




Sistemes urbans i capacitat d'anticipació





Salvador Rueda
Bíbleg. Director de l'Agència
d'Ecologia Urbana de Barcelona

L'autosuficiència metabòlica dels sistemes urbans per augmentar la nostra capacitat d'anticipació

L'article, a partir d'un projecte desenvolupat per la ciutat de Sant Sebastià, fa un repàs del règims metabòlics en la història de la humanitat i proposa per als temps d'avui la independència metabòlica de la ciutat. Aquesta independència es pot aconseguir amb la captació i l'ús de recursos locals i renovables, per una banda, i, per altra banda, apostant per un tipus d'organització urbana que fomenti les activitats associades a la societat del coneixement.

Els Règims metabòlics en la història de la humanitat

A la base material d'un determinat mode de producció se li pot assignar la forma predominant que adopta l'intercanvi material entre una societat humana i el seu medi físic. Aquest metabolisme ve determinat finalment per la disponibilitat d'energia. El flux d'energia dins d'una societat defineix el seu radi d'acció material i, encara més enllà, el seu perfil físic, la seva estructura i els efectes sobre el medi ambient extern (Rolf, 2001).

Històricament, només han existit tres règims «social-metabòlics» diferents, que estan marcats per tres fluxos d'energia (Rolf, 2001):

1. El règim d'energia solar incontrolada de les societats caçadores i recolectores.
2. El règim d'energia solar controlada de les societats agràries.
3. El règim d'energia fòssil, que caracteritza l'actualitat.

Les societats caçadores i recolectores intervenen en els fluxos d'energia solar, però quasi no els modifiquen —si més no, no més del que ho fan altres espècies. L'única excepció seria el foc, que es remunta al passat filogenètic de l'home (Goudsblom, 1992).

L'estratègia bàsica del mode de producció agrari consisteix en el control dels fluxos de l'energia solar metabòlica sobre la base

de la biotecnologia. L'energia irradiada pel sol es transforma en energia química a través de la fotosíntesi i gràcies als organismes autòtrofs, i així l'home l'aprofita directament (cultius, llenya, etc.) o indirectament (animals com a productors secundaris o en forma d'energia mecànica).

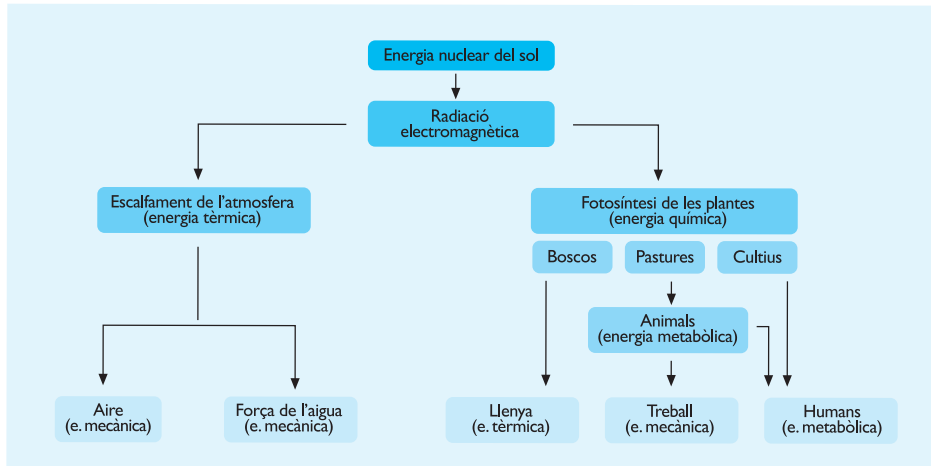
A l'aprofitament biològic de l'energia solar s'ha d'afegir, també, l'aprofitament mecànic directe fruit de l'escalfament de l'atmosfera. El vent i la força motriu de l'aigua es converteixen en altres fonts d'energia mecànica per a les societats agràries.

Aquestes societats són sostenibles, des del punt de vista energètic, entre altres raons perquè l'energia que utilitzen —procedent del sol— no generarà un increment d'entropia significatiu, ja que el consum d'energia acumulada és minso i de períodes curts: les collites són anuals, el ramat no passa dels 20 anys i els boscos en explotació tenen un període de 100-125 anys, i aquest és el màxim energètic.

Per altra banda, el radi d'acció que permet tenir un balanç energètic positiu és curt, ja que en aquest balanç hi entra també el transport; és a dir, el cost en energia del transport no pot superar el contingut energètic dels materials transportats. En conseqüència, les rutes són curtes, tot i que les societats agràries s'han de repartir grans extensions. Les societats agràries formen una



Estructura del sistema agrari basat en energia solar



Font: Rolf, P. (2001), modificat per l'autor

mena d'arxipèlag amb un intercanvi relativament petit entre «illes d'escassetat» (Rolf, 2001).

Dit això, s'infereix que les característiques principals d'aquestes societats són, segons Rolf:

1. La dependència del territori.
2. La descentralització.
3. L'escassetat d'energia i de matèries primeres importants.
4. La tendència a situacions estacionàries.

Les societats agràries no van conèixer cap creixement continuat (Landes, 1998), tan sols es movien d'un estat d'equilibri a un

altre. Amb freqüència, les novetats tècniques i econòmiques, que puntualment reapareixien, van quedar frenades per l'escassetat d'energia i de combustible. D'aquí que el sistema agrari va tendir a un sistema estacionari que, no obstant això, podia oscil·lar entre nivells metabòlics diferents (Rolf, 2001).

Des del segle XVIII fins a l'actualitat, la societat fa un canvi —una ruptura amb el model anterior— de gran impacte ecològic i energètic. Els canvis han vingut, en bona part, de l'aprofitament i l'abast dels combustibles fòssils —recurs portador d'energia— i d'una forma de procedir orientada al seu aprofitament tant de manera tècnica com social, cultural, econòmica i política. Al llarg del segle XVIII van tenir lloc algunes innovacions tècniques fonamentals que van possibilitar la posada en funcionament d'energies fòssils.

La vella base orgànica de l'economia es va substituir per una base mineral i les limitacions en la mobilitat es van superar amb el desenvolupament de la màquina de vapor.

L'aplicació de l'energia fòssil a la nova societat que neixia va suposar un canvi radical, entre d'altres, de l'agricultura mateixa, que trencava d'aquesta manera els limitants energètics que la caracteritzaven. En efecte, l'agricultura moderna que es basa en sistemes sota tensió o accelerats necessita molta energia, tant en la fixació de nitrogen —que energèticament és un procés car—, com en la formació d'ió fosfat a partir dels seus elements constituents. El fòsfor i el nitrogen són els elements més importants, els més escassos i, per això, limitants en la producció de la biosfera. S'ha d'afegir, també, l'ús de l'energia utilitzada en enginyers mecànics de labor agrícola, bombament d'aigua, etc., la qual cosa dona, tot plegat, un consum energètic superior a l'energia fixada per les plantes.

Per altra banda, amb la substitució de la fusta pel carbó es van guanyar superfícies per a aprofitaments alternatius, la qual cosa permetia uns nivells d'abastament i productivitat més elevats. Les superfícies hipotètiques de bosc que s'haurien d'utilitzar per obtenir la mateixa quantitat d'energia que proporcionava el carbó serien ingents. El poder

**El consum global d'energies fòssils
s'ha multiplicat quasi per mil des
de començaments
del segle XIX.**

calorífic d'una tona de carbó (30 MJ/kg) és equivalent a l'energia d'uns 5 m³ de fusta, la qual cosa equival al rendiment anual sostenible d'una hectàrea de bosc. El nou sistema energètic es desvinculava, per principi, de l'ús del territori, l'aprofitament del qual havia definit el sistema anterior.

En els darrers dos-cents anys s'ha produït un creixement explosiu en el consum d'energia. El consum global d'energies fòssils s'ha multiplicat quasi per mil des de començaments del segle XIX, la qual cosa representa una taxa de creixement anual calculada en un 3,5%. A escala mundial, actualment en un any es consumeix tanta energia fòssil com en tot el segle XIX.

El consum d'energia «sense límits» —el ritme de consum s'acomoda a un escenari on les reserves són limitades— ha transformat, pràcticament, la totalitat d'ecosistemes en el món, i posa en circulació, alhora, quantitats ingents de recursos naturals i de persones. Literalment, tot ha estat mobilitzat.

L'home és molt poderós en l'ús d'energia externa per moure materials, especialment sobre el plànol horitzontal. El transport horitzontal destrueix el mosaic d'àrees que podien tenir un desenvolupament independent.

L'home crea sistemes de control i amplificació de les vies d'energia externa, cada cop més potents. Estem canviant a gran velocitat i de manera accelerada tots els ecosistemes de la Terra, pertorbant-los sistemàticament d'una manera que admet una descripció sorprenentment breu: augmentant la taxa de renovació i disminuint la diversitat de la resta de la biosfera i accelerant l'oxidació de la necrosfera (Margalef, 1991). Això fa retornar al complex motiu de diversificació local (que caracteritzava una biosfera relativament madura), a una situació en la qual s'incrementen, en la mateixa biosfera, les característiques de procés dinàmic, que devora inevitablement molta informació, molta varietat natural acumulada.

L'acció de l'home permet reconèixer i analitzar de quina manera la destrucció i l'explotació de la natura s'expressen per una reinicialització contínua de les successions.

La nostra civilització realitza contínuament experiments a gran escala que podrien constituir els fonaments d'una ecologia de la pertorbació. L'explotació treu l'excés de producció, la qual cosa n'impedeix la capitalització local i frena l'avanç de la successió i el desenvolupament dels grups humans que en depenen. Hi ha una oposició fonamental entre successió i explotació. Aquesta relació s'ha de tenir present en tots els projectes de conservació i sostenibilitat.

La capacitat tecnològica, sobretot per consumir quantitats ingents d'energia, és de prou potència per alterar i modificar els grans sistemes de la Terra. En aquest sentit, un dels sistemes que avui rep un gran impacte és el sistema atmosfèric. El consum de grans quantitats de combustibles fòssils posa en circulació ingents masses de contaminants emeses a l'atmosfera. L'oxidació accelerada dels compostos reduïts de carboni, nitrogen i sofre, que havien estat acumulats a la necrosfera al llarg dels temps geològics, sembla que té conseqüències directes en l'anomenat canvi climàtic. En les regions temperada i freda, l'home degrada l'energia procedent de latituds baixes, de manera que la seva activitat se suma a l'efecte general de transport de calor en la direcció de l'equador als pols. Està en discussió —cada dia menys— si la natura pot compensar aquests desequilibris introduïts per l'home.

