



Perspectives, Metodologies i Tecnologies en el desplegament de l'educació STEM.

Digna Couso Lagarón (*)
digna.couso@uab.cat

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

Jordi Domènech Casal (*)
jdomen44@xtec.cat

Carme Grimalt-Álvaro (*)
carme.grimalt@uab.cat

Cristina Simarro Rodríguez(*)
csimarr2@xtec.cat

(*) Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, UAB

Resum • L'educació STEM es presenta sovint com una proposta innovadora i excitant que, tant al servei de l'augment de vocacions com orientada a millorar l'alfabetització de la població en aquest àmbit, ha arribat amb força al panorama educatiu també del nostre país. Quan ens preguntem, però, com fer-ho a les aules, veiem que sovint les propostes d'educació STEM es vinculen de forma reduccionista a certes metodologies concretes (com per exemple l'aprenentatge basat en projectes) o a certes tecnologies (com ara les tecnologies programables). En fer-ho, s'està obviant que qualsevol perspectiva, metodologia o tecnologia educativa que serveixi per a millorar tant les competències de l'àmbit científic-tecnològic de l'alumnat com el seu posicionament respecte el mateix serà adient, i que en educació STEM, com en totes les propostes educatives, és important la tria de què ensenyar i com fer-ho al servei de per a què ho volem fer.

Paraules clau • STEM, STEAM, Metodologies, Perspectives, Tecnologies, posicionament

Perspectives, Methodologies and Technologies in deploying STEM education.

Abstract • STEM education is often introduced as an innovative and exciting approach that, both in the service of increasing vocations and aimed at improving citizens' literacy in this field, has strongly reached the educational landscape of our country. When we ask ourselves, however, how to do this in the classroom, we see that STEM education initiatives are often linked to specific methodologies (such as project-based learning) or to certain technologies (such as programmable technologies) in a reductionist way. In doing so, it is being ignored that any perspective, methodology or educational technology that serves to improve both students' STEM competence and their stance towards the STEM field will be appropriate. This is because in STEM education, as in all educational proposals, it is important to choose what to teach and how to do it in the service of what for.

Keywords • STEM, STEAM, Methodologies, Perspectives, Technologies, STEM stance

INTRODUCCIÓ: S'ENTÉN, AIXÒ DE LES STEM?

A l'àmbit educatiu el terme STEM per referir-se a l'educació de l'àmbit científic-tecnològic, sovint vinculat a les disciplines de caire científic, tecnològic i matemàtic, ha arribat amb força. Avui dia, a diferència de 10 anys enrere, és difícil al nostre context que un docent, i més encara si és docent de ciències, tecnologia o matemàtiques, no hagi sentit a parlar del terme educació STEM i no en tingui una certa idea d'allò que implica. Són moltes les propostes que hi arriben a les escoles, tant a nivell de formació com sobretot a nivell de compra de materials i equipaments (ofertes de robots, plaques programables o propostes curriculars), però també de divulgació científic-tecnològica (xerrades de científiques, projectes de visibilització de l'enginyeria,...). Alhora, la ciutadania en general està envoltada de propostes identificades amb l'acrònim STEM, tant de l'àmbit de l'educació no formal (extraescolars de robòtica, casals d'estiu STEAM,...) com en els productes lúdics i joguines per la canalla (robots de joguina, jocs de construcció,...)

Tot i això, existeix un profund desconcert respecte què volem dir exactament quan parlem d'educació STEM. Per començar, allò que podria semblar senzill donat l'acrònim, com ara quines disciplines en formen part, ja ens presenta la primera dificultat. De quines Ciències estem parlant amb la S d'STEM? Estem parlant de les prototípiques assignatures de biologia, química, física i geologia escolar o estem parlant també de nanociència, bioenginyera o medicina, entre altres? A quines Enginyeries estem fent referència? Inclouríem l'enginyeria agrònoma o alimentària, o estaríem parlant més aviat de computació, telecomunicacions i disseny industrial? La Tecnologia de la T es presenta com una disciplina, una assignatura o un conjunt d'eines? Les Matemàtiques de les STEM són les mateixes matemàtiques de sempre o unes al servei del que les Ciències i l'Enginyeria necessiten?... Part de la literatura en l'àmbit es debat entre aquestes qüestions i de fet, depenent del context, es diu que hi ha més de 70 disciplines diferents vinculades a

