administració complexa dins el món local, organitzada com un consorci amb representacions de totes les administracions. Aquest sistema ha demostrat una efectivitat i continuïtat des de fa anys.

Agricultura periurbana

L'agricultura periurbana es defineix com aquella que està condicionada per l'entorn urbà on es desenvolupa, i on aquest hi exerceix impactes que al mateix temps en limiten la viabilitat econòmica i li ofereixen oportunitats derivades d'un mercat de proximitat. Aquesta és una definició que nosaltres hem proposat a Europa en un document sobre l'agricultura periurbana presentat al Parlament d'Estrasburg. Però, tot i tenir una definició aprovada, això no s'ha traduït en una línia d'ajuts, ni en la definició de polítiques agràries dins la PAC per al sexenni 2007-2013.

El Parc Agrari del Baix Llobregat

El delta del Llobregat és un territori tan complex que la seva unitat com a parc podria veure's compromesa, però l'opinió de les nombroses visites rebudes és: «Si vosaltres us n'heu sortit mantenint el territori dins la complexitat que té, és que el model serveix»; és a dir, hem generat un model aplicable a altres llocs, com per exemple a l'horta valenciana, o a la *vega* de Granada, o a altres llocs de l'estranger on tenim bona acceptació.

El Parc Agrari ocupa una de les zones agrícoles més fèrtils d'Europa, on es podrien treure fins a cinc productes en un any en un mateix lloc. Aquest terreny és treballat per pagesos molt bons, tot i les particularitats especials de la zona, amb un marcat caràcter individualista que fa que hi hagi poca capacitat d'associació entre ells. Com a exemple: hi ha catorze pobles i catorze cooperatives; no s'han associat en cooperatives més grans.

La complexitat del territori deriva també de la complexitat agrícola. S'hi produeix de tot i durant la seva història s'hi ha produït de tot. Avui dia, el producte estrella és la carxofa. Traient partit de l'especial morfologia del Delta, es rega a manta. I, aprofitant que no fa fred, es cultiva la carxofa per tal que floreixi durant l'hivern (novembre-febrer), fora d'època, ja que li pertocaria florir a la primavera i a l'estiu. Així doncs, la carxofa del Prat és una planta enganyada.

També hi ha fruiters, hortalisses i ramaderia. S'hi cria el pollastre de pota blava del Prat, una espècie que es va mantenir gràcies a la Diputació de Barcelona. Tota la producció de cria de pollastre de pota blava la fa una granja que produeix 15.000 animals/any. És un altre producte estrella del Prat, però no té la mateixa incidència que la carxofa. Cal remarcar que també s'hi fa ramaderia ovina, amb uns ramats que totalitzen 18.000-20.000 caps de xai. Així doncs, és una de les zones de Catalunya amb més densitat de xais/ha. L'activitat ramadera és complementària de la de les hortalisses. Després de la collita, als camps hi entren els xais per acabar de fer la neteja. No obstant això, cal dir que les condicions d'estabulació no són del tot correctes.

El Baix Llobregat, un territori complex

La complexitat més difícil de suportar és la de les infraestructures. Hi ha moments en què ens preguntem si sobreviurem a l'AVE. La part de la Vall Baixa (Sant Vicenç dels Horts, Santa Coloma de Cervelló, Pallegà) queda molt afectada pel pas de l'AVE. El problema del Baix Llobregat és que no hi ha una planificació estratègica que determini per on han de passar les infraestructures. I hi passa un gran conjunt d'infraestructures importants, com ara oleoductes, gasoductes, col·lectors, canalitzacions, electricitat, vies ferroviàries i de carreteres, etc. Ara mateix, s'ha presentat un projecte d'ampliació del col·lector de salmorres del riu Llobregat, però hi ha zones per on no passa. D'altra banda, hi ha aspectes indesitjats, com robatoris de les verdures, una de les característiques *negatives* de la periurbanitat. Al final hem optat per una policia de vigilància de petits robatoris a les finques. En resum, en un territori tan complex, hem de fer-hi agricultura de qualitat. La Vall Baixa ha quedat fragmentada sobretot a la zona de Sant Vicenç dels Horts i Santa Coloma de Cervelló, però, en canvi, el soterrament de les línies elèctriques d'alta tensió a la zona de Sant Boi ha resultat un èxit inesperat, com també el nou traçat que s'ha aconseguit del col·lector de les salmorres.

Origen del Parc Agrari

A finals dels anys noranta hi va haver una confluència de voluntats, i l'any 1997 el Parc Agrari es va presentar en societat. L'any 1998 es va constituir formalment el consorci del Parc Agrari del Baix Llobregat. Unió de Pagesos feia molt de temps que demanava la creació del Parc, malgrat que aquests mateixos pagesos podrien ser els primers beneficiats de la venda dels terrenys. Avui dia, Unió de Pagesos és dins el consell

d'administració del Parc, i la filosofia és que, si s'ha de vendre, que es faci a altres pagesos per continuar amb les activitats agrícoles. El consell comarcal, en aquells moments presidit per José Montilla, buscava un pla estratègic per garantir l'estabilitat de les zones agrícoles. La Diputació hi va acabar de donar forma, sempre sota el vessant de promoció econòmica del territori, protegint la producció agrícola. La confluència d'aquestes diverses voluntats polítiques va propiciar el naixement de l'espai agrari del Baix Llobregat. Un espai encaixonat entre autopistes i amb forts condicionants, però alhora amb una activitat molt clara que defineix el territori. Al seu moment ja havia estat delimitat pel Pla general metropolità (1976) amb la clàusula 24 de sòl d'especial interès agrari.

A diferència d'un sistema de parc natural, on les tasques són de preservació del medi, ús social i gestió urbanística, el Parc Agrari necessita que el territori sigui rendible, que els pagesos s'hi quedin i no tinguin necessitat de marxar. Això genera una gestió del territori diferent. Ens interessa que l'àrea del Baix Llobregat tingui una empena econòmica prou bona per fer que no es plantegi l'abandonament dels conreus. Per gestionar l'espai agrari, s'ha creat un ens de gestió: el consorci, on els mateixos agricultors formen part del consell d'administració, un consell d'administració típic empresarial on s'han de rendir comptes i fer propostes. Hi ha un pla de gestió i de desenvolupament que marca les directrius del que s'ha de fer. I hi ha un pla especial, per sobre de l'antic Pla General Metropolità, que actualment és coincident amb altres figures de protecció (PEIN, ZEPA, etc.); és a dir que, en algunes zones del Baix Llobregat, hi coincideixen més d'una figura de protecció.

El pla de gestió té unes línies estratègiques, una de les quals és harmonitzar amb els espais naturals del voltant. Per exemple, la part baixa llinda amb les zones naturals de la part humida del delta del Llobregat, i la gerència del Parc va buscar suport a Europa (amb projectes LIFE) per harmonitzar la zona agrícola amb les zones naturals.

El Parc Agrari té 3.000 ha aproximadament, de les quals unes 2.000 són de conreu. La gent que hi passeja queda parada que hi hagi tanta horta a tocar mateix de Barcelona. S'hi comptabilitzen 900 explotacions, i en 400 d'aquestes hi ha pagesos que treballen la terra gairebé a temps complet. La superfície mitjana de cada explotació és petita, unes tres mujades (una hectàrea i mitja) però dóna per a molt, ja que hi ha una rotació de conreus molt alta.

El delta del Llobregat era una zona plena de malària i mosquits fins al segle XIX. A finals del segle XIX, l'agricultura del Baix Llobregat va experimentar una revolució important. Els canals de regadiu que es van

construir durant aquesta centúria havien de transformar el paisatge agrari comarcal i deixar-lo a punt per viure-hi. La primera meitat del segle XX va ser la seva època d'esplendor. Això va ser possible gràcies al riu Llobregat i els seus afluents en el darrer tram de 20 km (riu Anoia, riera de Rubí i alguns torrents més petits), i al sistema d'aqüífers, on s'ha de distingir entre l'aqüífer superficial de la Vall Baixa i l'aqüífer del Delta. En el del Delta, s'ha de distingir entre un aquífer superficial i un de profund. El profund està connectat amb el de la Vall Baixa. Davant de Sant Feliu, hi ha pous d'aigua del Llobregat que es capten de l'aqüífer de la Vall Baixa.

L'any 1819, es va construir pel cantó esquerre del riu el canal de la Infanta Carlota, que, en aquell moment, regava 2.750 ha. L'aigua dolça que aportava aquest canal impedia l'entrada d'aigua salada del mar. Ara, aquest canal continua regant una part d'aquelles hectàrees i es perd en un desguàs a l'Hospitalet fins al mar. Com que ja no hi ha l'aportació d'aigua dolça d'aquest canal, s'han hagut de fer pous per injectar-hi aigua dolça procedent de la depuradora del Llobregat. De fet, no cal aigua, ja que no hi ha agricultura (hi ha la zona Franca), però interessa afegir-hi aigua per mantenir la intrusió salina a ratlla.

El canal de la dreta es va inaugurar l'any 1858 i regava 1.900 ha. Actualment és el que funciona amb més intensitat de tot el Parc Agrari i el més gran, ja que rega 1.240 ha. Té una concessió d'1,7 m³/s, una quantitat relativament alta, així que pot arribar a sobrar aigua. No s'hi ha patit mai el decret de sequera. Amb la concessió que té es poden permetre el reg per solcs, i així es pot fer el conreu amb reg a manta de la carxofa d'hivern. Alhora, també es fa la recàrrega de l'aqüífer i de les zones humides del final del Delta.

També es fan aprofitaments de les aigües subterrànies. En el primer terç del segle XX, els pous eren artesianes: l'aigua sortia per la seva pròpia pressió. L'aqüífer es recarregava per la banda de Sant Vicenç dels Horts i Santa Coloma de Cervelló i l'aigua tenia prou força per sortir naturalment.

L'aigua dóna forma al territori del Baix Llobregat. Dóna forma a les finques, que són allargades i on el regadiu va de dalt a baix per la necessitat del reg. L'aigua constitueix un agent organitzador del territori, i interessa no només com a factor natural sinó també com a element formal que introdueix jerarquies territorials que donen lloc a propietats allargassades que s'estenen del canal cap al riu.

Amb aquest sistema de regadiu, es va organitzar la producció agrària del Delta. Al segle XVIII, s'hi feia la barrella, que és una «mala herba» que, un cop cremada, donava un carbonat alcalí que s'utilitzava en la

fabricació de vidre i, naturalment, de sabó, i que alhora servia per sanear el sòl. Posteriorment, es va anar estenent l'horticultura i es va anar implantant el conreu de fruiters (presseguers, pereres i pomeres). Al segle XIX, amb l'extensió del regadiu, van sorgir les plantacions d'arròs al Delta, mentre que també s'hi continuava fent horticultura i conreu de fruiters. A la primera meitat del segle XX (l'època daurada), s'hi van intensificar i especialitzar els conreus: patates, enciams, espàrrecs, carxofes, porros, cebes, bledes, coliflors, tomàquets, melons, síndries, escaroles, monges, etc. Aquesta època de bonança va ser afavorida per la guerra europea i va durar fins als anys quaranta, després de la Guerra Civil Espanyola.

El reg agrícola, la recàrrega d'aqüífers i els sistemes naturals estan interrelacionats. La utilització agrícola condiona que els sistemes humits tinguin aigua. Des del punt de vista agrícola, el que impulsem al Baix Llobregat és l'agricultura integrada, definida com aquella agricultura que minimitza l'aplicació de pesticides i d'adobs. L'aportació de pesticides i d'adobs es fa força ajustada a les necessitats del conreu, i poca cosa va a parar a les aigües residuals.

Des de la construcció del col·lector de les salmorres del riu Llobregat, la qualitat de l'aigua ha millorat de tal manera que a la zona d'Abrera fins i tot s'hi ha vist alguna llúdriga.

Pel que fa a les depuradores, l'efluent de la depuradora Depurbaix té una salinitat alta ($> 3.000 \mu\text{S}/\text{cm}$). Actualment s'està projectant de construir una minidessaladora a Sant Boi per poder tractar aquesta aigua de l'efluent de la depuradora i fer que tingui la mateixa qualitat que la del riu Llobregat. Aquesta planta dessaladora treballarà amb la tècnica d'electrodiàlisi reversible.

La situació futura exigeix l'ampliació del tractament de les depuradores de Gavà i Sant Feliu per afegir-hi el tractament terciari. La depuradora de Gavà és especialment important, ja que constitueix la recàrrega de les zones humides del Remolar, la Ricarda, la Murtra, Cal Dimoni i els Reguerons.

Ens preocupa depurar l'aigua i regenerar-la per poder reutilitzar-la. La Unió Europea ha concedit un crèdit per construir el terciari de la depuradora a Viladecans, que incideix fonamentalment en el contingut de nitrats a l'aigua. A l'efecte del regadiu, això no té interès, ja que els nitrats serveixen d'adob, però amb la disminució d'aquests, l'aigua pot tenir un ús de boca.

Per acabar, volem assenyalar que el Delta té un sistema de reg que alhora és un sistema de desguàs i de drenatge. El reg agrícola recarrega aqüífers i sistemes naturals. Hi ha d'haver excedents d'aigua, ja que l'aigua sobrerera alimenta les zones humides.

Sostenibilitat i tecnologia. Vers un model únic de ciutat?

Josep Bernis

Enginyer urbanista

Introducció

L'urbanisme té un caràcter interdisciplinari, on hem de considerar la forma (àmbit de l'arquitectura), la funció (àmbit de l'enginyeria) i els valors socials i aspectes de convivència (àmbit de la sociologia), tot i que adquireixen cada vegada més rellevància nombrosos conceptes de l'àmbit de l'ecologia, que va assolint, així, un paper integrador en relació amb el llenguatge i la metodologia quan volem pensar la ciutat en termes de sostenibilitat. Aquesta consideració em guiarà com a fil conductor de la presentació.

Peter Hartley, a la revista *Focus*, l'any 1993, escrivia l'article «Enginyeria sostenible, capacitat de càrrega en relació amb un recurs i tecnologia de la fase K», on definia el concepte d'enginyeria sostenible. L'objecte de l'enginyeria sostenible són els plans, els projectes i els productes que permeten organitzar un desenvolupament sostenible en un àmbit territorial determinat.

Podem representar en un gràfic processos de naturalesa ben diferent, com el creixement demogràfic o la disponibilitat d'un recurs respecte del temps, i obtenim el que s'anomena la corba logística d'aquest procés: l'evolució de les variables en el temps mostra una fase inicial de creixement —o consum— exponencial (fase *r*, d'irrupció) i, després d'un període de transició, una fase posterior on la taxa de creixement —o consum— s'esmorteix asimptòticament (fase *K*, de consolidació). Aquesta corba és l'expressió d'un canvi de paradigma on la tecnologia passa de ser un instrument (pervers) que possibilita eludir els límits del creixement (tecnologia de la fase *r*), a esdevenir un aliat per a la sostenibilitat (tecnologia de la fase *K*). En aquest punt, hi trobem les tecnologies de la informació i les comunicacions (TIC, vegeu el capítol «Informàtica, societat i medi ambient»), entre d'altres també rellevants

en els processos de transformació de les ciutats i del territori, com són les relatives a la construcció i la bioenginyeria.

Un concepte important en l'aplicació de l'ecologia a l'urbanisme és el de *capacitat de càrrega*. La capacitat de càrrega d'un ecosistema s'hauria d'entendre, en termes urbanístics, com la capacitat d'acollida d'un territori. Per exemple, en planificació territorial podem plantejar-nos què hi cap en una determinada àrea en termes de població o d'activitats consumidores de sòl en general. El recurs en aquest cas és el territori, que té una limitació en l'espai i un interès com a bé econòmic i sensible en tant que és receptacle de valors ambientals. Aquest concepte permet formular una definició precisa dels diferents aspectes de la sostenibilitat des de la perspectiva de l'ordenació del territori. La capacitat de càrrega està molt relacionada amb el concepte de petjada ecològica.

