

LABORATORI VIRTUAL DE SISTEMES ECOLÒGICS

Antoni Grau i Yolanda Bolea

Dept. d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial (ESAII)
Edifici U, FME, Campus Sud, Barcelona, Catalunya

antoni.grau@upc.edu, yolanda.bolea@upc.edu

Innovació docent

1. Introducció

La crisi ambiental que pateix la nostra societat va ser un desencadenant clau per tal que alguns professors de diferents universitats catalanes, seguint els passos d'algunes universitats europees [4] [5], s'hagin conscienciat de la situació actual del Planeta i del paper decisiu que tenen els futurs professionals. De la mateixa manera, nosaltres, des que la Universitat Politècnica (UPC) va aprovar el seu Primer Pla de Medi Ambient al 1996 [6], ens hem adonat com a docents d'escoles superiors i facultats tècniques que el medi ambient i la sostenibilitat juga un paper clau en les decisions i maneres de fer dels professionals tècnics [2] [3] [8]. A més, en la actualitat són molts els docents que conscients de la importància que té potenciar la realització de pràctiques amb les TIC ja que la concepció tradicional que es té dels laboratoris de pràctiques, la seva explotació i la seva extensió estan limitades per factors econòmics, espacials i temporals. Econòmics com a conseqüència de l'elevat cost que representa l'adquisició i manteniment de l'equipament Espacials ja que en ensenyaments massificats no és possible ofertar suficients llocs d'experimentació i laboratoris per a ubicar a tots els estudiants. Temporals ja que l'horari d'accés als laboratoris està restringit, a la presència de l'instructor, restant el laboratori tancat i infrautilitzat la major part del temps [1].

Per aquesta raó, junt amb el CITIES i el Dept. de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, un petit grup de professors de les àrees de l'Enginyeria de Sistemes i Automàtica (ESA) i Arquitectura i Tecnologia de Computadors (ATC) hem començat l'ambientalització curricular de les assignatures de les àrees que impartim. Això no ha estat fàcil donat que relacionar matèries com l'ecologia, la biologia, la medicina, etc., amb altres clarament de naturalesa tecnològica com l'automàtica, la informàtica, el processament del senyal ..., és poc usual perquè la nostra formació ha estat molt llunyana dels problemes socials i ambientals, i per tant, de l'entorn humà i natural que ens envolta. Però malgrat això, hem vist que 'Tecnologia' i 'Sostenibilitat' són dos conceptes estretament lligats i, a més, complementaris.

En aquest article es presenta principalment el recurs didàctic *e-learning* d'un laboratori virtual de modelització i simulació de fenòmens naturals, ecològics, mediambientals i sostenibles que es va derivar a partir del projecte '**Model ecològic per a la prevenció de riscos ambientals en els estanys del Campus de Castelldefels (EcoSim)**' o 'Projecte TOLLA' (<http://tolla.upc.edu>) realitzat pel Dept d'ESAII; que forma part del projecte Laboratori REAL (LabReal, Recerca per a l'Excel·lència Ambiental del Campus de Castelldefels) que és una iniciativa que neix el 2001 en el marc del 2n Pla de

Medi Ambient de la UPC per tal de promoure i donar un primer pas cap a una recerca adreçada al desenvolupament sostenible.**2. Projecte Tolla. Simulador Educacional**

El projecte TOLLA és un projecte de recerca que té per objectiu principal l'estudi, predicció, gestió i control de l'aigua i de la seva qualitat a l'estany del Campus de Castelldefels. Aquest projecte de recerca també ha tingut un objectiu educacional en el sentit que a partir d'ell s'han desenvolupat unes pràctiques de laboratori de modelització i simulació de sistemes ecològics (concretament s'ha desenvolupat un simulador educacional) donant lloc a un laboratori virtual que s'ha posat en marxa en assignatures de modelització i simulació de diferents estudis tècnics que s'imparteixen a la UPC.

S'ha desenvolupat un simulador ecològic educacional que permet la predicció dels indicadors o paràmetres biològics més importants i significatius per tal de poder detectar episodis de contaminació, canvis de la composició de les espècies, etc., segons el tipus d'ecosistemes a analitzar i tractar, i així poder realitzar una mesura preventiva, de gestió i de planificació d'aquest a mig termini. Per aconseguir això, s'han de construir models que descriguin de manera completa i precisa la dinàmica del ecosistema a tractar. És a dir, s'han de plantejar les equacions que donaran lloc als models ecològics matemàtics. Aquestes equacions basades en lleis físiques, químiques, etc., (equacions que representen la conservació de la matèria, els fenòmens de transport...), han de descriure el comportament dels indicadors considerats, de la forma més senzilla possible (per tal que aquestes equacions siguin operatives) però amb la suficient precisió per obtenir comportaments fiables de l'evolució de l'ecosistema.

