

1. Introducció. L'avaluació de la sostenibilitat

L'"Enciclopèdia catalana" defineix '[avaluar](#)' com 'determinar, especialment d'una manera aproximada, la vàlua o el valor d'alguna cosa. 'Avaluar una propietat'. Determinar, especialment d'una manera aproximada, una magnitud. Apreuar'.

Podem definir el concepte 'avaluació de la sostenibilitat' ('sustainability assessment') com "el procés formal d'identificació, predicció i/o estimació dels impactes potencials d'una iniciativa —legislativa, política, regulació, pla, programa o projecte— i les alternatives que té amb relació al desenvolupament sostenible d'una determinada societat" (Devuyst, 2001). Això implica valorar els impactes ambientals, socials i econòmics d'aquesta mena d'iniciatives i introduir en aquesta valoració els diferents camps d'estudi clàssics de la sostenibilitat: escala adequada, aplicació dels principis de precaució i reversibilitat, efectes a llarg termini, aspectes d'equitat dintre de la mateixa societat i entre nord i sud, capacitat i oportunitat de treball per a les poblacions locals.



Font: sobornosgrupo.es

Font: ranchocuatroencinos.com



2. Eines de mesura

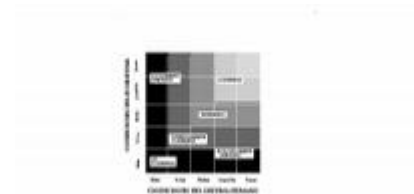
Per avaluar la sostenibilitat en el sentit ampli del terme, necessiten mesurar d'alguna manera les diferents dimensions de la sostenibilitat (ambiental, social i econòmica), i determinar com es relacionen.

Quan estudiem un fenomen que té en compte les tres dimensions de la sostenibilitat, estem davant d'un problema complex, ja que els elements i les relacions que s'estableixen entre aquests elements formen un sistema. Com a tal, aquest sistema té unes característiques determinades: un alt grau de complexitat i també d'incertesa. Per comprendre'n el funcionament i, per tant, per avaluar-lo, la complexitat dels components i les interaccions dels processos que hi tenen lloc han de ser reduïts a un nivell en què estiguin suficientment caracteritzats i que siguin qualitativament i quantitativament mesurables. Necessitem fer una simplificació del sistema, considerant el sistema de manera global.

Les eines relacionades amb la mesura de la sostenibilitat que podem utilitzar són les següents:

- Variables
- Indicadors
- Índexs

Aquestes eines mesuren l'estat del sistema temporalment. Ara definirem i comentarem cada una d'aquestes eines.



2.1. Variables

Etimològicament, una variable es defineix com una quantitat que pot créixer i decreixer d'una manera continuada o discontinuada.

Una variable és una representació operativa d'un atribut, ja sigui característica, qualitat o propietat d'un sistema (Gallopín, 2006).

La variable és una característica del sistema que es pot mesurar i quantificar, i que pot variar en el temps i/o en l'espai.

Exemples de variables: tones de CO2, habitants, etc.

Variable	Mitjana	Desviació estàndard	Valor màxim	Valor mínim	CV
Precipitació (mm)	0,05	0,56	10,50	0	1.022,00
Temperatura de l'aire (°C)	29,00	3,52	35,30	22,00	12,10
Velocitat del vent (m/s)	1,61	1,04	11,80	0	65,00
Direcció del vent	9,00	5,40	16,00	0	59,90
Temperatura de l'aigua (°C)	29,70	1,29	33,20	26,30	4,30
Oxigen dissolt (mg/l)	5,85	1,06	8,20	3,20	18,10
pH (unitats de pH)	7,02	0,15	7,80	6,61	2,20

Conductivitat elèctrica (microsiemens/cm)	56,20	21,90	334,00	6,20	39,00
--	-------	-------	--------	------	-------

Exemple d'algunes variables.

Font: [Rev. Biol. Trop., vol. 57, núm. 3, San José, setembre 2009](#)

Variable	Requerida	Demanda anual	Valor anual	Valor mens	E/S
Requerida (cm)	0.04	0.18	0.1	0	0.02
Demanda (cm)	20	1.15	0.1	0	0.1
Valor (cm)	0.04	1.04	0.08	0	0.01
Requerida (cm)	0	0.4	0.08	0	0.08
Demanda (cm)	0.04	1.15	0.1	0.08	0.01
Valor (cm)	0.04	1.04	0.1	0.1	0.01
pH (medida de pH)	7.01	0.15	7.0	0.01	0.1
Conductivitat elèctrica (pH/cm)	10.2	21.9	100	0.1	0.01

2.2. Indicadors

• Els indicadors més importants són variables que agreguen o simplifiquen informació rellevant, que fan visibles o perceptibles fenòmens que tenen interès, i que quantifiquen, mesuren o comuniquen informació rellevant (Gallopín, 1997).