Tres grans corrents de la nostra època comporten una indiscutible transcendència en el territori: la globalització socioeconòmica, l'imperiatiu de sostenibilitat i el desenvolupament tecnològic. Tots aquests corrents avancen en el mateix sentit d'abonar la idea de ciutat compacta, una idea pròpiament mediambiental on la disciplina de l'ecologia urbana adquireix un gran sentit. Un altre aspecte que cal considerar és el concepte de diversitat no biològica; per exemple, una ciutat serà més «interessant» si hi ha diversitat per poder escollir entre molts restaurants, museus, teatres, botigues, oportunitats de treball, parcs..., aspectes tots aquests que conformen la qualitat de la vida urbana. Les ciutats i el territori coevolucionen amb la societat mateixa en el sentit d'una complexitat progressiva. En un moment donat, les ciutats i el territori són el reflex físic o material d'aquesta societat, dels seus valors, dels seus objectius i ambicions, de la seva economia..., fins i tot de les seves disfuncions.

Globalització, tecnologia i sostenibilitat pressionen sobre la societat, ja que, encara que es pugui arribar aviat a un autocontrol generalitzat de les taxes de creixement demogràfic, la població tindrà la tendència de consumir cada vegada més en termes absoluts pel fet d'anar assolint un nivell de vida més alt. I, amb el consum, també creixen els residus i l'impacte sobre el medi. El resultat previsible és una pressió continuada sobre l'espai, l'energia i els recursos.

De tota manera, tal com esmentava Jaume Terradas en la seva intervenció (vegeu «Canvi global i vulnerabilitat social»), sovint la humanitat no ha sabut predir els canvis tecnològics i socials i, per tant, no ha sabut anticipar-se als grans desastres. No es pot descartar, doncs, que apareguin pertorbacions que malmetin seriosament la mateixa espècie humana. També poden arribar solucions inesperades des de camps on

cal concentrar recursos, com la bioenginyeria o l'energia, per exemple, tot i que no seria assenyat adormir-se.

Detecto una àmplia coincidència amb altres ponents del cicle d'enquany que, des de diferents angles, acaben abonant el mateix model de ciutat compacta. En què consisteix aquest model? Quines són les seves característiques? Amb quins altres models el confrontem? Quines són les seves virtuts? Veurem alguns models de referència per passar després a una situació concreta: la regió metropolitana de Barcelona.

En el primer món o Occident, l'urbanisme modern va néixer i ha evolucionat de forma paral·lela a la Revolució Industrial. El paràmetre crític de les ciutats és la densitat, quelcom que intervé directament en la mateixa definició de ciutat: anomenen ciutat a un àmbit urbanitzat i construït que comprèn entre 60-200 habitants/hectàrea. Per sota d'aquestes densitats es considera que el territori té un caràcter rural. Per sobre dels 300 habitants/hectàrea comencen a aparèixer indefectiblement situacions de congestió i, més endavant, de degradació. A la Ciutat Vella de Barcelona, cap a l'any 1850, quan Cerdà va dissenyar el pla de l'Eixample, la densitat era de 900 habitants/hectàrea, amb greus problemes sanitaris. La regeneració que plantejava el pla Cerdà per créixer fora de les muralles estava essencialment orientada a resoldre els problemes d'insalubritat.

Vers el 1900, en el tombant de segle, Ebenezer Howard, un urbanista anglès influït pel vessant més lliberal del socialisme utòpic, va formular la seva proposta de ciutat jardí, avui assumida culturalment a bona part del món anglosaxó, segons un model clarament confrontat al de ciutat compacta. Una variant que ens resulta més propera és la ciutat lineal que l'enginyer Arturo Soria proposava a prop de Madrid. Teoritzava sobre la ciutat del futur amb l'objectiu de descongestionar els centres insalubres de les ciutats. El seu ideal era també compatibilitzar la vida urbana amb el camp, l'equilibri entre agricultura i indústria, i conjuminar la vida col·lectiva amb la individual. Pretenia l'autonomia productiva de les unitats, punt clau on va fallar aquest model a l'hora de la seva aplicació pràctica. La ciutat jardí estàndard havia de tenir una població d'uns 30.000 habitants, que conformaven unes unitats hipotètica-ment autosuficients en gairebé tot.

En el cas de la ciutat lineal, que també podia semblar generalitzable en el futur, el tramvia, tot al llarg de la urbanització, en constituïa l'eix estructural i funcional, i unes voreres molt amples eren el llindar de cases unifamiliars. La pretensió de la generalització a escala planetària d'aquests models s'ha vist abocada al carreró sense sortida de l'elitisme, i ens pot semblar avui d'una enorme ingenuïtat, però cal entendre que la

consciència de límits en l'ocupació del territori i en la utilització de recursos no va quallar fins ben entrada la segona part del segle XX. Aquesta manca de consciència dels límits és pròpia també de la fase *r* de tot procés logístic.

Un estadi més evolucionat el constitueix l'urbanisme racionalista desenvolupat per Le Corbusier. Malgrat la potència dels seus programes funcionals i la intencionalitat de regeneració física i social, els pressupòsits inicials s'han anat mostrant de generalització impossible.

Un dels pocs casos que hi ha al món on s'ha pogut construir una gran ciutat partint de zero és Brasília. Els autors del disseny, Lucio Costa i Oscar Niemeyer (qui va projectar-ne els monuments més significatius), van plantejar precisament una proposta que reflectia de forma molt clara els principis del moviment modern. La seva planta és molt formalista, en forma d'avió, amb una zonificació dels usos que reflecteix els principis de la ciutat funcionalista. Al cap de pocs anys de construïda la ciutat, prevista per a 500.000 habitants i dissenyada per a activitats i funcions principalment administratives, va anar creixent fins als dos milions d'habitants que té actualment. Alguns dels dissenys previstos en funció d'unes aplicacions determinades, com per exemple el gran llac que l'envolta i que havia de tenir una funció reguladora del clima, han acabat molt degradats, fins a constituir un problema de salut pública.

Veiem que en l'urbanisme i l'ordenació del territori és pràcticament impossible avançar-se a la realitat amb una pretensió de detall excessiu. Segurament, en el procés urbanitzador, el repte és conciliar seguretat jurídica i adaptació permanent del planejament, atès l'incontestable fet que la ciutat s'ha d'anar fent a ella mateixa, dia rere dia, d'una forma incremental.

L'urbanisme a Barcelona

Ja en la seva època, a Ildefons Cerdà el movien els mateixos objectius socials, sanitaris i de salubritat que als altres urbanistes esmentats, i va adoptar una actitud realista; va entendre les possibilitats de regeneració d'una bona planificació urbana a partir d'aconseguir un bon traçat dels carrers i unes condicions d'edificació molt ben estudiades per a la nova Barcelona. La zona de l'Eixample, tot i haver assolit avui unes densitats exagerades que Cerdà mai no hauria aprovat, encara és evident que funciona millor que les àrees perifèriques de menor densitat i de construcció més recent. Ho podem constatar per la compatibilitat entre un trànsit relativament més fluid, el confort de la residència i l'accessibilitat als ser-

veis. La mentalitat incrementalista que hi ha darrere l'Eixample ha perdurat i s'ha estès a Catalunya, en contra de la mentalitat de les *new towns* o *villes nouvelles*, fetes de bell nou, que acostumen a ser reedicions de la ciutat racionalista.

Resumint, podríem dir que ens trobem amb dos patrons urbans confrontats, que són els dos extrems entre els quals ha oscil·lat la societat occidental en els darrers cent cinquanta anys. Tots dos es troben dins el mateix paradigma capitalista-burgès, però representen dues maneres contraposades d'entendre la vida. La *ciutat compacta* encaixa bé amb les formes de vida i els patrons culturals mediterranis, amb densitats relativament elevades, barreja d'usos de sòl, intercanvi de les interrelacions de tota mena, proximitat, utilització col·lectiva dels espais, tot plegat amb la contrapartida de la congestió i altres inconvenients ambientals. D'altra banda, el model de *ciutat dispersa o difusa* respon als atributs culturals anglosaxons, de baixa densitat, ciutat jardí on s'afavoreix l'individualisme i la intimitat i s'accepten les limitacions de les relacions de tota mena. Les infraestructures i l'accessibilitat als serveis tenen, en aquest cas, un paper encara més crític.

Aquesta dualitat és certament una simplificació, però resulta útil a l'hora del debat urbanístic, amb avantatges i inconvenients que cal valorar en ambdós casos. La ciutat compacta té avantatges basats en la seva alta densitat, que li proporciona una massa crítica per a moltes coses, beneficis en la seguretat i en l'estalvi energètic, permet optimitzar els recursos i, sobretot, permet la viabilitat tècnica i financera d'un transport públic d'infraestructura fixa, eficient des del punt de vista energètic i ambiental, que constitueix l'única alternativa al transport privat.

Podem organitzar els elements del sistema de tipologies urbanes situant-los en un gràfic amb un eix que defineix l'ordre estructural, i un altre que defineix el nivell d'informació incorporada o complexitat, segons el concepte de «profunditat informacional» encunyat per Erwin Laszlo (Figura 1). Podem tenir molta estructura i poca complexitat, una zona on se situaria la ciutat racionalista (la Brasília real estaria clarament desplaçada de la planificada). Es pot tenir força desordre i poca complexitat, a l'extrem proper a l'origen de coordenades, on per exemple podem situar la ciutat caòtica i propera a l'equilibri termodinàmic o d'escàs nivell d'informació, com el Caire. En una zona «a la frontera del caos», hi trobem el pic de la corba, de màxima complexitat. És on es dona la capacitat més gran de processament d'informació del sistema i la màxima capacitat d'autoregulació, i on apareixen el major nombre de sinergies entre els elements i les parts de la ciutat i l'entorn.

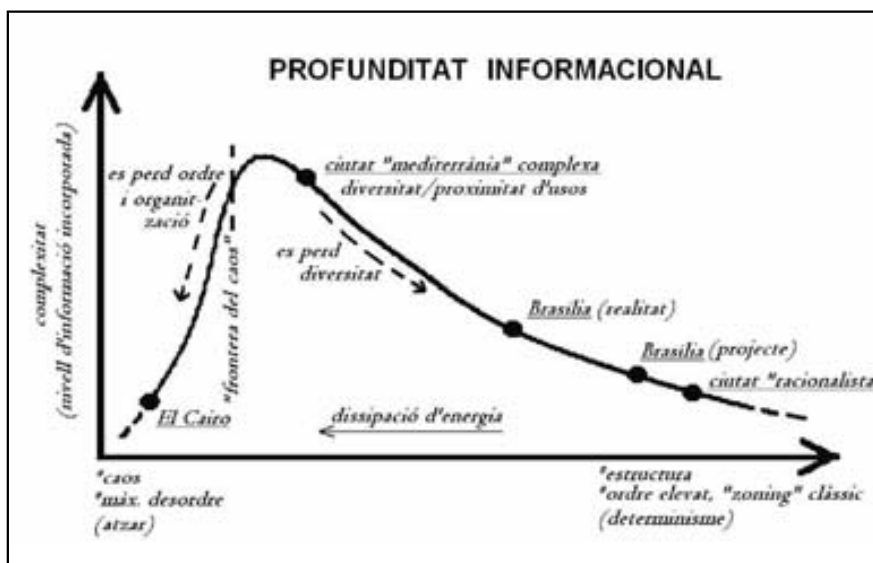


Figura 1. Representació de tipologies urbanes (estructura/complexitat) proposada per l'autor basant-se en el concepte de «profunditat informacional» (Erwin Laszlo).

Com podem ordenar, amb tots els requisits de ciutat compacta, una realitat urbana com la de la regió metropolitana de Barcelona?

La regió metropolitana de Barcelona comprèn set comarques amb 163 municipis que sumen una extensió total 3.235 km² i una població de 4,84 milions d'habitants. En aquest territori es genera el 70 % del PIB de Catalunya i hi viu el 70 % de la població. La regió metropolitana ha sofert un gran creixement de l'ocupació del sòl: del 1975 al 2000 s'havia més que doblat, i havia passat de 21.500 hectàrees a prop de 50.000. A partir dels anys setanta, s'inicia la construcció d'autopistes, amb el seu efecte descentralitzador, i es desferma el fenomen de *sprawl*, amb les segones residències a cavall de la bonança econòmica i la generalització del vehicle utilitari. És l'època daurada de l'especulació, iniciada sobretot al Vallès Oriental, al Vallès Occidental, al Maresme i al Garraf. En el període 1972-1980, cada any s'ocupaven 1.750 hectàrees, una superfície equivalent a la de l'Eixample de Barcelona.

Un procés logístic té les seves pròpies regles i per algun lloc havia de sortir la reacció en aquesta situació explosiva. A la dècada dels vuitanta, amb les primeres eleccions municipals i al Parlament, arriba nova legislació urbanística i transparència de gestió, i el fenomen entra en fase de control. S'arriba a la fase K i les taxes d'ocupació de sòl comencen a alentir-se, alhora que es constata que el territori no dóna més de sí, sobre-

tot si es comencen a assumir els seus valors naturals i s'instrumenten plans i regulacions específics de caràcter ambiental. Cal destacar el paper de la planificació: no pot esborrar-ho tot del mapa però permet el reforçament d'aquests factors positius, cercant-ne les sinèrgies, i permet ajustar la corba logística cap a uns valors de contenció més gran.

Dins l'equip dirigit per Albert Serratosa per al Pla Territorial Metropolità de Barcelona, vam estudiar el diferencial de consum energètic —una faceta important de la sostenibilitat— entre un escenari inercial, l'escenari de la no-planificació, i l'escenari resultant de l'aplicació del Pla a la RMB. La ciutat compacta metropolitana dissenyada en aquella proposta concentra la urbanització en illes metropolitanes i la resta queda com a espai obert. Per a l'any horitzó, les illes metropolitanes, amb un 20 % de la superfície, agruparien el 92 % de la població, mentre que l'espai obert, amb un 80 % de la superfície, contindria el 8 % restant de població.

La incidència de la planificació física en el consum d'energia es fa partint de la base que el sector del transport suposa el 37 % del consum energètic total de l'àmbit, mentre que la indústria en consumeix el 35 % i l'agregat d'habitatge, comerç i serveis, el 28 % restant. El resultat palesa que l'aplicació de mesures «compactadores» reporta beneficis notables respecte del que passaria en cas de no-planificació.

La relació que segueix, basada en una idea original de Ramon Margalef, indica, per a un àmbit determinat, l'equilibri entre energia, d'una banda, i biomassa més sistemes portadors d'informació (H + Eu + A), de l'altra. H sintetitza tota la gamma de diversitats dins el sistema; Eu és la informació que tradueix l'estructura urbana; i A dona compte del conjunt d'artefactes creats per l'home i dels quals ens valem per poder amplificar la nostra activitat, siguin ordinadors, cotxes, ferrocarrils, ulleres, càmeres, calderes...

Energia

Biomassa + H + Eu + A

Ens acostem als objectius de sostenibilitat en la mesura que trobem maneres d'anar minimitzant aquesta relació.

En definitiva, l'aplicació de mesures d'ordenació permet obtenir un estalvi de l'ordre de 130 milions d'euros/any, per a un diferencial de consum energètic de 490.000 tones equivalents de petroli (tep) d'energia.

Les expectatives de creixement econòmic sostingut de certes regions del planeta, especialment la Xina, l'Índia i el sud-est asiàtic, encara que

només sigui pel pes demogràfic que tenen i l'imperatiu democràtic que impulsa vers la no-compartimentació dels avantatges del progrés, ens posen en evidència la inviabilitat de la urbanització dispersa i el risc de col·lapse ambiental global. El model idealitzat de ciutat dispersa anglosaxona no és extrapolable, doncs, com a producte residencial de consum generalitzat. Cal afinar els números i els ritmes d'aquests processos, però, vist a l'engròs, si dels 51.000 milions d'hectàrees del planeta només 12.000 es poden considerar bioproductives (en condicions de proveir recursos i aliments), obtenim una quota mitjana planetària d'1,8 ha/habitant, mentre que, de fet, a Espanya aquesta quota ja és de 4,5 ha/habitant.

