

## Xerrada informal amb H.T. Odum

per Jordi Flos i Bassols

**E**l professor Howard T. Odum va visitar Barcelona, convidat per la Fundació Caixa de Pensions, per tal de participar en el seminari sobre el tema general "Prospectiva de l'any 2000" i el títol especial de "Recursos per al futur".

Aprofitant l'avinentesa, se'l va convidar a pronunciar una conferència a la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona. Després de l'acte, ens vam trobar unes quantes persones (entre elles el redactor de "Ciència") al departament d'Ecologia, on vam gosar fer unes quantes preguntes al professor Odum.

Potser caldria presentar el "personatge" H.T. Odum va néixer l'any 1924 a Durham, Carolina del Nord. Es llicencià en Zoologia a la Universitat de l'Estat l'any 1947 i es doctorà l'any 1950 a Yale amb una tesi sobre la biogeoquímica de l'estronci. A partir de l'any 1950 començà la seva activitat docent i ha estat professor a la Universitat de Florida, A Duke i al Laboratori Marí Duke. Ha estat director de l'Institut de Ciències Marines de la Universitat de Texas i científic en cap del Centre Nuclear de Puerto Rico (d'aquella època és el llibre *Fundamentals of Ecology* del seu germà Eugène P. Odum, en el qual figura com a col.laborador (1959). Més tard va ser professor d'ecologia a la Universitat de Carolina del Nord i des de l'any 1970 és professor d'Enginyeria Ambiental a la Universitat de Florida. Si voleu, professor d'ecologia i d'economia. Entre els llibres que ha publicat, cal esmentar especialment *Environment Power and Society* editat per Wiley & Sons l'any 1971 i traduït al castellà per l'Editorial Blume l'any 1980. Odum i el seus col.la-

boradors van crear un llenguatge simbòlic per tal de descriure adequadament els sistemes ecològics. Ell, no tan sols no ha evitat incloure l'home en els seus estudis d'ecologia, sinó que ha volgut tenir-lo present de manera explícita, arribant al punt de lligar en un mateix sistema els fluxos d'energia i materials típics de l'ecologia clàssica i els fluxos de dòlars. Ha estat per això criticat i admirat. Val a dir que la seva tasca, el seu enfocament, no deuen ser còmodes ja que, malgrat els èxits que vagi obtenint, ha de patir forçosament incomprensió per totes bandes, la dels ecòlegs i la dels economistes. Ell però, no deixa de somriure i sens dubte és un home del qual es poden aprendre moltes coses.

**(Ciència):** *¿Podriem dir que el que fas actualment en Ecologia és, tal vegada, "ecologia total", en el sentit que intentes obtenir models globals i realistes?*

Jo crec que tots els sistemes, des de les estrelles fins als nivells microatòmics són semblants pel que fa a molts principis d'ecologia. Aquests principis es poden estudiar millor en els ecosistemes i per això penso que els ecòlegs tenen una bona oportunitat de mostrar als altres la manera com estan relacionats conceptes com ara ordre, informació i diversitat, o bé cost i valor. Per tant, actualment ens concentrem en sistemes a gran escala. Hi ha molts ecòlegs que treballen amb sistemes més petits, sistemes que s'estan estudiant amb precisió.

H.T. Odum no dissocia o compagina (segons com es miri) la recerca fonamental sobre sistemes ecològics i la recerca aplicada. Aquesta última el porta a tractar sistemes d'in-

terès especial per a la societat actual i respon a una demanda creixent per part de polítics i economistes.

**(Ciència):** *¿És difícil parlar amb els economistes i els polítics, amb aquelles persones que són responsables de l'ordenació del territori... o de prendre les grans decisions?*

Sí,... la majoria dels funcionaris han estudiat conceptes econòmics, però no de ciència, i per tant resulta difícil convèncer-los de qüestions referents als recursos, per exemple. Per aquesta raó escric llibres intentant arribar a un espectre ample de gent. En el moment que la gent ho entengui, llavors els polítics ho entendran. Això suposa, però, un retard. Quan parlo amb gent del govern, del parlament o del congrés, m'escolten perquè són ben educats, però per la seva formació i els seus coneixements, probablement insuficients, no saben si creure'm o no. És per això que no prenen mesures.