• Els indicadors poden ser quantitius o qualitius.

• Una definició que considera l'aspecte quantitiu dels indicadors és la de Chevalier et al. (1992): "Un indicador és una mesura de la part observable d'un fenomen que permet valorar la part no observable d'aquest fenomen", amb la qual cosa un indicador ens dona informació sobre una realitat del fenomen que no coneixem completament. Exemples d'indicadors quantitius: tones de CO2 per capita, densitat d'habitants, etc.

• Els indicadors qualitius són els que fan referència a qualitats, característiques, percepcions, interessos, motivacions, satisfaccions i/o expectatives de la població consultada/analitzada, o fenòmens no quantificables, intangibles (Rotondo i Vela, 2004). Exemples d'indicadors qualitius: grau de satisfacció, nivell d'estrès, etc.

• Els indicadors, en general, s'agrupen en les anomenades 'bateries d'indicadors'. Les principals organitzacions internacionals tenen bateries d'indicadors pròpies: [CDS](#), [Habitat](#), [EUROSTAT](#), [Banc Mundial](#)...

Vegeu [un exemple sobre indicadors de residus](#) en el capítol 4 de l'informe 'Sostenibilidad en España 2009' de l'[Observatori de la Sostenibilitat a Espanya](#), que es datalla a la taula interactiva següent.

Generació de residus urbans:

Generació total i per habitant de residus urbans a Espanya. Els resultats s'expressen en termes absoluts, quantitat total de residus urbans generats a l'any (t/any), i relatius, quantitat de residus generats per habitant i any (kg/hab/any).

Tractament de residus urbans:

Quantitat anual de residus urbans destinats als principals sistemes d'eliminació, tractament i gestió: abocament controlat, abocament incontrolat, incineració (amb o sense recuperació d'energia), compostatge i recollida selectiva. L'indicador s'expressa en tones anuals o com a percentatge dels residus destinats a cada mètode d'eliminació, tractament i gestió establerts respecte del total de residus generats.

Generació de residus perillosos:

Evolució de la producció total de residus perillosos a Espanya. La unitat de mesura són tones anuals.

Reciclatge d'alguns materials:

Quantitat d'un tipus de residu determinat (paper i cartró, vidre, matèria orgànica, plàstic i metall) que es destina al reciclatge i la recuperació, en relació amb la quantitat total generada d'aquest tipus de residus. S'expressa en %.

2.3. Índexs

• Els índexs constitueixen aproximacions commensurables en la construcció d'indicadors i es construeixen agregant diverses variables i/o indicadors que s'assumeixen com a components d'un fenomen i als quals s'atorga un pes relatiu respecte a la resta a l'hora de sumar tots els efectes (Rayén, 2001).

- Exemples d'índexs: els índexs del Programa de les Nacions Unides per al Desenvolupament (PNUD), entre els quals destaquen l'**IDH** (índex de desenvolupament humà), el PIB mateix (producte interior brut), la petjada ecològica, etc.

Font: [índex de desenvolupament humà, PNUD](#)



