

El Scratch com a eina de modelització computacional

Víctor López Simó (victor.lopez@uab.cat)

María Isabel Hernández Rodríguez (mariaisabel.hernandez@uab.cat)

Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (CRECIM). Universitat Autònoma de Barcelona.

La plataforma virtual Scratch, que compta amb un llenguatge de programació senzill i adaptat per alumnes de primària i secundària, té cada vegada més adeptes en els centres educatius, ja que representa una oportunitat com a eina per a que alumnat i professorat puguin construir models científics escolars i avaluar el seu comportament. En aquest article discutirem per què Scratch pot arribar a ser una bona eina per a la modelització computacional en els cursos de ciències de primària i secundària, comparant-lo amb altres programes de modelització i presentant exemples pràctics del seu ús per construir un model.

Paraules clau: Modelització computacional, TIC, Scratch, programació

Scratch is a virtual platform which uses an easy programming language adapted to primary and secondary school students. It has increasingly recognition and more and more users from educational centres since it allow students and teachers to build school science models and to evaluate their behaviour. In this paper, we discuss Scratch as a computer modelling tool to teach and to learn science in primary and secondary school, comparing it to other ICT tools. We also present practical examples on how to use it to build a model.

Keywords: Computer modelling, ICT, Scratch, programming

LA MODELITZACIÓ COM A PROCÉS EN L'APRENTATGE DE LES CIÈNCIES

Els models en ciències

Si bé la paraula *model* és un terme polisèmic, el significat més habitual és el d'una representació d'alguna idea, objecte, esdeveniment, procés o sistema, creat amb un objectiu específic (Gilbert i Boulter, 1998). Les característiques fonamentals d'un model són:

- No representa tota la realitat del sistema modelat, només els aspectes que són d'interès per l'usuari del model, i per tant, com a creacions humanes, no existeixen en el món físic.
- Una mateixa realitat pot estar representada per múltiples models, en funció dels interessos de l'usuari del model.

Gutiérrez (2004) defineix el terme *model científic* com una representació d'un sistema, format per un conjunt d'objectes amb unes determinades propietats o variables, i un conjunt de lleis que declaren el comportament o funcionament d'aquests objectes o la relació entre les seves variables. Les funcions essencials d'un model científic són explicar i predir.

Alhora, els models científics són considerats representacions mitjançant les quals els científics ronen, i s'utilitzen per simplificar o idealitzar fenòmens complexos, per ajudar a la visualització d'entitats abstractes, per recolzar la interpretació de resultats experimentals i per ajudar en l'elaboració d'explicacions i de prediccions (Justi, 2006).

Malgrat la importància de la construcció de models pel desenvolupament del coneixement científic, molts autors coincideixen en què no hi ha regles

generals per construir models. Aquest procés no lineal de construcció, avaluació i utilització de models és el que es coneix amb el nom de *modelització científica*. Com va dir Hodson (1992): “*les maneres com treballen els científics no estan fixades ni són previsible i, a més, impliquen un component que depèn de l'experiència personal. Per això, aquestes maneres de treballar no poden ser ensenyades. L'única manera efectiva d'aprendre a fer ciència és fent ciència*”. D'acord amb aquesta imatge de la ciència, caldria promoure entre els alumnes una visió més realista de la mateixa, evitant comunicar l'existència d'un únic mètode científic i reforçant la creativitat com una de les habilitats essencials per a la construcció de models científics escolars o *models conceptuals*.

La modelització com a procés d'aprenentatge científic

Molts autors destaquen que els models conceptuals no només són molt potents per ajudar als alumnes a *aprendre ciències*, sinó que la realització d'activitats de construcció i utilització de models en l'ensenyament de les ciències pot contribuir a què els alumnes *aprenquin sobre ciències*, és a dir, sobre la naturalesa dels models i el paper dels mateixos en el desenvolupament i comunicació dels resultats de la indagació científica, i que a més, *aprenquin a fer ciència*, és a dir, a crear, expressar i avaluar els seus propis models.

Les propostes educatives que fonamenten l'ensenyament de les ciències en activitats de construcció, avaluació i ús de models no impliquen que els alumnes hagin de pensar com a científics sinó que aquesta forma de treball a la classe de ciències pugui ser més propera o realista a la manera en la qual la ciència es construeix, a la pràctica científica de la modelització.

Promoure processos de modelització a les classes de ciències sembla ser esperançador per afavorir la comprensió dels estudiants de determinats fenòmens o sistemes científics, a través de promoure la construcció, prova, revisió i aplicació de models conceptuals. En definitiva, l'objectiu de dur la modelització a les aules és crear un entorn en el qual els estudiants arribin a ser millors pensadors (Feurzeig i Roberts, 1999).