Les energies fòssils han possibilitat una expansió ràpida de la producció i el consum de sòl, de materials i d'aigua, i han permès que la mobilitat de béns i persones deixés de ser un factor limitant del desenvolupament. Les innovacions tècniques i industrials ja no tenen el limitant de l'escassetat energètica de l'etapa anterior.

Sense límits en el consum energètic, la carrera ha esdevingut frenètica, i ha donat cos a una estratègia per competir basada en el consum de recursos. Aquesta és una estratègia preocupant, ja que, des del punt de vista ecològic, podem afirmar que s'assenta en l'augment de l'entropia i això, naturalment, és insostenible.

Per altra banda, les restriccions que imposava l'energia a les societats agrícoles, que limitaven el volum dels assentaments humans,

entre d'altres, queden eliminades en el tercer règim metabòlic. En efecte, l'ús massiu de l'energia fòssil ha permès el desenvolupament dels sistemes urbans fins a límits insospitats. Avui, les ciutats en el món occidental apleguen, pràcticament, el 80% de la població en el seu si i, també, un percentatge similar en el consum de l'energia i els materials.

Amb l'aparició del cotxe, els sistemes urbans es poden desenvolupar en àrees cada cop més extenses, on l'espai deixa de ser un factor limitant per als mitjans de transport i, per tant, el creixement urbà. Amb el cotxe, també apareix la producció d'una tipologia de l'edificació: l'habitatge unifamiliar, que s'adapta a qualsevol terreny i que es «planta» de manera repetitiva en el territori substituint els conreus per edificacions. Amb el cotxe i l'habitatge unifamiliar apareixen les hipoteques i els crèdits personals perquè qualsevol persona pugui accedir a la nova ciutat i els nous estils de vida que això comporta.

Les conseqüències de la Revolució Industrial i el tercer règim metabòlic en els sistemes planetaris

Malgrat que la Terra ha tingut canvis ambientals significatius, s'ha mantingut estable en els darrers 10.000 anys. Aquest període d'estabilitat és conegut com l'*holocè*. Amb la Revolució Industrial i l'ús dels combustibles fòssils, els canvis en el planeta són suficientment importants com per entendre que l'estabilitat coneguda ha deixat d'existir. L'acció de l'home està suposant canvis en el medi de tal magnitud que alguns autors han anomenat aquesta etapa *antropocè*¹, com si fos una nova era.

Sense l'acció de l'home, l'*holocè* hauria pogut durar uns quants milers d'anys més amb els mecanismes de regulació de la natura mateixa. La capacitat de transformació de la tecnologia humana amb l'ús massiu de l'energia ens ha dut a determinats nivells d'impacte sobre les condicions de partida que, en alguns casos, ja es consideren irreversibles.

Alguns autors com Rockström *et al.*² proposen establir un marc basat en «fronteres

planetàries». Aquestes fronteres defineixen fins on pot arribar l'acció humana en relació amb els sistemes planetaris i els seus processos i subsistemes biogeogràfics. Els sistemes complexos de la Terra responen lentament als canvis; no obstant això, hi ha excepcions. Alguns subsistemes reaccionen de manera no lineal, de vegades abrupta, i són particularment sensibles a determinats llindars de certes variables clau, fins al punt que anuncien conseqüències desastroses per a l'espècie humana.

Tot i que hi ha algunes variables que no tenen llindars encara prou definits —per desconeixement—, l'equip de Rockström ha identificat processos planetaris amb canvis ambientals inacceptables i els ha associat llindars que no s'haurien de depassar.

En alguns casos s'haurien de cercar mesures per retornar-los a uns valors propers a l'era anterior per tal d'assegurar l'estabilitat i, per tant, el futur.

Segons els autors citats, de les variables analitzades n'hi ha tres que depassen els llindars fixats, la qual cosa crea incertituds i conseqüències més o menys estudiades: el canvi climàtic, la pèrdua de biodiversitat i els canvis en els cicles del nitrogen i el fòsfor.

Les fronteres per al clima es basen en dos llindars crítics: la concentració de diòxid de carboni, que no hauria de depassar les 350 parts per milió en volum, i la «força de radiació», que no hauria d'excedir 1 watt per metre quadrat sobre els nivells preindustrials. Transgredir aquests límits incrementa els riscos d'un canvi climàtic irreversible, com ara el desgel dels pols, l'augment dels nivells del mar o l'impacte catastròfic sobre els sistemes naturals i agrícoles.

En l'era de l'antropocè la pèrdua de biodiversitat s'ha accelerat massivament. Els registres fòssils demostren que les ràtios d'extinció d'espècies marines eren de 0,1 a 1 extinció per milió d'espècies i per any. Per als mamífers s'avalua entre 0,2 i 0,5 extincions per milió d'espècies per any. Avui, la ràtio d'extinció d'espècies s'estima entre 100 i 1.000 vegades més que el que es podria considerar natural. El canvi climàtic i les activitats humanes són la principal causa de l'acceleració.

Fronteres planetàries

Processos del sistema Terra	Paràmetres	Llindar proposat	Estat actual	Valor preindustrial
Canvi climàtic	(I) Concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera (parts per milió per volum)	350	387	280
	(II) Canvis en forçament radiatiu (watts per m ²)	1	1,5	0
Pèrdua de biodiversitat (terrestre i marina)	Ràtio d'extinció (nombre d'espècies per milió d'espècies per any)	10	> 100	0,1 - 1
Cicle del nitrogen (part de la frontera amb el cicle del fòsfor)	Quantitat de N ₂ atmosfèric fixat per a la seva utilització humana (milions de tones per any)	35	121	0
Cicle del fòsfor (part de la frontera amb el cicle del nitrogen)	Quantitat de P vessat als oceans (milions de tones per any)	11	8,5 - 9,5	-1
Destrucció de la capa d'ozó	Concentració d'ozó (en unitats Dobson)	276	283	290
Acidificació oceànica	Estat de saturació global mitjà	2,75	2,90	3,44
Consum global d'aigua dolça	Consum humà d'aigua dolça	4.000	2.600	3,44
Canvis en l'ús de la Terra	Percentatge de superfície global convertida en conreus	15	11,7	Baix
Concentració atmosfèrica d'aerosols	Concentració total de partícules a l'atmosfera, amb base regional		Sense determinar	
Contaminació química	Per exemple, quantitat o concentració de contaminants orgànics persistents, plàstics, tòxics endocrins, metalls pesants i residus nuclears emesos al medi ambient global, o els efectes en els ecosistemes i en el funcionament del sistema Terra		Sense determinar	

Nota: Els llindars marcats en ja han estat depassats.

Font: Rockström, J. et al. (op. cit)

La pèrdua de biodiversitat pot comportar canvis en la resiliència dels ecosistemes a causa, entre d'altres, de la interrelació i la interacció amb altres llindars planetaris que suposa aquesta pèrdua. Una pèrdua de biodiversitat pot representar, per exemple, un increment de la vulnerabilitat dels ecosistemes terrestres i aquàtics amb conseqüències sobre el canvi climàtic o l'acidificació dels oceans.

Els processos humans converteixen en forma reactiva al voltant de 120 milions de

tones de N₂ per any des de l'atmosfera; una quantitat superior a la del conjunt d'efectes combinats de tots els processos terrestres. A escala planetària, la quantitat de nitrogen i fòsfor activat pels humans és tan gran que pertorba significativament els cicles globals d'aquests elements tan importants. Bona part d'aquest N₂ reactiu contamina l'aigua dolça i els litorals marins, s'acumula en els sistemes terrestres i s'afegeix a l'atmosfera en fórmules químiques diferents. L'òxid nítrós és un dels gasos importants amb efecte d'hivernacle.

Població mundial a l'any 1950, 1975, 2009 i 2050, segons diferents variants

Principal zona o regió	Població (milions)			Població l'any 2050 (milions)			
	1950	1975	2009	Baixa	Mitjana	Alta	Constant
A escala mundial	2.529	4.061	6.829	7.959	9.150	10.461	11.030
Regions més desenvolupades	812	1.047	1.233	1.126	1.275	1.439	1.256
Regions menys desenvolupades	1.717	3.014	5.596	6.833	7.875	9.022	9.774
- Països menys desenvolupats	200	357	835	1.463	1.672	1.898	2.475
- Altres països menys desenvolupats	1.517	2.657	4.761	5.369	6.202	7.123	7.299
Àfrica	277	419	1.010	1.748	1.998	2.267	2.999
Àsia	1.043	2.379	4.121	4.533	5.231	6.003	6.010
Europa	547	676	732	609	691	782	657
Amèrica Llatina i el Carib	167	323	582	626	729	845	839
Amèrica del Nord	172	242	348	397	448	505	468
Oceania	13	21	35	45	51	58	58

Font: Divisió de Població del Departament d'Assumptes Econòmics i Socials de la Secretaria de les Nacions Unides (2009). Word Population Prospects: The 2008 Revision. Highlights. New York: United Nations.

Les ingents quantitats de N₂ reactiu erosionen la resiliència de sistemes terrestres considerables.

El creixement de la població mundial i l'ús massiu de recursos deslocalitzats

Els darrers estudis que cerquen saber el nombre de pobladors del planeta que podrien ser alimentats —suposant un repartiment equitatiu dels aliments— fent ús de les noves tècniques de producció agrícola —transgènics³— i de tot el sòl conreable, donen una xifra al voltant dels 12.500 milions d'habitants. Actualment, la població mundial és d'uns 6.829 milions de persones. La corba tendencial de creixement es manté en el temps i és probable que s'arribi a la xifra de 12.500 milions d'habitants en un període inferior als 60 anys, és a dir, en menys de tres generacions.

Tenim, doncs, una xifra límit d'habitants humans que poden ser alimentats al planeta, la qual s'afegeix a altres xifres limitants, com ara l'energia fòssil, l'aigua dolça, etc. Totes aquestes xifres poden ser discutibles, ja que els progressos de la ciència i la tecnologia poden crear nous escenaris de producció encara més eficients, o la recerca de nous pous de petroli, gas o carbó, poden aportar

nous volums de combustibles fòssils que s'afegirien a les reserves conegudes. Tant se val. Quants anys més podem allargar els límits per mantenir una població mundial una mica més elevada? O també, quant temps més podem mantenir les nostres organitzacions —sobretot les del primer món— amb reserves de combustibles fòssils conegudes o per descobrir? Les respostes més optimistes ens poden oferir l'allargament d'uns quants anys més, potser d'unes quantes generacions més. A una escala de temps històric, les generacions comptades en un o un altre escenari són «ridícules». El futur, per una raó o per una altra, s'ha constret.