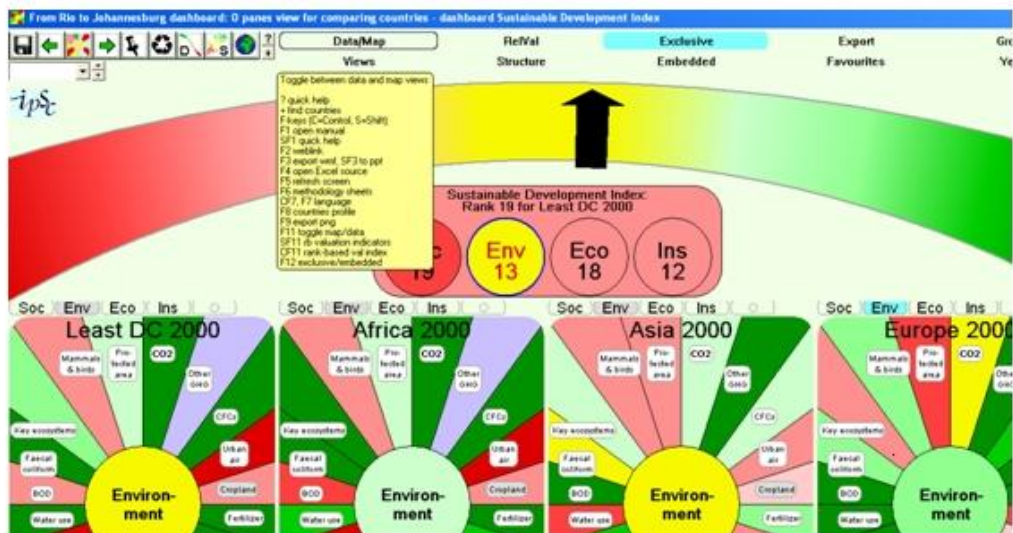
2.4. Sistemas d'organització i representació de les eines de mesura: 'dashboard'

En el procés d'avaluació, la informació aportada per les eines de mesura es pot organitzar, bé mitjançant representacions gràfiques o bé utilitzant marcs conceptuals.

Els tipus de sistemes d'organització i representació d'eines de mesura més utilitzats en el primer grup comentat (el dels sistemes de representació gràfica) són:

- 'Dashboard of sustainability'.
- Baròmetre de sostenibilitat.
- Mètode AMOEBA o AMEBA.

El '**dashboard of sustainability**' és un sistema de representació d'indicadors en un tauler mitjançant tres figures, que corresponen a tres grups d'indicadors (46 indicadors, en total), que mesuren l'estat del medi ambient, de l'economia i del benestar social d'una nació. La informació es presenta en forma de discos i l'estat de la nació es representa mitjançant un índex compost de diversos colors (IISD, 2001).

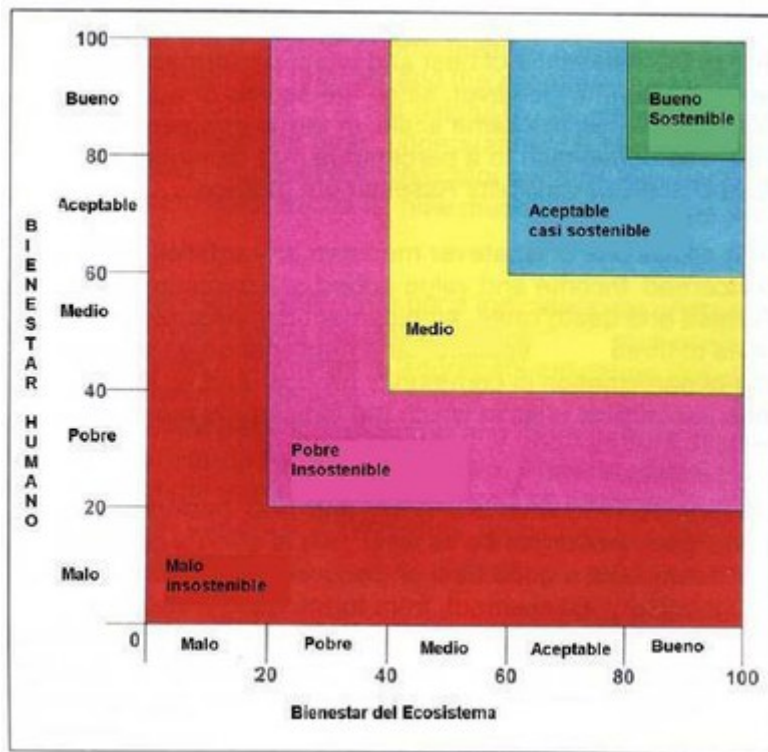


Font: ['dashboard of sustainability'](#)

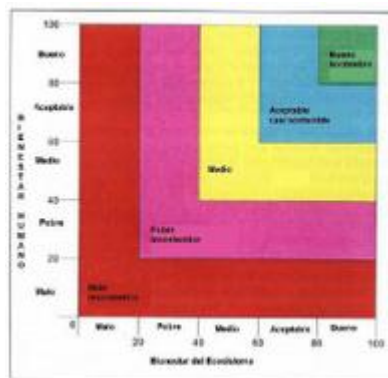
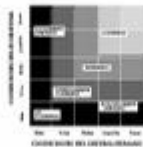


2.5. Sistemes d'organització i representació de les eines de mesura: baròmetre

El [baròmetre de sostenibilitat](#) es basa en la representació gràfica d'un ecosistema en un sistema ortogonal en el qual els dos eixos representen, respectivament: l'índex de benestar humà (HWI, 'human wellbeing index', que té en compte la salut i la població, la riquesa, el coneixement i la cultura, la comunitat i l'equitat) i l'índex de benestar de l'ecosistema (EWI, 'ecosystem wellbeing index', que té en compte el sòl, l'aigua, l'aire, la biodiversitat i l'ús dels recursos).