El simulador educacional usa l'entorn *EasyJava Simulations* [7] i es programa en Java, el qual permet de manera clara i ràpida construir models que es representin mitjançant equacions diferencials ordinàries (EDO) i equacions en derivades parcials (EDP).

2.1. Objectius i metodologia

L'objectiu principal de l'ambientalització curricular és aconseguir que els professors incorporin en les seves assignatures les consideracions sobre sostenibilitat que fan referència a les matèries que imparteixen, tant d'una manera formal (explicant aquests aspectes en les seves classes) com d'una manera implícita (transmetent als estudiants la importància de ser respectuosos amb el medi i les persones). L'ambientalització curricular d'assignatures de modelització i simulació no difereix de l'ambientalització de qualsevol altra matèria, ja que no es modifiquen els conceptes i descriptors bàsics de les assignatures, sinó que s'incorporen o integren criteris de sostenibilitat en la teoria, pràctiques, problemes i exercicis. Per tant, l'objectiu de la pàgina web (<http://tolla.upc.edu>) és mostrar les possibilitats educacionals que tenen la simulació i elaboració de models en assignatures on s'imparteixi aquesta temàtica.

Aquest lloc pretén dotar als docents i als alumnes d'unes eines que permetin de manera senzilla, intuïtiva i gràfica, l'elaboració de models i la seva posterior simulació dins un àmbit que creiem decisiu: la sostenibilitat com a part essencial del currículum.

Per tant, aquesta eina permetrà:

- Introducció del model, mitjançant la seva representació amb equacions diferencials.
- Simulació del model amb ajust de paràmetres de forma dinàmica.

- Visualització immediata del comportament del model.
- Creació de pàgines web amb *applets* de Java amb el simulador.

La metodologia de les pràctiques de laboratori és la següent:

Pas 1. Els alumnes han de llegir atentament l'enunciat del problema en l'apartat "Model Ecològic" per tal d'entendre què es demana i en quin entorn es desenvolupa.

Pas 2. Els alumnes han de programar el model que es presenta en el apartat mencionat de forma local en la seva màquina, on es desenvoluparan tots els assaigs. Com a referència de funcionament, es pot executar la simulació que es mostra en aquesta pàgina web, la qual només permet veure el resultat de l'execució del simulador. Per raons òbvies docents, no es permet veure la programació del model.

Pas 3. Quan els alumnes considerin que el seu resultat és suficientment satisfactori han d'enviar la programació del seu model al professor, el qual avaluarà les pràctiques executant el programa de l'alumne. Cal enviar un únic fitxer XML que genera l'*EasyJava*. La mida d'aquest fitxer és realment reduïda i en format ASCII, facilitant tanmateix que l'intercanvi d'informació no carregui la xarxa ni la bústia del professor.

Facilitats que permet aquest sistema: Al disposar d'una plataforma web estable per a la resolució de pràctiques de simulació i modelització en temes ambientals i sostenibles permet als docents introduir pràctiques de forma acumulativa, posant enunciats pels alumnes. Per cada enunciat el professor pot afegir la simulació en la pàgina web donat que es tracta de diversos fitxers HTML que criden els *applets*, permetent així que l'alumne vegi el resultat de la pràctica que ha de resoldre.

2.2. Alguns exemples de pràctiques

Actualment el laboratori virtual per a la sostenibilitat consta de les següents sessions de pràctiques (veure Figura 1):

- Model depredador-presa (Lotka-Volterra), bàsic i ampliat.
- Model del comportament del fitoplàncton, zooplàncton i nutrients (PZN) (veure Figura 2) en un llac, i la seva ampliació amb fòsfor (PZNP).
- Model de la concentració del fosfat en les dues capes d'un oceà.
- Model de la concentració del triti i l'heli en una massa d'aigua (veure Figura 3).
- Model del comportament de l'aigua d'un riu.
- Model del sistema de tractament secundari d'una depuradora d'aigües residuals.