Per altra banda, els recursos de tota mena viatgen d'una part a l'altra del món sense que importi quines en són les característiques; fins i tot, ho fan els productes moridors: només cal anar al mercat, a qualsevol època de l'any, per trobar cireres argentines, préssecs xilens o kiwis australians.

És bastant probable que, a mesura que ens aproximem als límits —tant se val de quin factor—, les incertituds de tota mena augmentin i, així, es limitin els moviments de recursos bàsics. És previsible que augmentin les tensions entre territoris i, com en un cercle viciós, també augmentin les incertituds.

¹ Crutzen, P.J. «Geology of Mankind, *Nature*» 415, 2002.

² Rockström, J. et al.: «Planetary Boundaries: A safe operating space for humanity», *Nature* 461, 24 de setembre del 2009.

³ En aquest article no s'entra a valorar la bondat o no de l'ús dels vegetals transgènics i el possible impacte sobre la salut i els ecosistemes.

L'ús massiu d'energia fòssil i la tecnologia han fet possible la globalització dels recursos. El panorama que s'albira en un futur pròxim no garanteix que els recursos viatgin pel món com ho fan ara; és més, ja hi ha països que acaparen recursos estratègics i és probable que aquesta pràctica s'estengui. En la mesura que aquests recursos apuntin a xifres crítiques, les dificultats de moviment augmentaran.

Se sap que el primer que es perd en un sistema quan hi ha un curtcircuit de matèria i energia és l'organització, i les organitzacions més complexes que ha creat l'home són les seves ciutats.

Com s'ha dit, fins a l'arribada del tercer règim metabòlic, el moviment de materials era limitat i les comunitats mantenien les seves organitzacions, principalment, amb recursos locals. És cert, però, que el nombre de pobladors i la complexitat de les organitzacions urbanes eren limitats. Amb el tercer règim metabòlic, el moviment de persones i recursos es globalitza. L'extensió de la lògica del capital arriba de manera centrífuga a l'últim racó del món.

Entenc que en el futur no s'ha de renunciar als avenços aconseguits amb el tercer règim metabòlic i que el nou règim ha de compaginar l'augment de la complexitat urbana amb la realitat dels recursos limitats i renovables, i amb la necessitat de respectar la capacitat de càrrega dels ecosistemes.

Cap a un nou règim metabòlic

Tots els sistemes complexos en la natura — ja siguin individus o ecosistemes— han basat la seva pervivència en la maximització de l'entropia en termes d'informació, o dit d'una altra manera, fent cada cop més eficient la relació entre el consum de recursos —entre ells, l'energia— i l'organització obtinguda pel sistema. Per exemple, l'home, que ha organitzat el sistema més complex que coneixem, necessita una potència energètica equivalent a una bombeta de 120-150 watts per desenvolupar les funcions de pensar, treballar, moure's, estimar, etc. Un cotxe mitjà té una potència equivalent, només per moure's, de 73 kW, és a dir, més de 600 ve-

gades l'energia que necessita un ésser humà per realitzar la totalitat de les seves funcions. Aquesta ineficiència de l'artefacte principal del model actual de mobilitat s'estén als diferents models i fluxos metabòlics que structuren i fan funcionar els sistemes urbans.

Els creixents consums de recursos en general i d'energia en particular en els sistemes urbans no obtenen, com a contrapartida, nivells d'organització urbana proporcionals al consum de recursos. Al contrari, la relació entre consum de recursos per unitat d'informació urbana organitzada amb la manera actual de produir ciutat va minvant a mesura que creix la ciutat.

La relació entre consum de recursos i organització urbana, la podríem expressar amb el quocient E/H , on E és l'expressió del con-

sum de recursos sintetitzat en el consum d'energia primària —l'energia tot ho travessa— i H expressa el valor de l'organització urbana, també anomenada complexitat urbana. Actualment, el quocient aplicat als sistemes urbans va augmentant el valor sense parar; i manifesta cada cop més el grau d'ineficiència de les nostres ciutats, ja que la quantitat d'energia que es requereix per mantenir una unitat d'organització urbana és cada cop més alta. Això és així perquè la lògica econòmica i els mecanismes per competir entre territoris estan basats en el consum de recursos —augment de la E —, que posa cada any quantitats creixents de sòl, ciment, materials, aigua i energia en el mercat. Aquesta és la base de la insostenibilitat, que requereix explotar els ecosistemes de la Terra i pertorbar-los fins a la seva sobreexplotació per obtenir aquesta ingent quantitat de recursos.

.....

**Tots els sistemes complexos en la natura —
ja siguin individus o ecosistemes— han
basat la seva pervivència en la
maximització de l'entropia en termes
d'informació.**

.....

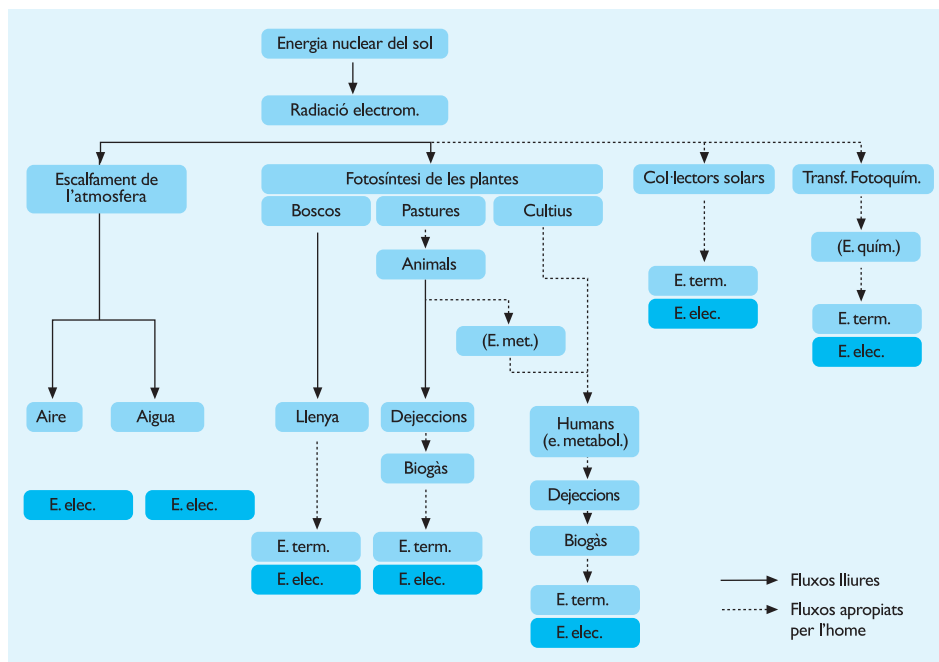
Dirigir el funcionament i l'organització dels nostres sistemes urbans cap a processos més sostenibles suposa canviar d'estratègia i aconseguir uns valors de H creixents i uns valors de E decreixents. Els valors cada cop més petits de la funció E/H indiquen que el procés de canvi dels sistemes urbans s'adreça cap a la sostenibilitat, i fa que la funció esmentada es manifesti com la funció guia per a la sostenibilitat.

El canvi d'estratègia representa, com s'ha dit, augmentar el valor de H , és a dir, augmentar el valor de l'organització urbana, la qual expressa el grau de diversitat o complexitat territorial que manté un determinat nucli urbà. La H , calculada com la diversitat de persones jurídiques —activitats econòmiques, socials i institucionals— radicades en el sistema urbà, és l'expressió sintètica de les relacions potencials entre elles i de l'acumulació de coneixement que aquest sistema urbà posseeix. De fet, adoptar un augment de l'organització urbana com a estratègia per competir, i incorporar el valor afegit que aporten les activitats telemàtiques —TIC i altres—, permet avançar cap al model de ciutat del coneixement i, en conseqüència, en l'estratègia per competir basada en la informació i no en el consum de recursos.

Aconseguir valors de E decreixents en el procés cap a la sostenibilitat és una condició necessària però no suficient. La suficiència la dona, no tant el valor del consum de E , sinó el grau d'entropia que aquesta genera i la seva reducció. La disminució de l'entropia generada per la E es fonamenta en dos aspectes diferents: un està relacionat amb aquella E que no incrementa l'entropia al sistema general —l'energia renovable procedent del sol—, i l'altre, amb un ús de la E que genera les perturbacions —entropia— «justes» en els sistemes de suport —ecosistemes de la Terra— per mantenir la seva renovabilitat.

El nou règim metabòlic es fonamenta, doncs, en l'eficiència, reduint els valors guia, i en l'entropia generada, tant de l'energia consumida com de la seva incidència —exploitant recursos o impactant amb contaminació—, en els sistemes que suporten les nostres organitzacions sense importar l'escala —atmosfera, mars i oceans, i ecosistemes terrestres.

Estructura del metabolisme energètic basat en el sol



Font: BCNecologia

Aquestes són les bases de l'estratègia cap a la sostenibilitat dels sistemes urbans: aconseguir nivells de competitivitat creixent de les nostres ciutats i àrees metropolitanes, augmentant el grau de complexitat urbana i la funcionalitat dels sistemes urbans, i reduint alhora el consum d'energia per aconseguir-ho i el nivell d'entropia generada.

Cap a l'autosuficiència del metabolisme urbà

Entenc que l'única manera de reduir les incertituds que planen sobre nosaltres i les nostres organitzacions és augmentar la nostra capacitat d'anticipació, i aquesta és més efectiva si ens centrem en les ciutats, que són les organitzacions més complexes que tenim. Com ja s'ha dit, el futur depèn de com organitzem, a partir d'ara, els sistemes urbans del planeta, sobretot els sistemes urbans del primer món.

Augmentar la capacitat d'anticipació vol dir, per al metabolisme urbà, canviar el procés centrígraf actual per un altre de centrípet que, com si fos un arbre, capta l'energia que ha de menester per mantenir-ne l'organització, el creixement i la complexitat; capta l'aigua

que necessita per al seu desenvolupament i fa ús dels recursos materials propers — locals —, reutilitzant bona part dels seus propis residus —branques, fulles, etc.— un cop transformats pels organismes sapròfits.

