

# Robòtica a l'escola. Canviar el paradigma educatiu i el mètode d'aprenentatge

**Josep Callís i Franco**

Mestre. Professor de Didàctica de les Matemàtiques UdG.  
Coordinador dels grups «a+a+»

**Montserrat Sala i Pesarrodonà**

Mestra. Membre del grup «a+a+»

## Resum

L'article presenta l'experiència d'introducció de la robòtica dins la planificació curricular d'una escola de primària a través d'un procés progressiu i graduat. La realitat dels resultats obtinguts mostra, a través dels criteris emesos pel propi alumnat, el benefici educatiu que representa l'ús de la robòtica com a element generador de motivació i interès per l'aprenentatge. Metodològicament es treballa des d'una perspectiva de treball cooperatiu, mètode de projectes i resolució de problemes amb un fort component de contingut interdisciplinari.

En aquest marc es constata la gran transcendència i necessitat del treball competencial en l'àmbit matemàtic.

## Paraules clau

Educació tecnològica digital, capacitació matemàtica, educació activa, interdisciplinarietat, resolució de problemes.

## Abstract

*The article describes the experience of progressively introducing robotics into the curriculum planning of a primary school. The results obtained, according to the criteria of the students themselves, show the educational benefit of the use of robotics as an element generating motivation and interest in learning. Methodologically speaking, a teamwork approach is adopted, a project and problem-solving method containing a strong component of interdisciplinary content. Within this framework, we observe the crucial importance and the need of competency-based work in the field of mathematics.*

## Key words

*Digital technological education, mathematics training, active education, interdisciplinarity, problem-solving.*

Vivim immersos en la revolució de la comunicació i de les tecnologies. Res no s'escapa d'aquesta transformació i la nostra vida, cada dia més, resta controlada i necessitada dels estris tecnològics i els cervells artificials que els possibiliten. D'això no se n'escapa tampoc el món educatiu, dins el qual vivim moments de forta influència de les noves tecnologies com a font de renovació i innovació educativa. La robòtica forma part dels reptes d'aquesta innovació pedagògica.

La revolució tecnològica que ha portat fins a la robòtica educativa va néixer a partir de les investigacions i aplicacions fetes als anys seixanta del segle passat per Seymour Papert (Mindstorms, 1993) i altres investigadors del Laboratori d'Intel·ligència Artificial del Massachusetts Institute of Technology (MIT), que començaren a crear dispositius tecnològics que permetien als infants construir edificis i màquines. El Logo o programació amb la tortuga fou el primer pas en aquest camí de disseny tecnològic en què es poden planificar les accions que executarà el programa dissenyant els moviments que cal aplicar i generant les corresponents imatges a la pantalla. En la dècada del 1980, el programa ja s'havia expandit pel món i s'aplicava en multitud de projectes educatius. El plantejament de com millorar-lo en la seva direccionalitat i funcionalitat va fer que el mateix Seymour Papert entengués que calia fer-lo evolucionar per tal que pogués arribar a ser el mateix infant qui determinés el programa d'acció i que l'acció sortís de la pantalla i es convertís en una realitat construïda pels infants. La robòtica educativa es fonamenta en aquesta filosofia .

L'entrada a les escoles dels mitjans informàtics ha portat, com a nova fase evolutiva — si bé encara en aquests moments de manera experimental i d'abast limitat—, la introducció de la robòtica, que ha generat una elevada expectativa sobre les seves virtuts i possibilitats.

## **Per què introduir la robòtica a l'aula?**

La societat actual està altament informatitzada i els ordinadors s'han convertit en una eina imprescindible per a la gestió del treball, de manera que estem immersos en una nova revolució social i industrial fruit de l'aplicació del llenguatge de programació en tots els processos. La informàtica ha envaït la vida de qualsevol persona. La tecnologia es troba arreu i la programació informàtica interna gestiona els aparells que necessitem o utilitzem en el dia a dia: ordinadors, smartphones i telèfons mòbils, tauletes tàctils...; en qualsevol mitjà de transport: cotxes, avions, trens, vaixells...; en els electrodomèstics: rentadores, rentavaixelles, cafeteres, frigorífics, microones...; en els controls ambientals: aire condicionat, calefacció...; en el món productiu industrial: màquines, robots...; en la gestió circulatoria: semàfors, dispositius de navegació GPS...; en la medicina, l'arquitectura, les arts... En qualsevol àmbit en què centrem la mirada constatarem que tot hi resta impregnat i fonamentat en el món de la programació.

