



<Article>

Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia

Eduard Muntaner-Perich

Data de presentació: 13/12/2010

Data d'acceptació: 27/09/2011

Data de publicació: 09/01/2012

//Resum

En el món ràpidament canviant d'avui en dia cada cop és més evident que l'èxit no està només basat en què sabem o quant sabem, sinó en la nostra habilitat per pensar i actuar de manera creativa. Malauradament, en la majoria dels casos els models d'aprenentatge tradicionals de les escoles no solen estar enfocats a desenvolupar el pensament creatiu. Aquest problema s'accentua encara més als països en vies de desenvolupament, on la creativitat ben utilitzada podria convertir-se en una eina fonamental per reduir la pobresa i en un motor important per al desenvolupament humà sostenible. Aquest article descriu un projecte pilot finançat per la Universitat de Girona, que combina innovació educativa i cooperació al desenvolupament, i que s'ha dut a terme a Shanti Bhavan, una escola rural del sud de l'Índia. El projecte, basat en la teoria del construccionisme, ha consistit en uns tallers en els quals, a través de les tecnologies de la informació i la comunicació (concretament treballant la robòtica i la intel·ligència artificial), s'ha estimulat la creativitat i l'esperit crític dels nens. A més, simultàniament i a través del joc i l'exploració, s'ha fet un reforç no formal de les assignatures que plantegen més problemes a l'Índia rural. L'objectiu a llarg termini és que aquests nens esdevinguin agents del canvi, creatius i innovadors, de les seves pròpies comunitats, i que, compromesos amb la seva realitat social, siguin capaços de proposar noves alternatives per millorar la seva qualitat de vida i engeguin projectes per crear riquesa en els diferents àmbits socials. Els resultats són sis tallers executats satisfactòriament, amb la continuació del projecte assegurada i amb el disseny d'un model que permetrà reproduir el projecte en altres indrets. Aquest article fa un resum del projecte, dels resultats, de les lliçons apreses i dels treballs futurs.

//Mots Clau

Aprenentatge, creativitat, tecnologies de la informació i la comunicació, robòtica educativa, intel·ligència artificial, cooperació al desenvolupament.

// Referència recomanada

Muntaner-Perich, Eduard (2012) Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia [En línia] *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, Vol. 5, núm. 1, 78-97. Accesible a: <http://www.raco.cat/index.php/REIRE>

// Dades de l'autor

Eduard Muntaner-Perich; Agents Research Lab, Edifici PIV, Campus de Montilivi, 17071; Universitat de Girona, Catalonia, Spain; emuntane@eia.udg.edu



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

1. Introducció

En l'actualitat, en plena societat de la informació, el món canvia molt ràpidament i això provoca que les persones ens hàgim d'enfrontar constantment a problemes i situacions inesperades. En aquest escenari cada cop resulta més obvi que l'èxit personal (o el de les societats, nacions, etc.) no està només basat en què sabem o quant sabem, sinó en la nostra habilitat per pensar i reaccionar d'una manera creativa.

La creativitat i la innovació sempre han estat importants, però en la societat de la informació han esdevingut fonamentals i indispensables. Malauradament, sembla que en la majoria dels casos la societat ha avançat més ràpidament que les escoles, i els models tradicionals d'aprenentatge que es fan servir no solen estar enfocats a desenvolupar el pensament creatiu. Molts estudiants aprenen gran quantitat de coneixements i a solucionar problemes concrets, però després són incapaços d'adaptar el que han après i trobar solucions als problemes reals i a les situacions inesperades que contínuament ofereix el món canviant actual (Resnick, 2007).

Curiosament, amb l'entrada a les escoles de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC)¹, des d'alguns sectors hi havia l'esperança que s'aprofitarien per estimular la creativitat —entesa com la facultat de crear—, el pensament crític —entès com la capacitat d'analitzar i avaluar la consistència dels raonaments—, la resolució de problemes en grup (i en xarxa), i l'aprenentatge continuat, competències bàsiques en aquest principi del segle XXI. Però la veritat és que en general els sistemes educatius les han fet servir simplement com un canvi de suport, sense que hagin implicat reformes gaire importants ni en la manera d'ensenyar ni en la d'aprendre.

Aquest és un problema que als països desenvolupats és important i que, en la nostra opinió, necessita ser estudiat de manera urgent per posar-hi remei. Però als països en vies de desenvolupament aquest problema resulta encara molt més crític, ja que en aquests llocs la creativitat ben utilitzada podria convertir-se en una eina fonamental per reduir la pobresa i en un motor important per afavorir el desenvolupament humà sostenible. Introduir mecanismes innovadors en els sistemes educatius dels països del sud és un repte molt gran, perquè a part de les inèrcies habituals i de la resistència als canvis per part de les escoles, s'hi han d'afegir els problemes de la fractura digital, la manca de recursos i d'experts en determinades àrees, i també les complexes situacions d'algunes realitats socials concretes. L'apropiació de les TIC per part d'aquests països és, sens dubte, clau en tots els àmbits, però especialment a les escoles. Tenint en compte l'actual context global de desigualtats creixents, la creativitat i la innovació s'han convertit en unes condicions necessàries i imprescindibles per a la generació de futur als països en vies de desenvolupament.

¹ Hi ha múltiples maneres de concebre les TIC. En aquest article es consideraran com l'univers de dos conjunts, representats per les tecnologies de la comunicació



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

De fet, hi ha una demanda creixent d'innovacions tecnològiques que permetin l'apoderament de les comunitats en vies de desenvolupament i, per tant, cada cop són més necessàries les iniciatives educatives noves i creatives (Dias et al., 2005).

Aquest article fa una descripció general d'un projecte pilot finançat per la Universitat de Girona, que combina innovació educativa i cooperació al desenvolupament, i que s'ha dut a terme a Shanti Bhavan, una escola rural del sud de l'Índia. El projecte, inspirat i basat en la teoria del construccionisme (Papert, 1980), ha consistit en uns tallers en què, a través de la robòtica i la intel·ligència artificial, s'ha estimulat la creativitat i l'esperit crític dels nens. A més, simultàniament i a través del joc i l'exploració, s'ha fet un reforç no formal de les assignatures que plantegen més problemes a l'Índia rural. El projecte, com és evident per la seva naturalesa, té un fort component de lluita contra la fractura digital que es viu en aquelles comunitats, i ha intentat transmetre una sèrie de competències TIC als alumnes i professors de Shanti Bhavan. L'objectiu a llarg termini és que aquests nens esdevinguin *agents del canvi*, creatius i innovadors, de les seves pròpies comunitats, i que, compromesos amb la seva realitat social, siguin capaços de proposar noves alternatives per millorar la seva qualitat de vida, i engeguin projectes per crear riquesa en els diferents àmbits socials.