Si una ciutat és capaç de mantenir-se organitzada i inclús créixer prenent el mínim possible dels fluxos d'energia, materials i aigua que tard o d'hora es convertiran en factors limitants de l'organització de les nostres ciutats, les possibilitats de garantir el seu futur i dels qui hi viuen augmenten i les incertituds que acompanyen els escenaris insostenibles abans apuntats es redueixen. La generalització —les ciutats en el seu conjunt— d'un metabolisme urbà que cerca l'autosuficiència també redueix les incertituds, en aquest cas a escala global, ja que la dependència de recursos escassos disminueix i, alhora, els conflictes que l'acompanyen.

Cercar l'autosuficiència vol dir, també, no depassar la capacitat de càrrega dels sistemes que suporten l'organització urbana, i permetre que els ecosistemes puguin mantenir la seva capacitat de renovació, que ha de mantenir, al seu torn, l'organització urbana.



Avui el factor que més disfuncions genera en els sistemes urbans és, sens dubte, el model de mobilitat imperant.



Per assolir l'autosuficiència cal desenvolupar processos combinats que estalviïn recursos i esdevinguin més eficients i, també, que generin energia renovable per mantenir l'organització urbana.

Per reduir la E cal desenvolupar una estratègia que, a manera de «nines russes», vagi articulant models de diferent escala que «s'abracin» i siguin coherents entre ells, adreçats a reduir el consum de recursos, entre d'altres.

El model territorial que permet reduir significativament el consum de recursos és aquell que proposa que el camp —i la natura— sigui més camp i la ciutat més ciutat. Aquest és un model que s'ha desenvolupat de manera sostenible en les nostres latituds durant segles, i ha creat un mosaic de conreus, pastures, forests i connectors —marges, séquies, rierols, etc.—, que manté en valors elevats la biodiversitat i, dins el mosaic, la ciutat delimitada i amb unes connexions amb l'exterior ordenades i de reduït impacte sobre els ecosistemes. El model busca obtenir la màxima biodiversitat i, alhora, la màxima complexitat urbana.

El model urbà que acompanya aquest model territorial és el de la ciutat compacta i complexa⁴, que és eficient en el consum de recursos a causa de la seva morfologia i la funcionalitat que li és pròpia.

Al model de ciutat l'acompanya la concepció d'un nou urbanisme, que supera l'actual que projecta un plànol en superfície, i projecta a escala urbanística tres plànols: un en alçada, un en superfície i un altre subterrani. Amb els tres plànols i un panell d'indicadors, que de manera intencionada cerquen reduir el consum de recursos, s'omple de contingut el model de ciutat compacta i complexa.

Avui el factor que més disfuncions genera en els sistemes urbans és, sens dubte, el model de mobilitat imperant. Aquest model és el causant de la major part del consum d'energia urbà i de l'impacte contaminant, inclosa l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle. Si es vol reduir el consum de recursos i l'impacte contaminant lligats al model

de mobilitat, cal buscar-ne un de nou que li retorni a l'espai públic els usos i les funcions que l'actual li ha fet perdre. Un model de mobilitat basat en superilles —una nova cèl·lula urbana, que s'acomoda al flux motoritzat com l'illa ho fa per als qui van a peu— permet alliberar entre el 60% i el 70% de l'espai dels carrers avui ocupats pel cotxe. Permet reduir un nombre significatiu de vehicles circulant per un canvi de model —un nou model de mobilitat no és res més que un canvi en les proporcions dels viatges en cada mitjà de transport— que suposa, alhora, una reducció en el consum d'energia i d'emissions a l'atmosfera, de soroll, etc.

Podríem continuar amb altres peces⁵ de l'escacquer urbà: l'habitatge, la gestió de residus, d'aigua, etc., que, com les altres peces abans esmentades, busquen reduir el consum de recursos i l'impacte contaminant. El conjunt de models i actuacions citats van adreçats a l'estalvi i l'eficiència. Ara, caldria cercar solucions per generar l'energia que, malgrat que sigui inferior, s'haurà de menester per mantenir organitzat el sistema urbà. Una energia que, si és possible, hauria de ser renovable. Per il·lustrar aquest apartat faré esment a un estudi per a Sant Sebastià desenvolupat per l'Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona. Un dels objectius de l'estudi ha estat aconseguir un escenari d'autosuficiència en energia, aigua, aliments, etc., per al futur de Sant Sebastià. Vegem algunes de les propostes i el seu abast:

1. Cap a l'autosuficiència energètica de Sant Sebastià

Es proposa que el municipi assumeixi el grau competencial necessari per assegurar l'accés a l'energia, com a mínim per assegurar les funcions bàsiques municipals en el transport públic, l'espai públic, les dependències municipals, etc. Per a aquest fi, es proposa la creació d'un banc d'energia municipal (BEM). El BEM es dotaria de les fonts d'energia municipals disponibles com a actiu energètic, i es podria, a més, gestionar la compravenda d'energia al mercat. A l'estudi *Estrategia de Sostenibilidad para Donostia-San Sebastián* s'inclouen els models i les mesures dirigits a millorar l'eficiència i l'estalvi, que en aquest article no es detallen.

⁴ Vegeu Rueda, S. *Ecologia urbana: Barcelona i la seva regió metropolitana com a referents*, Beta Editorial, 1995, i Rueda, S. *Barcelona, ciutat mediterrània, compacta i complexa: Una visió de futur més sostenible*, ed. Ajuntament de Barcelona, 2003.

⁵ Per aprofundir en les diverses peces i models urbans adreçats a reduir el consum de recursos, entre d'altres, vegeu Rueda, S. *Libro verde de medio ambiente urbano*, ed. Ministerio de Medio Ambiente, 2007.

Els resultats de les mesures es resumeixen a la taula i el gràfic següents:

L'objectiu principal del BEM és assegurar, mitjançant la producció d'energia local, el funcionament dels serveis i els equipaments públics, així com el consum bàsic del sector domèstic. En un escenari —on s'apliquen criteris de màxima eficiència i estalvi— sense data (20XX), es proposa proveir d'energia local la demanda energètica global del municipi excepte un 15% del transport privat.

El potencial de captació en el municipi de Sant Sebastià, tenint en compte el conjunt de fonts energètiques analitzades —algunes fonts han estat descartades, com l'energia eòlica i la biomassa forestal—, es mostra en el gràfic següent:

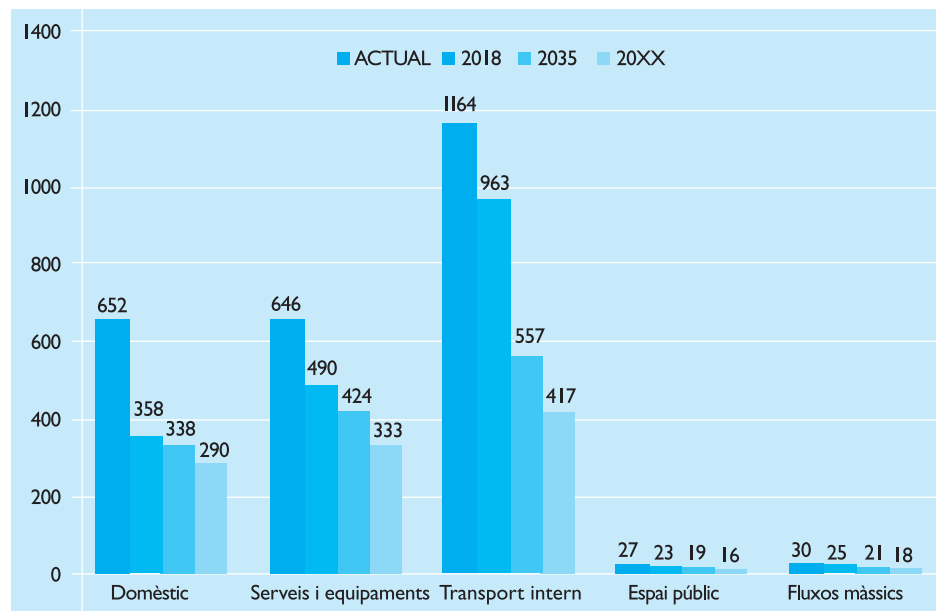
Es proposa implantar quatre parcs de producció d'energia elèctrica procedent de les ones —undimotriu—; substituir els tancaments de façana —finestres, balcons i galeries— actuals per una tecnologia en fase de recerca que incorpora la producció d'energia en els marcs del tancament i la captació i el transport cap als marcs, en el vidre; implantar sistemes de captació fotovoltaica en àrees de baix impacte visual: àrees de servitud en infraestructures de transport, àrees de servei, etc.; maximitzar l'energia tèrmica *in situ*; generar energia elèctrica i tèrmica de la incineració de RSU (residus sòlids urbans), RICIA (residus industrials, comercials i institucionals assimilables) i llots; produir biogàs per al transport públic, l'origen del qual sigui la matèria orgànica de residus urbans; recollir els olis domèstics i de l'hostaleria; captar la biomassa industrial i urbana i, finalment, generar energia en centrals minihidràuliques.

En el gràfic es desglossen les demandes energètiques en l'escenari 20XX de màxima eficiència energètica i de màxima captació local. Amb l'energia generada es cobriria la totalitat de les demandes projectades, restant, com dèiem, un percentatge d'un 15% del transport privat que podria ser, tranquil·lament, substituït per altres mitjans de transport.