les STEM. I això sense tenir en compte com s'obre el ventall en introduir la A en les cada cop més presents propostes STEAM. Des d'una A de meres arts plàstiques (dibuix, pintura) o d'una visió més àmplia de les arts (arts escèniques, música, dansa, teatre..) fins a una A de *all* o totes les disciplines, passant per la A com a referència a la creativitat o el disseny (com si les STEM sense la A no fossin intrínsecament creatives!) o una molt necessària identificació de les A amb les *Liberal Arts* o Humanitats... I per si la troca no estava prou embolicada només amb STEAM, recentment es parla de propostes STREAM on la R pot voler dir pensament computacional (*Robotics*), lecto-escriptura i literatura (*Reading*) o fins i tot religió (*Religion*). O de propostes iSTEM (STEM amb imaginació) o STEEM amb E d'educació ambiental... Si ens guiem per la oferta de propostes etiquetades amb alguna variant de l'acrònim STEM és difícil que no hi puguem encabir qualsevol proposta educativa convenientment maquillada.

Sent aquest el panorama, no resulta estrany que en la recent revisió d'estudis sobre educació STEM publicats a nivell internacional per Martín-Páez i col·legues (2019) els autors mencionin que troben un ús inconsistent del llenguatge, manca de definició de termes i en general, marcs teòrics que fan difícil entendre què és l'educació STEM. De fet, més de la meitat dels estudis analitzats no inclouen cap concepte educatiu STEM (és a dir, què entenen per educació, currículum, alfabetització, identitat o competència STEM, entre altres), la qual cosa, en termes dels autors porta a una "projecció difusa" de l'educació STEM. Aquesta "projecció difusa" de l'educació STEM també es troba a nivell pràctic. Si hom fa a Internet una cerca global d'imatges d'activitats d'educació STEM trobarà una enorme diversitat de situacions educatives: nens i nenes construint artefactes amb objectes quotidians; programant apps, videojocs o robots amb ordinadors i/o tablets; realitzant algun petit experiment o observació científica; treballant conceptes matemàtics amb material manipulatiu; visitant un centre tecnològic, coneixent professionals de l'àmbit, etc. El resultat és una amalgama acolorida d'activitats sovint grupals, manipulatives i que utilitzen recursos tecnològics sofisticats en les quals els i les alumnes es veuen

engrescats en superar, de forma creativa, algun repte constructiu.

La manca d'una projecció i definició clara de què és l'educació STEM es fa palesa també quan s'analitzen les visions que d'aquest marc en tenen els diferents professionals implicats, particularment entre docents STEM (Simarro i Couso, 2018). Ja des de la primera formació de formadors en STEM organitzada en el nostre context al 2017 dins del Pla STEMCat, ens trobem que les preguntes que ens fan mestres i docents en exercici quan en parlem d'aquest marc en conferències, taules rodones i formacions traspuen veritables dubtes respecte el què i el com de les STEM. Així, resulta comú l'emergència de preguntes com ara:

- “*STEM és fer projectes d'enginyeria a l'aula?*” (Quantes lletres de les STEM calen per tal que sigui STEM? La E és la lletra nova i més important de les STEM?...))
- “*Si unim matemàtiques i ciències ja és STEM?*” (STEM vol dir treballar de manera interdisciplinària necessàriament? Fer càlculs matemàtics quan es fa una activitat de ciències ja és introduir les mates? Què vol dir treballar integradament?)
- “*Jugar a fer construccions lliures amb blocs*” és una activitat STEM? (STEM va d'emfatitzar el procés tecnològic explícitament? Per promoure la creativitat n'hi ha prou amb deixar que siguin creatius? STEM és jugar o fer gamificació? STEM va sempre de construir alguna cosa?...))
- “*STEM vol dir fer un tipus de projectes concrets?*” (STEM implica seguir la metodologia ABP? Es pot fer STEM si no hi ha repte o no es treballa en grup? A les STEM s'avalua el producte o el procés? Per ser una activitat STEM cal que s'allargui molt en el temps?...))
- “*Si no posem la A ja no val?*” (STEAM és la versió moderna de l'STEM d'abans? La A és necessària per atreure les nenes? La A fa les STEM més atractives per a tothom?)
- “*Fer ciències amb pissarra digital o realitat augmentada seria STEM?*” (STEM va de competència digital o d'introduir les TICs? Calen tecnologies molt noves per fer STEM?...))

- “*Cal introduir els robots per fer STEM?* (Calen tecnologies programables a STEM? STEM implica necessàriament pensament computacional? N'hi hauria prou amb programar amb Scratch? Si no tenim impressora en 3D ja no podem fer STEM?...))