H.T. Odum però, no espera que la gent corrent "tradueixi" en llenguatge efectiu els seus llibres per tal que els polítics actuïn. Al seu departament, els alumnes postgraduats o els que preparen el doctorat fan uns quants cursos d'economia. Ell intenta de crear un nou tipus d'alumne, que sigui capaç d'expressar-se en un llenguatge adequat de manera que els economistes l'entenguin i després puguin transmetre les idees als altres de la millor manera. De fet ja hi ha hagut conferències internacionals sobre models ecològics i econòmics a Suècia i Austràlia. H.T. Odum es dol, però, que molts ecòlegs el critiquen perquè considerin que entrar en aquests temes no és fer ecologia. Alguns ecòlegs ho veuen només

com una aplicació, o no ho consideren científic. És difícil certament decidir on acaba i on comença la ciència, especialment quan l'home i els seus artefactes entren a formar part de l'objecte d'estudi.

**(Ciència):** *En els teus models, que podríem potser batejar-los com a econo-ecomodels, hi ha una superposició entre les dues maneres de veure el mateix objecte, l'ecològica i l'econòmica.*

Sí, exactament.

**(Ciència):** *Aquest és el problema. Quan tens recursos materials i recursos humans, quan poses explícitament fluxos de dòlars,... ¿creus realment que els diners són equivalents a l'energia o que hi ha una relació clara entre les dues coses?*

Si tenim en compte totes les energies d'un país i els diners circulants (el producte nacional brut) podem obtenir un quocient que expressi l'energia per dòlar. Si això ho relacionem amb l'energia incorporada i acumulada que es necessita

per a fabricar aquest dòlar real de poder adquisitiu, podem convertir en dòlars els serveis humans.

Els dòlars mesuren serveis humans, no els de la naturalesa, i podem conèixer el servei humà en conèixer el flux de diners pagats (quan es paga a les persones).

**(Ciència):** *¿El diner, no es relaciona més aviat amb la informació?*

Bé, el diner és un símbol que circula i en aquest sentit és cert. Però és un tipus especial d'informació, perquè els humans són programats per a tractar-lo d'una manera determinada. La supervivència de la nostra economia ens entrena per a considerar el diner com un valor, i per tant té significat per a la gent i té una funció de contracorrent. Circula en sentit invers al de l'energia.

Quan H.T. Odum i els seus col·laboradors van encertar aquesta línia de recerca fa vint anys, van intentar utilitzar els símbols emprats correntment en l'electrònica. Aviat s'adonaren que no podia funcionar, ja que els elements biològics

tenen moltes funcions que els electrònics no tenen. Es va inventar llavors un nou llenguatge que podria aplicar-se a tots els sistemes en general, i van utilitzar una mesura comuna per a tots els sistemes: l'energia.

La resolució dels models que Odum i els seus col·laboradors construeixen seria difícil o impossible per mètodes analítics. Segons Odum, l'ordinador permet simular fàcilment aquests models i a ell en particular li agrada d'utilitzar petits ordinadors programables amb llenguatges senzills. Tanmateix, alguns dels seus "alumnes", treballen amb ordinadors capaços i llenguatges potents que els permeten de simular ecosistemes complexos en els quals pot incloure's l'espai. En l'entrevista va comentar: "El meu últim doctorand va estudiar l'efecte de variacions de freqüència en els ecosistemes. Va passar unes mil simulacions durant set anys. Va ser

Fig. 1  
H.T. Odum a l'auditori del Museu de la Ciència de Barcelona.



horrible. A mi m'agrada mantenir les coses senzilles... però podem fer també l'altre."