A partir d'aquí, podem imaginar què passarà a mesura que tota la població vagi assolint l'estil de vida del primer món. Potser exagera, però Lovelock opina que no queda altre remei que emigrar del planeta.

Energia i sostenibilitat. Catalunya 2030

Ramon Folch

Director de l'Estudi Ramon Folch (ERF) i president del Consell Social de la UPC

Resum

El funcionament de les societats industrialitzades depèn en gran manera de la disponibilitat energètica. L'energia alliberada per reacció combustiva hi és omnipresent, bé que també es troba energia generada per reacció nuclear o energia capturada renovable. L'energia d'origen combústiú veu minvar els seus estocs, que són majoritàriament fòssils, però la demanda no cessa d'augmentar. Es genera un problema seriós que caldrà combatre contenint la demanda, incrementant l'eficiència de transformació i afavorint altres fonts.

Catalunya té escassos recursos energètics i una intensitat energètica molt alta (relació entre el consum energètic i el PIB). És una situació inquietant en termes d'estratègia socioeconòmica (competitivitat, Kyoto, vulnerabilitat). Altrament, es troba en la franja de màxima afectació davant les alteracions climàtiques en curs. Cal dissenyar polítiques energètiques que vagin molt més enllà de la mera satisfacció de la demanda actual.

Introducció

La idea subjacent o *leit motiv* de la meua intervenció és que el canvi climàtic no és un problema ambiental sinó econòmic. Com a qüestió ambiental és un problema menor, però és un tema econòmic de gran magnitud. Instaurem un equívoc molt perillós quan posem tot l'èmfasi en l'aspecte ambiental de la qüestió.

L'administració Bush va justificar la seva negativa a adherir-se al protocol de Kyoto per l'enorme cost econòmic que representava evitar les conseqüències del canvi climàtic. Però aquesta és una premissa falsa, ja que, en realitat, passa exactament a l'inrevés: el cost econòmic es produeix a partir del moment en què no s'evita el canvi. Això és el que l'in-

forme de l'economista Nicholas Stern ha posat en relleu en un document lliurat recentment al Govern britànic i que ha provocat un cert trasbals. Un informe econòmic solvent, elaborat a instàncies d'un govern solvent, emfasitza les conseqüències econòmiques del fenomen, i això comporta un reposicionament de la qüestió. L'informe Stern reconeix que abordar a fons la reversió de la tendència actual quant als gasos d'efecte hivernacle representaria una inversió de l'ordre de l'1-2 % del PIB mundial en els propers 5-10 anys. Però no fer-ho podria comportar costos econòmics que podrien equivaldre entre un 5 i un 20 % del PIB mundial!

Avui faré unes reflexions sobre l'energia, el moment que viu el món i especialment el que viu Catalunya i, en certa manera, deixaré que siguin els qui m'escolten els qui treguin les seves pròpies conclusions. La major part de les tesis i la informació que tractaré surt del treball *L'energia en l'horitzó del 2030*, un llibre fet per ERF per al Govern català, que presenta la situació del mercat energètic i de les disponibilitats de les diverses fonts energètiques a Catalunya. Però abans repassaré breument les diferents fonts energètiques de què disposa la humanitat.

Les fonts energètiques

La major part de l'energia de què disposem és energia alliberada per reacció combustiva de dipòsits no renovables, també anomenats fòssils. Són les energies extractives del carboni no renovable (carbó, petroli i gas natural), complementables amb energies extractives del carboni renovable (biomassa, fracció energètica dels residus). Tots aquests aprofitaments energètics que tenen a veure amb el carboni, en darrer terme procedeixen d'energia solar a través del procés de fotosíntesi. L'energia és alliberada trencant els enllaços de les molècules complexes basades en carboni.

Un altre tema totalment diferent és l'energia obtinguda per reacció nuclear. Aquesta és energia que es crea en el moment en què tenen lloc les reaccions nuclears. De moment, només sabem obtenir-la per fissió. Hi ha una altra forma possible, l'energia nuclear de fusió, que els humans encara no dominem. Tanmateix, l'energia nuclear de fusió és la que fa funcionar l'univers. Per exemple, el sol és un reactor d'heli. És mitjançant reaccions de fusió nuclear que s'allibera l'energia del sol que arriba a la terra, i amb la qual es pot desencadenar la fotosíntesi i fer possible la producció primària. Així, en l'origen, tota l'energia seria de fusió nuclear.

Les possibilitats d'utilització de l'energia de fusió són molt grans, però, ara com ara, estan lluny de l'operativitat. No hi arribarem abans de

trenta o quaranta anys, tot i que ja ens hi hem posat, amb el projecte ITER. Així doncs, no podem disposar esperances immediates en un futur tan incert i remot.

L'altra estratègia és la captura d'energia que ja circula. Són energies que ja s'expressen a la terra i que els humans capturem i reconduïm a través de convertir-les en electricitat. Tindríem la captura d'energies lliures i renovables d'origen solar (eòlica, termosolar i fotovoltaica). Una altra forma clàssica és la transformació cinètica d'energies potencials renovables (hidroelèctrica i mareomotriu). I, finalment, una forma més sectorial seria la captació d'energies lliures i renovables d'origen geonuclear (geotèrmica).

Tenim, doncs, tres famílies d'energia distintes, bé que, de fet, es redueixen a una de sola, l'energia nuclear de fusió, que de moment, i pel que fa a nosaltres, només funciona al sol. La resta són subproductes que, astutament, els homes hem après a gestionar.

La primera conclusió, per tant, és la conveniència d'allunyar-se de tot fonamentalisme i instal·lar-se de la millor manera possible dins la complexitat d'aquest sistema. Hi ha moltes cares amb què s'expressa l'energia i nosaltres n'arreglem, espigolant d'ací i d'allà, els diferent formats, que utilitzem per satisfer les nostres necessitats. El problema és que no totes són igualment disponibles ni presenten processos d'obtenció i ús amb les mateixes conseqüències ambientals. Hem de saber navegar amb habilitat i decència per aquest oceà procel·lós, considerant que cap d'aquestes fonts és meravellosa, ni cap altra totalment perversa. La innocència o la perversitat són més aviat una conseqüència de la nostra manera de fer.

La demanda energètica

Una bona manera d'analitzar els nostres comportaments és observant la marxa del nostre consum diari. Això ho podem fer gràcies a la disponibilitat en línia de les dades de producció i consum diari d'electricitat de l'Estat espanyol que facilita Red Eléctrica Española (REE; www.ree.es). REE rep tota l'energia elèctrica comercial produïda a l'Estat espanyol i la col·loca en un *pool*, la remodela i la distribueix. És un procés portentós. L'electricitat és un fenomen instantani, ja que es consumeix en el mateix moment de ser produïda i no hi ha bons sistemes d'emmagatzematge. L'electricitat que es consumeix en aquest moment s'està produint ara mateix, en aquest precís instant. Aconseguir un flux d'electricitat permanent malgrat que la demanda varia a cada mil·lisegon, en funció de decisions individuals aleatòries, és realment un portent.

Els diversos sistemes de producció tenen diferent capacitat de resposta davant la demanda. Per exemple, les centrals nuclears tenen una baixa capacitat de reacció: no es pot modificar el seu doll energètic d'una manera ràpida. Per contra, una central hidroelèctrica és molt més versàtil en la seva producció energètica. El sistema d'aconseguir el flux permanent que gestiona REE és que el gruix bàsic d'energia el proporcioni la generació nuclear, i que les variacions puguin ser servides en entrar en servei, o sortir-ne, els sistemes que tenen una capacitat de resposta més ràpida i versàtil, d'una manera esglaonada. La funció del centre de control de REE és anar donant l'entrada a les diverses produccions engegant o tancant les diferents fonts.

REE fa una previsió genèrica per a cada dia, la modula segons la producció del moment i hi superposa la demanda de distribució. La situació ideal és la coincidència entre producció i distribució. A vegades, hi ha petits desajustos i aleshores salten limitadors i centraletes. Si comencen a saltar massa estacions alhora és quan es produeixen les grans apagades.

En les corbes diàries de consum elèctric hi ha un moment de demanda més baixa, a primera hora del matí, i després el consum va augmentant progressivament fins a arribar al màxim a mig matí; disminueix a la tarda, i el punt de màxima demanda és cap al capvespre (Figura 1). Respecte de les previsions estàndard, a vegades es poden veure grans anomalies, com per exemple, el dia 12 març de 2004, quan hi va haver un desajust entre la demanda i la producció, molt aparent a les 12 del migdia i entre les 7 del vespre i les 10 de la nit. Aquest dia va ser l'endemà dels fets de l'11M. Es va observar una disminució de la demanda energètica coincidint amb les grans manifestacions, ja que, en llançar-se la gent al carrer, van deixar de funcionar els seus electrodomèstics, llums, etc.

Aquests gràfics ens informen de com funciona el sistema elèctric i de l'adaptació entre la producció i la demanda. També mostren que els comportaments es poden disparar i generar situacions com l'anterior, interpretables a partir de factors de caràcter social. En aquest sentit, m'agradaria comentar la gràfica del consum de l'11 juliol de 2006, data en què hi va haver la màxima demanda d'energia elèctrica en temporada estival de tota la història de l'electricitat a l'Estat espanyol. Aquest dia, a un quart de 2 de la tarda, es va arribar a una punta de demanda de 40.600 MW.

El rècord absolut de demanda energètica es va produir el 27 de gener de 2005, quan a les 10 de la nit hi va haver una demanda de 43.700 MW. Aquest dia, a les 5 de la matinada es va enregistrar un consum mínim de 26.750 MW. Arribats aquí, cal destacar que la punta de màxi-

ma demanda energètica deu anys abans, l'any 1995, va ser inferior a la mínima esmentada de 2005. Així que, en deu anys, el consum de la nostra societat ha fet que el màxim de 1995 sigui inferior al mínim de 2005. Per què hem arribat aquí? Com revertim aquesta situació? Què representa això ambientalment? El que això representa ambientalment ho podem considerar en termes ecològics. Però per què hem arribat a aquesta situació s'ha d'estudiar en termes socials i polítics. Altrament, arribaríem a descriure més o menys bé la situació, però no la podríem revertir.

També m'interessa destacar algunes dades del sistema energètic global. Al llarg del segle XX, han anat canviant les fonts energètiques. El segle XX comença utilitzant només carbó. Al llarg del segle, van apareixent altres fonts (petroli i després gas natural). A partir dels anys seixanta-setanta, es comença a utilitzar energia nuclear. L'energia hidràulica s'usa des de principis del segle XX. A partir dels anys noranta s'hi afegeixen la biomassa comercial i altres energies renovables. En el moment present, el major pes és en les energies fòssils (carbó, petroli i gas natural). Cal destacar que el petroli s'incorpora de forma important i significativa molt tard, ja que fins als anys cinquanta és gairebé irrellevant. El carbó és una energia molt important, fins i tot avui dia, més important que el gas natural i quasi tant com el petroli. A la major part de països del món, l'energia elèctrica es produeix en centrals tèrmiques de carbó.

A Catalunya, no, és clar. El petroli hi té molta importància en detriment del carbó. Cal destacar el paper modest de l'energia hidroelèctrica i la nuclear, i el paper petitíssim de les energies renovables. M'interessa destacar-ho pel fet que, per bé que hem de fer un esforç per potenciar-les al màxim, n'hem de veure també les limitacions. Mentre que la limitació de les energies fòssils és que s'esgoten, algunes de les renovables ja estan arribant al límit de les seves possibilitats. La hidroelèctrica està en situació d'estancament. Amb vista a l'any 2030, es detecta una voluntat d'incrementar les energies renovables i de contenir el consum, però també hi ha molt de pessimisme davant la imponent pressió de la tendència consumista mundial, amb potències com la Xina i l'Índia, que fan disparar el consum.

La gestió de l'escassetat

Això ens porta a una sèrie de consideracions. Comencem per les energies renovables (biomassa comercial, geotèrmica, eòlica, solar tèrmica, fotovoltaica i mareomotriu), partint de la base que tots estem a favor de pro-

pugnar la seva utilització. La producció d'aquestes és ascendent, ja que es parteix de produccions inicials molt baixes, però cal dir que en total no representen una gran aportació energètica. Per exemple, l'energia fotovoltaica és limitada, primerament per la constant solar, que fa que no puguem capturar més que el que ofereix aquest «input solar». D'altra banda, la superfície per instal·lar plaques fotovoltaïques també és limitada: descomptant el mar, els camps, els valors patrimonials i les ciutats, la superfície que resta per poder capturar energia fotovoltaica és molt modesta. L'energia eòlica té possibilitats molt grans, però també presenta unes limitacions importants.

Ens preocupa a tots constatar les limitacions i l'esgotament de les reserves mundials dels combustibles fòssils, però també hem de veure que l'urani també està afectat per aquestes limitacions. L'element fonamental de limitació de l'energia nuclear és la disponibilitat d'urani. Si es consumís urani per generar l'energia substitutòria del petroli, l'urani disponible s'esgotaria en unes quantes desenes d'anys. Al ritme del consum actual, es calcula que en queden reserves per als pròxims cinquanta anys. De carbó, en queda per a poc més de dos-cents anys. Però un planeta funcionant amb carbó topa amb el problema de les emissions de CO₂ i d'altres contaminants.

El problema és greu, socialment i econòmicament; ambientalment, no tant. El planeta pot funcionar en condicions molt diferents de les actuals, com ja ho ha fet en diferents moments de la seva història. El problema és per a la nostra supervivència. Nosaltres —el nostre sistema econòmic— necessitem energia densa, és a dir, l'energia solar transformada en energia més concentrada, que ocupi poc espai i que es pugui capturar i transportar fàcilment. Amb un plafó solar de mitja hectàrea podem fer funcionar un cotxe, però això no resulta gaire pràctic. Per tant, totes les especulacions que es fan en relació amb les possibilitats de les energies laxes estan mancades d'aquest sentit pràctic i cal trobar com les concentrem.

Això ens presenta dos escenaris de crisi plausibles: un d'abastament i un altre de preus. Pel que fa a la crisi de preus, ja n'hem tingut alguns tasts, amb pujades davant les expectatives de disminució. Els mercats evolucionen, no només per l'escassetat, sinó també per les expectatives de futur. Els augments de preus, sigui quina sigui la causa, retiren del mercat grans quantitats d'energia. Un augment important de preu fa que no es pugui utilitzar energia per a determinats propòsits, ja que el preu amb què surt el producte fabricat d'aquesta manera no resulta competitiu. Automàticament, si el producte no es fabrica, l'energia que es necessitava per fabricar-lo no es demana ni es consumeix. Per tant, quan

el preu puja per sobre d'una cota determinada, retirem energia del mercat.

Cal destacar també un altre punt: si l'energia és més cara, no es podrà internalitzar el cost d'aquesta energia en el preu dels productes, ja que aquests sortiran a un preu impossible. Per tant, es deixaran de produir segons quins ítems. A més, es produirà una estratificació dels usos. Un avió, actualment, només pot funcionar amb querosè, gasolina d'aviació, l'únic combustible normal prou concentrat. El concepte avió està lligat al concepte gasolina. Per tant, la indústria aeronàutica serà l'últim sector que deixarà d'utilitzar la gasolina. Però la indústria petroquímica sol·licita més petroli en aquests moments que la mateixa indústria d'automoció. Això és comprensible, ja que és molt més difícil sintetitzar una molècula orgànica que no pas cremar-la. De fet, cremar petroli és un disbarat petroquímic. Abans d'acabar-se, el petroli desapareixerà del mercat de consum, ja que estarà totalment segrestat per la indústria de la química orgànica.