LA MODELITZACIÓ COMPUTACIONAL A LA CLASSE DE CIÈNCIES

En els darrers anys, l'ús de les TIC s'ha anat consolidant a les aules de primària i secundària, i

cada vegada més centres educatius fan ús d'eines informàtiques per a l'ensenyament i aprenentatge de les ciències, com ara les animacions i les simulacions que ajuden als alumnes a la construcció de representacions mentals dels fenòmens (Hennessey, Deanes i Ruthven, 2006). Tot i així, l'ús de programes per a la modelització computacional encara no ha arribat a ser presa en consideració en la majoria de les nostres aules de secundària.

Però, què són exactament els programes de modelització computacional? Des de la seva aparició, la ciència s'ha valgut dels ordinadors com a eines potents per contribuir a la pràctica de modelització que els científics porten a terme per intentar donar sentit al món que ens envolta. Els models i les eines de modelització amb les quals els alumnes poden treballar a les classes de ciències són, evidentment, més simples que les que utilitzen els científics, però el caràcter fonamental de l'activitat de modelització és similar ja que aquests programes recolzen el desenvolupament de models conceptuals per part de l'usuari, permetent expressar els seus propis models a través d'una interfície basada en icones o en un llenguatge específic. Aquests programes de modelització són eines especialment útils ja que els models expressats pels alumnes amb aquests programes poden ser executats i, per tant, el resultat de l'animació o simulació del model pot ser visualitzat i comparat amb el comportament d'un sistema real.

Comparant-los amb les simulacions, els programes de modelització ofereixen un nombre d'avantatges per a l'educació científica:

- Els programes són d'àmbit general, no específics de cap contingut. Per tant, aquests programes són adequats per modelitzar un rang molt ampli de fenòmens.
- Aquestes eines requereixen que els usuaris especifiquin la seva concepció d'un determinat fenomen. Per tant, aquests programes són adequats per promoure l'exploració individual i la generació d'explicacions.
- Els programes de modelització requereixen que els usuaris s'aproximin a un determinat fenomen de manera qualitativa durant el desenvolupament d'un model, de la mateixa manera com ho acostumen a fer els experts quan solucionen problemes en contrast amb els novells (Hsu et al., 2006). Adoptar una aproximació qualitativa pot ajudar als estudiants

a centrar-se en la naturalesa de les relacions entre els components del model.

Mellar et al. (1994) distingeixen dos possibles tipus d'activitats d'aprenentatge per fer amb els programes de modelització:

- Activitats d'introducció de nous punts de vista, que impliquen que l'alumne explori un model conceptual programat prèviament pel professor o expert, el comportament del qual poden visualitzar. No obstant, igual com passa amb qualsevol animació o simulació, els estudiants normalment no saben què fa el programa amb els valors d'entrada, i sovint no saben en què consisteix el model realment, tot i que poden mirar el codi de programació del mateix. Aquest tipus d'ús explotaria poc el potencial dels programes de modelització.
- Activitats d'expressió o exploració, que impliquen que els alumnes siguin els que expressin les seves pròpies idees, especificant quines són les variables que intervenen en un fenomen i investigant com poden estar relacionades aquestes variables. Aquest ús dels programes de modelització pot permetre en major grau l'expressió dels models mentals dels estudiants, amb un llenguatge específic, el seu ús per fer prediccions, i l'evolució d'aquests models mentals cap a models conceptuals quan es consensuen amb altres alumnes i es discuteixen a classe amb els companys i els professors/es.

El desenvolupament dels programes de modelització ha anat evolucionant progressivament en les darreres dècades, amb la finalitat de fer la construcció de models més accessible als alumnes, la qual cosa ha permès una proliferació d'aplicacions interessants, com VnR [1], Model-It [2], Modellus [3], Stella [4], Coach o ModellingSpace, cadascuna de les quals té les seves peculiaritats. Alguns estudis sobre l'ús d'algunes d'aquestes eines TIC pels processos de modelització dels alumnes han donat resultats positius en termes de l'aprenentatge dels estudiants (Mellar et al., 1994; Lawrence, 2002). Per això, defensem la tesi que la introducció de la modelització computacional com a activitat a les classes de ciències té el potencial de millorar significativament la qualitat de l'educació científica. Això no significa, però, que tot l'ensenyament hagi de fer-se a través de l'ús d'aquest tipus de programes. És evident que la construcció de models conceptuals requereix una habilitat de major ordre cognitiu que l'ús de models, i que no és trivial decidir quina

eina escollir i com posar-la en pràctica amb els alumnes.