**(Ciència):** *En aquests models, ¿Hi ha una mesura qualitativa de l'energia?*

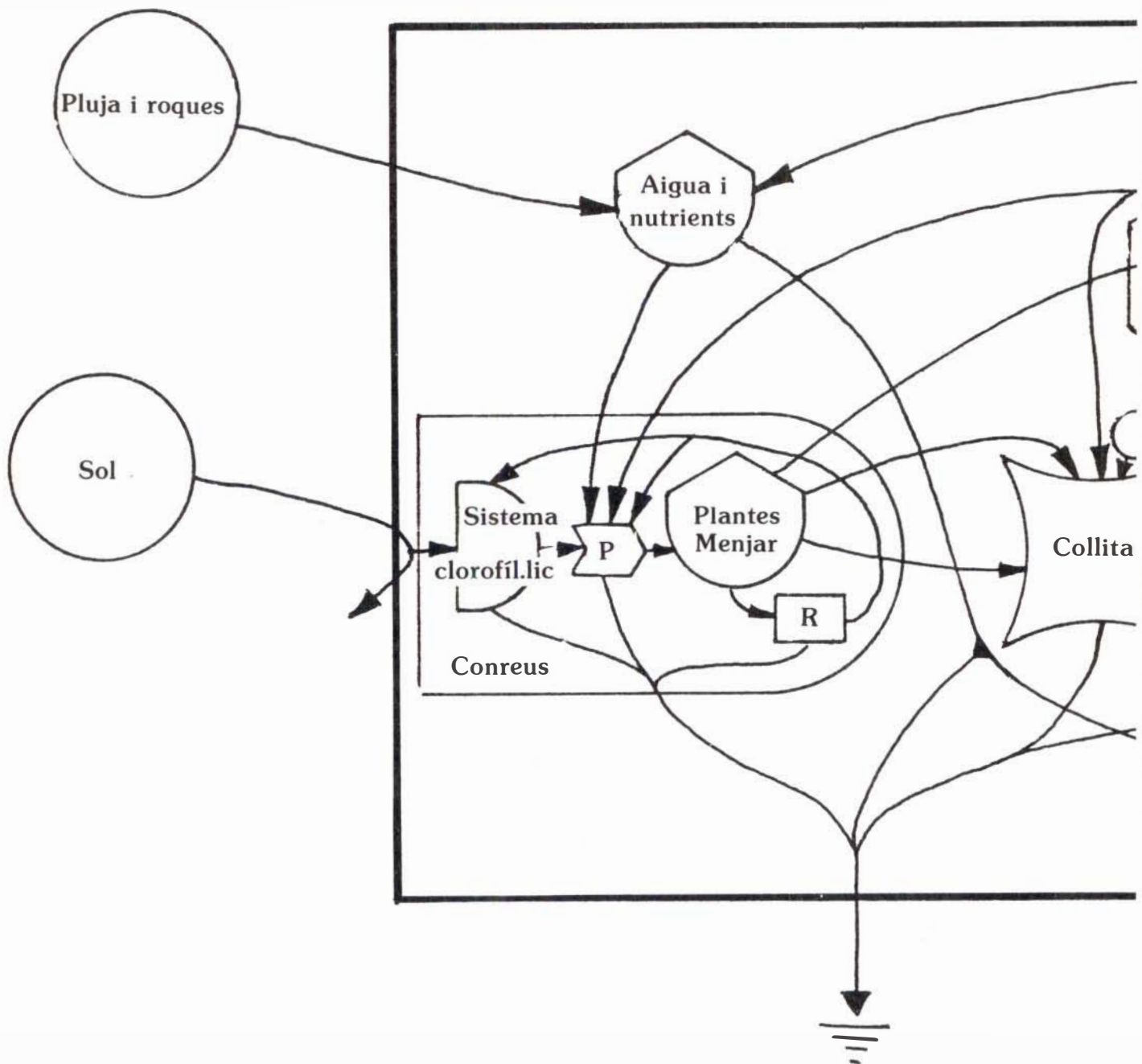
Quan simulem, normalment fem ús de les unitats més convenients per a cada cosa. Per exemple, fem servir grams per al fòsfor, calories per a la llum solar i dòlars. Però es pot passar tot a energia. Tenim models que ens permeten mesurar en cada moment l'energia incorporada i acumulada en objectes i estructu-