Això dibuixa un panorama complex. Tots els esforços van actualment dirigits a pal·liar l'absència progressiva d'oferta. Però la gran revolució del sistema econòmic ha de ser canviar totalment d'estratègia i passar a gestionar la demanda. Amb les tendències que hem vist, on el que era el màxim de consum fa deu anys ara ha passat a ser el mínim, no tenim garanties per al proveïment. Fins que les autoritats econòmiques i polítiques del món no assumeixin aquesta realitat, no podrem començar a redreçar la situació. S'ha d'acceptar que el proveïment, amb els nivells de demanda actuals, no el podrem continuar mantenint en el futur. L'esforç s'ha de dirigir a crear sistemes cada vegada menys sol·licitadors d'aquesta energia. Aquesta adequació serà molt dolorosa, però, si no es fa, serà pitjor, ja que implicarà no sortir-nos-en. Les conseqüències socioeconòmiques i ambientals són molt grans.

Actualment, les disfuncions socioeconòmiques porten a una situació geopolítica tensa, amb les guerres i conflictes a l'Iraq, l'Afganistan i l'Orient Mitjà. El nostre és un sistema econòmic totalment supeditat a la disponibilitat energètica, un recurs la vida del qual ha iniciat el compte enrere. El conflicte socioeconòmic es desenvoluparà en un horitzó temporal d'unes quantes dècades que nosaltres potser no veurem i, per tant, ens en podríem desentendre —com se'n desentenien molts grans personatges irresponsables—, però, si realment volem conservar un mínim de dignitat, ens cal admetre i gestionar aquesta situació.

D'altra banda, es produeixen disfuncions ambientals, com l'increment de l'efecte hivernacle i els impactes més immediats de la contaminació local. Aquests impactes ambientals han aixecat veus de denúncia

i reivindicació, però aquí s'ha generat un equívoc colossal pel fet que els moviments de protesta ambientalista estan creant la sensació, ja m'hi he referit al començament, que ens trobem davant d'un problema merament ambiental. És la coartada perfecta per als irresponsables. A partir del moment en què els ambientalistes identifiquen com a ambiental un problema que en realitat és econòmic, els responsables de l'economia se'n renten les mans tranquil·lament. L'ambientalista ha de mirar la qüestió en la seva autèntica vessant: un problema socioeconòmic de gestió d'un recurs altament cobejat ara en declivi.

És clar que ens ho podem mirar d'una altra manera: si és un problema ambiental de debò, és que és un problema econòmic veritable, perquè no hi ha cap paràmetre més econòmicament determinant que l'ambient on passa tot, i d'on provenen tots els recursos.

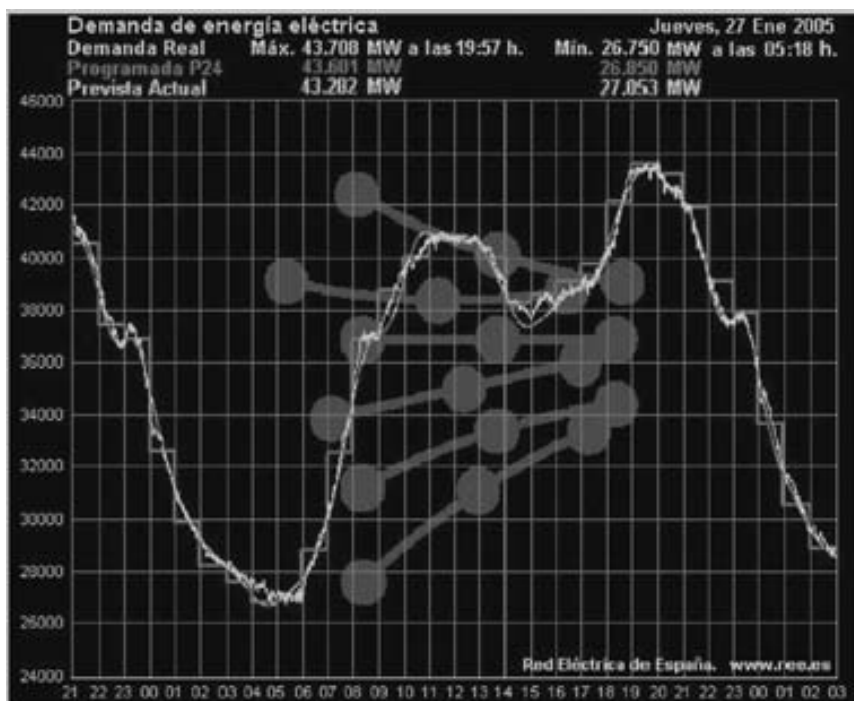


Figura 1. Programació, demanda i subministrament d'energia elèctrica en el dia de màxim consum històric absolut (27 de gener de 2005).

Metabolisme energètic i economia

Jesús Ramos Martín

Professor del Departament d'Economia Aplicada de la Universitat Autònoma de Barcelona

Presentaré algunes idees sobre el metabolisme de les societats, un concepte que ha sorgit per analogia al metabolisme dels éssers vius. Primerament, definiré el terme «metabolisme exosomàtic», ja que l'utilitzarem més endavant per entendre el desenvolupament i funcionament de les societats. Després, introduiré algunes idees sobre com analitzar les economies en relació amb el seu consum d'energia des de la perspectiva dels sistemes complexos. També presentaré algunes dades de creixement econòmic relacionat amb el consum d'energia, analitzant alguns indicadors de desenvolupament econòmic. I, finalment, presentaré unes conclusions a partir d'una eina que alguns investigadors utilitzen actualment, el model *Multiple Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism* (MSIASM) (Giampietro, 2003).

Els temes de metabolisme en economia

Podolinsky va ser un metge ucraïnès que ja va posar de manifest la idea del rendiment energètic dels humans, un rendiment disminuït pel fet que tenim unes pèrdues en la conversió energètica dels aliments ingerits. Els humans tenim una eficiència del 20 % en la conversió de l'energia que ingerim en treball. Això ens diu que hi ha una sèrie de requeriments biofísics que constreixen el rendiment a nivell del cos humà i, tal com veurem, això passa també en les economies. Agafant aquesta idea del metabolisme endosomàtic (metabolisme per mantenir les funcions del cos), Lotka (1922, 1956) i, posteriorment, Georgescu-Roegen (1971) van extrapolar aquestes idees cap a tots els sistemes naturals. Aquests mateixos conceptes avui dia també s'apliquen a l'economia. Lotka va postular que els sistemes naturals tendeixen a consumir més energia a mesura que avança la successió, però, no obstant això, també tendeixen a ser més eficients en aquest consum. Per analogia, H. T.

Odum (1971, 1996) va introduir el concepte d'«emergia», que considera el contingut energètic dels diferents béns de l'economia i els seus fluxos aplicat als sistemes socials humans. Aquesta idea és molt important des del punt de vista de l'economia ecològica, ja que planteja el desenvolupament econòmic i l'evolució en termes de cicles en lloc de tendències lineals, tal com els economistes els havien considerat tradicionalment.

Per a un públic general, cal explicar que els economistes tenen generalment una visió molt lineal. Esquemàticament, el seu raonament és el següent: una gent té recursos (capital o força de treball) que posa a la venda al mercat per tal d'obtenir-ne uns ingressos amb els quals poder comprar els productes. En aquesta anàlisi clàssica de l'economia no es tenien en compte els recursos naturals, els materials o l'energia. Però això va canviar amb les idees de Georgescu-Roegen. Aquest autor va incorporar a les anàlisis econòmiques la influència dels ecosistemes del nostre entorn i els fluxos d'entrada d'energia i materials, i va considerar també els processos als quals estan sotmesos aquests fluxos en les economies. Per primera vegada, entre aquests fluxos es van tenir en compte els residus.

Alguns conceptes de la teoria dels sistemes complexos són rellevants a l'hora d'analitzar l'evolució de les economies i la seva relació amb l'ús de l'energia. Una primera idea consisteix a considerar que el comportament econòmic pot ser discontinu, funcionant a salts i batzegades. És clar que es produeixen canvis sobtats, com per exemple quan s'introdueixen millores tecnològiques que fan canviar la manera com s'usa l'energia. O també poden donar-se pel descobriment de noves fonts d'energia.

Un altre punt molt important, però poc estudiat des de l'economia, és el fet de l'estructura jeràrquica dels sistemes, com els sistemes econòmics. Uns sistemes estan inclosos dins d'altres que, alhora, pertanyen a un sistema més gran, on cada nivell funciona a un ritme diferent. Tot i que els sistemes econòmics han de tenir una organització semblant, generalment no s'ha tingut en compte la dinàmica jeràrquica en economia.

Com a resultat d'aquests conceptes recents, sorgeix la idea que els punts d'equilibri són difícils d'atènyer i més aviat constitueixen un constructe teòric. El que sí que es dona són els anomenats atractors o estats semiestacionaris. També cal considerar que poden donar-se comportaments catastròfics, amb bifurcacions i salts entre atractors, fins i tot comportaments caòtics on la nostra capacitat de predicció és limitada. Per tant, entrem de ple en la teoria de sistemes complexos, uns sistemes que,

en aquest cas, els podem titllar d'adaptatius, autoreflexius i autoconscients.

L'ús de l'energia

Passant a la part de desenvolupament econòmic i d'ús de l'energia, és ben conegut el salt que va fer la societat quan es van començar a utilitzar els combustibles fòssils, és a dir, l'energia exosomàtica. Dades del Departament d'Energia dels Estats Units mostren que les noves fonts d'energia que es van descobrir no substitueixen les anteriors, sinó que s'hi afegeixen. Per exemple, al carbó, s'hi va afegir el petroli, i després el gas natural. Alguns argumenten que les energies renovables es podrien sumar a les altres fonts d'energia contaminants en lloc de substituir-les.

Actualment, la societat humana es basa en el petroli, el gas natural i el carbó, que són energies no renovables. Tot i així, hi ha gent que parla del concepte de «corba de Kuznets ambiental», segons la qual, amb el major desenvolupament econòmic d'una societat, el seu comportament ambiental millora i, per tant, aquesta societat utilitza l'energia d'una manera més eficient.

Això es veu en dades de la intensitat energètica, prenent com a exemples unes economies tan diferents com les dels EUA i la Xina. L'energia utilitzada per les economies respectives per generar una unitat de valor afegit és més eficient a mesura que les economies es desenvolupen en passar el temps. Aquesta és una variable intensiva, que resulta adequada per indicar tendències; però al medi ambient, el que realment l'afecta és el consum total d'energia. Aquest consum creix en ambdues economies en el mateix període de temps. La idea de l'augment de l'eficiència en el temps és certa, però també ho és el fet que es manté el creixement del consum total d'energia, amb el conseqüent impacte en el medi ambient.

A Catalunya, veiem una correlació lineal molt forta ($r^2 = 0,98$) entre el PIB i el consum total d'energia. Per tant, el model de desenvolupament de Catalunya està basat en el consum energètic, fet que té unes fortes implicacions, ja que, si volem canviar aquesta tendència del consum, s'ha de propiciar un canvi en el model econòmic. Si comparem l'augment del consum d'energia amb l'augment de la població de Catalunya, veiem que aquest consum energètic es comença a incrementar amb la incorporació d'Espanya a la Unió Europea (anys 1995-1996). La tendència del consum d'energia per càpita a Catalunya també és ascendent.

No obstant això, des del punt de vista ambiental hem d'anar més enllà i estudiar l'estructura d'aquest consum. A Catalunya, en el període

de 1995-2005, tenim que el consum d'energia nuclear és força estable, el petroli constitueix més del 50 % del consum, el gas natural va augmentant molt considerablement, i les energies renovables i l'energia obtinguda de la incineració dels residus constitueixen una mínima fracció. El resultat és que, avui dia, Catalunya té una dependència energètica de l'exterior d'un 75 %, i si hi afegim l'energia nuclear (l'urani ens arriba de fora), la nostra dependència és gairebé d'un 95 %.

El consum d'energia a Catalunya per sectors

En primer lloc, el consumidor més important és el mateix sector de la transformació de l'energia (el sector petroquímic, les centrals elèctriques, les centrals nuclears). El segon sector consumidor és el transport, que recentment ha superat els consums de la indústria, que vindria en tercer lloc. Finalment, en menors contribucions, tenim el sector domèstic i el de serveis.

La corba de Kuznets ambiental té forma de campana o de «u» invertida: defineix l'ingrés per càpita a les abscisses i situa a les ordenades un indicador d'impacte ambiental, com per exemple el consum d'energia. Pel que fa a alguns contaminants, com el sofre, s'ha vist que, a mesura que una economia augmenta la seva renda per càpita, s'introdueixen mesures que fan disminuir la contaminació, ajustant-se, per tant, molt bé a una corba d'aquest tipus. Però moltes vegades no passa el mateix. Això és el que ens agradaria a tots, i especialment al nostre Pla de l'energia de Catalunya. Segons aquest, l'evolució de la intensitat energètica (megajoules d'energia necessaris per generar una unitat de valor afegit) prevista fins a l'any 2015 ha de presentar un cim cap a l'any 2005 i començar a davallar fins al 2015. Així tindríem una corba de Kuznets, però, en tot cas, el consum total d'energia s'incrementaria en un 65 % aproximadament. Defensar que aquestes millores en l'eficiència energètica resoldran els problemes de l'energia al món és una fal·làcia, ja que la quantitat total necessària d'energia serà més gran.

Aquest problema és preocupant i encara ho serà més en el futur, ja que la demanda energètica continuarà creixent a escala mundial. Àsia està en un procés de desenvolupament molt ràpid, amb unes taxes de creixement del 10 %, cosa que implica necessitats futures d'energia. Per exemple, del 1978 al 2004, el parc mòbil de la Xina ha tingut un creixement del 17 % anual. Evidentment, això provoca un gran increment en el consum d'energia. D'altra banda, el descobriment de nous jaciments de petroli darrerament està disminuint. El món tendeix cap a la situació coneguda com el zenit (o pic) del petroli: estem arribant al

màxim de producció diària de petroli, cosa que pot donar una inestabilitat en el seu preu, com ja hem anat veient darrerament.

El comportament d'una economia s'ha d'analitzar tenint en compte el comportament particular de diferents sectors. Per exemple, a Catalunya s'ha produït una indubtable millora en l'eficiència energètica del sector de la indústria, però també hi ha una pèrdua d'importància en la contribució de la indústria a l'economia. Els sectors que creixen més són els dels serveis, inclòs el transport. A més, també creix molt un consum que no produeix directament béns i serveis, sinó que està lligat al temps d'oci, el consum personal.

El model MSIASM

A continuació presentaré una metodologia que utilitzem per analitzar el comportament energètic d'algunes economies separant els diferents sectors econòmics i tenint en compte la utilització del temps en les diferents activitats. En l'aplicació del model MSIASM (*Multiple Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism*), fem una modelització a diferents nivells jeràrquics, i analitzem l'economia tot integrant els coneixements de diverses disciplines. El model relaciona variables biofísiques (energia i utilització del temps humà) amb variables econòmiques (la generació de valor afegit de l'economia), i genera sinergismes per mitjà de l'ús en paral·lel d'informació de diferents disciplines i de redundància.

El que fem és distingir l'activitat humana entre aquella que genera valor afegit (PIB) i la que no en genera. Per exemple, ara mateix participem en aquesta xerrada, cosa que constitueix una utilització del temps en una activitat que no genera valor afegit. En el nostre model ens interessa veure com s'utilitza el temps en les diferents activitats d'una societat, com es consumeix l'energia en aquestes activitats, i també, analitzar quina quantitat d'energia consumim per hora d'activitat.