Aquest article està organitzat en diferents apartats. A l'apartat 2 es fa una breu explicació dels fonaments teòrics del projecte: construccionisme, robòtica i intel·ligència artificial a les escoles, i TIC per al desenvolupament. L'apartat 3 analitza alguns antecedents i projectes relacionats amb el tema d'estudi. L'apartat 4 conté una descripció de Shanti Bhavan i de la problemàtica d'aquella zona del sud de l'Índia. A l'apartat 5 s'expliquen els objectius del projecte, i a l'apartat 6 es descriu la metodologia que s'ha seguit per executar-lo. L'apartat 7 conté els resultats i algunes lliçons apreses. Finalment, a l'apartat 8 es presenten les conclusions i els treballs futurs.

2. Fonaments teòrics del projecte

Aquesta secció repassa breument els fonaments teòrics d'aquest projecte. Per un costat, les teories de l'aprenentatge basades en el construccionisme; per un altre, les aplicacions de la robòtica i la intel·ligència artificial en l'educació, i, finalment, una visió general de l'àrea de les TIC per al desenvolupament, amb un incís especial en l'ús de les TIC en projectes de cooperació al desenvolupament centrats en l'educació.

2.1 Construccionisme

El construccionisme és a la vegada una teoria de l'aprenentatge i una estratègia per a l'educació ideada per Seymour Papert (Papert, 1980). Està basat en les teories «constructivistes» de Jean Piaget (Piaget, 1955), que diuen que el coneixement no és simplement transmès del professor a l'alumne, sinó que és construït de manera activa per la ment de l'estudiant. El construccionisme



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

de Papert va un pas més enllà i diu que els éssers humans construeixen el seu coneixement amb una eficàcia particular quan participen en la construcció d'artefactes que els són personalment significatius. Segons això, doncs, l'educació hauria de facilitar eines als nens per dur a terme activitats que impulsin aquest procés. En lloc d'instruir l'estudiant proporcionant-li fórmules i tècniques (instruccionalisme), el construccionisme és més aviat «la filosofia d'aprendre construint idees en la pròpia ment tot construint artefactes en el món» (Martin et al., 2000). En aquest context hem d'entendre la paraula *artefacte* en el sentit més ampli: tant pot ser un robot, un poema, una escultura com un joc d'ordinador.

Així doncs, la idea és que els estudiants s'involucraran més en el seu aprenentatge si estan construint alguna cosa que els altres podran veure, criticar i potser utilitzar. A través del procés de construcció, els estudiants hauran d'encarar temes i assumptes complexos, i faran l'esforç de resoldre els problemes i d'aprendre perquè estaran motivats per construir aquell artefacte significatiu per a ells, per discutir-lo amb els altres i per presentar-lo a tota la comunitat. En aquest aprenentatge per immersió els estudiants se submergeixen ells mateixos en el procés d'aprenentatge, i disposen del temps necessari per explorar les seves idees en profunditat. Totes les estratègies d'aprenentatge basat en projectes estan molt relacionades amb el construccionisme.

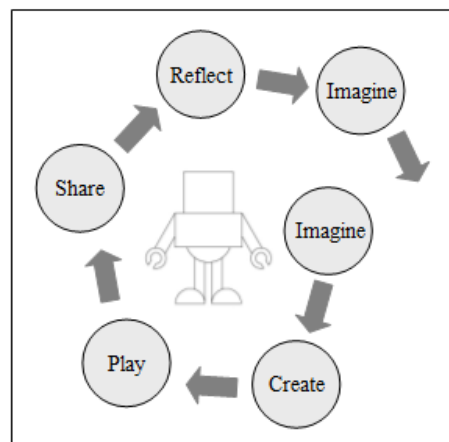


Fig. 1. Espiral del pensament creatiu de Resnick (Resnick, 2007)

Sense dubte, les TIC poden ser una eina molt útil per desenvolupar enfocaments construccionistes dins les aules. De fet, segons Resnick (Resnick, 2007) les noves tecnologies ben utilitzades poden ajudar els estudiants a navegar per l'espiral del pensament creatiu (figura 1).

Cal dir que el construccionisme també és hereu d'idees que provenen del constructivisme social, una perspectiva fonamentada sobretot en les teories de Vygotsky (Vygotsky, 1978) de les quals es desprèn que el coneixement és un producte humà, construït socialment i culturalment en un context determinat (zona de desenvolupament pròxim). Des d'aquest punt de vista,



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

l'aprenentatge profund es produeix quan els individus estan immersos en activitats socials, i s'emfatitza la importància de la cultura i el context.

2.2 Robòtica i intel·ligència artificial a les escoles

Sense dubte, quan avui en dia pensem com utilitzar les TIC per aplicar les teories construccionistes a les escoles, la robòtica és una de les primeres idees que ens vénen al cap. La robòtica educativa té el gran avantatge que és divertida i atractiva, però al mateix temps enfronta els estudiants a problemes seriosos i complexos, i els fa pensar i explorar per si mateixos conceptes matemàtics, físics i d'enginyeria.

Els tallers de robòtica a les escoles promouen els valors de la innovació i la creativitat i ofereixen una visió de la ciència atractiva i dinàmica, al mateix temps que desafien els nens a pensar com a científics i enginyers. L'aprenentatge es fa a través del joc però de manera dirigida, i es contribueix al desenvolupament de competències molt variades, no només en el camp de les TIC sinó també en aspectes més generals, com ara la comunicació, la resolució de problemes o el treball en equip. Una de les lliçons més importants que aprenen els alumnes és que no hi ha una única solució a un problema determinat, sinó que hi ha un ventall de diferents solucions vàlides per resoldre'l. Aquesta última característica fa que el professor (que en els nostres tallers anomenem *capacitador o guia*) també està sempre aprenent, perquè contínuament sorgeixen situacions inesperades i mai no hi ha una solució única. Els errors són positius perquè ens porten a estudiar què ha passat, a entendre què ha anat malament i a arreglar-ho. Tot això fa que la frontera entre professor i alumne es difumini, i que tota la classe giri al voltant de l'aprenentatge.

La robòtica educativa està entrant a poc a poc a les escoles i als instituts dels països desenvolupats, i s'està guanyant un lloc privilegiat sobretot en els itineraris més tècnics i científics. Alguns governs s'han adonat dels avantatges que comporta, i hi ha iniciatives públiques que afavoreixen la introducció de robots a les escoles. Per proximitat, podem destacar la iniciativa Enginycat, del Govern de Catalunya (Enginycat, 2010), que intenta fer més propera l'enginyeria als joves mitjançant actuacions com per exemple els tallers de robòtica educativa que es duen a terme a les escoles de secundària de Catalunya.

Un indicador que actualment és una tendència intentar apropar la robòtica a les escoles és que Google, mitjançant el projecte 10¹⁰⁰ (Google, 2010), va seleccionar com a finalista, entre més de 150.000 idees per millorar el món, una idea que consisteix a donar suport a iniciatives que apropin l'enginyeria i la ciència als joves, i que destaca explícitament la importància d'introduir la robòtica a les aules.