res i en podem estudiar l'evolució. Això és quelcom d'experimental per a nosaltres i a través de la simulació estudiem com es genera l'energia incorporada ("embodied energy"). Adonar-se que les energies incorporades són costoses resulta una idea nova i interessant.

La recerca sobre els ecosistemes amb el seu enfocament particular ha portat Odum a definir principis generals com ara el que estableix que els ecosistemes tendeixen a "maximitzar la potència" ("power" en anglès). Però aquest concepte no és evident perquè cal aclarir què

s'entén per "potència" en aquest context. Li vam demanar que ens ho aclarís.

Quan vaig anar a puerto Rico per primer cop, la idea establerta era que la pluviisilva tenia un creixement molt lent. Això era cert, els arbres creixien molt lentament i la teoria imperant era que el sòl era pobre i la nutrició nul·la. Nosaltres no ens ho creiem perquè pensem que els sistemes que han estat en un mateix lloc molt de temps, milions d'anys, han desenvolupat una composició que maximitza la potència, però en aquest cas la "potèn-



cia" és la producció bruta, no pas la neta. En els nostres estudis de metabolisme (de manera semblant a com ho feu vosaltres a l'aigua) i utilitzant analitzadors de gas -vam ser els primers a fer-ho trobar que la fotosíntesi bruta era la més elevada de tots els ecosistemes. El problema és que el sistema s'ho gasta tot durant la nit. Tota la producció s'inverteix a mantenir o augmentar la diversitat, en la funcionalitat del sistema. Es tracta senzillament de tornar-la al sistema i fer-la útil. O sigui, potència vol dir "útil" per als enginyers i maximitzar la potència

útil és l'objectiu dels sistemes perquè això dóna més recursos amb els quals enfrontar-se a tots els altres problemes. En el cas de la pluviúsilva, doncs, la productivitat no era baixa sinó alta, però no es tractava de créixer sinó de mantenir la potència màxima. No es maximitza la biomassa si no es té poca biomassa, no es maximitza la diversitat a menys que aquesta sigui molt baixa. Es fa tot de manera equilibrada per a maximitzar la potència. L'exemple que ha comentat em va convèncer que el principi de la maximització de la potència es verifica en els

ecosistemes.

**(Ciència):** *L'altre dia, a la conferència vas dir que la relació entre l'home i la biosfera és molt important actualment. Respecte a la teoria de "Gaia"; ¿creus que es pot considerar totalment científica o creus que representa també un punt de vista més o menys romàntic?*

Bé,... jo ho expressaria d'una manera un pèl diferent. De fet la vida és el sistema de control de la biosfera i, com mostren els models, l'acoblament de tota la vida maximitza la potència. És a dir, es recicla i controla tot el que és necessari per maximitzar l'ús total dels recursos. D'aquesta manera els humans substitueixen d'altres formes de vida perquè són flexibles i poden ser programades per fer el mateix o encara fer-ho millor. Jo crec, doncs, que és veritat que la vida controla la biosfera.

Certament, la recerca d'H.T. Odum i els seus col.laboradors en el camp de l'ecologia i l'economia és valenta i probablement contribueix i contribuirà a una més gran comprensió del funcionament dels sistemes, en especial dels sistemes en què l'home és inclòs, sistemes en els quals el simbolisme i l'intercanvi d'informació tenen un pes específic molt important.