El ventall de preguntes és gran, i el grau de concreció sobre l'educació STEM que requereix respondre-les és elevat. El professorat demana que, més enllà de compartir les suposades bondats del marc o exemples de projectes STEM inspiradors, ens mullem de debò sobre com portar-ho a l'aula! Com es pot veure, però, els dubtes que ens manifesta el professorat respecte l'educació STEM es relacionen amb quina és la veritable novetat que ens aporta aquest nou marc, es a dir, si la proposta educativa STEM implica nous continguts, noves relacions entre disciplines, nous objectius, noves metodologies i/o nous recursos per a l'educació científic-tecnològica, entre altres. Les veus crítiques a la literatura de l'àmbit, com Bodgan Toma i García Carmona (2021), es pregunten el mateix, de fet. Per a intentar donar resposta a aquestes preguntes, però, creiem necessari primer reflexionar profundament sobre per a què ens caldria, si es que ens cal, aquesta educació STEM. Què fer a l'aula STEM i com fer-ho, tant si implica fer coses molt noves com si va de fer allò que ja fèiem bé una mica diferent, no pot ser independent de per a què fer-ho.

NOVES FINALITATS DE L'EDUCACIÓ STEM

Tal i com ja hem publicat abans, concretar què ens aporta de nou el marc STEM i com introduir-lo a l'aula requereix una reflexió profunda respecte a per a què podem necessitar incidir més o de forma diferent a l'ensenyament i aprenentatge de l'àmbit científic-tecnològic avui. Aquesta importància del “per a què” com a motor d'allò que fem a STEM l'hem defensat des de l'inici de la introducció del Pla STEAMCat al nostre país (Couso, 2017). I lluny de perdre importància, a mesura que en sabem més de l'educació STEM es va ampliant la mirada respecte les finalitats que hem de perseguir. Així, avui dia, creiem que l'educació STEM que necessitem ha de garantir dos objectius clau i diferenciats, tot i que profundament

interrelacionats, que vinculen profundament qui som amb què són capaços de fer a STEM.

El primer objectiu de l'educació STEM és capacitar i alfabetitzar en l'àmbit científic i tecnològic tot l'alumnat, de forma que domini l'aplicació de les idees clau i les pràctiques idiosincràtiques de les disciplines de la Ciència, l'Enginyeria i les Matemàtiques escolars per tal que pugui participar de forma activa i apoderada en la construcció d'un món més sostenible, inclusiu, equitatiu i socialment just. Aquest objectiu està molt relacionat amb la definició de competència STEM per a tothom i amb valors ja publicada en aquesta revista fa uns anys (Couso, 2017). Aquesta definició emfatitza la importància d'entendre l'educació STEM com aquella que ens permet mirar el món des d'un conjunt d'ulleres concret, les ulleres de les disciplines STEM, tot reconeixent quan ens cal canviar d'ulleres i les limitacions de cada una d'elles per a comprendre i intervenir en el món. Aquest objectiu d'alfabetització en l'àmbit STEM requereix concretar quines són aquestes idees clau i pràctiques socials, culturals i discursives bàsiques de cada disciplina STEM. Per exemple, la idea clau de la ciència de què la matèria està feta de partícules arrengrades de diferents formes a nivell micro donant lloc a diferents propietats a nivell macro, o la pràctica clau de la enginyeria de desenvolupar i utilitzar prototips i simulacions. Algunes d'aquestes eines estan clares a la literatura de l'àmbit, com ara les idees i pràctiques clau de la ciència, que estan profundament desenvolupades a la proposta curricular del *Next Generation Science Standards* (NRC 2012). D'altres no tenen tant desenvolupament ni consens. Així, en els darrers temps i per tal d'oferir eines concretes al professorat hem estat treballant en el desenvolupament didàctic de les àrees que en tenien menys, com ara la didàctica de l'enginyeria. Per exemple, hem fet un intent de definir quines són les idees clau (Simarro i Couso, en premsa) i les pràctiques idiosincràtiques de l'enginyeria (Simarro i Couso, 2021), i hem comparat les pràctiques clau de les ciències, les matemàtiques i l'enginyeria tot reflexionant sobre el limitat paper donat a les matemàtiques en molts projectes STEM (Couso, Mora i Simarro, 2021).