Fins aquí hem parlat de la robòtica, i ara és el torn de la intel·ligència artificial (IA). No cal dir que no n'hi ha prou a construir els robots, també cal que els nens els programin per tal que facin el que ells vulguin, i aquí és on entra la IA. Un pioner a l'hora d'estudiar els efectes d'introduir la programació i la IA a les escoles és el mateix Seymour Papert, el pare del construccionisme. Després de la seva etapa com a alumne de Piaget, va traslladar-se al *Massachusetts Institute of*



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

Technology (MIT), on va desenvolupar el famós llenguatge LOGO per ensenyar a programar als nens, i que en les paraules del mateix Papert (Papert, 1980) és «un mitjà que pot, en principi, ser usat pels educadors per donar suport al desenvolupament de noves maneres de pensar i aprendre».

Segons Papert, podem aprendre més, i més ràpidament, si prenem control conscient del nostre procés d'aprenentatge i articulem i analitzem el nostre coneixement. I aprendre a programar ens ajuda a fer-ho. De fet, Papert encara va una mica més lluny i suggereix que aprendre llenguatges formals mentre som petits ens ajuda a parlar i pensar millor sobre problemes complexos, i que ensenyar IA als nens els ajuda a pensar d'una manera més concreta sobre els seus processos mentals. D'alguna manera, introduir la IA a les aules és propiciar que els nens facin de petits epistemòlegs, és fer que pensin sobre com pensen, de manera que s'afavoreixen les seves activitats metacognitives.

Programar el robot, de fet, és ensenyar-li a fer tasques, i tots els que s'han situat algun cop al davant d'una classe saben que la millor manera d'aprendre un concepte és precisament ensenyant-lo. En el moment en què fas l'esforç d'explicar el concepte, l'interioritzes i l'entens molt millor; l'aprenentatge construccionista és més efectiu quan construïm per a altres persones (Papert, 1980). Els robots permeten aprendre ensenyant, ja que en realitat no saben fer res per ells mateixos, cal programar-los. Per exemple, com s'aprèn millor el concepte de cercle? Veient-ne la fórmula a la pissarra o programant el robot perquè en dibuixi un sobre una cartolina?

En el món de l'educació és habitual parlar de les piràmides de l'aprenentatge, uns gràfics que presenten el grau de retenció dels estudiants en funció del mecanisme d'aprenentatge. En realitat, aquests gràfics solen ser versions posteriors del con de l'experiència d'Edgar Dale (Dale, 1954). A la figura 2 podem veure una d'aquestes piràmides de l'aprenentatge en què se suggereixen els graus de retenció passades dues setmanes: un 5 % del que escoltem, un 10 % del que llegim, un 20 % del que veiem i escoltem en un audiovisual, un 30 % del que ens han demostrat, un 50 % del que hem discutit o debatut en grup, un 75 % del que hem fet nosaltres mateixos, i un 90 % del que hem ensenyat a d'altres. Resulta evident, doncs, que la robòtica i la IA potencien sobretot l'aprenentatge actiu, a través de «treballar fent» i d'«ensenyar a fer», i això que fa que els alumnes retinguin la major part del que han après.

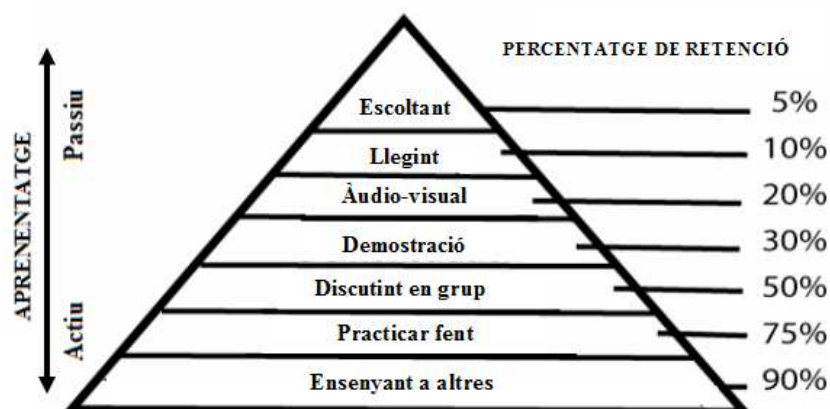


Fig. 2. Piràmide de l'aprenentatge



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

Després de Papert han estat molts els que han continuat estudiant com podem, fent servir un altre cop paraules de Resnick (Resnick, 2007), «dissenyar coses que permetin als estudiants dissenyar coses». Al MIT, i concretament al Lifelong Kindergarten del Media Lab, han estat molt actius en aquests temes. Ells són els responsables, juntament amb la companyia LEGO®, dels kits de robòtica educativa LEGO-Mindstorms (The LEGO Group, 2010), que són els que fem servir en aquest projecte. Aquests kits han estat dissenyats tenint en compte la concepció de nen com a «constructor de les seves pròpies estructures mentals», i intentant crear un entorn en què els estudiants puguin exercir activitats pròpies d'enginyers o inventors com a via per accedir als principis de la ciència i la tècnica.

2.3 Educació i TIC per al desenvolupament

L'àrea de les TIC per al desenvolupament (més coneguda pel seu acrònim anglès ICT4D) estudia la manera com les TIC poden utilitzar-se per donar suport als objectius de desenvolupament social, econòmic i polític. Les TIC ben utilitzades poden millorar l'accés als recursos d'informació i la comunicació de diferents tipus, aspectes clau per accelerar el desenvolupament econòmic i social, particularment en el context global actual de desigualtats creixents.

Moltes de les iniciatives englobades dins de les TIC per al desenvolupament estan enfocades a reduir la fractura digital, és a dir, les diferències d'accés, producció i consum de programari, maquinari i continguts. En general, quan parlem de projectes TIC en temes de cooperació al desenvolupament, tenim tres tipus de projectes: d'infraestructures (proveir d'ordinadors, programari, connexions a Internet, etc.); de capacitació (entrenament de personal, alfabetització digital i tecnològica, etc.), i finalment de continguts digitals i serveis (e learning, e-health, etc.).

Dins de les TIC per al desenvolupament, l'àrea concreta que ens interessa amb relació al nostre projecte és la que es dedica a estudiar com les TIC poden ser una ajuda per a l'educació en àrees tecnològicament desfavorides de països del sud, especialment en zones rurals i slums de les grans ciutats. Fonamentalment, hi ha dos enfocaments diferents sobre com cal utilitzar les TIC per donar suport a l'aprenentatge d'estudiants d'àrees desfavorides (Kozma i Wagner, 2006). Per un costat tenim l'enfocament instructiu, normalment anomenat CAI (computer-assisted instruction), en què ordinadors i altres tecnologies s'utilitzen per instruir els alumnes en alguna assignatura o en algun tema. Les competències que desenvolupen els alumnes amb aquest enfocament solen ser bastant bàsiques. Per l'altre costat, tenim l'enfocament constructiu, directament relacionat amb el construccionisme del qual hem parlat en l'apartat 2.1. En aquest enfocament, els ordinadors i altres recursos tecnològics ajuden els estudiants a resoldre algun problema o a construir algun artefacte, i mentre ho fan adquireixen i desenvolupen competències importants i variades, com ara la capacitat de cerca d'informació, el raonament a partir de models, l'anàlisi de dades o la comunicació d'idees.