**(Ciència):** *Crec que estaràs d'acord que la història entra en els models a través d'artefactes inicials o bé senzillament a través d'informació recollida en el sistema físic. Et volia proposar un exemple en el qual el futur està incorporat al model. Sabem que el dòlar en el mercat internacional puja, però és possible que el que en realitat es vengui actualment sigui només una potencialitat, un futur que es diu que serà molt bo... i el dòlar va pujant. Si aquest és el cas ¿que podria passar en el futur, quan s'arribi a aquest futur que ara es ven?*

Tenim tot un conjunt de models econòmics i tenim un model que comprèn inflació, deutes, taxes d'interès, taxes de canvi internacional... una mica complicat. No estem segurs que representi fidelment

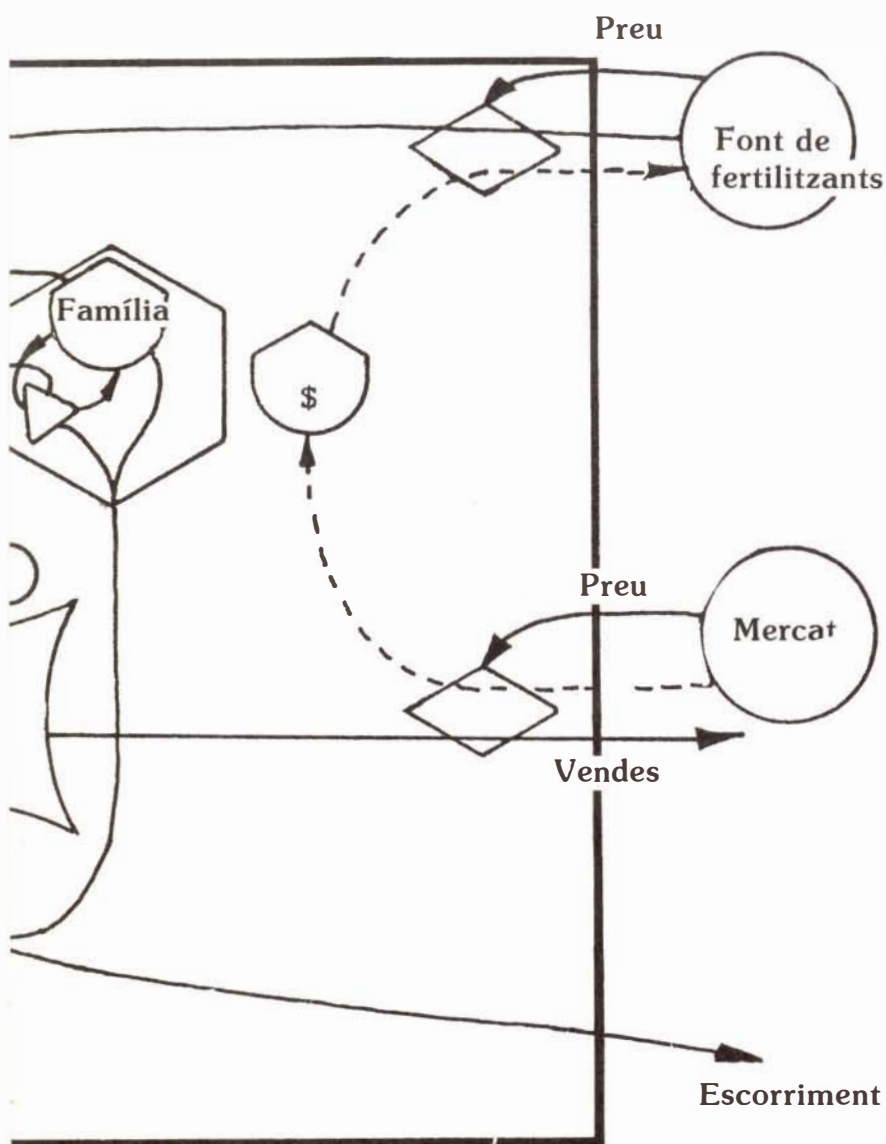


Fig. 2

En l'esquema adjunt, un exemple d'un sistema simplificat d'una granja d'explotació agrícola.