Aquesta realitat fa imprescindible la capacitat de les persones per tal de poder gestionar el món en què viuen i els infants el món amb el qual es trobaran, i és, per tant, necessari aquest domini per a qualsevol professió, tal com indica Mitchel Resnick, creador del llenguatge Scratch desenvolupat pel grup Lifelong Kindergarten del MIT Media Lab: «Tothom hauria de saber llegir i escriure i tothom hauria d'aprendre a programar». Aprenre a programar no vol pas dir que l'objectiu sigui crear programadors professionals, com tampoc aprendre matemàtiques o aprendre a escriure no significa fer matemàtics o escriptors sinó persones

capaces d'entendre comprensivament el seu món amb capacitat comunicativa i interpretativa. Aprendre a programar significa entendre el funcionament de les màquines i poder-s'hi comunicar en el seu idioma per aconseguir que facin allò que volem que facin, o sigui que ensenya com «pensen» els robots, fet que comporta la comprensió que tot problema es resol a partir de desgranar-lo en les seves parts constitutives.

Treballar la robòtica a l'escola és un repte que aporta eines i estratègies per veure com els alumnes, de manera motivadora, apliquen els coneixements adquirits a les diferents àrees de manera competencial mitjançant un treball transversal i cooperatiu. Darrere, però, hi ha implícit com a objectiu essencial el desenvolupament del «pensament computacional», terme encunyat l'any 2006 per Jeannette Wing i entès com un procés de resolució de problemes que, segons la Societat Internacional de la Tecnologia en l'Educació (ISTE), inclou el desenvolupament de les competències operatives següents:

- Formular problemes que per a la seva resolució necessitin l'ús de l'ordinador i altres eines.
- Organitzar i analitzar lògicament la informació i automatitzar el pensament algorímic, o sigui la capacitat d'establir seqüències ordenades de passos per a arribar a la solució.
- Representar la informació a través d'abstraccions amb models i simulacions.
- Identificar, analitzar i implementar possibles solucions amb l'objectiu d'obtenir la combinació més efectiva i eficient de passos i recursos.
- Generalitzar i transferir el procés de resolució a altres situacions de la realitat.

L'adquisició d'aquestes competències, que són les mateixes que configuren l'aprenentatge matemàtic, de la ciència, la tecnologia o l'enginyeria, fa que tingui una incidència multidisciplinària d'una gran repercussió.

La robòtica, a nivell general, permet treballar a l'escola a partir d'una metodologia de projectes amb un treball fortament cooperatiu tot potenciant l'esperit innovador i emprenedor. D'altra banda, ajuda a entendre l'aplicació de les matemàtiques i la ciència a l'entorn real i a vivenciar la programació com un llenguatge de comunicació, facilitant-ne així la comprensió. Així mateix, és una eina que ajuda els alumnes a despertar i potenciar la seva creativitat i la seva capacitat d'innovació, proporcionant experiències que són molt gratificants i pràctiques. Paral·lelament, podem interrelacionar de manera interdisciplinària els continguts d'àrees de coneixement ben diverses i aprofundir en l'expressió oral i escrita si fem elaborar informes, crear contes... i exposar-los en públic.

El Lego We-do, l'Scratch i el Lego Mindstorms són eines de llenguatge de programació que faciliten aquestes iniciatives en l'educació primària, ja que són programes i materials molt intuïtius i de fàcil programació i manipulació. El procés d'iniciació en el llenguatge de programació no porta solament a aprendre a programar, sinó que, com remarca Mitchel Resnick (2007), es programa per aprendre, ja que, «programar computació és una extensió de l'escriptura, perquè aquesta habilitat permet a les persones escriure noves coses: animacions, simulacions, històries interactives i jocs. Convida a involucrar aquesta pràctica a l'educació escolar pel fet que en aquest procés els estudiants aprenen conceptes matemàtics i computacionals, a més d'estratègies per a solucionar problemes, dissenyar projectes i comunicar idees.