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

A nosaltres, com ja es desprèn dels apartats anteriors, ens interessa l'enfocament constructiu. Però tot i que és cert que, així com la introducció de tècniques construccionistes dins d'escoles rurals de països en vies de desenvolupament pot ser assumible fàcilment perquè es tracta de tesis molt generals, parlar en canvi de robòtica i intel·ligència artificial en aquests entorns pot semblar un contrasentit en una primera impressió. Però, per a l'elecció d'aquestes tecnologies per al nostre projecte, de fet s'ha tingut en compte el concepte de tecnologia apropiada, que és la que es transfereix tenint en consideració els recursos locals i prioritzant les necessitats més importants de la població beneficiada.

La robòtica educativa pot ser una solució tecnològicament apropiada per a projectes educatius d'àrees rurals de països en vies de desenvolupament per les raons següents:

- Una raó important per ensenyar robòtica en àrees tecnològicament desfavorides és la seva naturalesa multidisciplinària. Al mateix temps que s'estimula la creativitat dels nens per resoldre problemes complexos en grup, també s'està fent un reforç no formal de matèries com informàtica, matemàtiques i física, les assignatures tècniques que generalment comporten més problemes a les escoles rurals d'aquests països.
- Una altra raó important i molt senzilla és que els robots generalment funcionen amb bateries, de manera que si es fa una bona planificació es poden continuar fent servir durant els talls de llum habituals i prolongats que hi ha en aquestes àrees. En canvi, els ordinadors de sobretaula queden totalment inútils durant aquestes llargues estones.
- Tenint en compte l'escassetat de recursos de les escoles rurals de països del sud, surt més econòmic i permet fer més dinàmiques de treball en grup la utilització, per exemple, de quatre ordinadors i un parell de robots, que no tenir una aula amb deu ordinadors i que els nens hagin d'anar fent torns per fer-los servir.
- Els kits de robòtica educativa actuals (com per exemple *LEGO-Mindstorms*) són més econòmics que temps enrere i no requereixen coneixements gaire avançats ni d'informàtica ni d'electrònica. Això fa que siguin una alternativa molt interessant als ordinadors (sobretot si per qüestions de recursos no es pot disposar d'un ordinador per alumne a les aules).
- En el cas concret de l'Índia, que és el que pertoca a aquest projecte, hi ha un sistema educatiu (tant el públic com el privat) molt jerarquitzat i que sol premiar l'individualisme i la competitivitat per sobre de la cooperació. Introduir la robòtica a les aules obliga a fer dinàmiques de treball en grup, que no són gens habituals a les seves escoles, però que en canvi són molt necessàries per formar persones que més tard puguin incorporar-se a treballar dins d'equips.

No cal dir que no som els únics que hem arribat a aquestes conclusions; en l'apartat següent veurem alguns projectes relacionats amb el nostre, que d'alguna manera en són els antecedents. Tots aquests projectes, cadascun a la seva manera, estan centrats a utilitzar la robòtica i la IA en projectes educatius de països en vies de desenvolupament.



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

3 Antecedents i projectes relacionats

Un projecte molt relacionat amb el nostre i que val la pena destacar és Cambodia~p.r.i.d.e (*Providing Rural Innovative Digital Education*). Es tracta d'una fundació que es dedica a portar educació innovadora en informàtica a les àrees rurals més pobres de Cambotja (Cambodia~p.r.i.d.e, 2010). Es pretén millorar la qualitat de vida d'aquelles comunitats estimulant el pensament independent i les capacitats de resolució de problemes, i la idea és promoure l'aprenentatge a través de l'exploració creativa. El projecte s'ha iniciat a l'escola Reaksmey de Cambotja, i ha fet servir portàtils de baix cost, kits de robòtica educativa i programari dissenyat al MIT per ensenyar a programar als nens, seguint la tradició d'innovació educativa del *Media Lab* del MIT (Papert, 1980, i Resnick, 2007). El projecte ha evolucionat favorablement i ha comportat la creació de tres noves escoles.

Un altre treball molt interessant és el de Claudia Urrea a El Rodeo, Costa Rica (Urrea, 2001). Urrea va desenvolupar un projecte en unes comunitats rurals de Costa Rica per estudiar com el disseny d'artefactes robòtics i l'ús d'altres tecnologies digitals poden millorar l'aprenentatge dels alumnes, i com, també, contribueixen a la millora de la vida rural comunitària. El projecte treballava les relacions entre aprenentatge, tecnologia i cultura, i estudiava com es podia reduir la fractura entre l'educació urbana i l'educació rural. Urrea dona molta importància a la participació de tota la comunitat i planteja el projecte des d'un punt de vista de desenvolupament participatiu. Les seves conclusions són que els resultats del treball fet pels membres de l'escola i la comunitat tindran un impacte en la manera com la gent de la comunitat es veuen a ells mateixos i en la manera com són vistos des del món desenvolupat.

A l'Índia cal destacar la iniciativa *Build Robots Create Science* (BRICS), de l'IIT Kanpur (Mukerjee et al., 2004). Consisteix en el desenvolupament de tallers de robòtica a les escoles, amb un enfocament construccionista com el del nostre projecte. Des de l'IIT Kanpur destaquen que a l'Índia l'accés als ordinadors a les escoles està molt limitat i l'aprenentatge d'estructures de planificació rellevants per poder programar esdevenen molt complicades. Aposten pel desenvolupament d'interfícies de baix cost que permetin aprendre programació fent servir blocs programables i teclats.

Cal destacar, també, dos casos d'estudi, a Qatar i a Ghana (Dias et al., 2007, i Mills-Tettey et al., 2007), en els quals es pretén estudiar l'impacte de l'educació en robòtica en comunitats on la informàtica està començant a arribar. El projecte està pensat com uns cursos d'introducció a la robòtica i a la IA, dirigits a les joves generacions amb l'objectiu que en el futur esdevinguin creadors de solucions tecnològiques innovadores als problemes de les seves respectives comunitats. Els responsables del projecte creuen que la robòtica és una bona aposta en aquests entorns tecnològicament desfavorits, pel seu caràcter multidisciplinari i la seva habilitat per inspirar els joves a ser creatius.



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

4 Shanti Bhavan



Fig. 3. Situació geogràfica de Shanti Bhavan

En aquest apartat presentarem Shanti Bhavan, l'escola del sud de l'Índia on s'ha desenvolupat aquest projecte; també farem una descripció breu del seu entorn i oferirem algunes pinzellades sobre la situació actual a l'Índia. El lector interessat a saber més sobre la pobresa rural al sud de l'Índia trobarà molta informació en el llibre *India Untouched*, d'Abraham George (George, 2005).