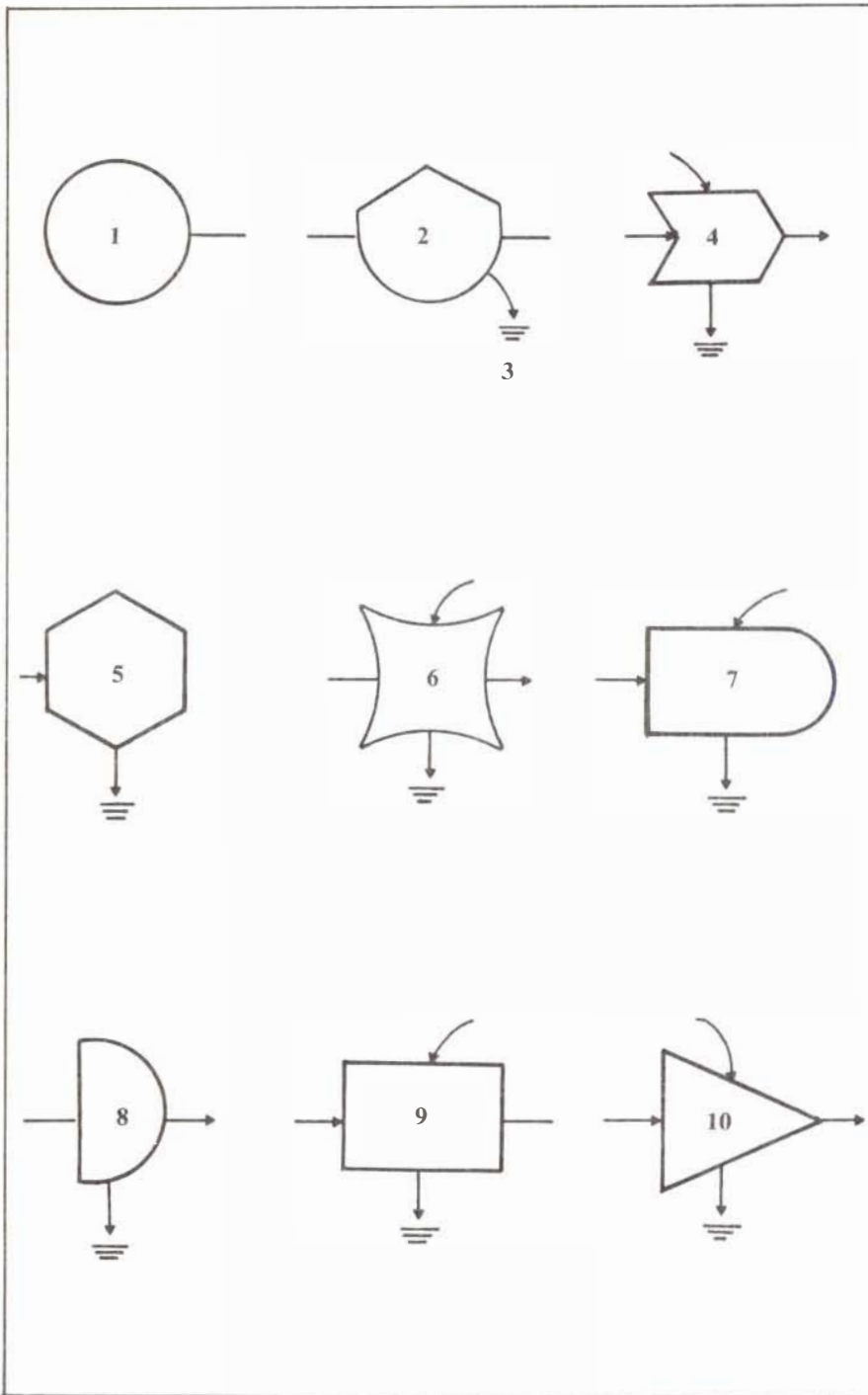


Fig. 3  
Alguns dels símbols inventats per Odum i utilitzats en l'esquematzació dels ecosistemes.