El segon objectiu que hauria de perseguir tota educació STEM és promoure en l'alumnat un posicionament crític, però no negatiu de partida, envers els temes, agents i iniciatives de l'àmbit científic-tecnològic. Aquest objectiu està orientat a possibilitar equitat real en el gaudir, la participació i l'aspiració en i cap al món STEM, cosa que tant la recerca com la nostra experiència ens mostra que no passa independentment de la capacitat real de l'alumnat. El posicionament STEM ens permet parlar de la influència d'aspectes afectius i socials com ara l'interès o la percepció d'autoeficàcia en relació amb la identitat de l'alumnat en l'educació STEM, tal i com hem discutit en altres llocs (Grimalt-Álvaro i Couso, 2022). Si bé entre el nostre alumnat n'hi ha que es veuen a sí mateixos com persones STEM, sabem que hi ha un enorme biaix de gènere entre aquest alumnat i les seves percepcions i preferències (Grimalt-Álvaro *et al.*, 2022). I alhora, sabem que gran part de l'alumnat no es veu a les STEM pels motius equivocats: per que consideren que no són per a gent com ells/es (persones amb el seu gènere, raça, ètnia, religió, nivell social o econòmic, història de vida, i d'altres, així com totes les seves interseccions) o perquè consideren que no són prou intel·ligents (cultura de la brillantor blanca, masculina, universitària i rica barrejada amb la cultura de l'excel·lència associada a la ciència) (Grimalt-Álvaro i Couso, 2019). Ambdues característiques tenen a veure amb l'estereotip social assignat a les STEM, i cal posar-hi remei des d'una educació STEM de qualitat que tingui en compte que per desenvolupar competència en STEM primer t'hi has de sentir explícitament convidat/da.

Arran de la introducció d'aquest segon objectiu per a l'educació STEM les autores hem fet una proposta de reformulació de la idea de competència STEM de Couso (2017) amb la intenció d'emfatitzar allò que implica prendre's amb seriositat el gran problema d'estereotip, biaix i identitat que tenim a l'àmbit STEM, i que de fet per a molts (entre els què ens trobem) és la raó principal per a ser-hi. Així, podem redefinir la competència STEM d'acord a Couso, Grimalt-Álvaro i Simarro (en premsa) com la capacitat de: *identificar i aplicar, tant els coneixements clau com les formes de fer, pensar, parlar i ser de la ciència,*

l'enginyeria i la matemàtica, de forma més o menys integrada, per tal de comprendre, decidir i actuar davant de problemes complexos i per a construir solucions creatives i innovadores, tot aprofitant les sinèrgies personals i les tecnologies adients, de forma crítica, reflexiva i amb valors, tot reconeixent la pròpia contribució i la contribució de persones diverses a l'àmbit STEM per tal de reduir les inequitats existents. La figura 1 intenta expressar aquesta definició de forma esquemàtica.

Si estem d'acord en que els dos objectius interrelacionats d'alfabetització i posicionament STEM adients haurien de ser irrenunciables per a una educació STEM veritablement capacitadora, per a tothom i amb valors, podem deixar que aquesta definició de competència STEM o qualsevol altra que els englobi ens guïï alhora de decidir quines perspectives educatives poden ser favorables, quines metodologies educatives emergeixen com a propícies i quines tecnologies educatives resulten potencialment adients. En fer-ho, estem posant el què i el com de l'educació STEM al servei del per a què, tot entenent que no ens importa tant què és nou en educació STEM com què hi podem fer servir, sigui novetat o no, per aconseguir els dos objectius d'alfabetització i posicionament STEM adients abans esmentats. En

els següents paràgrafs, parlarem en plural de cadascun d'aquests aspectes (perspectives, metodologies i tecnologies) que tan sovint es singularitzen, amb la idea de mostrar que en educació STEM, com en general en educació, no hi ha receptes màgiques ni que calgui seguir pas a pas, però sí certs ingredients que actuen com a principis actius, ajudant-nos a aconseguir l'efecte desitjat per a la nostra proposta.

PERSPECTIVES QUE AFAVOREIXEN UNA EDUCACIÓ STEM DE QUALITAT

Una educació STEM de qualitat s'ha de plantejar des de perspectives educatives d'alt valor didàctic que permetin i potenciïn l'esperit de diàleg disciplinari, crític i comunitari que impregna la definició de competència STEM abans descrita. Això implica utilitzar perspectives educatives que requereixin mirar un problema des de diferents disciplines, que potenciïn l'aplicació del pensament crític i l'argumentació fonamentada en dades, i que ho facin en un context de participació comunitària el més genuí i real possible, on l'agència i la participació de tot l'alumnat sigui veritablement necessària.