I això, sense diferenciació d'edat, origen, interessos i oficis». Aquest procés d'aprenentatge s'estructura en el que es defineix com a «aprenentatge en moviment en espiral», integrat per les fases d'imaginar, crear, jugar, compartir, reflexionar i de nou imaginar per reiniciar el camí.

## Què comporta i què aporta la introducció de la robòtica a les aules?

Portar la robòtica a les aules implica necessàriament canvis metodològics i conceptuals que obliguen a modificar paradigmes educatius preestablerts en les nostres ments i hàbits metodològics aplicats en la transmissió de l'aprenentatge. Comporta dissenyar una línia de treball que tingui com a objectius utilitzar eines engrescadores i intuïtives que afavoreixin el desenvolupament de les capacitats dels alumnes, desenvolupar els processos d'aprenentatge a partir de la resolució de situacions problemàtiques reals i lligades en el seu propi entorn i plantejar reptes i discutir les possibles estratègies per arribar a solucions utilitzant el mètode científic. Així doncs, podem constatar que la introducció de la robòtica aporta una renovació en la metodologia emprada tradicionalment a l'escola, en la qual l'alumnat sol ser un subjecte receptiu, per convertir-lo en subjecte actiu i creatiu de les decisions que cal prendre. La reflexió i la metodologia de resolució de problemes es converteix en centre bàsic dels projectes, en una dinàmica que resulta molt engrescadora i motivadora per als alumnes, ja que els dona eines per a desenvolupar les seves habilitats i aconseguir millores en l'aprenentatge i en la seva autoestima.

## La nostra experiència

A l'escola Mil·lenari de Cardedeu, aquesta experiència és va iniciar ara fa quatre anys amb alumnes de sisè de primària utilitzant els robots Lego Mindstorms. Actualment seguim endavant tot aplicant el projecte «Creació d'una empresa per a dissenyar un robot pigall», projecte que portem a terme seguint les fases o actuacions següents:

- a) Creació i organització de l'empresa. Disseny del logotip i dels cartells publicitaris.
- b) Creació i funcionament de departaments per a treballar en equips.
- c) Proposta d'encàrrec a dur a terme. Un exemple seria: «Construir un robot pigall que acompanyi una persona invident a diferents punts del poble: el CAP, l'Ajuntament, el Centre Cultural, el camp d'esports, l'estació, els instituts...».
- d) Construcció del robot.
- e) Distribució i programació de les rutes.
- f) Programació d'un comptador de línies que simula un pas de vianants.
- g) Exposició en sessions obertes al públic (companys, pares...) del treball realitzat.

Cada sessió de classe es desenvolupa seguint tres fases:

- La primera, que és molt curta, recorda en quin punt s'està, els continguts necessaris per a anar resolent les actuacions següents i quina tasca caldrà fer o continuar fent aquell dia.

- La segona, que és la més llarga, és la del treball per grups per tal d'avançar i continuar en el projecte.
- L'última fase de la sessió és la posada en comú de la feina realitzada per cada grup tot presentant i definint les dificultats que s'han trobat i com s'han solucionat.

Durant el projecte es crea un departament comercial dedicat a elaborar tot el procés de màrqueting. Se'ls ensenya a exposar en públic, a elaborar una presentació del producte i a dissenyar el logotip i els cartells publicitaris.

L'èxit d'aquesta experiència ens ha portat a fer-la extensible a cursos inferiors, integrant-la en el cinquè de primària i també en tot el cicle mitjà. Sobre la base d'aquesta ampliació longitudinal del projecte, la seqüència didàctica planificada es fonamenta bàsicament a partir d'uns objectius diferenciats per a CM i CS. A CM es tracta que entrin en contacte amb el món de la robòtica amb el programa Scratch, iniciant així els primers passos de creació i programació, molt lligats al desenvolupament paral·lel d'altres àrees com la llengua, l'expressió plàstica i la lògica matemàtica. A grans trets pot sintetitzar-se així:

- Els alumnes de tercer programen un laberint senzill, dissenyen les animacions i l'escenari, i a partir d'aquí elaboren un conte. La base inicial d'aquest procés es treballa de manera vivencial: cadascú és el robot i per tal de poder efectuar les accions per complir un objectiu determinat cal que donem unes ordres ben estructurades, senzilles i precises. Aquesta comprensió serà la fonamentació intel·lectual del que representa el llenguatge computacional, i a partir d'aquí podrem entrar en el treball amb els primers programes informàtics amb l'Scratch.
- Els alumnes de quart, a partir de petits reptes, dissenyen jocs per als més petits, amb diferents nivells de dificultats: petits contes a través de diàlegs, concursos de preguntes i jocs matemàtics, i un petit piano per a crear música.
- A nivell de CS s'amplia el repertori de programes i a més de l'Scratch es treballa també amb el Lego We-Do. A cinquè s'introdueix la construcció de robots com una eina que permet treballar de manera cooperativa i incidir en l'apartat de lògica matemàtica. En aquests tallers es programen jocs amb diferents nivells de dificultat, concursos de preguntes i jocs matemàtics, i es creen contes i històries compartides. Primer, en grups, pensen una història i escullen els personatges, que són els robots. A continuació, en grups de dos, construeixen i programen el robot i dissenyen l'escenari. Finalment, relacionen els dos o tres personatges i escriuen la història final en la qual interactuen els diferents robots.
- A sisè es fan projectes contracte que han de solucionar problemàtiques reals.

## Valorant els resultats

La introducció de la robòtica a l'escola ens ha permès valorar l'aplicació dels coneixements adquirits en les àrees de matemàtiques i llengua, però també ens ha creat la necessitat de revisar la programació de l'àrea de matemàtiques per competències i d'elaborar un document annex que modifiqui la línia metodològica.

Resulta prou eloqüent i evidencia la riquesa d'aquests aprenentatges la valoració feta pels mateixos alumnes a partir de les respostes donades anònimament a un qüestionari que se'ls passa a tots des de tercer fins a sisè. L'anàlisi de les respostes porta a les conclusions següents:

### 1. Valor i importància de la introducció de la robòtica a l'aula

- El 96% pensa que la robòtica és engrescadora i, si fos possible, voldrien dedicar-hi més temps.
- El 80% considera que entendre el programa ha estat fàcil.
- Al 96% li ha agradat programar.
- Al 91% li ha agradat construir el robots (cinquè i sisè).
- Al 98% li ha agradat dissenyar escenaris, animacions, cartells i logos, i s'han sentit creatius.

### 2. Millora d'hàbits de treball i de l'autoconfiança personal

- El 99% veu la necessitat de llegir i entendre i alhora tenir organitzades i ordenar bé les etiquetes perquè funcioni el programa.
- El 71%, en finalitzar el curs, es veu capaç de crear un petit programa sense ajuda.
- El 70% valora que a mesura que ha anat avançant el taller ha necessitat menys ajuda.
- El 85% és conscient de la seva millora a l'hora de parlar en públic (sisè).

### 3. Potenciació del treball cooperatiu i del respecte democràtic

- El 93% és conscient que ha col·laborat amb els seus companys per aconseguir l'objectiu planificat.
- El 96% considera que ha millorat a treballar en equip i a saber compartir.

### 4. Potenciació de la interdisciplinarietat del coneixement

- El 92% considera que la robòtica l'ha ajudat a entendre millor altres aprenentatges.
- Un 90% dels alumnes de quart i cinquè considera que ha necessitat aplicar i dominar coneixements d'altres àrees, especialment matemàtiques, català, música i plàstica, i igualment un 90% de sisè indica que ha utilitzat i necessita especialment els coneixements de matemàtiques, català i anglès.
- El 94% manifesta que els dominis matemàtics són essencials i que la robòtica implica treballar principalment geometria, càlcul, mesura i lògica.

A partir d'aquestes opinions, en síntesi, es pot deduir que:

- La robòtica els ajuda a implicar-se activament en el seu propi procés d'aprenentatge.
- Desenvolupen la seva capacitat científica i tecnològica.
- Assumeixen habilitats d'autonomia, imaginació i creativitat.
- S'interessen i veuen utilitats en les matemàtiques i en la tecnologia científica.
- Potencien les habilitats de recerca i de resolució de problemes.
- Milloren les capacitats de lectura, escriptura i les habilitats comunicatives i per a fer presentacions.