1. Cercle: serveix per representar una font externa d'energia. El flux d'energia que entra al sistema és independent d'aquest. Es tracta de les funcions d'arrossegament, les que forcen el sistema ("forcing functions").  
2. Dipòsit: compartiment d'emmagatzament d'energia segons la diferència entre la que entra i la que surt. Representa una variable d'estat.

3. Bunera de calor: hi va a parar l'energia potencial que es dissipa en els processos i que es perd en formes d'energia no utilitzables (calor).

4. Interacció: representa la intersecció de fluxos que interaccionen de manera que la seva acció acoblada respon a una funció d'ambdós fluxos.

5. Consumidor: és una unitat que transforma la qualitat de l'energia, l'emmagatzema i la reinverteix per millorar el flux d'entrada aprofitable.

6. Commutador: s'utilitza per representar interaccions que tenen el caràcter de commutador (senzill o compost).

7. Productor: transforma l'energia de baixa qualitat, sota el control d'interaccions d'energia d'alta qualitat.

8. Receptor d'energia autolimitat: la resposta o el pas d'energia està acotat per construcció, en un valor màxim.

9. Requadre: serveix per qualsevol tipus de sistema, sempre que s'indiqui el seu funcionament (pot englobar combinacions d'altres símbols).

10. Amplificador de guany constant: si la font d'energia addicional és suficient, l'amplificador multiplica l'entrada per un factor constant.

En els esquemes, els fluxos de diners tenen un sentit paral·lel però oposat als d'energia i es representen amb guionets (contra corrent).

1 La producció bruta és la biomassa nova incorporada al sistema, formada a partir d'anhidric carbònic i compostos inorgànics de fòsfor i nitrogen principalment. La producció neta és la diferència entre producció bruta i respiració.

2 La hipòtesi de "Gaia" defensada especialment per J.E. Lovelock i Lynn Margulis, tracta de l'homeòstasi global del planeta i del paper de la humanitat en els equilibris i mecanismes de control. Vegeu per exemple: J.E. Lovelock 1983 **GAIA una nueva visión de la vida sobre la tierra**, Hermann Blume Edicions.

la realitat però en tot cas és millor que el que ens puguin dir els economistes. No els he portat però té'n puc aconseguir un diagrama... tal vegada te l'hauria d'enviar.

Actualment passem a la simulació en aquest camp també. Mira, quan es demana un préstec, tu em dones una pesseta, per exemple, i jo et dono un pagaré, un paper. Ja tenim dues pessetes: tu en tens una i jo una altra. Això fa que hi hagi inflació. Doncs bé, quan Reagan va dirigir tots els préstecs cap a la qüestió de l'armament, tothom va pensar que això produiria una inflació important, però van oblidar

quelcom. El fet és que el diner es va fer escàs, i van pujar les taxes d'interès, raó per la qual tot el món, d'Espanya i d'Europa, va enviar els seus diners als Estats Units per beneficiar-se de les elevades taxes d'interès. I no hi van enviar només diners en papers, sinó veritable valor adquisitiu. Així doncs, enviar allà el poder adquisitiu espanyol per exemple, va evitar la nostra inflació, va empènyer la nostra economia cap amunt i va aconseguir la reelecció de Reagan, i..., ell és un actor i no té ni la més mínima idea del que ha passat!

Jordi Flos i Bassols (Barcelona 1950) és professora d'ecologia i d'oceanografia a la Universitat de Barcelona.