Figura 1: Definició de competència STEM que inclou un objectiu d'alfabetització científica-tecnològica per a tothom i un objectiu de millora del posicionament STEM.

La idea de perspectives cros-disciplinàries o que fomenten una certa integració de les diferents disciplines STEM o de les STEM amb altres disciplines que volem presentar aquí està força lluny de la idea de multi, inter o trans-disciplinarietat que trobem en moltes publicacions i propostes en educació STEM. Per a nosaltres, STEM no és la seva pròpia disciplina, ni implica globalitzar o dissoldre les disciplines com si allò disciplinari no ens hi aportés gens. Malauradament, sovint s'ha presentat STEM com un mer context, donant a entendre que un projecte és STEM simplement perquè inclou un element relacionat amb les STEM, com per exemple un projecte de neteja d'un riu. D'altres vegades s'ha considerat que per ser STEM el projecte ha d'incloure totes les disciplines STEM per igual i de forma equilibrada, la qual cosa acaba implicant que, en un temps prudencial, només es pugui treballar superficialment i sovint forçadament cada disciplina (p.ex. amb la S treballem una mica el riu, amb la T dissenyem una pinça recollidora de brutícia i amb la M fem alguns càlculs de volum de la brutícia recollida... i com ens falta la A, dissenyem una samarreta "xuli" per fer-ho!). També, sovint es parla de projectes globalitzats on "es fa de tot" a un nivell molt poc profund, aplicant i practicant allò que l'alumnat ja sap i porta de casa, en centrar-se només en desenvolupar competències transversals sense treballar competències específiques d'STEM o de qualsevol altre disciplina. En fer-ho, l'alumnat aprofundeix poc en allò que ha d'aprendre de nou fent el projecte, i que probablement és alguna cosa que difícilment aprendrà fora de l'escola.

Per a nosaltres, que aquesta sigui o no una bona activitat o seqüència didàctica STEM no té a veure amb el tema, ni amb quantes lletres de l'acrònim STEM inclou ni amb com de bé s'ho passarà l'alumnat, sinó amb quines idees importants i quines pràctiques clau de les diferents disciplines es treballaran, a fons, en aquest projecte. Així, si el projecte escolar de "netegem el riu" utilitza l'exemple del riu per treballar a fons la idea d'ecosistema, i si involucra d'alumnat en alguna pràctica clau de les disciplines STEM (p.ex. observació i recollida sistemàtica de dades sobre tipus de brutícia presents al riu) pot ser un bon

projecte STEM en què una disciplina (la científica) lideri la mirada, i altres puguin entrar, si s'escau, en diferents moments i graus. Per exemple, si hi ha prou temps, o més endavant, podem prototipar i materialitzar la pinça recollidora de brutícia, o dissenyar una app per documentar el procés. O elaborar una performance o una campanya d'informació al públic que comuniqui els nostres resultats de recerca aprofitant la capacitat de l'art d'interpel·lar. En tot cas, entrin les disciplines que entrin, haurien de ser aquelles que realment ens calen i les que ens podem permetre, per temps i recursos, treballar de veritat (amb objectius d'aprenentatge específics). En la idea d'educació STEM reflexiva, però, allò important no és tant incloure diverses disciplines com fer conscient a l'alumnat del canvi de mirada que ens ajuden a fer les diferents disciplines, i com totes elles ens apoderen. Quan miro el problema del riu des de l'enginyeria això m'ajuda a buscar una solució que pugui materialitzar. Quan ho miro des de la ciència, aquesta em convida a investigar i elaborar explicacions. Quan ho miro amb les ulleres de l'art, haig de buscar una experiència musical, dramàtica o estètica que m'ajudi a interpel·lar i emocionar...

L'argument que els fenòmens del món són de naturalesa interdisciplinària, que es fa servir sovint en educació STEM, no justifica no anar a fons amb el coneixement i les competències disciplinàries en cada proposta STEM, seleccionant adientment quines s'aprendran. Els fenòmens del món, en realitat, no són ni disciplinars ni interdisciplinars: hi són, existeixen, independentment de si nosaltres els volem adreçar o no, ni de com ho farem... El que sí està dividit en disciplines és el nostre coneixement actual del món real, el que fa que al món real professional afrontem els fenòmens complexes des de diferents mirades. Això implica involucrar conjuntament diferents experteses disciplinàries, i ens cal (i això és prou important) que les persones que dominen diferents disciplines sàpiguen dialogar entre elles. A l'aula, podríem emular aquesta realitat fent participar l'alumnat d'activitats que requereixin diferents mirades i experteses, fent explícit quan ens hem posat les ulleres de la ciència o de la matemàtica. També repartint aquestes experteses entre l'alumnat, fent que diferents alumnes en un tema donat es facin

experts en alguna d'aquestes ulleres. No cal potser que tothom faci sempre tot, però sí que el que faci ho faci prou a fons perquè li aportï sentit d'expertesa, és a dir, capacitat d'actuar amb coneixement i confiança en el valor de la seva contribució.