Demandes finals i reducció segons escenaris

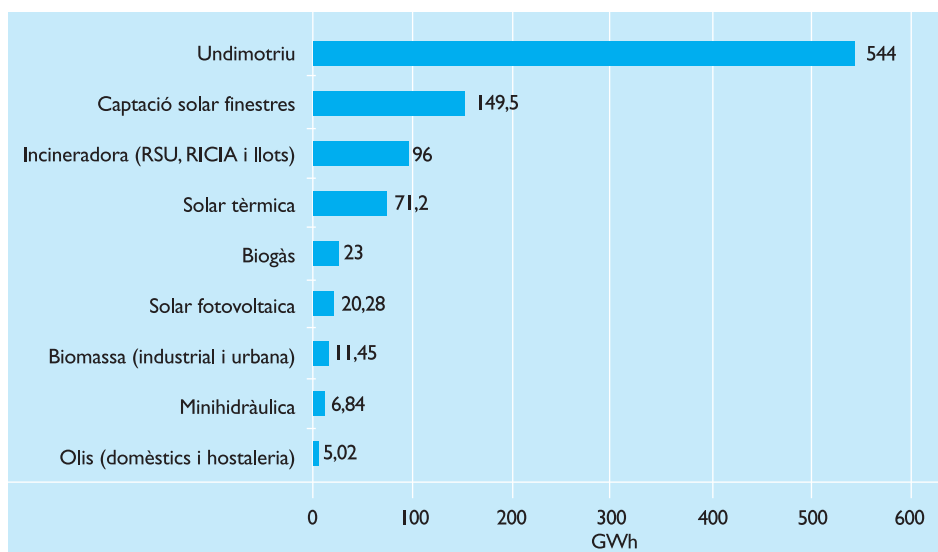
	Actual	Escenari 2018	Escenari 2035	Escenari 20XX
Demanda final total (GWh)	2.518	1860	1.360	1.074
Demanda final (teps/persona)	1,19	0,88	0,64	0,51
Reducció respecte a l'escenari actual		26%	46%	57%

Desglossament de tipologies de demanda segons escenaris



Font: BCNecologia

Potencial de captació local en l'escenari 20XX



Font: BCNecologia

2. Cap a l'autosuficiència hídrica en un escenari de canvi climàtic

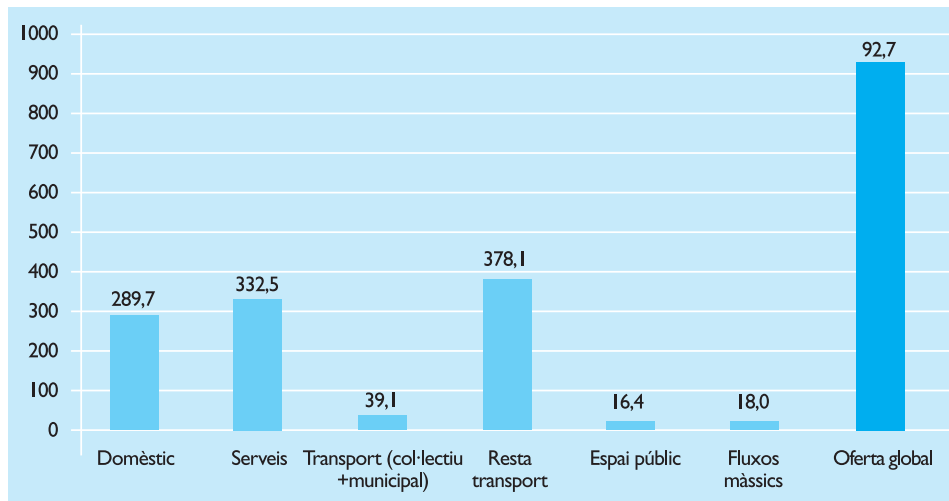
Diferents informes avisen de canvis significatius en el clima de la cornisa cantàbrica. L'informe *El cambio climático en España. Estado de situación* alerta de canvis notables en els escenaris de precipitació: «Els escenaris de canvi de la precipitació anual presenten, generalment, un aspecte menys regular que els de temperatura. Així: el darrer terç del segle (2070-2100) el contrast entre escenaris d'emissions baixes i altes és molt més gran. En les regions de la meitat nord es produïrien reduccions en la mitjana de precipitació anual de fins al 25% en l'escenari d'emissions altes (A1), i es mantindria per sota del 15% en l'escenari baix (B1)⁶».

Per tal d'afrontar el pitjor escenari, es proposen diferents actuacions enquadrades en tres etapes. En les dues primeres etapes es proposa fer ús de l'efluent de l'EDAR de Loiola, com a font de compensació en l'aprofitament de pluvials en el subministrament d'aigües no potables, per a la neteja de l'espai públic, el reg de parcs i jardins i el subministrament de fonts ornamentals, així com en el desenvolupament de l'agricultura urbana a petita escala.

La tècnica de regeneració prevista ha estat l'electrodiàlisi reversible. Els consums considerats representen una mica més de 2 hm³/any, xifra que supliria l'increment de demanda previst per a l'any 2030.

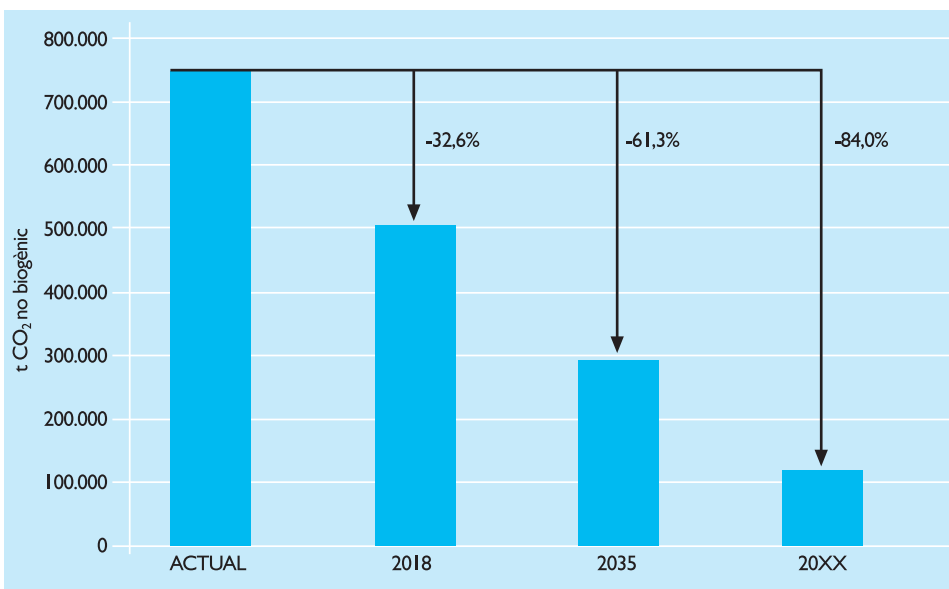
⁶ « *El cambio climático en España. Estado de situación* ». Informe elaborat per un grup d'experts i lliurat al president de govern espanyol el novembre del 2007. La traducció d'aquest fragment és de S.Rueda.

Demandes energètiques finals (GWh) i oferta local (GWh) en l'escenari 20XX



Font: BCNecologia

Emissions totals de CO₂ per als quatre escenaris i reducció respecte a l'actual



Font: BCNecologia

Les abundants i estables precipitacions converteixen l'aigua de pluja en una font d'elevat potencial de gestió. Hi ha, però, un parell de factors que ho condicionen: la tipologia de l'edificació de cobertes inclinades i la topografia que complica la conducció d'aigua.

Un model que podria salvar aquests inconvenients consisteix en la construcció de cisternes destinades a captar l'aigua procedent de les cobertes dels edificis ubicats en cotes altes, a fi i efecte d'utilitzar-la per gravetat en edificacions que es troben en cotes baixes. Les zones d'aprofitament haurien de correspondre a noves urbanitzacions a causa de la necessitat de crear dobles xarxes de subministrament.

En la tercera etapa s'executen les obres que han de donar solució als problemes de dèficit generats pel canvi climàtic en fase avançada. Les actuacions proposades per a aquesta etapa són:

- Haver desenvolupat les dues primeres etapes.
- Reduir les taxes de consum i les pèrdues en xarxes, incloent-hi el mesurament de tots els subministraments de manera individual.
- Connectar el riu Urumea amb l'embassament Añarbe, mitjançant una derivació per gravetat.

En el quadre adjunt es resumeixen el conjunt de mesures del model proposat i en els esquemes següents se sintetitza gràficament el cicle hídric per a l'escenari actual i un escenari d'altres emissions.

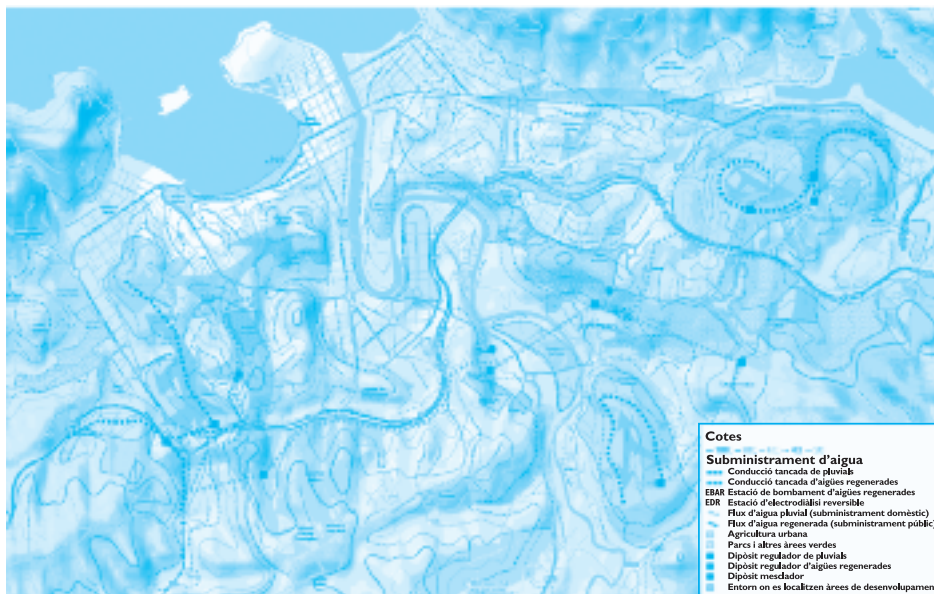
Un model de gestió de residus que potencii les 3R

Per reduir la generació de residus es proposa l'elaboració d'un pla de prevenció de residus que estabilitzi la generació de residus en 1,42 kg/h./dia per càpita com a objectiu mínim. Entre les actuacions es fomenta l'autocompostatge, la reparació i la reutilització, i la compra i el consum responsables.

S'incrementa la recollida selectiva, que passa del 34% al 54%, i així s'acomoda el sistema de recollida a les característiques del teixit urbà, implantant mesures fiscals i generalitzant la recollida selectiva de la matèria orgànica —tant domiciliària com de les activitats econòmiques— i implantant minideixalleries integrades en el teixit urbà.

La generalització de la recollida selectiva de la matèria orgànica obliga a reconsiderar el dimensionament de les plantes de tractament, ja que s'ha d'incrementar la capacitat de tractament de les plantes de compostatge i metanització —plantes ja previstes en el Pla de gestió de residus de Guipúscoa.