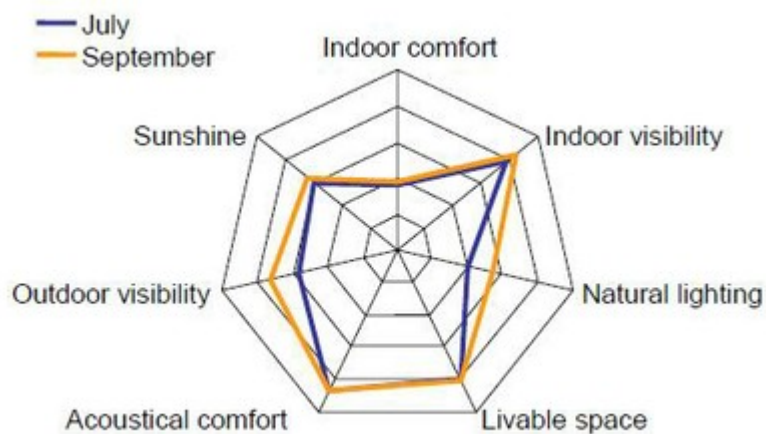


Font: Unió Internacional per a la Conservació de la Natura ([UICN](#)), 2001



2.6. Sistemes d'organització i representació de les eines de mesura: AMOEBA i marcs conceptuals

El mètode AMOEBA o AMEBA és un mapa multicriteri, en el qual el grau màxim de sostenibilitat s'obté quan tots els indicadors adquireixen un valor igual al polígon regular. La sostenibilitat real del sistema és representada pel polinomi irregular (a la figura següent s'observa l'evolució d'alguns indicadors des del mes de juliol fins al mes de setembre).



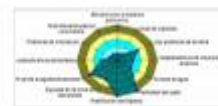
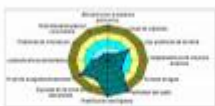
Font: [Cherqui et al., 2006](#)

Els marcs conceptuals s'utilitzen per organitzar els indicadors. Els tipus de marcs més utilitzats són per a:

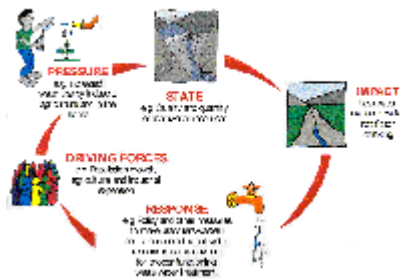
- Medis (aire, aigua, terra...).
- Sectors (agricultura, transport, indústria...).
- Dimensions (social, ambiental, econòmica, institucional).
- Temes i subtemes (equitat: pobresa i equitat de gènere; terra: agricultura, forestal, desertització, urbanització...).
- Causals: PER (pressió, estat, resposta) o PSR ('pressure, state, response'), FER (força motriu, estat, resposta) o DSR ('driving forces, state, response'), PEIR (pressió, estat, impacte, resposta) o PSIR ('pressure, state, impact, response'), FPEIR (força motriu, pressió, estat, impacte, resposta) o DPSIR ('driving forces, pressure, state, impact, response').
- Sistèmics: Grup Balaton, Bossel, model Monet, ESALC.



Font: [marc DPSIR](#)



DPSIR Reporting System



DPSIR Reporting System



DPSIR Reporting System



3. Eines de modelització

Els problemes que tenen a veure amb la sostenibilitat són problemes complexos, ja que el sistema que estudiem és un sistema complex (que té diverses dimensions, entre les quals destaquen la institucional, l'ambiental, la social i l'econòmica).