L'Índia és un país de més de 1.100 milions d'habitants on el 70 % de la població viu en àrees rurals. Mentre que els nuclis de les grans ciutats estan experimentant un fort desenvolupament, les àrees rurals i les zones dels slums (barris de barraques de les grans ciutats) continuen patint situacions de pobresa extrema. Es calcula que un 40 % de la població del país viu amb menys d'1,25 \$ al dia.

Un cas paradigmàtic d'aquest desenvolupament irregular és la ciutat de Bangalore, capital de l'estat de Karnataka i una de les metròpolis més cosmopolites de l'Índia. És considerada per molta gent el *Silicon Valley* de l'Àsia pel creixement increïble d'empreses que es dediquen al sector de les noves tecnologies. Tot aquest desenvolupament amb prou feines està repercutint en els slums de la mateixa ciutat i en les àrees rurals que l'envolten, on les comunitats subsisteixen per sota el llindar de la pobresa.

Per solucionar aquests problemes calen polítiques serioses i constants de desenvolupament integral, però també cal, i és molt important, que persones d'aquestes comunitats desfavorides prenguin consciència de les injustícies socials que pateixen i es converteixin elles mateixes en agents del canvi i en líders creatius que aportin nous models al desenvolupament de les seves pròpies comunitats. La solució passa, doncs, per l'educació. Als slums i les zones rurals, però, l'educació pública és molt precària i a vegades inexistent. Per això moltes organitzacions socials i moltes iniciatives de cooperació al desenvolupament s'han centrat a fer projectes educatius en aquestes àrees.



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

Alguns d'aquests projectes són essencialment d'alfabetització o se centren a impartir educació primària. Són molt importants, necessaris i beneficiosos, però no acaben d'aconseguir trencar els cercles de pobresa perquè quan els nens i nenes acaben els estudis difícilment poden optar a feines i a posicions prou bones per convertir-se en agents del canvi a les seves comunitats.

L'escola que va ser seleccionada per a aquest projecte pilot s'anomena Shanti Bhavan (Shanti Bhavan, 2010), és als afores de Baliganapalli, un petit poblet de l'estat de Tamil Nadu, a uns 50 km de Bangalore en direcció sud-est (figura 3). Pertany a una fundació sense ànim de lucre anomenada *The George Foundation* (TGF), està en marxa des de l'any 1997 i funciona com una escola residencial gratuïta on tots els alumnes (des del jardí d'infància fins al dotzè curs) provenen de famílies que viuen per sota el llindar de la pobresa. La gran majoria són dàlits, la casta més baixa, amb tot el que això encara comporta avui en dia a l'Índia. L'escola, des del principi ha fugit de models que es conformen a alfabetitzar i donar una educació molt bàsica, ja que així és molt difícil trencar els cercles de pobresa en què viuen aquelles comunitats. Shanti Bhavan intenta que els nens i nenes rebin una educació de qualitat que tendeixi a l'excel·lència, amb l'objectiu que en el futur puguin obtenir bones feines o accedir, si ho volen, a l'educació universitària, una cosa que actualment encara és del tot excepcional per a un dàlit d'una zona rural.

L'escola, que és del tot gratuïta, ha destacat des dels primers anys per la seva aposta per la innovació educativa, i el seu fundador, Abraham George (George, 2005), és un destacat emprenedor social. L'any 2008 Shanti Bhavan va fer història a l'Índia, acadèmicament parlant, ja que va ser la primera escola per a dàlits que va aconseguir la First Division ens els exàmens ICSE per a tots els seus estudiants de desè curs. Aquest èxit, que el 2009 es va repetir per segon any consecutiu, dóna punts als nens i els ofereix la possibilitat real d'estudiar a les universitats més bones de l'Índia, com ara *l'Indian Institute of Technology* (IIT) o *l'Indian Institute of Management* (IIM).

Els beneficiaris més directes d'aquest projecte pilot, com és evident, són els nens i nenes de Shanti Bhavan. Aquests nens provenen de famílies hindús, musulmanes i cristianes de les àrees rurals del sud-est de Bangalore. La gran majoria són hindús i pertanyen a les subcastes dels dàlits (la casta inferior). Aproximadament un 5 % són orfes, i la resta pertany a famílies que malviuen sota el llindar de la pobresa. Algunes famílies són molt desestructurades, amb problemes afegits d'alcoholisme i violència domèstica, i solen ser famílies bastant nombroses. Els oficis dels pares i mares van des de treballadors rurals, ragpickers (recol·lectors d'escombraries) o, fins i tot, en alguns casos treballadores sexuals.

Shanti Bhavan és un projecte educatiu concebut pensant en un impacte a llarg termini (com és natural en un projecte d'educació). Els beneficiaris indirectes seran les comunitats rurals de l'àrea de Baliganapalli i àrees del voltant. El 2010 acabarà la primera generació d'alumnes, i se'n podrà començar a valorar l'impacte. Durant tots aquests anys, a part d'oferir una educació formal excel·lent, s'ha fet una tasca important d'educació per al desenvolupament, i s'ha intentat que els nens i nenes siguin crítics amb el seu entorn i conscients de les injustícies a què són sotmeses les seves famílies, amb l'objectiu que quan acabin puguin liderar projectes i esdevenir ells mateixos agents del canvi de les seves comunitats.



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

La TGF també té projectes de desenvolupament comunitari, d'apoderament de les dones i d'ecologia, tots a la mateixa àrea rural de Tamil Nadu.

Shanti Bhavan se'ns va presentar com una escola molt indicada per al nostre projecte per diferents motius:

- Des dels inicis l'escola ha apostat per introduir diferents mecanismes d'innovació educativa, i es va mostrar molt receptiva a les nostres idees.
- Les instal·lacions ja disposaven d'una aula d'informàtica equipada amb ordinadors, que és tot el que es necessitava per portar a terme els tallers de robòtica.
- El nivell educatiu és molt alt tenint en compte la zona i els recursos dels quals disposen, i els cursos intermedis reben regularment classes d'informàtica, de manera que els nens ja tenen les competències digitals més bàsiques i no cal començar de zero a l'hora de fer els tallers.
- La situació geogràfica era perfecta, en una aïllada zona rural de Tamil Nadu però alhora prou a prop de Bangalore, una ciutat on es podrien solucionar problemes tècnics en el cas que es presentessin.
- Tot els alumnes pertanyen a famílies que viuen per sota el llindar de la pobresa i provenen de comunitats tecnològicament desfavorides (ja siguin poblets del voltant de l'escola o slums dels afores de Bangalore), que són les comunitats en què ens volíem focalitzar.
- L'escola rep voluntaris internacionals durant tot l'any, i en ocasions anteriors altres experts en TIC havien fet tasques de formació d'alumnes i capacitació de professors.