## El que ens aporta en l'aprenentatge matemàtic

Les valoracions de l'alumnat deixen clara la importància del domini i els coneixements matemàtics per poder fer front al repte de la creació de projectes robòtics, però alhora també posen en evidència que a través d'ells es potencia l'adquisició i l'aprenentatge matemàtic i que els continguts geomètrics són per a ells els més imprescindibles. Entre aquests continguts cal destacar el domini dels moviments en el pla i els diferents mètodes i procediments geomètrics per a determinar la posició d'un punt en el pla, el món dels polígons i els seus factors definitoris i la descomposició i composició de formes, etc. Tots aquests elements incideixen en la millora del domini espacial.

Qualsevol activitat planificada per tal que el robot actuï posa en joc una multitud de capacitats geomètriques de tipus conceptual i procedimental que possibiliten la seva aplicació a situacions noves. L'experiència pràctica porta a desenvolupar processos inductius o deductius que permeten la comprensió conceptual dels continguts geomètrics i que, a més, potencien l'adquisició de continguts procedimentals, que són la clau per a poder aplicar els coneixements adquirits en noves situacions.

Per exemplificar aquesta adquisició d'aprenentatge geomètric conceptual i procedimental, detallarem una de les moltes activitats de les fases inicials de descoberta dels procediments bàsics per a poder planificar el moviment del robot i, posteriorment, dissenyar accions més complexes. La proposta de treball consisteix a planificar el moviment del robot per tal que faci un recorregut que hem determinat prèviament i que al final retorni al punt d'origen.

Els exercicis previs per iniciar-se en el domini del moviment del robot ha portat l'alumnat a deduir i descobrir que el robot, i per tant qualsevol objecte, només pot fer dos tipus de moviments en el pla: o bé es desplaça en línies rectes (moviment de translació) o gira sobre un punt (gir). L'activitat proposada de seguir un itinerari determinat o dibuixat a terra, que en definitiva no és res més que un polígon qualsevol, porta a la necessitat de determinar amb precisió l'angle de gir d'aquells punts del circuit en què hi ha un canvi de direcció, però també la distància que ha de recórrer per anar d'un punt a un altre on hi ha aquest canvi. Resulta evident que la programació d'aquest procés és diferent si l'itinerari és un polígon regular, i per tant amb un procés repetitiu, o bé irregular, de manera que s'arriba a una definició de polígon regular o irregular a partir de les diferències en l'elaboració del programa. Queda clar que en tot procés definitori d'un recorregut o d'una forma poligonal es fa imprescindible la precisió de l'angle de gir i de la distància o costat, i això permet entendre que l'angle important per a poder definir o construir el recorregut en la realitat o a nivell mental resulta ser l'exterior i no l'interior. Aquest darrer és l'obertura que hi hauria si es fes la perllongació del camí que se segueix vers la direcció que cal agafar de nou, i l'amplitud o valor de l'angle no depèn de la llargada dels costats. Alhora es constata que la suma dels angles exteriors d'un recorregut tancat (polígon) és sempre de  $360^\circ$ , altrament no retornaríem al punt d'origen. Activitats manipulatives diverses com retallar amb paper cadascun dels angles exteriors recorreguts i ajuntar-los ens confirmen les deduccions.

Els diversos aprenentatges fets amb aquesta activitat porten a la capacitat d'abstracció i generalització que es concreten en potencialitats, com el fet de poder definir o explicar amb precisió matemàtica un recorregut o itinerari a d'altres persones, o també que, donades unes informacions d'angles de gir i longituds dels costats, davant una sèrie de recorreguts diversos

hi ha una millora evident per a poder escollir el correcte. Així doncs, aquesta activitat amb el robot ha permès millorar, entre d'altres, les concepcions relatives als polígons i adquirir una capacitat de visualització mental i un poder de manipulació de les imatges mentals, factors essencials i imprescindibles per al domini geomètric. I així en qualsevol de les altres activitats que comporta el projecte.

## A manera de conclusió

La valoració feta pels alumnes ens mostra la incidència formativa que té la introducció de la robòtica a l'aula alhora que ens ens il·lustra sobre la direccionalitat didàctica i competencial que cal tenir en compte per tal que aquesta introducció sigui al més eficient i eficaç possible. S'evidencia l'íntima interconnexió que té amb el desenvolupament dels aprenentatges matemàtics — i a la inversa, com aquests possibiliten més el domini de la robòtica— i també amb altres àrees del saber, de manera que es converteix en un nucli aglutinador d'interdisciplinarietat.