Analitzant Espanya l'any 1999 (Ramos-Martín, 2003), calculem el total de temps de què disposava l'economia espanyola en aquest any, que resulta de multiplicar la població per les 8.760 hores de l'any, i el relacionem amb el consum total d'energia a Espanya del mateix any. Però el temps que hem calculat el dividim en la part del temps que la societat va dedicar a generar valor afegit i la part que va utilitzar per consumir. Obtenim que només un 7 % de les hores es van dedicar a produir PIB. Això sembla molt poc, però s'ha de considerar una munió de factors que impedeixen de produir, com la gent dependent, la gent gran, els nens petits, els discapacitats i el temps d'oci. En resum, només dediquem una

fracció molt petita del nostre temps total a generar valor afegit. Això també depèn de variables com l'estructura de la població o l'edat mínima per treballar. D'aquesta aproximació també obtenim que aquesta petita fracció de temps dedicada a fabricar valor afegit consumeix el 76 % del total de l'energia. Un treballador utilitza molta energia directa (el combustible o l'electricitat que es fa servir) o indirecta (l'energia incorporada a la maquinària que fa servir) per hora de treball. La mitjana espanyola quan es treballa va donar un consum de 137 MJ/h l'any 1999. Quan no es treballa, es consumeix un 24 % d'energia, fet que suposa un consum només de 3,3 MJ/h. Per tant, hi ha una gran diferència en consum energètic quan treballem o quan descansem. No obstant això, tot i que aquest darrer valor és petit comparat amb la despesa energètica de quan es treballa, atès que estem en situació de no produir un 93 % del temps, el valor absolut de despesa energètica dels moments no productius és molt important. Es tracta d'activitats purament de consum, que tendeixen a anar augmentant. Per exemple, hem vist recentment l'augment dels mòbils, DVD, música, cinema, viatges..., unes activitats que van sumant despesa energètica en temps d'oci. Aquesta obvietat cal remarcar-la, ja que normalment les polítiques energètiques es concentren en les parts productives (sectors industrial, agrícola, del transport, etc.) i no tenen en compte la responsabilitat individual en el temps no productiu.

El 7 % del temps total de la població genera valor afegit, però podem afinar més i veure com es distribueix aquesta producció i consum per sectors (serveis, indústria o agricultura). Els serveis consumeixen 56 MJ/h, la indústria, 330 MJ/h, i l'agricultura, 50 MJ/h, uns valors que valen tant per a Espanya com per a Catalunya. Sense entrar més en detall, podem lligar el que succeeix a cada nivell (energia que es consumeix, valor afegit que es genera) utilitzant els coeficients de consum d'energia per hora de treball per tal de fer comparacions amb altres economies, o per comparar el comportament d'altres sectors.

Agafant dades d'Itàlia per a l'any 1999, veiem que, en l'economia italiana, menys de l'1 % de les hores es dediquen a proveir aigua i electricitat per a les altres activitats. És a dir, una fracció molt petita en termes d'activitat econòmica té una gran importància per a l'economia, ja que aquest sector fa possible que la resta de sectors tinguin l'energia que necessiten per al seu funcionament. En economies més tradicionals succeiria similarment amb l'agricultura: la petita fracció de la població que es dedica a l'agricultura produeix uns béns molt importants per a la resta de l'economia. Per exemple, a Catalunya l'agricultura representa només un 1,5 % del PIB, però genera una energia en forma d'aliments molt important per al 98,5 % de l'activitat econòmica restant del país.

Aquesta metodologia es pot fer servir per mostrar el funcionament de les diferents economies i representar la forma com utilitzen l'energia. Per exemple, en l'evolució de l'OECD, en els darrers temps s'observa que ha crescut la població i s'ha produït un augment del consum d'energia, però no hi ha hagut un canvi en el model estructural de l'economia comparant dades del 1990 al 1999. El seu desenvolupament ha anat lligat linealment a un augment del consum d'energia. Sembla que, irremissiblement, creixement econòmic implica augment de consum d'energia, i no hi ha gaire a fer. Però potser la solució és el que alguns ecòlegs, com H. T. Odum (2001), en diuen «*a prosperous way down*», un aterratge suau en el canvi del model econòmic. Hem de ser conscients que aquest aterratge pot implicar una reducció de les taxes de creixement econòmic, un tema que, des del punt de vista polític, és difícil i poc atractiu, però que cal afrontar, ateses les previsions sobre el futur esgotament de les fonts d'energies fòssils.

Referències

GEORGESCU-ROEGEN, N. 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

GIAMPIETRO, M. 2003. *Multi-scale integrated analysis of agroecosystems*. Londres: CRC Press.

LOTKA, A. J. 1922. «Contribution to the energetics of evolution». *Proc. Nat. Acad. Sci.* 8: 147-54.

LOTKA, A. J. 1956. *Elements of Mathematical Biology*. Nova York: Dover Publications.

ODUM, H. T. 1971. *Environment, Power, and Society*. Nova York: John Wiley & Sons.

— 1996. *Environmental Accounting: Emergy and Decision Making*. Nova York: John Wiley.

ODUM, H. T.; ODUM, E. C. 2001. *A prosperous way down: Principles and policies*. Boulder: Colorado University Press.

RAMOS-MARTÍN, J. 2003. «Intensidad energética de la economía española: Una perspectiva integrada». *Revista de Economía Industrial*, 351: 59-72.

Vulnerabilitat i adaptació davant del canvi climàtic

Jaume Terradas

Catedràtic emèrit d'Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona

Investigador del CREAM

Introducció

Es parla molt dels possibles efectes del canvi global: en primer lloc, el canvi climàtic i també la reducció de la capa d'ozó estratosfèric i l'augment de radiació UV; la pujada del nivell del mar pel desglaç, l'augment de la demanda energètica i les emissions; la reducció de reserves de petroli i gas i el seu encariment; els conflictes que pot generar l'escassetat de matèries primeres, en particular les energètiques; el pas d'una economia de béns i serveis a una economia global especulativa, etc. Una gran part de les mesures preses per les administracions o empreses en relació amb el canvi es refereixen només a la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle i al compliment dels compromisos de Kyoto, és a dir, a mesures de mitigació de les conseqüències de la despesa energètica. Això empobreix la percepció del canvi global, però reflecteix la «cultura» dominant sobre el canvi global als mitjans, a la població i a les mateixes administracions.

L'*Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*, elaborat sota la coordinació de Josep Enric Llebot, conté una relació de molts aspectes de la vulnerabilitat del nostre país davant el canvi. En l'àmbit estatal, enguany s'ha donat a conèixer el Pla Nacional d'Adaptació al Canvi Climàtic, un document «marc per a la coordinació entre administracions públiques per a les activitats d'avaluació d'impactes, vulnerabilitat i adaptació al canvi climàtic», preparat per l'Oficina Espanyola del Canvi Climàtic del Ministeri de Medi Ambient. Es tracta d'uns primers passos significatius en un terreny que és extremament complex. Miraré de fer alguns aclariments conceptuals i d'oferir algunes orientacions.

Vulnerabilitat

La reducció de les emissions, que tan difícil resulta de fer a casa nostra (la majoria de països desenvolupats d'Europa han avançat molt més en

aquest camí), és un tema conceptualment senzill. Tots entenem què són les emissions, relativament fàcils de quantificar, i podem tenir una bona idea del resultat de les mesures. Quan parlem de vulnerabilitat i d'adaptació al canvi climàtic, les coses esdevenen molt menys clares. Hi ha moltes menes de vulnerabilitat, molts factors que incideixen sobre les diferents vulnerabilitats i alguns indicadors que són d'interpretació sovint dubtosa. Cal dotar el terme d'una major concreció en el seu ús científic. W. N. Adger ha advertit que actualment se sol fer èmfasi sobretot en els aspectes físics d'aquesta vulnerabilitat, com ara la pèrdua de superfícies o de producció agrícola com a resultat del canvi en les temperatures i precipitacions mitjanes o en la freqüència d'esdeveniments extrems, com inundacions o eixuts. Ell parteix de l'anàlisi d'episodis de fam, però després avisa que hi ha altres riscos climàtics potencials, com marees gegants, inundacions, tempestes i eixuts, i que es pot parlar d'una vulnerabilitat social a la variabilitat del clima. Adger desplaça el focus d'atenció cap a la vulnerabilitat social: les causes immediates, normalment biofísiques, són importants, i qualsevol esforç destinat a mitigar-les és saludable. Però les conseqüències del canvi sobre les societats humanes depenen molt de causes socials subjacents i són heterogènies per a diferents sectors socials.

L'estudi dels costos provocats pels huracans ha posat clarament de manifest aquest punt. Si s'analitza una sèrie anual de costos deguts a danys sobre els béns (a partir de dades de les companyies d'assegurances), s'observa que hi ha una corba espectacularment creixent al llarg del segle XX, tot i les lògiques fluctuacions anuals. El canvi climàtic hi té una contribució molt petita (inferior al 10 %), però ha augmentat l'exposició de persones, infraestructures i immobles. A casa nostra, sabem que és corrent culpar esdeveniments excepcionals de certes catàstrofes, com ara inundacions, quan el que passa és que s'han ocupat amb indústries o residències els llits naturals d'inundació, o s'han bloquejat les vies d'escorriment, concentrant els fluxos en uns pocs torrents i rieres. La causa immediata, una pluja forta, no és la veritable responsable dels danys, sinó una política d'ús del territori inadequada i l'especulació urbanística. I això continua sent cert, encara que augmenti la freqüència d'episodis de pluges extremes: aquest fet només vol dir que el risc de danys esdevé més recurrent, però la magnitud dels danys és proporcional a les poblacions i els equipaments exposats.

La distinció entre vulnerabilitat física i social no ajuda gaire a aclarir la situació. Es pot interpretar que un establiment urbà, o una infraestructura situada en una zona fluvial d'inundació, és vulnerable en un sentit físic, encara que hi ha molts fets socials associats: una mala decisió urbanística, unes persones exposades, en graus que depenen de la

seva pertinença a unes o altres classes socials, etc. I una societat massa dependent de la importació d'un recurs indispensable pateix vulnerabilitat social, encara que l'abastament pot ser posat en perill per causes físiques (p.e., un augment de demanda de gas per un descens sobtat de les temperatures pot provocar una crisi, perquè no hi ha prou magatzems de gas, la capacitat extractiva no cobreix l'augment de la taxa de demanda o, en el cas pitjor, les reserves mundials s'estan exhaurint). Hi pot haver, doncs, causes socials en casos que semblen clarament «físics» i causes físiques en casos que semblen «socials».

Adger defineix la vulnerabilitat social com l'exposició de grups o individus a estrès, tant degut a riscos exògens, el canvi climàtic si s'escau, com a riscos derivats de la seva situació social i econòmica. Per a ell, la vulnerabilitat física implica que el canvi climàtic tindrà un efecte significatiu en la disponibilitat futura del recurs: p.e., una reducció en les collites. La vulnerabilitat social implica una disrupció de la manera de viure i una adaptació forçosa al canvi físic del medi, en general amb pèrdua de seguretat i, per a grups vulnerables, sol estar relacionada amb la situació econòmica i social subjacent, com manca d'ingressos i de recursos però també guerra, conflictes civils, etc. Però cal filar molt prim per diferenciar clarament entre els dos tipus de vulnerabilitat. La raó és que els sistemes complexos que l'ésser humà ha construït com a xarxes socials, econòmiques i culturals estan ancorats en altres sistemes complexos, els ecològics, també xarxes en què intervenen organismes i processos biològics, químics i físics (J. Terradas. *Biografia del món*. Barcelona: Columna, 2006). Convé parlar dels sistemes de suport de vida (grans processos d'intercanvi de gasos, fluxos d'aigua, etc. que mantenen la qualitat de l'atmosfera, dissipen contaminants, permeten la producció primària, etc.), i dels serveis que donen a les societats, que assoleixen xifres enormes si es pretén quantificar-los en termes econòmics (R. Costanza *et al.* «The value of the world's ecosystem services and natural capital». *Nature* 387 (1997): 253-260. H. E. Daly; K. N. Townsend (eds.). *Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics*. Cambridge, Massachusetts/Londres: MIT Press, 1993). L'existència d'aquests lligams entre xarxes socials, econòmiques i culturals i xarxes ecosistèmiques implica que no hi ha manera de separar vulnerabilitats socials de vulnerabilitats biofísiques.

No es pot dir que un territori sigui més o menys vulnerable sense explicar clarament a quina mena de risc ens referim, quins sectors de població podrien ser afectats, quina és la gravetat dels efectes esperats i quina és la capacitat de recuperació després de l'impacte del canvi, entre altres coses. El territori dels Pirineus és vulnerable a un descens de les precipitacions de neu, però el que és vulnerable és l'economia basada en esports

d'hivern a un menor grau d'innivació. En canvi, el territori del delta de l'Ebre, aquí sí el mateix territori, és vulnerable a l'augment del nivell del mar, ja que part o tot pot quedar submergit. Són dues vulnerabilitats ben diferents, que requereixen actuacions d'adaptació també diverses.

Vulnerabilitat física i social i adaptació

Podem distingir dos nivells d'aproximació al tema del canvi climàtic. El primer, pertanyent al camp de les ciències biofísiques, es refereix a l'estudi del mateix canvi mitjançant reconstruccions històriques de l'evolució del clima, confecció d'escenaris possibles de canvi i valoració de possibles impactes i mitigacions. El segon, més complex, tracta de l'adaptació. Comprèn la determinació de possibles opcions d'actuació i polítiques que puguin actuar en sinergia amb aquestes opcions; i, en segon lloc, aspectes d'actuació directa en els mecanismes institucionals, en la formulació de noves polítiques i en la incorporació explícita de l'adaptació a projectes. El Pla Nacional d'Adaptació al Canvi Climàtic, seguint una línia propera a això, fa una doble aproximació, la que anomena *top-down* (factors de forçament, escenaris ambientals i socioeconòmics, avaluació d'impactes, vulnerabilitat física) i la que anomena *bottom-up* (avaluació sectorial de la capacitat adaptativa actual i futura, processos participatius d'avaluació de futures opcions d'adaptació i vulnerabilitat social).

Per què ens hem de preocupar de l'adaptació al canvi climàtic? Les polítiques destinades a reduir les emissions no garanteixen que no hi hagi efectes del canvi sobre la societat que les aplica. Que Catalunya o Espanya compleixin o no amb Kyoto, i haurien de fer-ho, no ens estalviarà els impactes negatius del canvi climàtic, ja que la part que ens correspon en les emissions totals planetàries és petita. D'altra banda, la nostra vulnerabilitat no es pot mesurar només perquè el risc d'eixuts extrems sigui més alt, que seria un punt de vista més físic, o perquè el nostre nivell de desenvolupament ens garanteix que podrem disminuir-ne els efectes, arguments molt genèrics i poc fiables. L'impacte el patiran de manera diferent els diversos grups socials de la població, de manera que el problema no pot limitar-se a un afer de gestió tècnica i de reforma institucional.

Alguns exemples de vulnerabilitat i possibles adaptacions

Comencem pels problemes deguts a una pujada del nivell del mar com a resultat de la fosa dels glaços i l'acceleració del despeniment d'ice-

bergs a Groenlàndia, a l'Àrtic i a l'Antàrtida. Una pujada del nivell del mar afectaria el delta del Llobregat, on s'estendria la intrusió salina, que ara ja obliga a mesures excepcionals. La solució que funciona és la construcció d'una barrera, mitjançant la injecció diària de 5.000 m³ d'aigua dolça procedent de la depuradora del Prat, a pressió, per quatre pous de 60 m en línia entre l'antic i el nou aiguavés del Llobregat. Més endavant, s'ampliarà la línia amb dotze pous més entre el Prat i la Zona Franca. Ens trobem davant d'una complicada i costosa mesura adaptativa de mitigació de l'impacte de l'augment del nivell del mar. Però ho serà més si aquest continua pujant. Les previsions actuals són entre 20 i 60 cm a finals de segle XXI, però podrien ser superiors. En aquest cas, part del territori quedaria cobert per les aigües, incloses potser algunes instal·lacions aeroportuàries, i cal preguntar si la resposta adaptativa no hauria de començar per estalviar-nos inversions importants en infraestructures en una zona massa vulnerable, cas de la nova terminal en construcció. Una altra zona molt susceptible inclou tota la Zona Franca. A Barcelona mateix, la pujada del nivell del mar comportarà l'agreuament dels problemes que ja existeixen a causa de l'alt nivell de les aigües subterrànies.