5 Objectius del projecte

L'objectiu general del projecte ha estat engegar uns tallers pilot a l'escola Shanti Bhavan del sud de l'Índia per estimular la creativitat i el pensament crític dels nens mitjançant l'ús de les TIC (concretament, kits de robòtica educativa). La idea és despertar-los l'interès per la ciència i la tecnologia i estimular la innovació i la creativitat en la resolució de problemes treballant en grup. L'objectiu a llarg termini, com ja s'ha assenyalat anteriorment i en sintonia amb l'objectiu final de Shanti Bhavan, és ajudar a fer que aquests nens en el futur estiguin motivats per engegar projectes als seus pobles, tinguin consciència crítica dels problemes i injustícies que pateixen, i disposin de coneixements i d'eines per crear riquesa en els diferents àmbits socials. I que, en definitiva, esdevinguin ells mateixos els agents del canvi de les seves pròpies comunitats. Tot aquest projecte segueix l'esperit que la creativitat és un motor del desenvolupament humà.

Es tracta d'un cas d'estudi, amb la intenció des d'un principi que el projecte tingui continuació, que pugui anar-se ampliant i aplicar-se a altres indrets.

Altres objectius secundaris del projecte són:



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

- a) A part d'estimular la creativitat i l'esperit crític, donar simultàniament un reforç de les matèries que tradicionalment comporten més problemes a les escoles rurals índies (informàtica, matemàtiques, física, anglès, etc.) mitjançant una activitat que permet aprendre explorant.
- b) Ajudar a reduir la fractura digital que es viu a les àrees rurals del sud de l'Índia mitjançant la formació i capacitatció en noves tecnologies, especialment en les TIC.
- c) Capacitar personal de l'escola perquè els tallers puguin tenir continuïtat.
- d) Establir un model general de «taller de robòtica creativa per a escoles rurals de comunitats tecnològicament desfavorides», reproducible a altres indrets.
- e) Finalment, un altre objectiu del projecte és fer simultàniament sensibilització/conscienciació als països del nord. A través d'un blog a Internet s'ha anat explicant detalladament tot el procés d'execució del projecte in situ i dia a dia. Tot això donant un pes especial a les contribucions dels principals protagonistes: els nens i nenes.

6 Metodologia dels tallers

Tot i que la idea inicial era fer els tallers en horari extraescolar aprofitant que Shanti Bhavan és un internat i que els nens hi resideixen tot el dia, finalment, i a petició de l'escola, es va optar per encabir-los dintre els horaris regulars, fent servir les últimes dues hores de classe cada dia.

En total, durant els tres mesos que va durar el projecte pilot (setembre-desembre de 2009) es van fer sis tallers de robòtica per als sis cursos superiors, concretament des de dotzè fins a setè, i seguint aquest ordre (el seu sistema educatiu és com el K-12 anglosaxó). L'edat dels alumnes que hi van participar estava compresa entre els disset i els dotze anys. El nombre d'alumnes per classe variava a cada curs: dinou com a màxim i deu com a mínim. Cada taller durava dues setmanes consecutives, i es feien dues hores seguides de classe cada dia de dilluns a divendres; és a dir, un total de deu sessions o vint hores per cada taller.

Els tallers eren conduïts per un facilitador expert, que es va desplaçar a Shanti Bhavan durant els tres mesos per engegar el projecte, fer les classes i capacitar el personal. Durant la classe, doncs, a part dels alumnes, sempre hi havia el facilitador i molt sovint també s'hi afegia algun altre professor que estigués lliure en aquell moment. Es va optar per una política de portes obertes perquè s'hi apropés sempre tothom qui volgués.

Com s'ha mencionat a l'apartat 2, per al projecte s'han fet servir els kits de robòtica educativa *LEGO-Mindstorms* (The LEGO Group, 2010). Concretament, s'ha disposat de tres kits. Cadascun inclou un «maó intel·ligent» (amb microcontrolador, memòria, pantalla de cristall líquid, ports USB i *Bluetooth*, i els ports d'entrada i sortida). Cada kit també inclou tres motors, un sensor d'ultrasons, un sensor de llum, un sensor de so, dos sensors de contacte, 431 peces *LEGO Technic* i el programari necessari per poder connectar els robots al PC i programar-los.

Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

Com que es disposava de tres kits, cada classe es va dividir en tres grups per facilitar la feina. Els tallers es van dur a terme a l'aula d'informàtica de Shanti Bhavan, on es disposava de PC. Tot i que el maquinari dels ordinadors començava a ser obsolet, es van poder connectar amb els robots sense cap problema, cosa que va demostrar que no es requereix un equipament gaire sofisticat per portar a terme un taller de robòtica.

Respecte a la dinàmica interna de cada taller, es va optar per un enfocament totalment pràctic, i només es feien deu minuts de teoria durant la primera sessió, simplement per fer una introducció al sistema. Les classes pràctiques combinaven exercicis guiats i estones d'exploració. Els exercicis guiats generalment tenien una part que comportava tasques de construcció i després una part de programació. A continuació presentem una llista esquemàtica dels diferents exercicis que es van seguir a cada taller:

1. Primer contacte amb el robot i els sensors. Connectar el sensor de so i un motor al «maó intel·ligent» i fer que el motor es mogui quan detecta un so. Fer que el robot emeti un so i que mostri alguna cosa a la pantalla. Exploració lliure.
2. Construir un robot de tres rodes amb dos motors i un sensor de so. Fer que el robot es mogui descrivint la trajectòria d'un quadrat, parant a cada vèrtex i esperant un so per continuar. Fer el mateix però descrivint trajectòries geomètriques més complexes. Afegir alguna estructura al robot que li permeti aguantar un rotolador, i fer que el robot dibuixi sobre una cartolina (figura 4). Exploració lliure.
3. Afegir el sensor d'ultrasons al robot. Fer que el robot es mogui a l'atzar, i que reculi i giri cada cop que detecta un objecte al davant. Fer que el robot segueixi un objecte que es va allunyant. Exploració lliure.
4. Afegir el sensor de llum (infrarojos) al robot. Calibrar el sensor en funció de la llum ambiental. Fer que el robot segueixi una línia negra al terra estudiant el valor de la llum reflectida (figura 5). Exploració lliure.



Fig. 4. Estudiants de l'onzè curs de Shanti Bhavan fent que el robot dibuixi amb un rotolador sobre una cartolina.

Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*



Fig. 5. Estudiants del desè curs de Shanti Bhavan fent que el robot segueixi una línia

5. Afegir un tercer motor al robot. Fer que el robot es mogui endavant fins que detecta una bola amb el sensor d'ultrasons, llavors parar i decidir si la bola és vermella o blava fent servir el sensor de llum. Finalment, si la bola és vermella picar-la fent servir un braç mogut pel tercer motor. Exploració lliure.

6. Construir un robot des de zero sense cap model i amb llibertat absoluta. Afegir-hi els sensors de contacte. Experimentar amb exercicis que requereixin fer servir dos o més sensors. Exploració lliure.