Hi ha diverses perspectives educatives que permeten treballar d'aquesta forma més respectuosa amb allò disciplinar, i alhora dialogant i navegant entre disciplines. A l'educació STEM una perspectiva privilegiada, i molts cops confosa amb la pròpia educació STEM, és la perspectiva STEAM. Considerem que aquesta pot ser una perspectiva molt adient en permetre a l'alumnat mirar un mateix problema des d'ulleres tradicionalment separades, arran de la nefasta tradició de les "dues cultures" que separa allò artístic i humanista d'allò científic-tecnològic. La importància cabdal, però, que a la nostra visió d'educació STEM donem a totes les disciplines, siguin STEM o no, ens porta a ser molt crítiques amb moltes propostes que porten l'etiqueta d'STEAM i que només se centren en decorar o fer bonic allò que s'ha construït... La A de les STEAM implica introduir la filosofia, la literatura, la història, l'economia, la geografia, totes les arts, etc. de forma seriosa i quan i com cal. És preferible no fer STEAM que fer una activitat clarament científica o de l'enginyeria i ficar les arts, al final i amb calçador, com a mera manualitat ... Tampoc cal posar-hi una A merament estètica per atreure les alumnes a les STEM, ja que difícilment podem vèncer els estereotips aplicant-los intensament. Les nostres alumnes ni l'alumnat en desavantatge socio-cultural no necessiten que posem purpurina al robot que han dissenyat per veure-li un sentit a fer-ho, però potser sí necessiten, elles i tothom, que els hi diguem quina necessitat personal o social cobrirà aquest robot i quins dilemes ètics ens planteja la seva construcció.

Altres perspectives que ens ajuden a fer STEM per a assolir la competència STEM tal i com ens la plantejarem serien aquelles que, sense ser noves, han mostrat ser potents al desenvolupar la capacitat reflexiva i crítica de l'alumnat sense evitar els valors. Un exemple és el marc de les Qüestions socialment vives o les Controvèrsies socio-

científiques o SSI (Díaz i Jiménez-Liso 2012) que conviden l'alumne a sospesar, valorar i decidir, de forma argumentada i justificada, entre alternatives sovint contraposades. En les propostes SSI l'alumnat reconeix la complexitat del món que l'envolta, identificant els diferents interessos existents en cada situació i vivenciant com el coneixement científic-tecnològic és necessari per poder comprendre, decidir i actuar, però alhora no l'única font de coneixement a tenir en compte. Un altre exemple potent de perspectives molt conegudes i àmpliament investigades serien l'educació ambiental i la perspectiva CTS, que de fet és per molts defensada com a prèvia i més adient que l'actual STEM a l'hora de relacionar ciència i tecnologia. Ambdues perspectives són altament contextualitzades i donen rellevància als valors, emfatitzant que la relació dels humans amb el món que ens envolta s'ha de mirar des d'una postura crítica. Actualment visions com l'eco-feminisme escolar o l'educació STEM per la justícia global són hereves d'aquestes perspectives, però amb un posicionament activista i transformador de caire més incisiu (i per tant segurament més adequats als temps d'emergència climàtica i social que corren!). També propostes que destaquen el respecte al coneixement científic i matemàtic dels pobles, com ara l'etnomatemàtica o la ciència de grups humans tradicionalment allunyats de la ciència formal. Des de la nostra visió, inspirar-nos en aquestes perspectives per una educació STEM reflexiva, crítica i amb valors, que inclogui explícitament l'enginyeria i les matemàtiques, sovint alienes a aquesta reflexió amb més càrrega sociohistòrica i cultural, pot afavorir el desenvolupament d'una competència en l'àmbit científic-tecnològic més sensible als problemes ètics del món STEM.