De manera general, la introducció de la robòtica aporta canvis importants pel que fa a l'estructuració de les metodologies a l'aula i com a factor d'ajut en la creació i assoliment d'habilitats personals, ja que:

- Potencia l'autosuficiència i el pensament creatiu personal amb l'increment de la seguretat personal i la confiança en el maneig de situacions complexes.
- Fa perdre la por a l'error i aquest es consolida com una font d'aprenentatge i no d'avaluació.
- Estimula l'automotivació i l'aprenentatge autodidàctic.
- Fomenta l'habilitat en la resolució de problemes gràcies a l'adquisició d'estratègies de raonament lògic, analític i de pensament crític, habilitats essencials per al desenvolupament de totes les àrees científiques, però també humanístiques, artístiques i professionals.
- Prepara per a fer front a les situacions competitives del món, especialment en les ciències tecnològiques, les de major demanda en l'actualitat i per al pròxim futur.
- Capacita en la persistència i en l'esforç i estimula el repte de treballar amb problemes difícils.
- Habilita per a comunicar-se i treballar amb altres per aconseguir una fita comuna.
- Els coneixements matemàtics prenen un sentit de realisme.

L'èxit d'aquesta iniciativa ens anima a continuar ireflexionant per a millorar-la i integrar-la en la dinàmica general de l'escola com a factor de transformació conceptual i didàctica. En conseqüència, el treball amb la robòtica és un procediment extraordinari per a desenvolupar metodologies fonamentades en la resolució de problemes i en l'aplicació del mètode de projectes. Aquests són aspectes que les persones que formem part del grup «a+a+» de Rosa Sensat en innovació en didàctica de les matemàtiques a infantil, primària i educació especial tenim clars en el nostre treball diari a partir d'una metodologia que apliquem i que evoluciona des de la vivenciació fins a la manipulació i d'aquesta als processos de treball simbòlic per a arribar a l'abstracció i a la generalització.



Si voleu, podeu visitar la nostra pàgina web, on trobareu més informació i fotografies que il·lustren aquest projecte: <http://www.xtec.cat/ceipmil-lenari/>

I, per acabar, des d'aquesta experiència voldríem animar-vos perquè us decidiu a provar-ho

## Referències

Arkin, R. C (1997). Behaviour based robotics. MIT Press.

ATTE (2011). Aprender tecnología, una de futuro. *Perspectiva Escolar*, 359.

ATTE. (2014). Imagina, programa, comparteix. *Perspectiva Escolar*, 377.

ATTE (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento. Informe Mundial de la Unesco*. París. <http://bit.ly/Ez74F>

Barrientos, A., Peñín, L. F., Balaguer, C., Aracil, F. (1997). *Fundamentos de robótica*. McGraw-Hill.

Callís, J. (2008). El què, com, quan i per què de la manipulació (p. 8-21). A: *Manipular per aprendre. Perspectiva Escolar*, 329.

Delgado, J. (2013). Aprendizaje de la programación en Citalab. *CTS Magazine*, 23.

Freixenet, J., Muntaner, E., Niell, M., Peracaula, M., Sabaté, F., Cufí, X. (2014). Aprender geometría con robots y otros algoritmos computacionales. Dins *Geometría. Perspectiva Escolar*, 380.

Fu, K. S., González, R. C., Lee, C. S. G. (1988). *Robótica: control, detección, visión e inteligencia*. McGraw-Hill.

Generalitat de Catalunya (2013). Identificació i desplegament de les competències bàsiques: Àmbit digital. Barcelona: Departament d'Ensenyament.

Ollero, A. (2001). *Robótica: Manipuladores y robots móviles*. Barcelona: Marcombo.

Papert, S. (1993). *Minstorms*. Nova York: Basic Books.

Resnick, M. (2001). *Tortugas, termitas y atascos de tráfico. Exploraciones sobre micromundos y movimientos paralelos*. Madrid: Gedisa.

— (2007). *Sembrando semillas para una sociedad más creativa*. Massachusetts: Laboratorio de Medios del MIT.

Torres, F., Pomares, J., Gil, P., Puente, S. T., Aracil, F. (2002). *Robots y sistemas sensoriales*. Prentice Hall.

Vivancos, J. (2008). *Tratamiento de la información y competencia digital*. Alianza Editorial. Madrid.