A totes les costes del món hi ha processos dinàmics capaços d'alterar la morfologia coneguda, que considerem fixada, fins al punt que, en terres guanyades al mar, s'hi han construït barris o ciutats amb molta població resident i tota mena d'infraestructures. Petits canvis de sentit invers als que han generat aquestes terres poden tornar a submergir-les. En alguns casos, en illes totalment artificials, s'hi han construït gratacels (Miami Beach, Emirats Àrabs, etc.) o aeroports, i de vegades s'ha fet en zones amb un grau elevat d'exposició als tifons o huracans. El desastre del Katrina, a Nova Orleans, al país més poderós del món, ha estat un dur aprenentatge. L'eliminació de les defenses naturals que suposaven les zones d'aiguamolls i altres espais naturals, l'ocupació d'espais vulnerables per noves construccions, la construcció de dics que van cedir, són totes decisions equivocades que van quedar en lamentable evidència quan aquestes zones van ser arrasades mentre la ciutat antiga romania intacta.

La vulnerabilitat a les marees i tempestes preocupa de fa temps Londres. Més de 150 km² del territori urbà, amb una població de 750.000 persones, estan per sota del nivell de les marees més altes. Una inundació important provoca danys immensos a l'economia, el comerç i les activitats turístiques. Per evitar aquests impactes, han desenvolupat una costosa estratègia de contenció de les aigües del riu Tàmesi i afluents.

Programes urbans d'adaptació al canvi climàtic

Londres també té un programa específic més ampli d'adaptació al canvi climàtic, anomenat *London's Warming*, iniciat el 2001. S'ocupa de: 1) Elevació del nivell del mar i risc d'inundacions; 2) Recursos hídrics, amb més eixut, reducció de la qualitat de l'aigua els estius i augment de la demanda domèstica; 3) Reducció de la qualitat de l'aire, amb problemes de sanitat, arbrat i danys a béns immobles i monuments; 4) Pèrdues de biodiversitat; 5) Augment de l'efecte d'illa de calor; 6) Possibles avantatges derivats de l'augment tèrmic en activitats turístiques i d'oci, menys problemes generats pel mal temps, reducció de consums de calefacció; 7) Riscs per a les companyies d'assegurances lligats a inundacions, eixuts, contaminació, etc.; 8) Riscs per als transports públics, etc. Les nostres ciutats encara no han fet un exercici comparable al de Londres en la línia de l'adaptació al canvi climàtic. En el cas de Barcelona, disposem d'estudis i dades que poden servir per fer una reflexió en aquest sentit. Un dels problemes clàssics de la ciutat, i també dels que han generat més estudis, és el de les aigües subterrànies. Sabem que, en certes estacions del Metro, les bombes treballen contínuament. Una pujada del nivell del mar augmentaria els problemes d'embassament del mantell freàtic i la corrosió i els costos d'extracció d'aigua. Les zones previsiblement més afectades a Catalunya per un ascens del nivell del mar, a més dels deltes de l'Ebre i del Llobregat i el pla de Barcelona, inclouen el delta de la Tordera i bona part del golf de Roses, a les antigues zones d'aiguamolls del Fluvià i la Muga, avui ocupades per urbanitzacions. Les platges i moltes zones de gran interès turístic i establiments urbans es troben en llocs de risc. Les mesures d'adaptació són complicades. En el cas de l'economia de muntanya, la primera aproximació adaptativa és limitar l'esforç inversor en estacions d'esquí en algunes zones altes i preveure el futur tancament de les estacions de cotes més baixes. Això és el que ja fan els bancs suïssos als Alps, que neguen préstecs a les estacions amb menys viabilitat en una perspectiva de canvi climàtic. Alhora, convé diversificar les activitats productives.

Els canvis de clima poden tenir moltes altres conseqüències que exigirien processos d'adaptació. L'onada de calor que va afectar sobretot França l'estiu de 2003 va causar almenys trenta mil morts. A la Xina, s'ha calculat que les morts per infarts i altres problemes cardíacs com a resultat de les darreres onades de calor poden haver estat entre 225.000 i 890.000. L'augment de les temperatures estivals a la major part de la península Ibèrica faria que el nombre de dies anuals amb 30 °C o més de temperatura arribés o passés de cent el darrer quart del segle XXI.

L'adaptació a aquest fenomen exigeix un canvi radical en les maneres de construir, que incrementi l'aïllament dels terrats i les parets i moltes altres mesures. La reducció de precipitacions, sobretot a la meitat sud de la Península, comportarà eixuts més durs i llargs, i caldran noves maneres d'estalviar aigua, d'obtenir aigua potable, etc., com ara canvis de conreu i altres maneres de construir i de fer (p.e., el turisme és vulnerable al canvi climàtic, sigui perquè el nostre clima esdevingui poc atractiu o perquè la millora del clima en països nòrdics redueixi la demanda al sud). L'expansió de la malària a terres altes que fins ara n'eren exemptes podria estar causant, segons l'OMS, uns 150.000 morts de més a l'any. Els mosquits vectors de malalties tropicals (dengue, malària, etc.) aniran envaint nous territoris, com ja ha fet el mosquit tigre des d'Albània fins a la península Ibèrica, i a la presència del vector acabarà afegint-s'hi la de les malalties quan la població infectada d'immigrants o turistes esdevingui més significativa en relació amb la població total, i el contagi, més probable.

Altres elements del canvi global

Deixem ara el canvi climàtic i parlem d'altres canvis. El més significatiu és el d'usos del sòl, responsable de molts increments de vulnerabilitat ja esmentats. Potser l'exemple més conegut és el del llac d'Aral, que va ser degut a la desviació dels rius que l'alimenten d'aigua per regar grans plantacions de cotó. El llac va perdre la meitat de la seva extensió i tres quartes parts del volum d'aigua. En la restant, hi va augmentar la concentració de sals i contaminants. En el llit sec, la pols estava carregada de plaguicides. Les conseqüències van ser: l'extinció gairebé total de l'activitat pesquera, de la qual depenien moltes famílies, i l'aparició d'intoxicacions i malformacions en nounats, causades pels contaminants que la pols aixecada pel vent duia fins als pobles. Això es va perllongar fins al 2003, quan les autoritats van tornar més cabals al llac i aquest va començar a recuperar-se, però les conseqüències sanitàries sens dubte s'arrossegaran molts anys. Un cas del qual s'ha fet ressò darrerament la revista *Science* afecta el llac Victòria, a l'Àfrica Oriental. La degradació molt important dels sòls a la conca del llac ha fet que aquest s'enriqueixi molt en nutrients (eutrofització), amb resultats desastrosos per a la vida del llac i per a moltes activitats humanes. L'adaptació hauria de comportar reforestacions i canvis en les tècniques agrícoles, difícils sense la intervenció decidida d'entitats internacionals. Els processos d'eutrofització afecten moltes masses d'aigua i provoquen canvis indesitjats i problemàtics, com en el cas dels increments de producció de masses d'al-

gues gelatinoses al Tírrè, que afecten el potencial turístic de la zona. L'eutrofització afavoreix, en més de vuitanta països, l'expansió del narcís d'aigua, *Eichhornia crassipes*, una planta invasora que forma masses flotants que obstaculitzen el trànsit fluvial (sovint el més important als tròpics), baixa la qualitat de l'aigua i causa malalties. A més, l'eutrofització dels rius obliga a grans despeses en la depuració d'aigua per fer-la potable. Les dificultats augmentaran si el clima es torna més eixut. La reducció de l'eutrofització demana processos adaptatius molt importants, en especial relacionats amb el consum d'aigua, l'evacuació de les aigües residuals, la instal·lació de depuradores, les limitacions en els usos d'adobs agrícoles, etc.

El procés anomenat globalització és, en essència, econòmic, i està lligat a dos fets bàsics: les facilitats per disposar d'informació instantània d'arreu i el transport barat. Això permet a les companyies i als particulars invertir en qualsevol lloc del planeta. La pitjor conseqüència d'aquest fenomen, que també té aspectes positius, és la «nomadització» del diner. La major part del diner circula no pas en intercanvis amb béns i mercaderies sinó per raons especulatives. Les empreses es mouen amb fluïdesa, s'estableixen als països que els ofereixen més facilitats (inversions i subvencions estatals, mà d'obra barata, escassa pressió sindical, etc.) i canvien de lloc quan els convé. Si empren un recurs local, no tindran inconvenient a exhaurir-lo i abandonar el lloc. Aquest comportament nòmada destrueix tant els recursos com els teixits socials nascuts al seu voltant.

Conclusions

Les societats humanes presten més atenció als processos de mitigació del canvi climàtic. És urgent determinar vulnerabilitats i posar en marxa processos d'adaptació. El concepte de vulnerabilitat és poc útil si no s'especifica a quins processos es refereix la vulnerabilitat i què o qui n'ha de patir les conseqüències. Vulnerabilitat física i social sempre s'han de considerar conjuntament. Un cop identificats els problemes, cal desenvolupar les estratègies adaptatives, que poden ser molt costoses (i, alhora, motors de desenvolupament). Aquestes estratègies han d'incloure la mitigació, però també moltes altres accions que rauen en els camps de l'urbanisme, les infraestructures, les mesures educatives, les de recerca i vigilància, les de caràcter econòmic i social, etc.

Els exemples esmentats posen de manifest que, a Catalunya, patim vulnerabilitats i que hem de desenvolupar estratègies pròpies que es tradueixin en accions concretes de govern des de les diverses administra-

cions, amb una bona coordinació transversal. Si fins ara s'ha parlat del camí cap a una societat més sostenible, avui el que ens cal és adonar-nos que la prevenció, com en el cas de la salut, és molt preferible i menys costosa que no pas els tractaments de la malaltia ja declarada. I la prevenció exigeix l'anàlisi de les vulnerabilitats i el desenvolupament de les estratègies d'adaptació.

Informàtica, societat i medi ambient

Miquel Barceló

Professor del Departament de Llenguatge i Sistemes Informàtics de la Universitat Politècnica de Catalunya

Introducció

El mot informàtica continua de moda. L'usem tan habitualment que hem oblidat que allò que fem amb els ordinadors es pot anomenar de diferents maneres, i així ha estat al llarg del temps: telemàtica, TIC (tecnologies de la informació i les comunicacions) o noves TIC (noves tecnologies de la informació... sempre innovant!). I, encara, alguns de nosaltres fa un temps que ens esforcem per emprar una nova denominació, més senzilla i completa, *infotecnologia*, per recollir el fet que, avui dia, informàtica i telecomunicacions sempre es donen la mà.

Ciència i tecnologia

Hi ha la percepció general, molt idealista, que la teoria precedeix l'aplicació pràctica, que els científics generen les grans idees mentre que els enginyers només en fan l'aplicació i construeixen màquines i aparells. Això és cert sobretot en els nostres temps, però també cal reconèixer que, al llarg de la història de la humanitat, moltes descobertes tecnològiques són fruit de la prova i de l'error: la roda, l'arc i, fins i tot, la molt més recent màquina de vapor.

D'altra banda, és força difícil distingir què pertany a la ciència i què a la tecnologia. S'acostuma a considerar que ciència és la part teòrica, i tecnologia, la part pràctica. Fa falta la teoria per derivar-ne una pràctica, com per exemple és difícil fer una bomba atòmica o una central nuclear sense saber que $E = mc^2$, és a dir, sense saber que, si ajuntes dues masses crítiques d'urani, hi haurà una producció enorme d'energia. Resulta del tot impossible inventar una bomba atòmica per prova i error... Però també s'ha de considerar que, com s'ha dit, fites importants com la roda, l'arc i les fletxes es van inventar per prova i error. Probablement el camí de la història de la humanitat moltes vegades ha avançat gràcies

al coneixement tecnològic: primer obtenim un aparell que funciona i després ens pensem a pensar en el mecanisme del seu funcionament. En aquest sentit, el filòsof belga Gilbert Hottois, a finals dels anys vuitanta, va postular que, almenys avui dia, no té sentit parlar de ciència i tecnologia com a coses separades, i va encunyar una nova paraula, *tecnociència*, que alguns ja emprem.

Però, així i tot, cal tenir en compte que, si bé la ciència és la part teòrica amb què la humanitat va ampliant el seu coneixement del món, el que té més impacte en la vida de la gent és la tecnologia. Com acostumo a dir: la ciència canvia la manera de *veure* el món, mentre que la tecnologia canvia la manera de *viure* en el món.

Així doncs, ciència i tecnologia canvien la nostra manera de viure. A partir del segle XVII es va revolucionar la ciència moderna amb personatges com Francis Bacon, Galileu i Newton, que van propiciar el naixement de la física. Malgrat tot, la revolució industrial posterior no va derivar mecànicament d'una aplicació directa de la ciència, atès que la màquina de vapor, base d'aquesta revolució tecnològica i industrial, no es va fer com a aplicació pràctica d'un coneixement teòric i científic sinó que es va obtenir per prova i error: James Watt la va «inventar» cap a l'any 1770 i, uns cinquanta anys després, Sadi Carnot va postular els principis de la termodinàmica que expliquen el seu mecanisme i en donen la justificació teòrica.

Grans revolucions tecnològiques de la humanitat

La primera gran revolució tecnològica la situem en el neolític, quan els éssers humans van iniciar l'agricultura i la vida sedentària. Aquesta gran revolució sembla que va ser portada a terme per les dones, les quals van descobrir que algunes llavors donaven fruits interessants en créixer la planta. Per recollir els fruits, calia restar a prop d'on s'havia plantat, i d'aquí els primers assentaments humans. Veiem, doncs, que de la revolució tecnològica de l'agricultura en va sortir la primera gran infraestructura tecnològica: les ciutats. Els éssers humans van passar a ser sedentaris, un gran canvi de vida.

La segona gran revolució tecnològica va ser la de la màquina de vapor, amb la qual es va generar la possibilitat de disposar d'energia allí on fes falta. A Catalunya, de les indústries tèxtils, se n'ha dit sempre un «vapor», per les màquines de vapor que feien funcionar els telers. En situar la màquina de vapor en un carretó, sobre unes vies, sorgeix el tren, una infraestructura típica de la revolució industrial del segle XIX.

Una possible segona revolució industrial seria la revolució de l'electricitat. A finals del segle XIX i principis del XX, es va inventar l'ús pràctic de l'electricitat per a l'enllumenat i per a la distribució d'energia. Aleshores van aparèixer les línies d'alta tensió, una nova infraestructura energètica.

Una tercera revolució industrial, ja actual, és la de les infotecnologies, la revolució de la informació processada, distribuïda i emmagatzemada, i que ha generat la nova gran infraestructura d'Internet.

La revolució infotecnològica porta a un nou model de societat, anomenada de diferents maneres, com ara societat digital, societat de la informació o societat del coneixement. La infotecnologia té unes característiques particulars: 1) és una tecnologia molt potent, 2) té una gran ubiquïtat, es pot fer servir en despatxos, fàbriques, domicilis particulars, escoles, i 3) costa trobar algun camp on no s'hi pugui aplicar.

La potència d'aquesta tecnologia pot ser expressada pel *factor multiplicador*. Intentem mesurar la capacitat d'una tecnologia suposant que el que fa la tecnologia en qüestió és millorar una cosa que ja fèiem abans. Tot i que això no és estrictament cert (per exemple, volant amb un avió fem una cosa que no podíem fer abans), hi ha altres casos que podem comparar. Per exemple, un cotxe és un estri que ens permet moure'ns a una velocitat més alta de com ho fèiem abans. Comparem una velocitat mitjana en carretera (90 km/h) amb el fet d'anar a peu (6 km/h) i veiem que el cotxe multiplica la nostra velocitat de transport per 15. Parlem que el cotxe és una tecnologia amb un factor multiplicador 15. Si agafem l'avió (imaginem una velocitat mitjana de 900 km/h), obtenim un factor multiplicador de 150.