Aquest sistema té unes característiques específiques:

- Fortes interrelacions entre les diferents dimensions.
- Dificultat per valorar conjuntament l'estat òptim del sistema.
- Des del punt de vista dels sistemes, la sostenibilitat és equivalent a la supervivència en el temps del sistema (propietat emergent dels sistemes oberts). Quan volem caracteritzar aquesta mena de sistemes la dificultat és, d'una banda:

— definir “la situació òptima del sistema” i, de l'altra,

— entendre el mateix sistema. Aquesta és una tasca àrdua, difícil de dur a terme, a causa de la complexitat del sistema.

Aquests fets provoquen un seguit de dificultats a l'hora de prendre decisions; així, polítiques amb un objectiu determinat moltes vegades queden frustrades per les conseqüències no previstes a mitjà i llarg terminis en altres elements del sistema.

Aquesta situació provoca que calgui utilitzar mètodes, metodologies i eines que descriguin, d'una manera senzilla, les múltiples interrelacions que s'estableixen entre els factors i els elements que formen els sistemes, amb l'objecte de millorar la comprensió dels processos i de les relacions i les interrelacions que s'hi estableixen, i que analitzin les conseqüències de l'aplicació d'una determinada acció, amb la finalitat de prendre decisions per buscar la “situació òptima del sistema”.

A més d'avaluar l'estat del sistema en un moment temporal determinat, moltes vegades és necessari, per comprendre'l, analitzar la dinàmica temporal del sistema, sobretot a l'hora de valorar i avaluar diferents alternatives (escenaris), amb l'objectiu d'aconseguir el desenvolupament sostenible del sistema. Aquesta mena d'avaluacions permeten analitzar els possibles impactes a mitjà i llarg terminis.

Per visualitzar aquesta dinàmica temporal dels problemes des de la perspectiva de la sostenibilitat, és necessari simplificar la realitat a través de models.

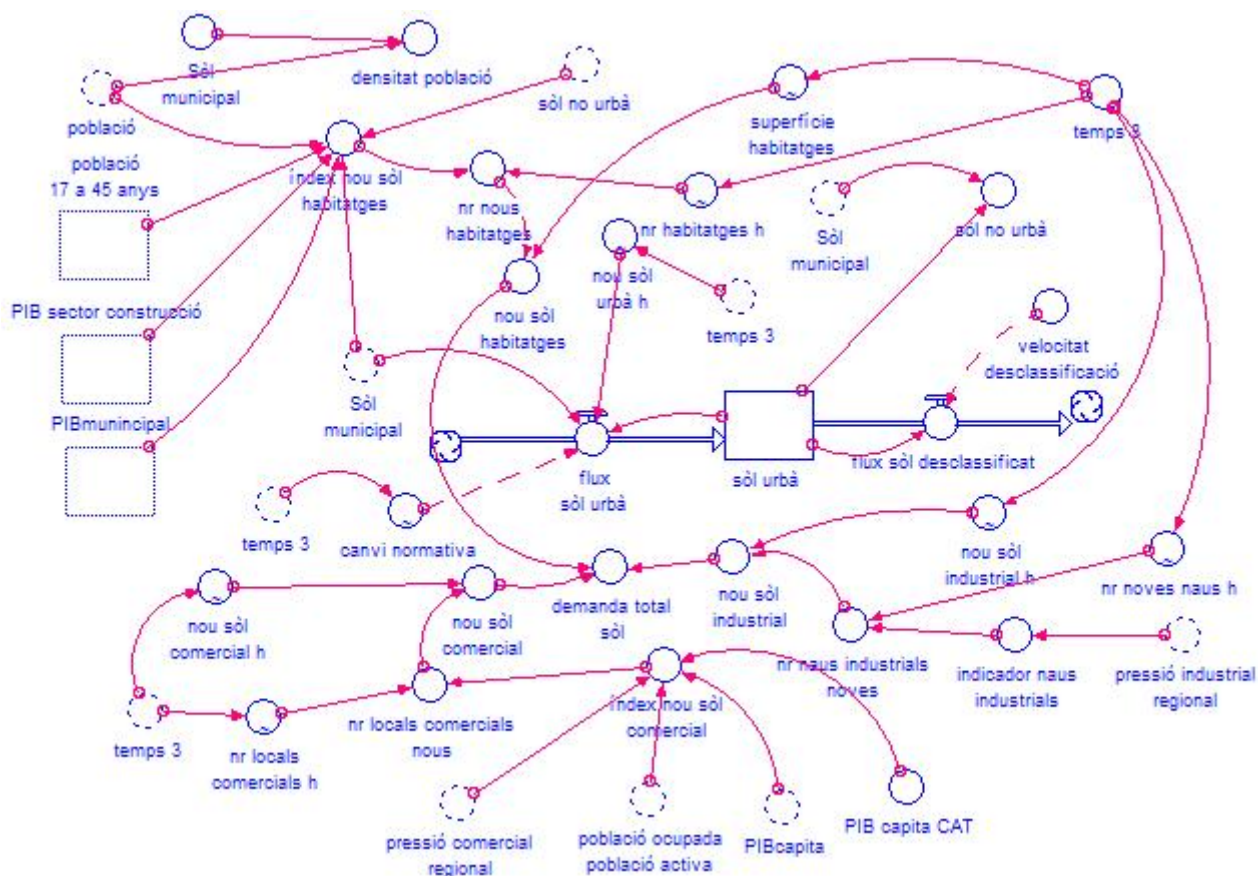
Així, apareixen les eines de modelització en l'entorn de la sostenibilitat. Aquestes eines es classifiquen en dos corrents metodològics principals:

- La modelització dura: models dels elements i les relacions dels quals es coneixen completament.
- La modelització suau: són models que representen de manera aproximada les relacions i els elements del sistema.

En el primer grup podem aplicar diverses eines, com ara l'econometria, la dinàmica de sistemes, la modelització mitjançant agents, etc.

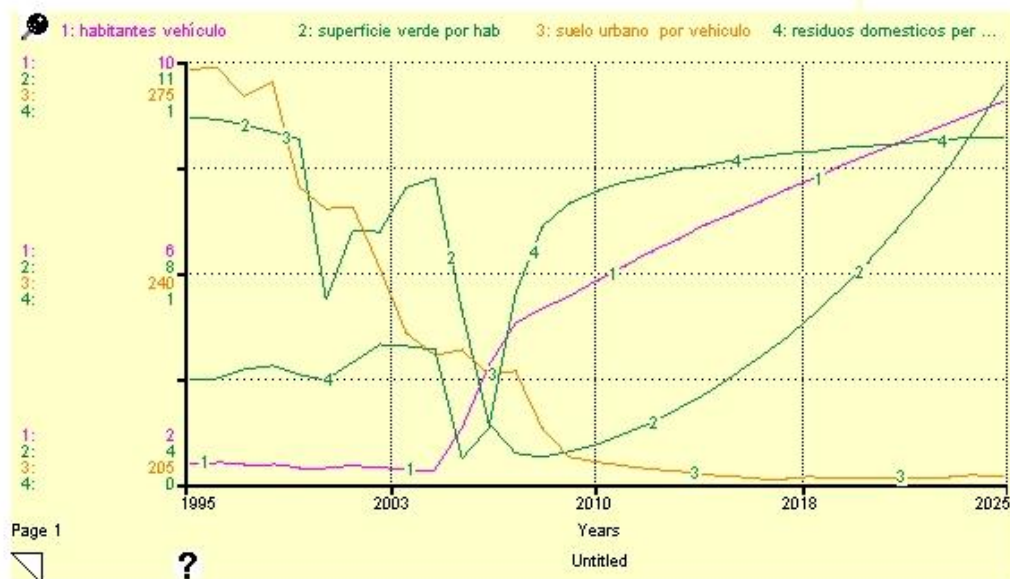
En el segon grup s'apliquen metodologies sobre prospectiva, metodologies de Checkland, de Godet, etc.

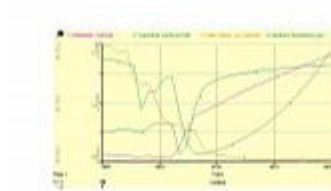
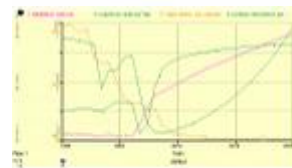
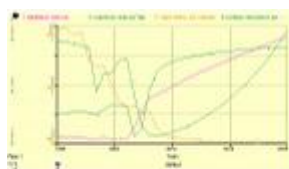
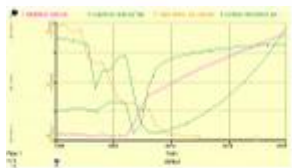
A la figura següent es representa un model d'anàlisi del canvi d'ús del sòl en àmbits urbans, utilitzant la dinàmica de sistemes. S'hi observa el diagrama de blocs, amb les variables principals del problema (quadrats) i les variables auxiliars (rodones); les línies representen les influències materials o d'informació entre les diverses variables.