EL SCRATCH: UNA EINA DE MODELITZACIÓ A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓ

Dins d'aquest ventall d'eines existents per a la modelització computacional a l'escola, Scratch és un dels programaris que en els darrers anys ha aconseguit més adeptes, i cada vegada s'utilitza en més centres educatius. Tot i que Scratch no hagi estat ideat exclusivament com a eina per a la modelització computacional, el llenguatge de programació que ofereix Scratch permet construir tota mena de models científics de cinemàtica, de reaccions químiques, de dinàmica planetària, del cos humà, del creixement d'un ésser viu, d'un fenomen geològic, etc.

Scratch és una aplicació informàtica gratuïta desenvolupada pel MIT (Massachusetts Institute of Technology) [5] que té com a lema "*Imagina, crea, programa*", entorn de la qual s'ha construït una comunitat educativa molt dinàmica [6]. Scratch permet a infants i joves programar sense la necessitat de conèixer cap llenguatge de programació sofisticat, ja que en comptes d'escriure línies de codi, per programar amb Scratch només cal construir "blocs de programació" a partir de "peces" que ofereix l'aplicació, com si es tractés d'un senzill trencaclosques.

Per fer-ho, la interfície de Scratch consta de tres finestres diferents (figura 1):

- la finestra de visualització (on apareixen l'escenari i els personatges sobre els quals definirem un comportament),
- la finestra per editar el fons i els personatges (que es poden editar gràficament), i
- la finestra de programació (en la que es poden afegir les peces de codi per construir els blocs).

Cada vegada que un usuari vulgui programar amb Scratch ha d'obrir i guardar un document anomenat *Projecte*. En cada projecte, cal definir els *personatges* que es vulguin, i construir un petit programa connectant de forma seqüencial les peces de programació. Aquestes peces permeten una gran varietat d'opcions, que inclou les funcions condicionals ("*s*", "*només s*", "*sempre que*", etc.), i també funcions lògiques i operadors matemàtics ("*i*", "*o*", "*+*", etc.). El sistema també permet definir els "inputs" que facin executar cada programa ("*al prémer una tecla*", "*al moure el ratolí*", etc.), crear i

modificar tota mena de variables, realitzar canvis en la posició i velocitat dels personatges o modificar la seva aparença

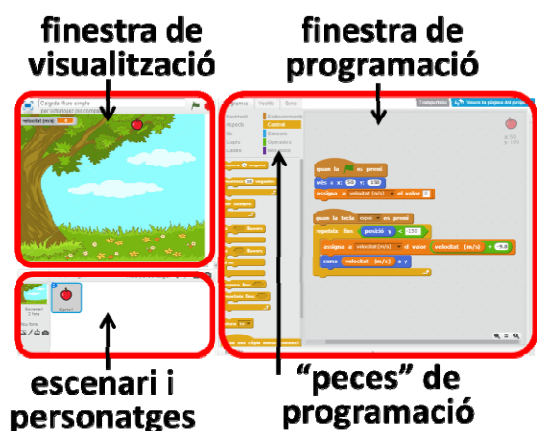


Figura 1. Interfície de Scratch

A través d'aquestes opcions, qualsevol usuari pot crear els seus propis projectes, enregistrar-los online i compartir-los amb altres usuaris de Scratch, com si es tractés d'una xarxa social. A més, es poden utilitzar els codis d'altres programes per modificar-los (procés anomenat "reinventar") o accedir al codi a través de l'opció "veure com està fet".

UN EXEMPLE DE MODEL COMPUTACIONAL: UNA CAIGUDA LLIURE

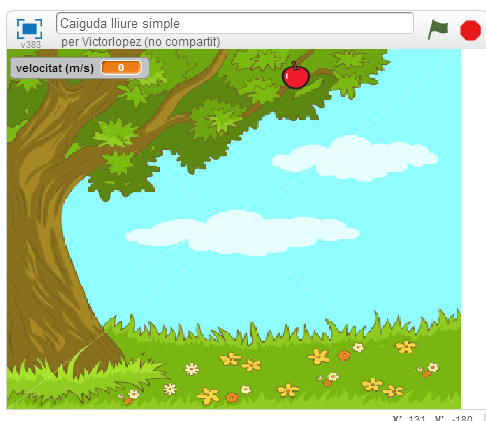


Figura 2. Escenari (fons) i personatge (la poma)

Per il·lustrar com es pot construir un model científic computacional a través del Scratch hem dissenyat un petit projecte anomenat "Caiguda lliure simple", al qual es pot accedir des de l'adreça [7]. En la figura 2 apareix la representació que apareix en la finestra de visualització del projecte, que consta d'un únic personatge (en aquest cas, una poma). Aquesta poma, al prémer la tecla espai re-

produceix el moviment d'una caiguda lliure, la qual ve descrita per les equacions del MRUA, amb una acceleració de $-9,8\text{m/s}^2$. Es tracta, per tant, d'un model que descriu el moviment de la poma i que permet predir on serà la poma en cada instant de temps i quina velocitat tindrà.