Per posar un altre exemple, l'agricultura té un factor multiplicador de l'ordre de 100 (per la innovació, sobretot, de l'arada i de l'adob). Fent els mateixos números, es veu que la revolució industrial podria suposar un factor multiplicador de l'ordre de 1.000 (la disponibilitat d'energia s'ha incrementat 1.000 vegades). Hi ha tecnologies amb factors multiplicadors de l'ordre del milió, com l'energia nuclear (sense oblidar el seriós problema dels residus nuclears...).

Les comunicacions electròniques també tenen un gran poder multiplicador: avui dia, comuniquem les informacions a una gran velocitat. Per exemple, fa cinc-cents anys, enviar una carta d'Espanya a Amèrica trigava tres o quatre mesos (quan arribava!). S'ha calculat que, fa cent cinquanta anys, una carta d'Anglaterra a l'Índia no arribava fins al cap de gairebé un mes. Avui dia, escrivim un correu electrònic i, al cap de pocs segons, ja pot ser a l'altra banda del planeta.

També ha augmentat la capacitat de transformar i processar la informació. Amb eines informàtiques, fem càlculs, ordenem dades i fem un

mund de coses amb la informació, a velocitats milions de vegades superiors al que podíem fer sense ordinadors. En el cas de les infotecnologies, a més, es dona la sinergia de la microelectrònica i de les comunicacions; per tant, parlem d'una nova tecnologia amb un factor multiplicador de l'ordre d'un bilió (10^{12}), que era una cosa impensable fins ara. En conclusió: es tracta d'una tecnologia summament potent.

Però, en el cas de les infotecnologies, no tan sols parlem d'un gran factor multiplicador. La informàtica és pot utilitzar arreu, com ja s'ha dit anteriorment. A les empreses fa augmentar la productivitat i baixar els costos. En trobem també a les llars i a tota mena d'activitat econòmica. És, per tant, una tecnologia amb un gran impacte social. El britànic Tom Forrester reflexionava, l'any 1985, que, si la tecnologia de l'automoció hagués tingut un desenvolupament semblant, avui podríem disposar d'un Rolls Royce per menys d'un euro amb la potència d'un transatlàntic com el *Queen Mary*, capaç de fer vint-i-cinc vegades la volta al món amb només un litre de benzina. El fet de no disposar d'aquesta mena de cotxes ens fa veure el gran avanç de les infotecnologies. I val a dir que, del 1985 ençà, encara s'ha avançat molt més.

La potència informàtica

La tecnologia informàtica està destinada a canviar el món: és molt potent, d'ús universal i aporta una millora vertiginosa en relació amb les altres tecnologies. Això ja ho va veure fa més de vint-i-cinc anys el japonès Yoneji Masuda, que va inventar el nom de «societat de la informació». A començaments dels vuitanta, els PC encara no es distribuïen i no existia Internet, però Masuda ja va imaginar una societat on el pes dels ordinadors era fonamental. La idea era que, si la revolució industrial amb la màquina de vapor havia generat la societat industrial, de manera semblant la revolució de la informació i les comunicacions havia de generar una nova societat que substituïria la societat industrial de producció. La força que estructuraria la societat ja no seria la producció de mercaderies sinó que passaria a ser-ho la informació, el sector «quaternari». Masuda va desenvolupar la idea que la revolució de les infotecnologies generaria, a partir d'aleshores, un esquema històric anàleg a la revolució industrial. Mentre que aquesta havia substituït el treball mecànic dels humans pel treball de les màquines, Masuda va intuir que la informàtica substituïria el treball mental dels humans pel treball de les màquines (qui sap avui fer arrels quadrades a mà?). Parlava de la producció en massa de coneixement i va suggerir, en certa manera, el nou concepte de societat del coneixement. D'això, se'n va dir *computopia*. Aquesta visió computòpica d'un

món meravellós portat pels ordinadors no s'ha materialitzat després tal com s'havia imaginat. No arriba encara a tothom.

L'any 1995, Al Gore parlava molt del que s'anomenaven les «autopistes de la informació». En una trobada del G7 del febrer de 1995, Gore va proposar la necessitat de cablejar amb fibra òptica tot el món per afavorir les comunicacions informàtiques i poder transferir informació de forma molt ràpida. Aquesta semblava la via del futur. A *El País* del 22 de maig de 1995, Edgar Pisani, director de la revista *Afrique Noire*, va publicar un article adaptat d'un editorial de la seva revista, en què deia que això eren grans escarafalls però que el que calia era posar les prioritats al seu lloc. Als països del tercer món, deia, més que canonades de fibra òptica per fer possibles les autopistes de la informació, el que cal, encara, són canonades d'aigua potable per evitar greus malalties infeccioses. Per tant, la «computopia» s'aplica, llavors i ara, a una petita fracció de la humanitat, als benestants d'arreu i als països rics. La resta del món s'ha de barallar encara amb necessitats bàsiques com l'aigua i l'aliment.

Història de la informàtica

La informàtica va néixer com una operació militar. El que passa per ser el primer ordinador, l'ENIAC, conegut pel gran públic el febrer de 1946, es va usar per calcular trajectòries balístiques, i era finançat pel Departament de Defensa dels Estats Units. Després, l'UNIVAC es va començar a comercialitzar l'any 1951 i es venia a empreses privades (bancs, companyies d'assegurances, etc.). Durant els anys cinquanta i seixanta, va créixer la demanda informàtica en empreses amb un gran volum de gestió de dades, però després la nova tecnologia es va començar a introduir en serveis diferents, com la planificació de la producció, la producció amb robots, etc. En els darrers vint-i-cinc anys, han aparegut nous serveis, com l'aplicació de la informàtica a la medicina i a tot l'àmbit del lleure i el joc, així com també les noves possibilitats laborals de teletreball i el comerç a través de l'ordinador (telecompra), o la gestió de tràmits bancaris per Internet.

Són noves possibilitats que, alhora, també generen nous problemes. Un d'ells és el possible atur induït per la informatització. Ens preguntem si la implementació informàtica fa augmentar l'atur. És cert que tota oficina bancària amb caixer automàtic desplaça una persona de darrere el taulell. És raonable pensar que, en instal·lar més aparells informàtics, avança la robotització i hi ha menys demanda de personal en l'àmbit administratiu i industrial.

Un altre problema seria la possibilitat d'atac a la intimitat personal. A Espanya, tenim un DNI que ens identifica i que pot ser rastrejat en les xarxes informàtiques. Es poden creuar les dades personals i això pot afectar fins i tot la intimitat personal. Per protegir aquesta intimitat personal s'han establert unes lleis i s'ha creat una agència de protecció de dades que recull queixes per mala utilització de dades personals informatitzades.

Un altre problema és el dels nous *hackers* i pirates informàtics, virus i programari espia... La coneguda inseguretat tècnica d'una tecnologia que, almenys fins ara, no havia prestat prou atenció als temes de seguretat.

Hi ha, també, tot un debat sobre la propietat del programari. Microsoft i altres empreses cobren llicència pel programari, però hi ha gent (els partidaris del programari lliure o de codi obert) que fa el raonament següent: si la revolució de les infotecnologies és tan important, la societat moderna viurà al voltant del programari; per tant, és absurd que el programari tingui preu, ja que és com l'aire que respirem, i hauria de ser lliure.

Els residus informàtics

Un dels problemes bàsics de la sostenibilitat és el de l'equilibri entre el consum de recursos i la generació de residus. Els residus de la informàtica, dels ordinadors, els telèfons mòbils, els I-pods i tots aquests petits aparells electrònics que no passen de tres o quatre quilos, on van a parar? El problema principal és que n'hi ha milions, i amb un ritme de substitució molt elevat. Cada vegada que canviem un ordinador, llencem un conjunt d'elements tòxics al medi ambient. Resines de les plaques, metalls ecotòxics (antimoni, beril·li, cadmi), metalls ecocrítics o perillosos (cobalt, crom, molibdè, plom), metalls ecorelevants (plata, coure, níquel, estany, zinc), i altres metalls que poder ser aprofitables i susceptibles de generar un benefici (or i pal·ladi).

El 80 % dels residus informàtics generats als Estats Units acaben a països del tercer món. En el cas d'Europa, el percentatge és d'un 60 %. Les principals destinacions d'aquestes deixalles són la Xina, l'Índia i el Pakistan. Els motius principals són que allí la mà d'obra per al reciclatge és molt barata (1,5 dòlars al dia), que la gent és molt pobre i subsisteix reciclant els metalls valuosos que troben als residus informàtics, i que la legislació laboral i sanitària d'aquests països és molt laxa.

La conseqüència d'això és que les regions més pobres de l'Àsia s'estan convertint en grans abocadors de deixalles informàtiques. En no haver-hi en aquests països cap regulació mediambiental ni de condicions de

treball dignes, els seus pobladors s'exposen a intoxicacions quan treballen en el reciclatge sense cap protecció i amb una tecnologia pràcticament medieval, sense cap mesura de seguretat. Els residus i productes tòxics acaben a qualsevol lloc: rius, camps, pantans, canals de reg...

A continuació us presento informació extreta de la pàgina web <http://www.crra.com/ewaste/ttrash2/ttrash2> (del febrer de 2002), centrada a Guiyu, una de les localitats de la Xina que rep més deixalles informàtiques. La població es dedica al reciclatge d'aquests residus. De fet, han deixat la seva vida com a camperols per passar al treball de reciclatge. Els processos primitius (i del tot insegurs...) de reciclatge que es fan servir ataquen la salut de les persones i el medi ambient.

En el reciclatge dels cartutxos de tòner, els treballadors no disposen de cap tipus de protecció per evitar les inhalacions dels núvols de pols de tinta de tòner que es creen en el procés. N'extreuen la tinta amb les mans nues i fent servir eines bàsiques com tornavisos i pinzells. Altres materials se separen amb el foc. Així, es cremen els cables per eliminar-ne el plàstic i extreure'n el coure, del qual s'obté un rendiment de subsistència. D'aquí en resulta que el poble està cobert amb les cendres de les incineracions. Els fums despresos en la combustió són perillosos pel seu contingut en brom i clor i contaminants orgànics que poden produir càncer. La gent cuina, beu i es renta amb aigües contaminades per aquestes cendres. Els nens juguen entre les cendres.

Quan es desmunten els monitors CRT (pantalles dels televisors), els vidres carregats d'elements tòxics dels monitors són llençats regularment en camps a l'aire lliure o abocats als rius. Les carcasses plàstiques es fonen en habitacions amb una ventilació molt reduïda i sense protecció per evitar que les persones inhalin els fums. No tot es pot cremar; un percentatge important resulta impossible de reciclar i això genera grans muntanyes de plàstic no reciclable que s'acumulen en camps i rius. Els circuits integrats es renten amb àcids per eliminar-ne les resines, uns àcids que generen vapors també perjudicials per a l'aparell respiratori. Després d'extreure'n el metall, les plaques es cremen, amb la qual cosa s'alliberen a l'entorn productes tòxics com metalls, dioxines i beril·li.

L'extracció de metalls valuosos, com l'or i el platí, es fa d'una manera molt primitiva: usant cubells amb àcid nítric pur i àcid clorhídric. Es fa a la vora dels rius i canals d'aigua per abocar-hi els productes químics un cop utilitzats. Les persones que hi treballen dia i nit només porten la protecció d'unes botes i uns guants. No se'ls dona protecció per evitar la inhalació dels fums tòxics despresos. Tot el que no es pot reciclar acaba, sense cap control, als rius o en camps a l'aire lliure.

Recollim el testimoni de Li, un habitant del poble d'Huamei: «Per diners, la gent ha embrutat el seu poble agrícola. Després de desmantellar els ordinadors, cremen les parts que en surten. Cada dia les persones del poble inhalen aquest aire brut; els seus cossos han esdevingut dèbils. Molta gent ha desenvolupat problemes respiratoris i de pell. Alguns renten les verdures i els plats amb l'aigua contaminada, i acaben amb malalties d'estómac».

Mesures de reducció, reciclatge i reutilització

Com podem reduir aquestes deixalles informàtiques? Proponem les conegudes tres erres: reduir, reciclar i reutilitzar.

Reduir

Cal plantejar-nos: realment hem de canviar l'ordinador? Cal comprar-ne un de nou o podem ampliar el vell? I si ens conformem amb un de segona mà? També cal configurar l'ordinador i els seus dispositius per a una modalitat de baix consum per estalviar energia. Les pantalles planes (TFT), tot i ser més cares, consumeixen la meitat d'energia i emeten menys radiacions.

Reciclar

Cal fer una recollida selectiva als punts verds que hi ha actualment a la majoria de les poblacions, amb la qual cosa es reduirà l'impacte de les deixalles en el medi ambient. S'han d'oferir espais de recepció i d'emmagatzematge temporal i selectiu. Cal estudiar les empreses fabricants d'ordinadors per tal de comprar en aquelles que tenen serveis de recollida i tractament d'ordinadors vells (cànon). La llei, avui, obliga els fabricants a recollir els electrodomèstics i també els ordinadors. S'han de dissenyar ordinadors pensant de reduir la problemàtica dels residus, usant menys substàncies tòxiques en el producte i en la producció, usant components actualitzables i fent que siguin fàcilment desmontables per afavorir-ne la recuperació.

Reutilitzar

A l'hora de canviar l'ordinador, es pot revendre un ordinador vell al mercat de segona mà o donar-lo a una ONG. Per exemple, Tecnologia per a Tothom (T x T), de la UPC, és una iniciativa dels estudiants d'aquesta

universitat per recollir ordinadors vells, reconfigurar-los i col·locar-los en certes aplicacions, o destinar-los al tercer món en projectes de cooperació.

Es pot tenir la falsa impressió que la informàtica no és gaire agressiva amb el medi ambient ni afecta gaire la sostenibilitat, ja que sembla que consumeix poca energia, però també els ordinadors contenen els metalls tòxics suara esmentats en circuits, plaques i cablejat. Mentre són pocs, no passa res; el problema apareix quan s'acumulen milions d'ordinadors vells. Els ordinadors s'han d'usar amb intel·ligència i hem de saber gestionar-ne la potència i les capacitats, però també els residus.

Arquitectura i sostenibilitat des de la realitat

Felip Pich-Aguilera

Equip d'arquitectura Pich-Aguilera Arquitectes, SA

Introducció

La trajectòria del nostre despatx d'arquitectura es basa en una postura cívica: com a ciutadans, tenim la inquietud i la il·lusió de transformar la realitat cap a una manera de fer més sostenible. I així, posem al servei d'aquesta aspiració el que sabem fer i hi dediquem bona part de les nostres energies en la nostra feina d'arquitectes. Presentaré a continuació la meua experiència com a arquitecte des de la realitat del quefer diari al despatx; però abans m'agradaria fer una breu aproximació per situar el punt de vista des del qual operem.

Em serviré d'uns quadres de William Turner (1775-1851), qui pintà magistralment el final d'una era rural i el sorgiment de l'era industrial. Turner es va desenvolupar com a artista a l'inici de la revolució industrial i al mateix nucli de la revolució, Anglaterra. Amb la capacitat que tenen els artistes plàstics de sedimentar i expressar fets i idees molt abstractes, Turner mostrà la contraposició d'aquests dos mons antagònics i plasmà gràficament l'emergència d'una nova ideologia.