Per veure millor el diagrama de blocs: [diagrama](#).

A la figura següent s'observen les variacions temporals de les variables que representen una part dels impactes ambientals del model anterior (habitants per vehicle, superfície verda per habitant, sòl urbà per vehicle i residus domèstics per habitant).





4. Reflexions finals

L'avaluació de la sostenibilitat comprèn un conjunt d'eines i metodologies joves, nascudes al començament dels anys setanta del segle XX, les quals estan en plena expansió; de fet, s'incorporen dia rere dia noves metodologies i nous marcs conceptuals per avaluar la sostenibilitat en àmbits més específics.

Aquestes eines i metodologies permeten, d'una banda, analitzar l'estat del sistema i, de l'altra, decidir, en funció de l'estat del sistema i de l'objectiu que s'esculli, la millor estratègia per avançar cap al desenvolupament sostenible del sistema.

5. Bibliografia

Llibres

- Ackoff, R. L. Redesigning the Future. John Wiley & Sons. Nova York. 1974.

Alfonzo, D. [et al.]. Indicadores de sustentabilidad en agroecología. 2008. Disponible a:
<<http://agroecologiavenezuela.blogspot.com/2008/05/indicadores-de-sustentabilidad-en.html>>

Bertalanffy, L. von. General Systems Theorv. George Braziller. Nova York. 1968.

Bossel. Indicators for sustainable development: theory, method, application. IISD. 1999. Disponible a: <<http://www.iisd.org/pdf/balatonreport.pdf>>

Castro, J. M. Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía. Universitat de Màlaga. Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales. 2002.

CDS. Report on the aggregation of indicators of sustainable development. Division for Sustainable Development. United Nations. 2001. Disponible a:
<<http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd9-aisd-bp.pdf>>

CDS. Indicators of sustainable development: Guidelines and methodologies. United Nations. 2007. Disponible a:
<<http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/guidelines.pdf>>

Checkland, P. Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas. Limusa. México. 1992.

Chevalier, S. [et al.]. User guide to 40 community health indicators. Community Division Health and Welfare Canada. Ottawa. 1992.

Churchman, Cl. Wh. The systems approach and its enemies. Basic Books. Nova York. 1979.

Daly, H.; Cobb, J. For the common good. MA Beacon Press. Boston. Edició en castellà: Para el bien común. Fondo de Cultura Económica. Mèxic. 1993.

EEA. Europe's environment: The Dobris assessment. European Environment Agency. Oficina de Publicacions Oficials de les Comunitats Europees. Luxemburg. 1995.

FAO. "Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural". 'Boletín de Tierras y Aguas de la FAO', núm. 5. 2001. PNUD. Disponible a: <<http://www.fao.org/docrep/004/w4745s/w4745s13.htm>>

Gallopín, G. Indicators and their use: Information for decision-making. Citat a: Moldan, B.; Billharz, S. Sustainability indicators. Report of the project on indicators of sustainable development. SCOPE 58. Anglaterra. 1997.

Gallopín, G. Sostenibilidad y desarrollo sostenible: Un enfoque sistémico. Serie Medio Ambiente y Desarrollo, núm. 64. CEPAL. Xile. 2003.

Gallopín, G. Los indicadores de desarrollo sostenible: aspectos conceptuales y metodológicos. FODEPAL. Santiago de Xile. 2006.

Godet, M. Creating futures: Scenario planning as a strategic management tool. Economica-Brookings. Segona edició. 2006.

Godet, M. Scenarios and strategic management. Butterworth. 1987.

HABITAT. The State of the World's Cities Report 2001. The United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Nairobi. 2001.

IUCN. An approach to assessing progress toward sustainability: tools and training series. IUCN Publication. 1997.

Looijen, J. M. Environmental impact assessment: Lecture notes. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. 1997.

Medina, F. Consideraciones sobre el índice de Gini para medir la concentración del ingreso. CEPAL. Santiago de Xile. 2001.

MMA. Indicadores ambientales. Una propuesta para España. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 1996.

Murillo, L. [et al.]. Un acercamiento integrado para determinar la sostenibilidad de granjas lecheras de Costa Rica: Cálculo de los índices de sostenibilidad. Costa Rica. 2004.

OECD. 1993. "Cuerpo de indicadores para revisiones de desempeño medioambiental de la OECD". 'OECD Environment Monographs', núm. 83. OECD. París.