7 Resultats i lliçons apreses

Els resultats d'aquest projecte pilot, amb relació a l'objectiu general, són que s'han dut a terme satisfactòriament sis tallers de robòtica educativa a Shanti Bhavan. Mesurar si els nens han millorat la seva creativitat és molt complicat, però, en els pocs dies que durava cada taller, es van poder observar nens que assimilaven metodologies de treball que no els eren gens familiars en el seu entorn educatiu, com ara l'assaig-error o el treball en equip; nens que van aprendre a dividir els problemes en parts per poder resoldre'ls; que van entendre que no hi ha solucions úniques; que van aprendre a formalitzar i estructurar allò que volen fer, i que van ser capaços d'entendre conceptes complicats com la recursivitat o la influència de les accions locals en la dinàmica dels sistemes complexos. En definitiva, nens aprenent a pensar.

Cal destacar que, tot i no estar-hi acostumats, els nens van adaptar-se ràpidament a treballar en grup dins de classe, però en canvi la metodologia d'assaig-error, que és un mètode molt generalitzat i conegut per a l'obtenció de coneixement, els va resultar una mica més difícil



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

d'assimilar. Durant anys han après que els errors a classe no són tolerables, de manera que és normal que tinguessin certs recels a l'hora de provar els programes en els robots, i que volguessin esperar a tenir la certesa absoluta que funcionaria. Tot i això, tots els grups van acabar fent servir la metodologia d'assaig-error de manera natural per programar els seus robots.

A més, durant els tallers es van repassar temes d'assignatures com matemàtiques, física o informàtica, que són les que comporten més dificultats en aquell entorn. D'aquesta manera, els nens van posar en pràctica fonaments matemàtics i físics que només coneixien a través de la pissarra i de fórmules, i així van aconseguir interioritzar-los i entendre'ls (objectiu a). En aquest sentit, la robòtica ha estat especialment útil per ensenyar geometria als cursos intermedis. Es va detectar que molts alumnes, tot i haver estudiat els angles a les classes de matemàtiques, tenien dificultats per fer-los servir en problemes del món real. Programar el robot perquè seguís trajectòries geomètriques els va ajudar a interioritzar el que havien après a classe prèviament, de manera que aconseguien posar en pràctica coses que fins aleshores, per a ells, només eren conceptes teòrics que no sabien aplicar a problemes reals.

Es va intentar contribuir a l'alfabetització tecnològica de tota la comunitat. Es van fer sempre les classes de portes obertes, i es van fer xerrades i exhibicions a les assemblees del matí on es reuneixen tots els estudiants i professors (objectiu b).

També es va capacitar un professor per tal que es puguin continuar fent servir els kits de robòtica subministrats (objectiu c).

Es va demostrar que la tecnologia utilitzada era molt apropiada per a l'entorn, i es van poder fer classes durant alguns dels talls de llum habituals d'aquella àrea rural. Les bateries dels robots duraven hores i això va ser realment útil en diverses ocasions. En l'actualitat ens trobem en procés d'establir un model general de «taller de robòtica creativa per a escoles rurals de comunitats tecnològicament desfavorides», reproducible a altres indrets (objectiu d).

Un altre dels objectius del projecte era comunicar l'experiència in situ i fer sensibilització a través d'un blog a Internet (objectiu e). El capacitador, durant la seva estada de tres mesos a Shanti Bhavan, va actualitzar el seu blog personal (Muntaner-Perich, 2009) amb 86 articles. Es van rebre 312 comentaris i el blog va rebre 4.127 visites de 2.185 usuaris únics. A més, es va intentar innovar quant a comunicació de projectes de cooperació, incloent-hi vídeos dels tallers que es duïen a terme i fent, per exemple, una entrevista oberta a una de les alumnes de Shanti Bhavan, en la qual van participar els lectors del blog fent les preguntes.

Un altre resultat del projecte, tot i que no directament relacionat amb els objectius, ha estat una adaptació a la robòtica educativa de la taxonomia de Bloom (figura 6).

Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

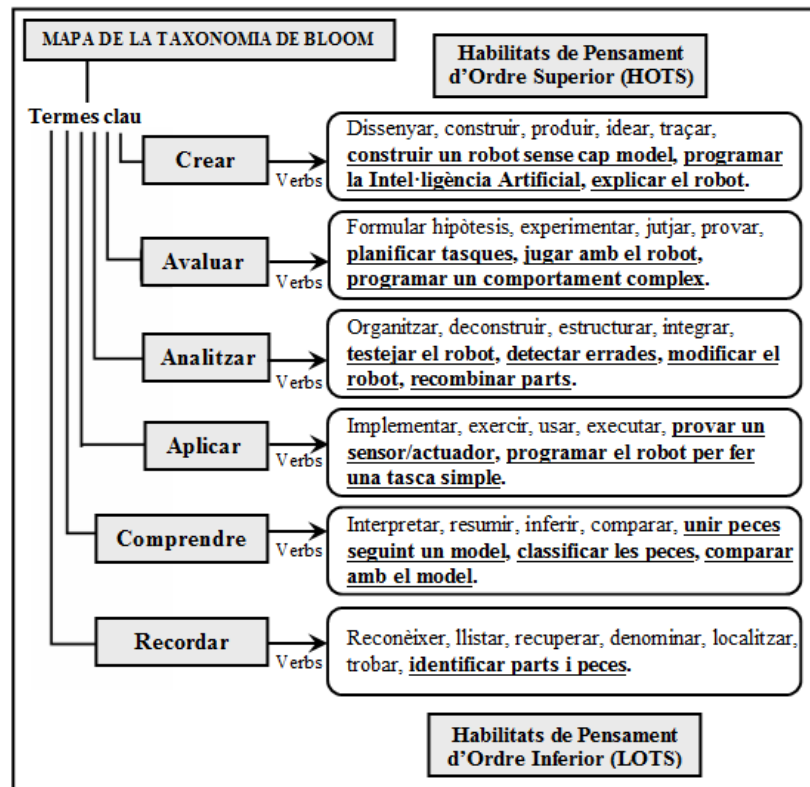


Fig. 6. Taxonomia de Bloom aplicada a la robòtica educativa. Els verbs que no estan subratllats són reconeguts i ja existents en la taxonomia revisada de Bloom (Anderson i Krathwohl, 2001). Els verbs subratllats són nous i pertanyen a l'entorn de la robòtica educativa.

Després d'estudiar els tallers i les activitats dutes a terme amb els robots, de manera espontània vam plantejar-nos com calia categoritzar les habilitats de pensament necessàries dins la robòtica educativa. La taxonomia de Bloom és una eina clau per a professors i, en general, per a tots aquells encarregats del disseny de capacitacions. Bloom va publicar la taxonomia original (Bloom, 1956) als anys 50 i Anderson i Krathwohl n'han fet revisions recentment (Anderson i Krathwohl, 2001). En la taxonomia original, es categoritza el domini cognitiu i s'ordenen les habilitats de pensament. La proposta és un continu que parteix de les habilitats de pensament d'ordre inferior i va cap a les habilitats de pensament d'ordre superior (LOTS i HOTS, respectivament, per la nomenclatura en anglès). Les categories estan descrites mitjançant un substantiu i ordenades de manera ascendent: coneixement, comprensió, aplicació, anàlisi, síntesi i avaluació. En la versió revisada els substantius que descriuen cada categoria han estat substituïts per verbs, i a més cada categoria té una llista de verbs clau. En la nostra adaptació (figura 6) hem buscat els verbs clau dins la robòtica educativa per a cada una de les categories, i hem sistematitzat així algunes de les habilitats de pensament necessàries dins d'aquest camp.