A finals del segle XVIII, l'home civilitzat occidental havia estat capaç d'arribar a gairebé tots els racons del planeta, havia classificat gran part dels éssers vius i minerals, i la raó era el paradigma del seu progrés. La natura apareixia com un ens capriciós, capaç d'un drama latent en la mesura que els seus ritmes eren imprevisibles i difícilment ajustables a la cadència racional del progrés tal com estava emergint. Així, aquest home civilitzat va generar una mena d'interfase entre ell mateix i la natura: aquesta interfase va ser la màquina. I la màquina per excel·lència va ser la màquina de vapor, la qual va generar una nova tecnologia, uns nous materials, i fins i tot unes formes totalment noves. La màquina de vapor era capaç de sotmetre les vel·leïtats de la natura a les pautes raonables del mateix progrés. Aquesta màquina tenia, però, una petita servitud

envers la natura: la necessitat del combustible (carbó, gas, petroli...). De tota manera, la màquina va suposar una gran revolució i qualsevol residu dels procediments anteriors va quedar superat i supeditat. La màquina no admetia ni concessions ni acords amb la tecnologia o els oficis que fins aleshores havien prevalgut.

S'iniciava una era nova que ha portat la nostra civilització occidental fins a cotes de benestar aparent absolutament impensables des del punt de vista de la higiene, del confort objectiu, de l'esperança de vida, de la qualitat de vida, de la distribució de la riquesa, etc. Però aquesta empenta va comportar unes transformacions ideològiques de percepció de l'ésser humà envers la natura i el territori. El territori es percebia com a magatzem de matèria primera i de combustible i només tenia valor en la mesura que era colonitzat per l'ésser humà i era assimilat i digerit per aquesta civilització de la màquina. La conquesta de l'oest americà formava part d'aquesta onada expansiva occidental de l'ésser humà amb la màquina. Fins i tot el mateix indígena que poblava aquests territoris no tenia un valor en si —era un ésser salvatge— i no era percebut com un ésser humà en la mesura que no entrava en la nova dinàmica, en la ideologia de la màquina i de la industrialització.

D'aquesta manera, i de forma interessant, a mitjan segle XVIII, en plena era industrial, es va encendre un llum vermell que donava a entendre que alguna cosa fallava dins aquest sistema. En la dècada del 1850, es va publicar el llibre de Charles Darwin, que va produir una commoció immensa en la societat del moment. El seu missatge era que l'ésser humà no estava per sobre de les lleis de la natura, sinó sotmès a aquestes lleis, i així, el decurs de la natura està íntimament lligat al de l'ésser humà. En tant que això és una idea que atacava la línia de flotació del sistema, va originar un gran trasbals.

Curiosament, en aquella mateixa dècada es va erigir el primer edifici contemporani: el pavelló d'Anglaterra (Christal Palace), a l'exposició Universal de Londres de 1852. Es tracta d'un edifici construït amb els materials de la màquina (vidre i acer), la tecnologia de la màquina, la ideologia de la màquina (desvinculat del terreny on s'assenta) i amb una nova significació (un gran hivernacle, amb una atmosfera i clima artificials, que permetia sostenir al seu interior un paisatge impossible a Londres). Per tant, un edifici plenament modern.

Com a conseqüència del crac de 1929, la societat va prendre consciència que el creixement continuat no era infinit i que els seus desajustos els patia directament l'individu i la societat. L'arquitectura va reaccionar de forma clara davant aquest trasbals propasant la recerca

d'un equilibri idíl·lic entre civilització i natura, arquitectura i paisatge, amb treballs com el de Frank Lloyd Wright. A finals dels anys cinquanta, els mestres del moviment modern (el racionalisme de Le Corbusier) van restablir les pautes de l'arquitectura en línia amb la màquina i la raó. No obstant això, quan aquesta arquitectura s'havia de confrontar a cultures, climes i circumstàncies diferents, havia de variar totalment la seva fisonomia, fins i tot contradient els mateixos principis i paradigmes d'on havia sorgit.

Actualment estem en un moment de reflexió i d'un cert desencant, en què es qüestionen les mateixes bases de la fórmula d'èxit que ens ha portat fins aquí. No estem davant d'un simple reajust, sinó en un moment de reformulació important del model.

El nostre sistema de desenvolupament basat en fonts d'energia no renovable no és globalitzable, ja que el 80 % de l'energia és consumida per només el 20 % de la població. El 100 % de la població no es pot posar als nivells de consum energètic d'aquest 20 % privilegiat. Fruit d'aquesta consciència, s'han pres acords mediambientals globals, com el de Kyoto, que per a mi indica un camí sense retorn. El protocol de Kyoto parametritza en quantitats palpables aquesta voluntat mundial de reduir l'impacte en el canvi climàtic i és capaç de fixar compromisos econòmics per als països que no compleixin els acords. De manera que, avui dia, hi ha països que fan inversions molt dedicades i importants per tal de convergir amb els seus compromisos de reducció d'emissions el 2012.

La construcció i la consciència mediambiental

D'una banda, els agents de la construcció som els dolents de la pel·lícula, ja que ho hem fet malament fins ara, o les circumstàncies han fet que s'arribi fins a uns extrems indesitjables. I de l'altra, l'arquitectura representa un àmbit concret on hi ha moltes coses per fer i qualsevol avanç o inversió en aquest camp és enormement rendible. Segons l'informe Atkins de la Unió Europea, a principis dels anys noranta, el 40 % de l'energia consumida a Europa estava lligada directament o indirecta a la construcció. Si fóssim capaços d'actuar amb rigor, intensitat i convenciment en aquest àmbit de la construcció, bona part dels compromisos del protocol de Kyoto es podrien assolir.

A partir d'ara explicaré la nostra experiència. Per fer-ho didàctic, agruparé els projectes en dues grans àrees que reuneixen les diferents línies d'acció dins la nostra feina: la industrialització i la creació d'atmosfera.

Industrialització

Avui dia, la construcció és encara tremendament artesanal i, per això, molt ineficient. Fem artesanía sense els oficis necessaris per fer-la. Un bon pas endavant consistiria a implicar la indústria per tal d'idear els edificis, ja que la indústria fa molts anys que ajusta els seus procediments i sistemes per tal de minimitzar l'energia i els recursos usats en la fabricació de components. La nostra proposta és concebre els edificis com un muntatge de components. Els edificis es produirien a la fàbrica, on es treballa amb més eficiència, i la parcel·la seria el lloc on es rebrien els components de fàbrica i es muntarien per fer la construcció. Així que calgués, pel motiu que fos, l'edifici es podria desmuntar.

Nosaltres hem aplicat aquesta aproximació en la construcció d'escoles en municipis que han sofert recentment una demanda urgent d'augmentar les escoles per rebre i escolaritzar els nens de la població immigrant. Aquests municipis es trobaven que, amb molta urgència, havien de construir una escola, però volien que aquesta no fos fruit de la improvisació o de la provisionalitat. L'escola era important com a carta de presentació, que representa un missatge d'assimilació i benvinguda a les famílies immigrants.

Vam dissenyar uns edificis que es fan en cinc mesos. Tots els components es fabriquen en paral·lel, es produeixen industrialment i s'integren a l'obra ràpidament i eficient. Una biga feta en una fàbrica permet estalviar un 30 % d'acer respecte del que es necessitaria amb un forjat *in situ*. La majoria de la feina es fa a la fàbrica i, després, un cop muntat l'edifici al solar, es treballa des de l'interior.

Aquest és un procés d'industrialització diferent del de la prefabricació. Els elements prefabricats s'escullen en un catàleg dissenyat per la indústria. Nosaltres no parlem d'això. Parlem de fer treballar la indústria durant un temps delimitat per tal de fer un edifici, fent que les màquines produeixin elements específics que mai no havien fabricat. Per tant, obrim línies d'acció que la indústria mai no hauria produït dins la seva lògica habitual.

Un altre projecte dins aquesta línia és una demanda de la indústria de formigó, que ens va demanar un prototip de casa per vendre per catàleg, com si fos un cotxe. A partir del seu material (el formigó) i de la seva maquinària, ens plantejava de dissenyar una casa per implantar a les perifèries urbanes parcel·lades dels entorns de les ciutats. Certament, no és una manera desitjable d'ocupar el territori eixamplant aquestes perifèries suburbanes, però aquesta és una realitat en marxa. Podem minimitzar-ne l'impacte ambiental pensant un habitatge compacte,

capaç d'incorporar dins el seu disseny funcionaments bioclimàtics. La casa va incorporar un sistema de reciclatge d'aigües grises (cada habitant consumeix diàriament 150 litres aigua, cinc dels quals per beure). Té un sistema domèstic per reciclar i donar un doble ús a les aigües de dutxes i lavabos, rentadores i cisternes dels vàters, i amb aquestes mesures es redueix a la meitat el consum d'aigua. També s'hi incorpora un sistema d'aigües pluvials usant les cobertes dels edificis com si fossin petits embassaments per recollir una aigua que, altrament, circula cap als desguassos. Vam introduir la possibilitat d'instal·lar un petit camp fotovoltaic a les cobertes per vendre electricitat a la xarxa, tot i que a la casa també hi arriba l'electricitat convencional.

La casa es va dissenyar amb criteris bioclimàtics, i per a aquest objectiu es va fer servir la inèrcia tèrmica del formigó, que allibera escalfor quan les peces comencen a refredar-se i constitueix un ajut per als sistemes convencionals de calefacció. També s'hi van incorporar sistemes de ventilació usant per a tal fi la coberta metàl·lica de sobre la casa. Quan aquesta s'escalfa pel sol, origina un tiratge que mou un corrent d'aire. Si l'aire està més fresc, refreda la casa i, pel corrent d'aire generat, les persones sentim una sensació de frescor més gran. Amb aquests corrents es pot disminuir uns 8 °C la temperatura. A Catalunya, la temperatura de confort es mou en un rang de 8-10 °C. Si podem controlar el gàlib de 8-10 °C amb sistemes naturals, contribuirem a fer que els sistemes convencionals tinguin un menor consum, en concordança amb la nostra filosofia que les màquines i els sistemes naturals siguin complementaris.

Atmosferes

Del segon grup de projectes que portem entre mans, en diem «atmosferes». Nosaltres avui dia som probablement la primera generació que hem vist el planeta Terra des de fora. Joan Oró deia que tots vivim i som conscients que vivim en una nau espacial que es desplaça per l'Univers i té un fuselatge fràgil, que és l'atmosfera. Per tant, tota construcció que fem dins la construcció primigènia es pot entendre com una construcció complementària i alternativa a aquesta primera construcció; o sigui, una atmosfera dins una atmosfera. Això permet fer una activitat més especialitzada que la que fem dins la nostra atmosfera natural, i així successivament. Un edifici pot ser una successió d'atmosferes, diferenciant-les entre la del carrer, la del vestíbul o les de les sales interiors. En aquest sentit, fa uns mesos nosaltres vam acabar un edifici a Toledo, un centre d'atenció telefònica per a Telefónica. Aquest edifici està pensat com una

gran infraestructura produïda industrialment i que funciona de forma eficient amb grans obertures i pocs pilars. Aquesta infraestructura està embolcallada per una atmosfera que la fa habitable per a l'ús projectat. Les zones de treball es consideren globalment, de manera que cadascuna està en relació amb les altres i se sent en relació amb l'espai que les envolta, fet que proporciona aquesta «atmosfera». Una gran cambra d'aire humit amb plantacions s'utilitza com a planta refrigeradora del mateix edifici.

Vegem una secció de l'edifici en període d'hivern a l'esquema de la figura 1. La zona sud rep els raigs de sol perpendicularment, fet que produeix un escalfament. Aquest aire calent és llançat a través de conductes a la part freda de l'edifici, on es reclama aire climatitzat. Els sistemes convencionals només comencen a funcionar quan el sistema natural ja no dóna més de si. Per al refredament requerit a l'estiu, la concepció és similar: aprofitar les possibilitats naturals de disminuir la temperatura de l'aire. Un aspecte interessant és que, finalment, la forma de l'edifici és portadora d'aquest propòsit d'aprofitar els recursos naturals. Per tant, l'aparença resultant no és pas un efecte estètic buscat per l'arquitecte, sinó més aviat la conseqüència de la voluntat que l'edifici es comporti d'una manera determinada amb el seu entorn. Pensem també que, en la mesura que l'arquitectura vehicula una aspiració de tota la societat, l'edifici formalitza el sentir d'aquesta societat. I això és un punt bàsic de l'arquitectura, la qual no hauria d'estar tant en funció de l'expressió personal de l'arquitecte i el projecte, sinó de vehicular les aspiracions de la societat, que és qui la produeix. Precisament per això ho podem considerar arquitectura contemporània.

Un altre exemple d'aquesta filosofia el tenim en un edifici situat al carrer de Pau Claris, a l'Eixample de Barcelona. Es tracta d'apartaments de lloguer dins la trama de l'Eixample. La voluntat va ser generar models d'habitatges dins nuclis urbans, habitatges estàndard que funcionessin amb la mínima despesa energètica. La primera decisió, i la més rendible, va ser una decisió conceptual. Els habitatges tenien una tipologia de fa cent anys: uns habitatges grans i allargats de pati a carrer, amb sostres alts i amb les cambres interiors donant a celoberts. La decisió de projecte va consistir a concentrar els petits patis interiors al centre de l'edifici. Es van concebre dos edificis: un orientat cap al carrer i l'altre cap a l'interior, i el pati entre tots dos edificis va passar de ser un pati de servei a ser el cor de l'edifici. Alhora, amb un disseny adequat d'aquest espai, dimensionant i dissenyant bé la claraboia superior i pensant bé les proporcions, vam generar un flux d'aire constant de baixa a dalt, de manera que aquest tiratge vertical del lloc més fresc, tot passant

per balconades de plantes, fa refrescar l'aire. Les façanes es van haver d'enderrocar, però ens vam comprometre a fer que el nou edifici harmonitzés amb l'entorn. I així vam fer una façana esgrafiada, amb estucs de diferents colors. No hi havia artesans per fer els esgrafiats i, per tant, vam idear un sistema industrial per generar panells de formigó esgrafiats en una fàbrica. En va resultar un edifici harmònic amb l'entorn de l'Eixample i amb unes prestacions bioclimàtiques importants.

Aquests són, doncs, uns exemples de com és possible incorporar a l'arquitectura un compromís mediambiental i sostenible, portant cap al present sistemes tradicionals de la cultura i la memòria de la ciutat i la construcció que, malgrat semblar obsolets, són perfectament aplicables a l'arquitectura bioclimàtica. Així podem enllaçar la memòria del nostre passat amb la seva projecció en el futur. Això és, crec jo, ser contemporanis.

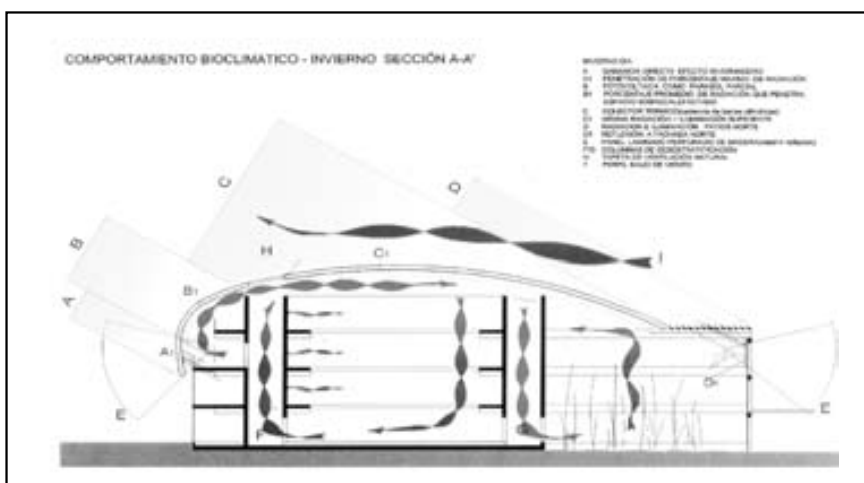


Figura 1. Secció de l'edifici amb l'esquema del seu funcionament climàtic: el mateix edifici és una màquina de generar el seu propi clima.