Altres propostes interessants com a perspectives STEM que han arribat fa poc a l'educació són les propostes de ciència ciutadana o d'enginyeria comunitària, que des d'un posicionament a cavall entre la Recerca Socialment Responsable (RRI) i l'Aprenentatge-Servei (ApS), involucren l'alumnat en campanyes reals i professionalment dirigides de recerca científica (disseny d'instruments, recollida de dades, anàlisi de dades,...) i co-creació de solucions (disseny

d'espais, participació en provatures o *user test*,...) (Domènech i Lope, 2015). Tot i que sovint aquestes iniciatives neixen fora de l'àmbit educatiu i no tenen, per tant, necessàriament una fonamentació didàctica adient, el potencial didàctic de les mateixes quan s'utilitzen en context escolar i per aprendre, per exemple acompanyades d'un material didàctic *ad hoc*, pot ser molt elevat. Alhora, permeten que l'alumnat vegi que té un paper en la recerca real sent qui és, i quan es tria convenientment les persones i els missatges que aquestes donen a l'escola, afavoreixen que l'alumnat experimenti que els i les professionals STEM reals (científics/ques, enginyers/eres, matemàtics/ques) són més com ell/a del que pensa. Un exemple en el qual hem participat seria el projecte ATENCIÓ [1], en què l'alumnat participava en un experiment científic real sobre efectes cognitius de la contaminació, alhora que aprenia sobre el tema i feia la seva pròpia recerca escolar sobre el nivell de contaminació a la seva escola, tot guiat per científics i científiques de diferents edats que parlaven dels seus interessos més enllà de la ciència.

METODOLOGIES PROPÍCIES PER A UNA EDUCACIÓ STEM DE QUALITAT

Definir l'educació STEM com aquella educació que serveix per desenvolupar alfabetització i posicionament STEM adequats, independentment de com es faci, és poc comú. Sovint, tant en documents curriculars com en les formacions docents es parla de l'educació STEM com una proposta metodològica concreta i innovadora, que implica organitzar l'ensenyament i aprenentatge de les ciències, l'enginyeria i les matemàtiques de forma més activa, contextualitzada i cooperativa.

Òbviament no tenim res en contra d'utilitzar a l'aula metodologies actives, contextualitzades i cooperatives, per fer STEM o qualsevol altra cosa, perquè la recerca educativa en general i en didàctica de les disciplines STEM en particular ens indiquen que aquestes característiques són importants per a l'aprenentatge. Tot i això, el que la recerca ens diu és que no serveixen *per se* i que sovint s'interpreten de forma reduccionista.

Per exemple, quan parlem de metodologies actives, hauríem de parlar de metodologies que potencien l'activitat mental o cognitivo-discursiva de l'alumnat més que no pas de metodologies centrades en l'activitat manual o tecnico-manipulativa del mateix (Garrido-Espeja i Couso, 2013). El que la recerca ens diu sobre la importància de l'alumne actiu en el procés de construcció del seu coneixement fa referència, de fet, a activitats de naturalesa social, discursiva i cognitiva alhora, on l'activitat manipulativa o sensorial té sentit com a suport i representació d'allò cognitiu i socio-discursiu, per poder parlar-ne, fer-hi i pensar-hi tant amb un mateix com amb les altres. Destaquem aquesta idea perquè sovint es parla de metodologies associades a les STEM, com el *tinkering* o les matemàtiques amb suport manipulatiu fent èmfasi en els recursos materials que impliquen, sense adonar-nos que per si sols, aquests recursos tenen poc potencial. El que fa interessant aquests recursos, que ho són, és el fet que els manipulem en funció de certes preguntes o reptes, que explicitem el que pensàvem al principi i el que pensem ara, que comparem diferents formes de pensar i fer, que podem comprovar i argumentar el que concloem d'aquestes provatures, que consensuem entre totes què hem après, fent això, etc. Així, més que de metodologies actives parlariem de metodologies potencialment activadores, on el paper del docent és precisament activar (Hattie, 2009) (més que no pas acompanyar com si pogués passar per si sola en l'entorn adequat) aquesta activitat profundament dialògica, social i cognitiva en la que parlem, fem i pensem junts. I quan és STEM, el paper del docent és, per tant, activar l'activitat de parlar, fer i pensar com es fa a ciències, enginyeria i matemàtiques (Couso, 2017).