Tot i que la taxonomia presenta el procés d'aprenentatge a través de diferents nivells, això no vol dir que els estudiants hagin de començar pel nivell més baix i anar ascendint, sinó que l'aprenentatge es pot començar en qualsevol punt.



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

8 Conclusions i treballs futures

Creiem que els resultats dels tallers duts a terme donen suport i validesa a la idea que la robòtica educativa pot ser una tecnologia apropiada per estimular la creativitat i l'esperit crític de nens que viuen en àrees rurals i tecnològicament desfavorides de països en vies de desenvolupament.

Les característiques de la robòtica i de la IA fan que siguin molt apropiades per promoure els valors de la innovació i la creativitat i al mateix temps enfrontar els estudiants d'una manera divertida i atractiva a problemes seriosos i complexos, fent-los pensar i explorar per si mateixos conceptes matemàtics, físics i informàtics (assignatures que provoquen molts problemes en aquells entorns). A més, simultàniament, els nens estan desenvolupant competències en l'àrea de les TIC i d'altres de més generals, com ara la comunicació, la resolució de problemes o el treball en equip.

Les característiques tècniques dels kits de robòtica utilitzats els fan especialment útils en entorns amb recursos molt limitats, en què no es pot tenir un ordinador per a cada alumne i on els talls de llum són habituals.

La resposta dels alumnes i de tota l'escola de Shanti Bhavan ha estat molt positiva. El seu entusiasme ha facilitat el desenvolupament d'aquest projecte pilot, i la continuïtat en el temps està garantida gràcies a la capacitat de personal local.

Respecte a treballs futurs, ens agradaria poder fer més tallers de robòtica i IA a Shanti Bhavan perquè ens ajudin a dissenyar un model més general de taller de robòtica educativa per a escoles rurals de països en vies de desenvolupament. Un model que, amb petits canvis, sigui reproduïble en altres escoles i països. En aquesta línia, també ens agradaria poder fer els tallers en alguna escola d'una àrea tecnològicament desfavorida però urbana, per exemple en algun slum, per veure que els tallers també s'adaptin a les seves necessitats i poder establir un model general encara més ampli.

Una altra idea per a treballs futurs és estudiar l'ús del llenguatge Scratch per ensenyar a programar als nens com a complement als tallers de robòtica. Scratch (Maloney et al., 2004) és un llenguatge de programació desenvolupat al MIT que permet crear d'una manera molt senzilla i intuïtiva històries interactives, animacions, jocs, música i art.

Agraïments

Aquest projecte ha estat finançat per la Universitat de Girona a través de la VII Convocatòria d'Ajuts a Projectes de Cooperació al Desenvolupament 2009. Cal agrair especialment l'esforç i l'entusiasme de la contrapart, Shanti Bhavan / The George Foundation.

Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

<Referències bibliogràfiques>

- Anderson, L. W.; Krathwohl, D. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Nova York: Longman.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. Nova York: David McKay Co Inc.
- Cambodia~p.r.i.d.e (2010). *Providing Rural Innovative Digital Education*. <http://www.cambodiapride.org/> [Consulta: octubre 2011]
- Dale, E. (1954). *Audio-visual methods in teaching*. Nova York: Dryden.
- Dias, M. B.; Mills-Tettey, G. A.; Nanayakkara, T. (2005). «Robotics, Education, and Sustainable Development». *Actes de la 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 4248–4253.
- Dias, M. B.; Browning, B.; Mills-Tettey, G. A.; Amanquah, N.; El-Moughny, N. (2007). «Undergraduate Robotics Education in Technologically Underserved Communities». *Actes de l'IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1387-1392.
- Enginycat (2010). *Memòria Enginycat 2009* [en línia]. Recull de premsa. Departament d'Innovació, Universitats i Empreses. [Consulta: octubre 2011]
- George, A. (2005). *India Untouched: The Forgotten Face of Rural Poverty*. Writers' Collective.
- Google (2010). *Google Project 10 to the 100*. <http://www.project10tothe100.com/ideas.html> [Consulta: octubre 2011]
- Kozma, R.; Wagner, D. (2006). «Reaching the most disadvantaged with ICT: What works?» A: R. Sweet i D. Wagner (ed.), *ICT in non-formal and adult education: Supporting out-of-school youth and adults* (97-120). París: OECD.
- Maloney, J.; Burd, L.; Kafai, Y.; Rusk, N.; Silverman, B.; Resnick, M. (2004). «Scratch: A Sneak Preview». *Actes de la Creating, Connecting and Collaborating through Computing, International Conference on*, 104-109.
- Martin, F.; Mikhak, B.; Resnick, M.; Silverman, B.; Berg, R. (2000). «To Mindstorms and Beyond: Evolution of a Construction Kit for Magical Machines». A: A. Druin i J. Hendler (ed.), *Robots for Kids: Exploring New Technologies for Learning*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Mills-Tettey, G. A.; Dias, M. B.; Browning, B.; Amanquah, N. (2007). «Teaching technical creativity through Robotics: A case study in Ghana». Taller sobre IA i TIC per al desenvolupament (TICD) a la *12th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'07)*.



Eduard Muntaner-Perich. *Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia..*

Mukerjee, A.; Kulkarni, A.; Verma, S.; Singh, R.; Agarwal, A. (2004). «Low-Cost Interfaces for Learning Programming». *Actes de la International Conference on Engineering Education Gainesville*.

Muntaner-Perich, E. (2009). *Blog Com gotes a l'oceà*. <http://www.eduard.cat/search/label/voluntariat/> [Consulta: octubre 2011]

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Computers, Children and Powerful Ideas*. Nova York: Basic Books.

Piaget, J. (1955). *The Child's Construction of Reality*. Londres: Routledge and Kegan Paul.

Resnick, M. (2007). «Sowing the Seeds for a More Creative Society». *Learning & Leading with Technology*, 35, 4, 18-22. *International Society for Technology in Education (ISTE)*.

Shanti Bhavan (2010). *Shanti Bhavan School, The George Foundation*. <http://www.shantibhavanonline.org/> [Consulta: octubre 2011]

The LEGO Group (2007). *LEGO-Mindstorms Brochure*. http://www.lego.com/education/download/LME_Brochure.pdf [Consulta: octubre 2011]

Urrea, C. (2001). «*Designing Robotic Artifacts: Rural School-Community Collaboration for Learning*». Thinkcycle workshop. Boston.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Copyright © 2012. Aquesta obra està subjecta a una llicència de Creative Commons mitjançant la qual qualsevol explotació de l'obra haurà de reconèixer els autors de la mateixa, citats a la referència recomanada que apareix a l'inici del document.