Plànol de les solucions de gestió integrada de fonts no convencionals



Font: BCNecologia

Resum del model proposat per a un escenari d'altres emissions i comparació amb el model de l'actual

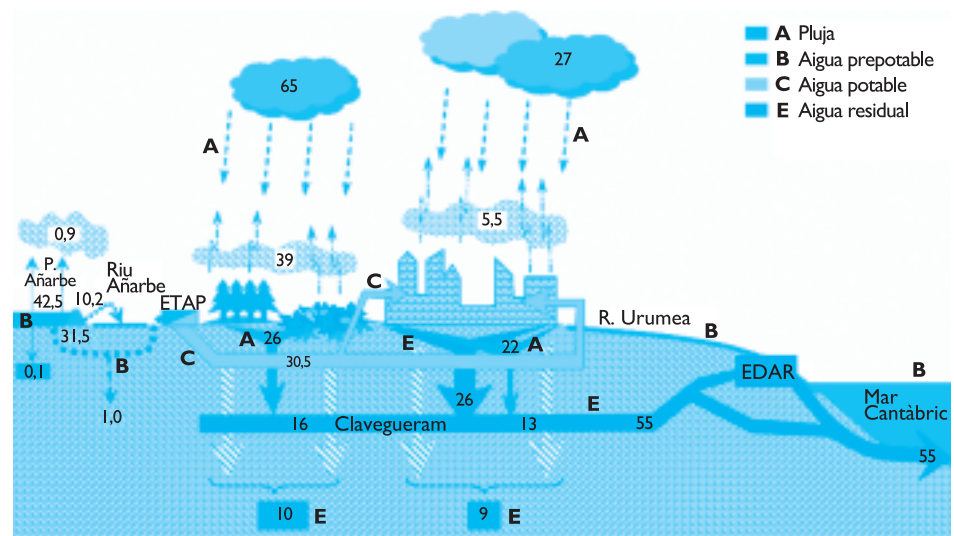
Concepte	Unitat de mesura	Actual	Futur	Comentaris
Població servida	Persona	308.000	344.000	Sant Sebastià + municipis
Sant Sebastià	Persona	185.000	206.455	
Altres municipis	Persona	123.000	127.545	
Demanda urbana d'aigua	hm ³ /any	30,5	32,5	Població + altres municipis
Increment de la demanda d'aigua	%	6,6		
Increment de població servida	%		11,7	Gairabé duplica l'anterior
Taxa mitjana del consum d'aigua potable	lpd	271	236	Reducció del 13%
Integració de fonts no convencionals	%	0,0	8,6	Pluja + aigües regenerades
Tipus de regulació de l'embassament d'Añarbe	S/unitats	Estacional	Hiperanual	
Escorrentia útil any sec (p=97%)	hm ³	41,0	21,0	Té en compte el canvi climàtic
Fonts no convencionals	hm ³	0,0	2,8	
Reserva hiperanual	hm ³	1,7	13,4	Conversió d'estacional a hiperanual
Transvasament Urumea	hm ³	0,0	8,0	Font incorporada en l'etapa II
Entrega total	hm³	42,7	45,2	
Demanda urbana bruta	hm ³	30,5	32,5	
Demanda ecològica	hm ³	10,2	10,2	
Pèrdues totals en l'embassament	hm ³	2,0	2,5	
Demanda total	hm³	42,7	45,2	
Embassament Añarbe	hm ³	42,7	34,4	Conversió d'estacional a hiperanual
Fonts noves i no convencionals	hm ³	0,0	10,8	Pluja + regenerades + derivació

Font: BCNecologia



Sant Sebastià pot aportar un percentatge d'autoabastament alimentari important que, en alguns aliments, hauria d'ampliar l'àrea per arribar al 100%.

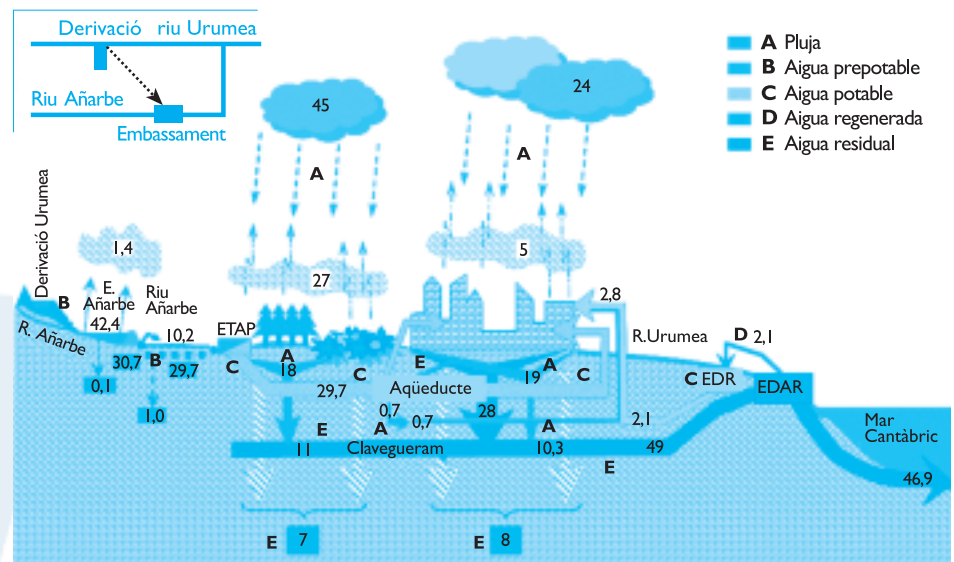
Cicle hidrològic urbà en les condicions actuals



Font: BCNecologia

Cicle hidrològic urbà en un escenari d'altres emissions, després d'aplicar totes les mesures proposades en aquest estudi

Esquema de derivació

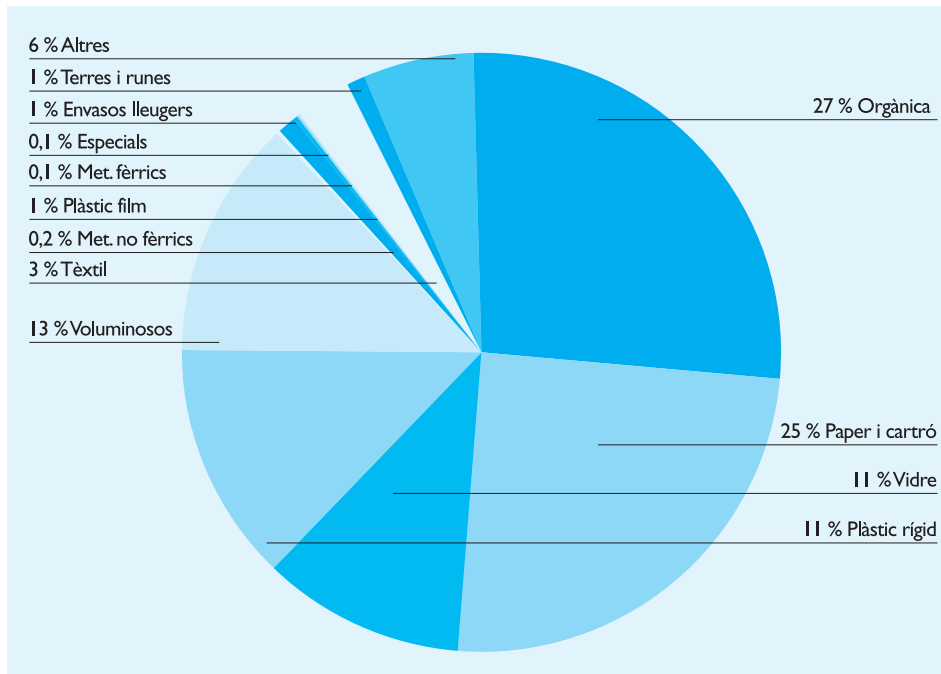


Font: BCNecologia

Per millorar la gestió de la fracció orgànica dels residus, es proposa la creació d'un banc de matèria orgànica que impulsi un segell de qualitat i potencii la codigestió anaeròbica d'altres fraccions orgàniques residuals que inclogui la fracció orgànica dels residus municipals i els residus agroalimentaris, les dejeccions ramaderes i els llots de depuradora. La digestió anaeròbica proporciona biogàs per produir electricitat o, també, per a ús del transport públic.

Amb el redimensionament de les plantes de compostatge i metanització, la incineradora s'ha de redissenyar per cremar un residu amb un PCI (producte de combustió incompleta) més elevat, a causa d'una sostracció del flux residual de quantitats significatives de fracció orgànica humida. Com a pas previ a la incineració es preveu un tractament mecànic biològic on es recuperen metalls i altres fraccions residuals.

Càlcul de la composició dels residus



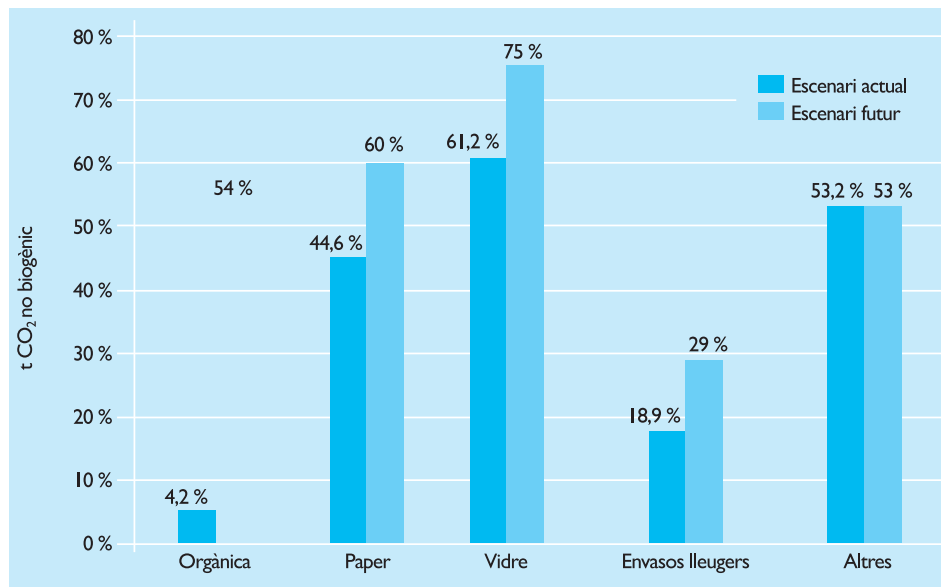
Font: BCNecologia

.....

Maximitzar l'entropia en termes d'informació, és la «lleï» que imposa la natura per garantir el futur de les espècies.