Com podrien arribar uns estudiants a construir un model que descriu el moviment de la poma durant una caiguda lliure?

Construir un model amb Scratch implica, en primer lloc, expressar els models mentals i explicitar les variables, les relacions i les condicions que intervenen. Així, els estudiants haurien d'identificar quines són les variables que intervenen en el model (en aquest cas són la posició, la velocitat i l'acceleració), i també haurien d'assignar uns valors inicials a aquestes variables (les condicions inicials). Tot seguit, haurien d'establir el conjunt de relacions entre variables, que en aquest cas s'haurien d'expressar en base a la idea que la velocitat determina la variació de posició per cada unitat de temps, que l'acceleració determina la variació de velocitat per cada unitat de temps, que l'acceleració manté un valor constant, etc.

Per traduir aquestes variables i relacions al llenguatge de Scratch i construir un model computacional hi hauria prou amb construir dos blocs de programació com els de la figura 3, els quals un estudiant d'ESO podria arribar a construir amb el suport adequat i havent-se familiaritzat prèviament amb el llenguatge del programa. En primer lloc, caldria definir les condicions inicials del personatge (poma) cada cop que es reiniciés el programa, cosa que en el llenguatge Scratch s'acostuma a fer prement la petita bandera verda que apareix en l'extrem superior dret de la figura 2. Així, en el primer dels blocs de programació de la figura 3, al prémer la bandera:

- Definiríem la velocitat inicial $v_0=0$.
- Definiríem la posició inicial de la poma, a partir de les coordenades x i y definides pel pla de la finestra de visualització.

A continuació, en el segon bloc de la figura 3 caldria definir el comportament del programa, que s'activaria al prémer la tecla espai. Per fer-ho, caldria definir un procés iteratiu de tipus "repeteix fins que" amb dues instruccions:

- En cada unitat de temps, reduir la velocitat en 9,8 unitats, seguint la idea de que la $v_f=v_i-a\cdot t$

- En cada unitat de temps, augmentar la posició el valor de la velocitat que tingui en aquest instant, seguint la relació $y_i = y_i - v \cdot t$

Un cop els alumnes haguessin construït el seu model, podrien introduir noves "peces" de programació, amb l'objectiu de revisar o perfeccionar el model. Per exemple, podrien fer que s'enregistrés la posició de la poma en cada instant, afegint al cicle iteratiu la peça "estampa". De la mateixa manera, caldria afegir la peça "neteja" per tal d'eliminar les imatges estampades de la poma cada vegada que el programa es reiniciés (figura 4). Afegint aquestes dues peces als blocs de programació, a l'executar el programa la poma cauria seguint el moviment de la caiguda lliure, i apareixeria per pantalla una representació com la de la figura 5.

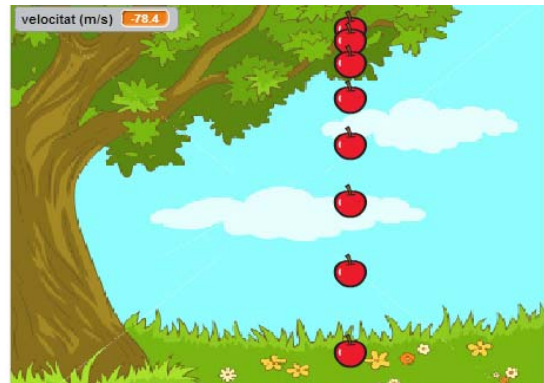


Figura 5. Conjunt de registres de la poma a través del codi "estampa". Per cada unitat de temps, la distància recorreguda per la poma és major, doncs la seva velocitat és major.

```

    quan la bandera es premi
      vés a x: 50 y: 150
      assigna a velocitat (m/s) el valor 0
       $y_0 = 150$ 
       $v_0 = 0$ 

    quan la tecla espai es premi
      repeteix fins posició y < 150
        assigna a velocitat (m/s) el valor velocitat (m/s) + -9.8
        suma velocitat (m/s) a y
         $v_{i+1} = v_i - 9,8 \cdot t$ 
         $y_{i+1} = y_i + v_i \cdot t$ 
  