Ott, W. R. Environmental Indices: theory and practice. Ann Arbor Science. Michigan. 1978.

PNUD. Informe sobre el desarrollo humano 2007-2008. PNUD. Nova York. 2007.

Prescott-Allen, R. The Wellbeing of Nations A Country-by-Country Index of Quality of Life and the Environment. IDRC. Island Press. Washington DC. 2001.

Rayen, R. Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Serie Manuales, núm. 16. División de Medio Ambiente. Santiago de Chile. 2001. Disponible a: <<http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/8/9708/P9708.xml&xsl=/tpl/p9f.xsl>>

Rotondo, E.; Vela, G. Indicadores de genero, lineamientos conceptuales y metodológicos para su formulación y utilización por los proyectos FIDA de América Latina y el Caribe. PREVAL/PROGENERO. Perú. 2004.

Segnestam, L. [et al.]. Desarrollo de indicadores. Lecciones aprendidas en América Latina. Proyecto CIAT-Banco Mundial-PNUMA. CIAT. 2000.

Suarez, C. Indicadores de gestión de riesgos. Conceptos y formulación de indicadores. Manizales. BIT- CEPAL-IDEA. Colombia. 2003.

Sureda, B.; Felipe, J. J. de. "Hacia la valoración de la sostenibilidad de una región teniendo en cuenta su capacidad de carga y sus aspectos sociales, según los diferentes criterios de sostenibilidad". Comunicació presentada en el VI Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid. 2002.

• Sureda, B. [Proposta metodològica per a l'anàlisi de la sostenibilitat, utilitzant indicadors i índexs, implementats i analitzats amb una eina de suport al raonament. Cas d'estudi: municipi de Terrassa](#). Tesis. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 2007.

UNEP-DPCSE. The role of indicators in decision-making. Discussion paper prepared by UNEP for the indicators of sustainable development for decision making workshop. Ghent. Belgium. 1995.

Veen, H. E., van de; Visser, P. Wise use of wetlands in the Netherlands Delta. Amsterdam. Instituut voor. report R-87/23. Milieuevraagstukken. Holanda. 1987.

Venetoulis, J.; Cobb, C. The genuine progress indicator 1950-2002 (2004 updated). Measuring the real state of the economy. Redefining Progress. Oakland. 2004.

Vreeker, R. [et al.]. A multicriteria decision support methodology for evaluating airport expansion plans. Tinbergen Institute Discussion Paper. Holanda. 2001.

Wackernagel, M.; Rees, W. Our ecological footprint. Reducing human impact on the earth. New Society Publishers. Canadá. 1996.

Webs

- [Portal Sostenibilidad](#)

6. Activitats

Activitat 1

Els alumnes han de fer l'esforç de traduir el desenvolupament sostenible d'un sistema a través d'una proposta amb cinc indicadors quantitius i cinc indicadors qualitius.

Activitat 2

Els estudiants han de desenvolupar mapes mentals i/o conceptuals sobre qualsevol problema. Una vegada dut a terme el mapa, es determinen les relacions positives i negatives entre els diferents termes, per analitzar si un terme creix o decreix al llarg del temps. Se selecciona un terme i se segueix un bucle tancat fins que es torna al terme inicial, es compten els signes + i -: si el nombre de signes negatius és parell, és un bucle positiu i el terme creixeria al llarg del temps si tinguéssim en compte solament aquest bucle, i si no és parell, és un bucle negatiu en què el terme decreix al llarg del temps.

7. Crèdits

Com s'ha de citar aquesta unitat?

Sureda, B.; Felipe, J. J. de. 'Avaluació de la sostenibilitat'. A: Carrera, E.; Segalàs, J. (ed.). *Tecnologia i Sostenibilitat* [en línia]. Terrassa: Universitat Politècnica de Catalunya. Càtedra UNESCO de Sostenibilitat, 2010. [Consulta: dia mes any]. Disponible a: <http://tecnologiaisostenibilitat.cus.upc.edu>

Els continguts d'aquesta unitat han estat elaborats per:



Bàrbara Sureda Carbonell. EUETIB (CETIB)

Càtedra UNESCO de Sostenibilitat

Universitat Politècnica de Catalunya

barbara.sureda@upc.edu

J.J de Felipe Blanch

Departament de Màquines i Motors Tèrmics. EPSEM

Càtedra UNESCO de Sostenibilitat

Universitat Politècnica de Catalunya

felipe@mmt.upc.edu