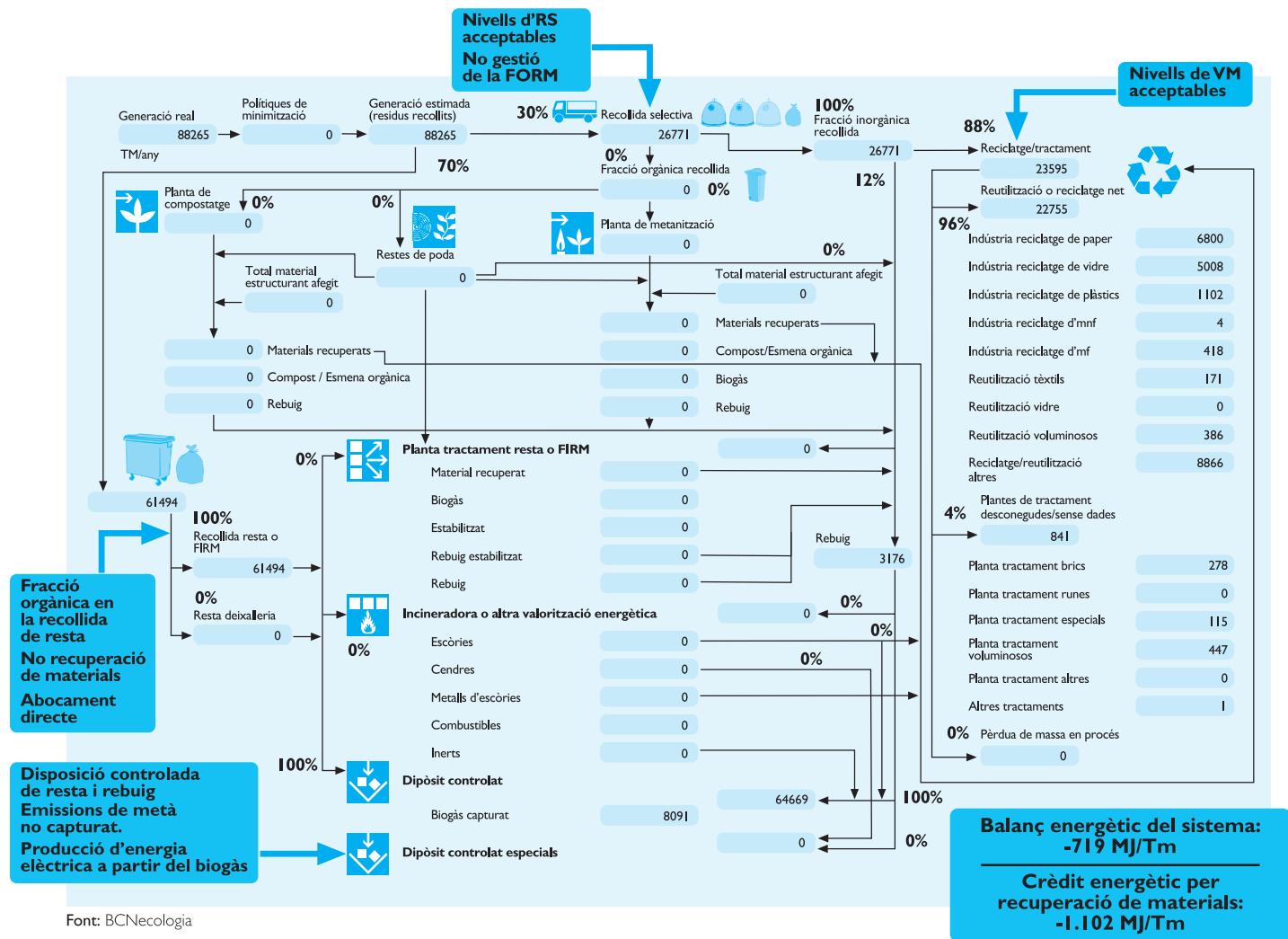
.....

Nivells de recollida selectiva neta per fraccions



Font: BCNecologia

Esquema de balanç de massa a l'escenari actual: àmbit domiciliari



Font: BCNecologia

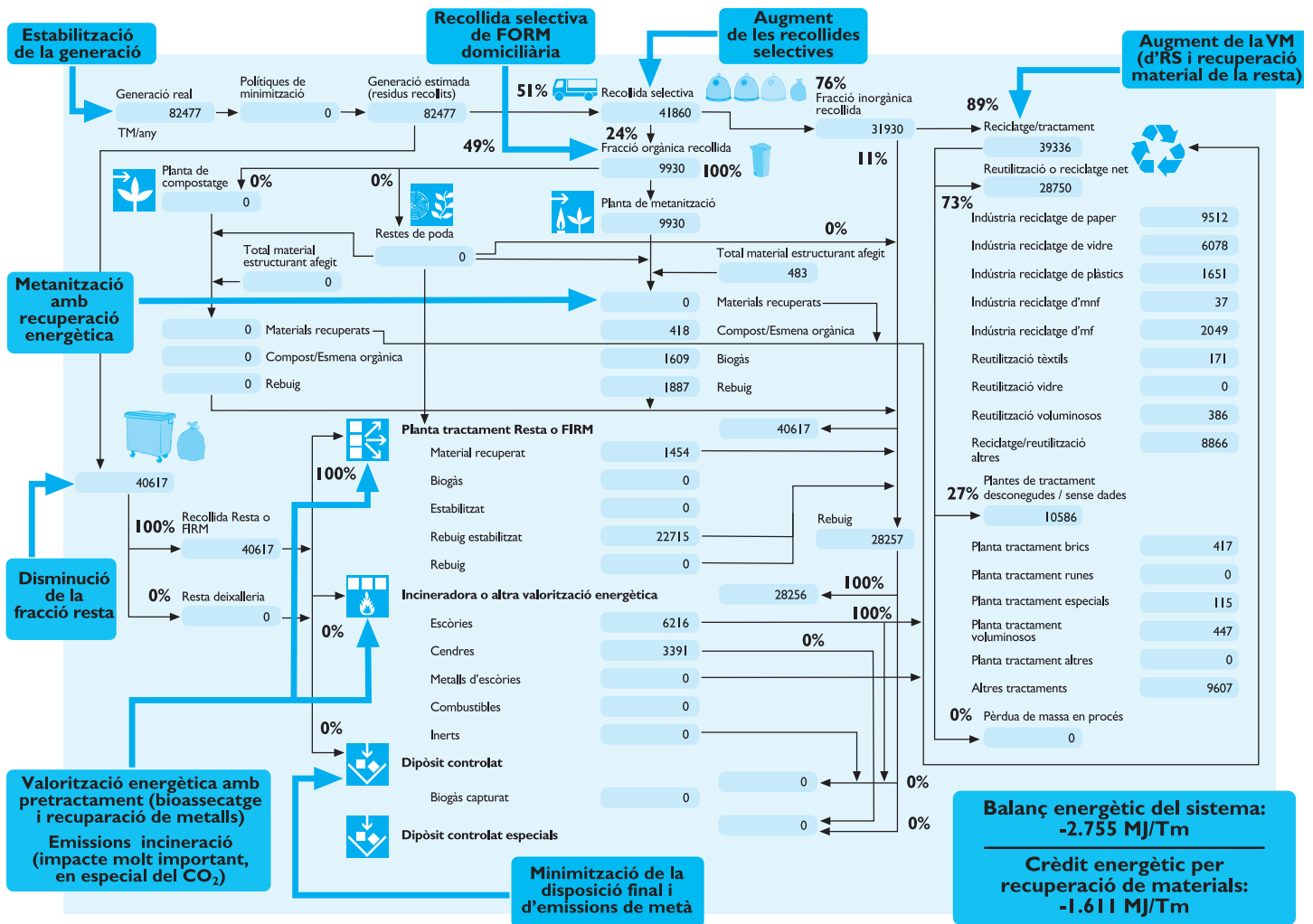
Per a la implantació d'aquest nou model de gestió de residus es preveuen altres actuacions de caràcter fiscal-econòmic, d'educació, organitzatives i legals que no s'expliciten en aquest article.

En els esquemes següents es mostren els balanços, actual i futur, de massa i energètic, de la gestió de residus urbans. El nombre en negatiu dels balanços energètics vol expressar la quantitat d'energia «recuperada» o evitada.

Cap a l'autosuficiència alimentària de Sant Sebastià amb recursos locals

El mercat d'aliments no s'ha circumscrit mai als recursos d'àmbit municipal, ja que, com és natural, molts municipis estan ubicats en territoris on solen mancar recursos alimentaris bàsics, per exemple, peix en ciutats d'interior. Tot i això, BCNecologia ha realitzat per a Sant Sebastià un primer exercici per saber el potencial d'autoabastament que li podria proporcionar el territori d'àmbit municipal.

Esquema de balanç de massa a l'escenari futur: àmbit domiciliari



Font: BCNecologia

Els productes de la dieta que s'han tingut en compte en l'anàlisi són els que tenen un percentatge elevat de consum i, a més, per les característiques de l'entorn periurbà de Sant Sebastià, són susceptibles de potenciar la producció amb criteris de sostenibilitat.

L'estudi realitzat sobre les necessitats de productes hortícoles per subministrar a tota la ciutat i les dades de producció calculades a partir de les superfícies reals destinades a la producció mostren que l'abastament és d'un 3,86% i que, per arribar al 100%, es necessitaria destinar-hi més de 1.000 hectàrees, la qual

cosa obliga a ampliar l'estudi al potencial comarcal de producció.

Després de l'anàlisi de les imatges de l'àrea productiva potencial al municipi, seria factible triplicar els valors anteriors i arribar fins a un 13% d'autoabastament.

Sant Sebastià posseeix un gran potencial per produir carns de boví i oví mitjançant sistemes de pasturatge mixt en les més de 2.227 hectàrees de pastures naturals, praderies i prats, i pot arribar fàcilment al 100% de l'autoabastament per a aquest tipus d'aliments.