```

Figura 3. Programa que determina el moviment del personatge poma.

```

    quan la bandera es premi
      vés a x: 50 y: 150
      assigna a velocitat (m/s) el valor 0
      neteja
      per esborrar la trajectòria

    quan la tecla espai es premi
      repeteix fins posició y < 150
        assigna a velocitat (m/s) el valor velocitat (m/s) + -9.8
        suma velocitat (m/s) a y
        estampa
        per representar la trajectòria
  
```

Figura 4. Programa per enregistrar la trajectòria del personatge poma.

Ahora els estudiants també podrien perfeccionar el model afegint fricció amb l'aire, o fer-lo més complex, incorporant una força horitzontal (per exemple, el vent), etc. A més, un cop construït el model de caiguda lliure, aquests mateixos estudiants podrien aventurar-se a construir nous models "reinventant" el primer, i construir, per exemple, un model computacional que descriu un tir parabòlic.

CONCLUSIONS

Tot i que Scratch no va ser únicament concebut com un programa ideat per a la modelització computacional, a través de la programació els estudiants de ciències de primària i secundària poden expressar els seus propis models, especificant quines són les variables que intervenen en un fenomen i, dins de les limitacions que pugui tenir el programa, investigant com poden estar relacionades aquestes variables. Així, l'ús de Scratch com a eina de modelització permet no només l'expressió dels models dels alumnes amb un llenguatge específic, sinó també el seu ús per fer prediccions, per avaluar els resultats d'execució dels models expressats i per discutir els models expressats per diferents alumnes a classe amb els companys i els professors/es, de manera similar a com ho fan els científics. A més, a diferència d'altres programes de modelització, l'opció de "com està fet" permet a qualsevol usuari de Scratch "endinsar-se en les entranyes" de qualsevol programa Scratch disponible en la xarxa, accedint al codi amb el que ha estat programat.

Ara bé, la realitat ens demostra que es tracta d'una eina encara poc utilitzada a les classes de ciències degut a molts factors (manca d'una formació adequada, diferents estils docents, manca de temps del professorat, etc.). Per aquest motiu, amb aquest article hem volgut contribuir a la promoció de Scratch pel seu potencial com a eina de modelització computacional per a l'aprenentatge de les ciències.

Agraïments

Aquest article ha estat realitzat gràcies al finançament del Projecte del MINECO EDU2011-28431.

REFERÈNCIES

- FEURZEIG, W., ROBERTS, N. (1999). *Modeling and Simulation in Science and Mathematics Education*. Springer-Verlag New York, Inc. ISBN: 0-387-98316-3.
- GILBERT, J., BOULTER, C. (1998). Learning Science through Models and Modelling. *International Handbook of Science Education*. In: B. J. Fraser and K. G. Tobin, Kluwer Academic Publishers. Vol. 1, 53-66.
- GUTIÉRREZ, R. (2004). La modelización y los procesos de enseñanza/aprendizaje. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. No. 42, 8-18.
- HENNESSY, S., DEANES, R., RUTHVEN, K. (2006). Situated Expertise in Integrating Use of Multimedia Simulation into Secondary Science Teaching. *International Journal of Science Education*. Vol. 28 (7), 701-732.
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-562.
- HSU, Y., HWANG, F., WU, H., LI-FEN, L., I-CHUNG, K. (2006). Analysis of Experts' vs. Novices' Modeling. Proceedings: Modelling in Physics and in Physics Education. GIREP 2006. University of Amsterdam.
- JUSTI, R. S. (2006). La Enseñanza de Ciencias basada en la Elaboración de Modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- LAWRENCE, I. (2002). A Modelling tool for expressing some thoughts in the Sciences. *Educational Technology*, Vol. 1. Proceedings ICTE, Formatex. Badajoz, 52-57.
- MELLAR, H., BLISS, J., BOOHAN, R., OGBORN, J., TOMPSETT, C. (1994). *Learning with Artificial Worlds: Computer-Based Modelling in the Curriculum*. The Falmer Press, Taylor & Francis, Inc.
- [1] <http://goo.gl/Y7Y7tg>
- [2] <http://goo.gl/gUjc17>
- [3] <http://modellus.fct.unl.pt/>
- [4] <http://goo.gl/DyPBFr>
- [5] <http://scratch.mit.edu/>
- [6] <http://scratchcatala.com/>
- [7] <http://scratch.mit.edu/projects/15060411/>