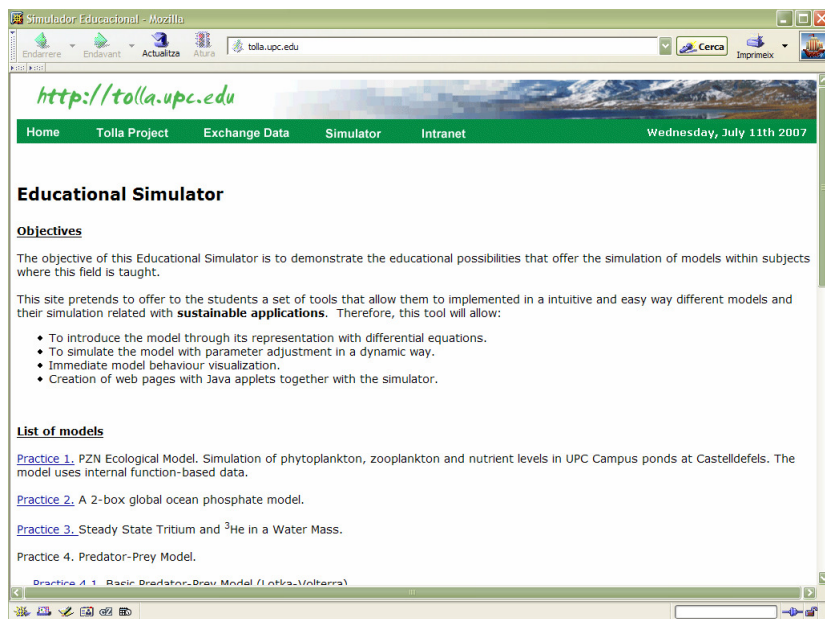


Figura 1. Pàgina web del Simulador Educacional amb enllaços als models ecològics.

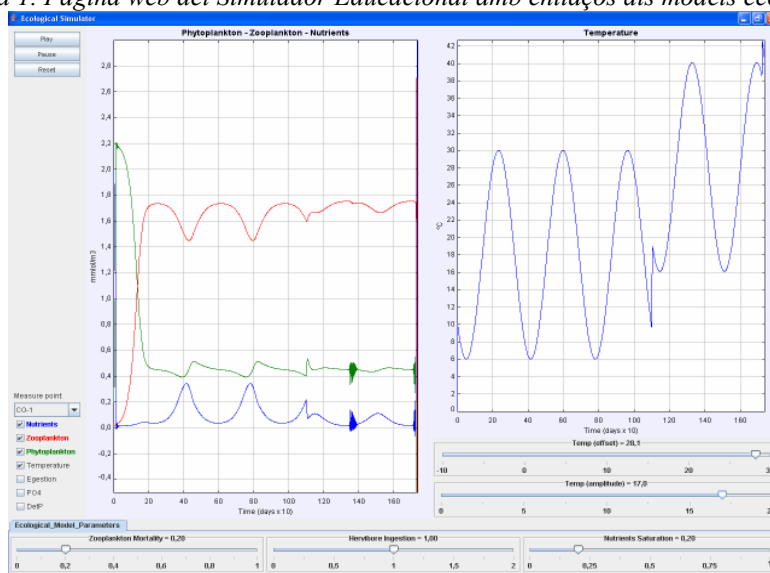


Figura 2. (Esquerra) Evolució dels nutrients, fitoplàncton i zooplàncton al variar la temperatura de l'aigua de l'estany com en aquesta figura (dreta).

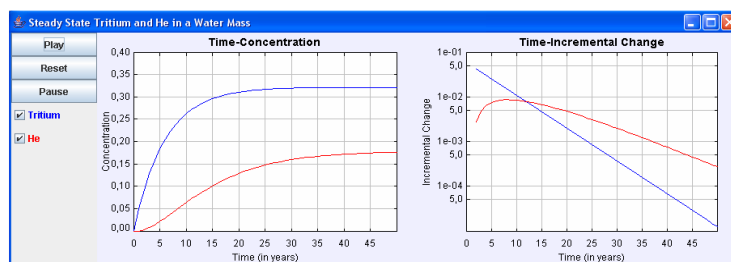


Figura 3. (Esquerra) Concentracions del triti i l'heli a la capa superficial (blava) i a la capa profunda (vermella), (dreta) derivada d'aquestes concentracions.

3. Conclusions

En aquest treball es presenta un recurs docent innovador: un laboratori virtual per a la modelització i simulació de sistemes ecològics que serveix per desenvolupar les pràctiques d'algunes assignatures de modelització i estudi de fenòmens que

s'imparteixen a la UPC. De fet, en els darrers anys hi ha hagut una necessitat d'innovació en l'ensenyament fruit de les noves necessitats de la societat actual en alguns aspectes com són: 1) la necessitat de l'educació a distància (per falta de recursos, espais, disponibilitat dels alumnes, etc.); i 2) la necessitat d'integrar en els currículums (en teoria i pràctiques) aspectes ambientals i sostenibilistes amb l'objectiu d'impartir un ensenyament 'per a la sostenibilitat'.

REFERÈNCIES

- [1] F.A. Candelas, J. Sánchez, "Recursos didácticos basados en Internet para el apoyo de la enseñanza de materias del área de ingeniería de sistemas y automática", *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial (RIAI)*, vol.2, pp.93-101, (2005).
- [2] I. Capdevila, *L'ambientalització de la Universitat*, Col·lecció Monografies d'Educació, 1999.
- [3] A. Grau *et al.*, *Automàtica i Sostenibilitat*, Edicions UPC, (2006).
- [4] <http://fee.mit.edu/programs/peer>
- [5] <http://www.odo.tudelft.nl/english/index.html>
- [6] <http://www.upc.es/mediambient>
- [7] <http://fem.um.es/Ejs>
- [8] P. Weaber *et al.*, *Sustainable Technology Development*, GreenLeaf, (2000).