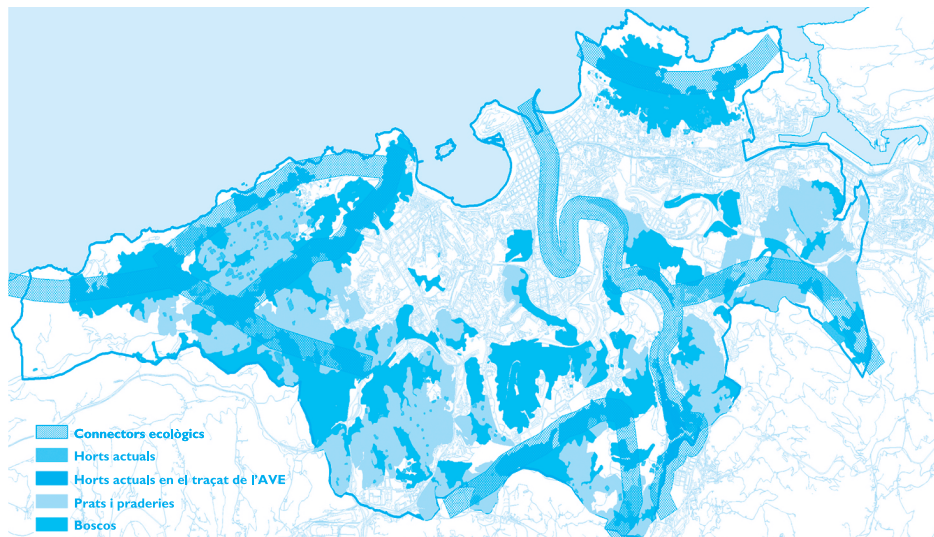


Els càlculs efectuats per a la producció de llet mostren que el 32% d'autoabastament és possible, però aquesta producció es basa en sistemes intensius a base de concentrats de pinso. L'anàlisi del potencial de producció de llet a través de pasturatge semiextensiu permetria una producció inferior però de més qualitat⁷. A més, la preservació de les zones de pastura amb producció mixta i rotativa permet mantenir les fronteres amb els boscos i les àrees de matoll. Aquestes fronteres poden albergar una alta diversitat d'avifauna —generalment zoòfaga—, que ajuda en l'estabilització de la fauna en camps de cultiu. Aquest tipus de fronteres són estables, madures i permanents i són les peces bàsiques per als connectors biològics.

Compatibilitzar les plantes de producció d'energia undimotriu —de les ones— amb l'aqüicultura és una oportunitat, ja que aquests parcs provoquen restriccions en el trànsit marítim i altres possibles usos. Però, en canvi, poden ser una oportunitat per regenerar àrees de pesca aportant espècies filtradores que estan a la base de la cadena tròfica i que serveixen d'atractors d'espècies de més interès comercial —llobarros, sargs i orades. Recuperar la biodiversitat pot incrementar fins a quatre vegades la productivitat pesquera i aconseguir que els ecosistemes siguin un 21% menys susceptibles a les fluctuacions causades per l'activitat humana i el medi ambient.

En els mapes adjunts es mostra la ubicació dels parcs de generació d'energia undimotriu. Un indret que cerca, a més de generar energia elèctrica, regenerar el calador de Mendizorrotza, avui exhaurit. La seva disposició davant del calador de Mendizorrotza pretén crear una reserva de cria que, unida a la planta d'aqüicultura, ha de potenciar la regeneració del calador.

Superfícies de boscos, pastures, praderies i pasturatges naturals i connectors ecològics.



Font: BCNecologia

Es calcula que un 25% del consum de peix i productes de la pesca solen ser mduscos. El consum anual de la població de la ciutat és de 1.350 t/any, que pot ser subministrat per una de les unitats de la planta undimotriu, deixant els excedents de les altres unitats per a la regeneració del biòtop marí. Els estudis posteriors haurien de fixar la quantitat de pesca potencial de les mesures i, amb això, les tones que caldria afegir a les 623,17 t/any que aporta la confraria de Sant Sebastià. El consum anual de peix de Sant Sebastià és de 5.537 t/any.

En resum, el municipi de Sant Sebastià pot aportar un percentatge d'autoabastament alimentari important que, en alguns aliments, hauria d'ampliar l'àrea per arribar al 100%. La comarca, segurament, hauria de ser l'àrea per avaluar el potencial d'autoabastament, tenint en compte que, des de sempre, ha estat l'escala d'organització territorial per a aquests fluxos de materials.

Conclusions

En aquest article s'ha resumit la proposta de metabolisme inclosa en l'estudi *Estrategia de Sostenibilidad para Donostia-San Sebastián*. No s'han resumit les propostes que incideixen en l'urbanisme, la mobilitat, l'edificació, etc., adreçades a reduir el consum de recursos, entre d'altres.

Les propostes de metabolisme urbà són un exemple concret per cercar la independència metabòlica amb la captació i l'ús de recursos locals i renovables. La *E* de l'equació *E/H* la reduïm al màxim. La *H* que no ha estat l'objecte d'aquest article es proposa que, a més d'engrandir-la, sigui el fonament d'una nova estratègia per competir entre territoris. La informació expandida —centrífuga, en sentit contrari al procés centrípet reclamat pel metabolisme—, conservant la diversitat de cultures del món, hauria de ser la base de les relacions en el si de la societat de la informació i dels models urbans que cerquen el coneixement com a base competitiva.

La reducció de la pressió que exercim en els sistemes que suporten les nostres organitzacions, ja sigui perquè explotem menys els ecosistemes o perquè hi impactem amb menys contaminació, redueix, al seu torn, les incertituds abans indicades. Una generalització en els sistemes urbans del món, d'estratègies com la que es proposa per a Sant Sebastià, no hi ha dubte que contribuiria de manera significativa a augmentar la capacitat d'anticipació, ja que s'acomoda al principi de maximitzar l'entropia en termes d'informació, que és la «lleï» que imposa la natura per garantir el futur de les espècies —també la humana— al planeta. ●

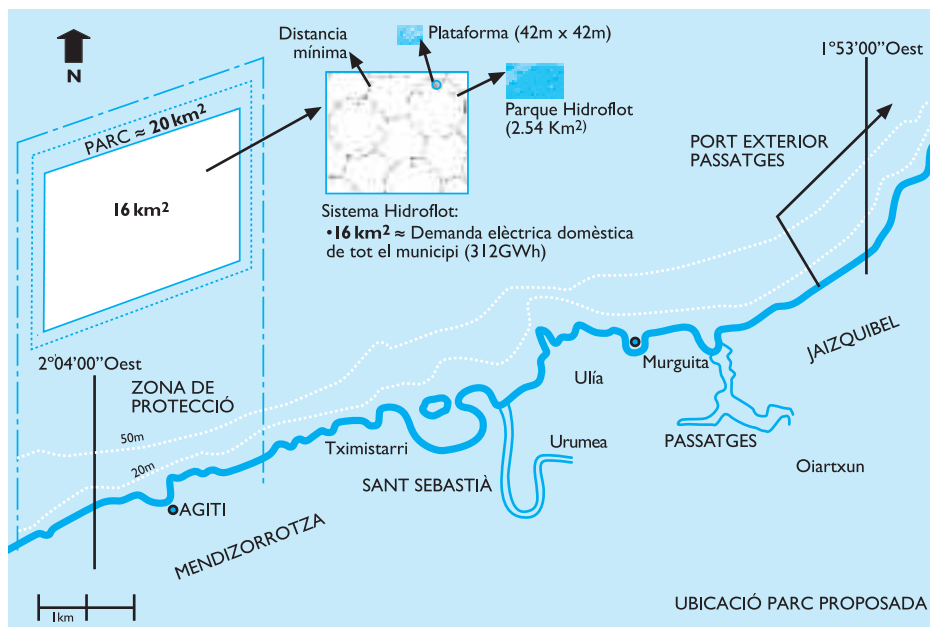
⁷ Els productes derivats de la llet de pasturatge semiextensiu contenen més àcids grassos omega-3 i àcid lino-leic conjugat.

Mapa de pesca i extracció de sorra.



Font: Arbex, J.C. (2009)

Mapa d'ubicació del parc undimotriu systems Hidroflot.



Font: BCNecologia

Bibliografia

- CRUTZEN, P. «Geology of Mankind», *Nature* 415, 2002.
- GOUDSBLOM, J. *Fire and Civilization*, Londres, 1992; S.J. Pyne: *World Fire. The Culture of Fire on Earth*. Nova York, 1995.
- LANDES, D. «The Wealth and Poverty of Nations». Nova York, 1998.
- MARGALEF, R. «Ecología», Editorial Omega, 1986.
- MARGALEF, R. «Teoría de los sistemas ecológicos», entitat editora Universitat de Barcelona, 1991.
- MARGALEF, R. «Ecología», edició revisada, Editorial Planeta, 1992.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. *El cambio climático en España. Estado de Situación*, document resum, novembre del 2007. Informe per al president del Govern, elaborat per diversos experts en canvi climàtic. http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/pdf/ad_ho_c_resumen.pdf
- ROCKSTRÖM, J. et al. «Planetary Boundaries: A safe operating space for humanity», *Nature* 461, 24 de setembre del 2009.
- ROLF, P. «¿Qué es la historia ecológica?» a González, M. i Martínez, J. (ed.) *Naturaleza transformada*, Ed. Icaria, 2001.
- RUEDA, S. *Ecología Urbana: Barcelona i la seva regió metropolitana com a referents*, Beta Editorial, 1995.
- RUEDA, S. «Models i indicadors per a ciutats més sostenibles», *Fòrum Ambiental*, 1997.
- RUEDA, S. «La matèria orgànica residual és un flux estratègic per a la sostenibilitat», *Revista Medi Ambient, Tecnologia i Cultura*, Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya, 2001.
- RUEDA, S. «Libro Verde de Medio Ambiente Urbano», Ed. Ministerio de Medio Ambiente, 2007.
- ROCKSTRÖM, J. et al. «Planetary Boundaries: A safe operating space for humanity», *Nature* 461, 24 de setembre del 2009.
- ROLF, P. «¿Qué es la historia ecológica?» a GONZÁLEZ, M. i MARTÍNEZ, J. (ed.) *Naturaleza transformada*, Ed. Icaria, 2001.
- RUEDA, S. «Ecología Urbana: Barcelona i la seva regió metropolitana com a referents», Beta Editorial, 1995.
- RUEDA, S. «Models i indicadors per a ciutats més sostenibles», *Fòrum Ambiental*, 1997.
- RUEDA, S. «La matèria orgànica residual és un flux estratègic per a la sostenibilitat», *Revista Medi Ambient, Tecnologia i Cultura*, Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya, 2001.
- RUEDA, S. «Libro Verde de Medio Ambiente Urbano», Ed. Ministerio de Medio Ambiente, 2007.