Un altre punt a destacar en les metodologies actives és que s'associen sovint a activitats lúdiques on l'alumnat "s'ho passa bé", sigui perquè la metodologia convida a jugar (com per exemple en la gamificació), sigui perquè l'activitat és oberta i convida a provar (p.ex una activitat *tinkering*). Independentment de la metodologia triada, allò interessant i comú a aquestes propostes no és tant la diversió, que de fet pot no ser-hi present ni s'associa directament amb l'aprenentatge, com el

fet que en aquestes propostes l'ambient i el clima d'aula són relaxats principalment perquè es despenalitzava l'errada i es desvincula l'activitat de la nota quantitativa. I aquestes dues variables, relacionades amb l'avaluació, sí que són variables que potencien l'aprenentatge d'acord als experts (Sanmartí, 2010), igual que ho faria integrar l'autoregulació metacognitiva a l'activitat. Alhora, en aquests espais i/o propostes actives també és important l'existència de bastides i del suport docent que possibilitin als estudiants tenir èxit i per tant millorar la seva percepció d'autoeficàcia. Dit d'una altra forma, allò que les fa atractives no és tant el format, com allò que el seu format possibilita quan es fa de forma adient. Per exemple, un *scape room* no és una activitat intrínsecament divertida i per tant afavoridora de l'aprenentatge. Ans al contrari, només quan l'*scape room* es realitza en un entorn de despenalització de l'errada i de forma que l'alumnat pot participar i té les bastides per fer-ho amb èxit, l'*scape room* serveix per aprendre alguna cosa i esdevé divertit.

Seguint amb les característiques comunes a les metodologies propícies per a l'educació STEM, un dels trets característics més importants és la contextualització de l'aprenentatge, entesa com aquella pràctica educativa que permet donar sentit a allò que s'està aprenent al situar-ho en la realitat. Des d'una perspectiva psico-cognitiva, contextualitzar és necessari per poder identificar les idees prèvies i els coneixements de partida de l'alumnat, que acostumen a ser diferents d'aquelles idees i coneixements que s'engeguen en el context acadèmic (Pozo, 2020). Tenint en compte que allò més important per aprendre alguna cosa és allò que un ja sap sobre aquesta cosa (Bransford *et al.*, 2000), la contextualització de l'aprenentatge en situacions quotidianes o prou properes a l'experiència real de l'alumnat hauria de considerar-se un requisit per a l'aprenentatge, enlloc d'una opció metodològica entre altres. Ensenyar en context requereix no només connectar amb les experiències i emocions de l'alumnat, sinó ajudar-lo a reinterpretar-les des del nou coneixement que s'està aprenent (Espineta, 2014), tot despertant l'interès de l'alumnat per actuar i intervenir en el món des de l'escola (Sanmartí i Márquez 2017). Així, contextualitzar és un exercici de connexió amb

la vida i mirada de l'alumne, i a l'hora, una manifestació de la voluntat d'ampliar-la.

Tot i el quòrum que hi ha respecte la importància de contextualitzar l'aprenentatge, el que entenem per contextualització i com fer-ho, tant dins de l'àmbit STEM com en general, és producte de visions molt diferents del que és un bon context d'ensenyament i aprenentatge. Per exemple, el fet de contextualitzar s'ha relacionat sovint amb la pretesa bondat associada a la possibilitat de tria de l'alumnat (per exemple, iniciant el projecte STEM dels animals al voltant de l'animal triat per la classe), sense tenir gaire en compte quines possibilitats reals d'aprenentatge ens dona el context triat (per exemple, si ens permet l'observació o ajuda a posar a prova les idees que tenim) (Garriga, Pigrau i Sanmartí, 2012). Alhora, s'ha atribuït a la tria d'un bon context la capacitat de motivar intrínsecament l'alumnat, per exemple creient que fer cinemàtica en el context del *skate park* serà més proper i per tant millor avui dia que fer-ho en un context més arcaic com pot ser el billar. Aquestes tries de context, però, es fonamenten en dues suposicions errònies. La primera, que es considera que la motivació és més un prerrequisit per a l'aprenentatge que no pas el resultat d'experiències d'aprenentatge reeixides. Així, resulta comú parlar de contextos motivadors com aquells que apel·len a interessos propis i personals, i que són per tant precursors de l'aprenentatge, tot i que avui dia sabem que la motivació està més relacionada amb l'experiència de participar amb èxit en les activitats que es proposen i reconèixer que en fer-ho s'aprèn (Fernández, 2021). En segon lloc, en triar el context suposadament interessant per a totes, es considera que l'alumnat és més homogeni del que realment és, com si tots i totes tinguessin uns interessos comuns i compartits que podem desvetllar i aprofitar. Malauradament, i tal i com expliquem en detall en un altre lloc, els interessos de l'alumnat mai són els interessos de tot l'alumnat i, afortunadament, fins i tot allò que no genera interès inicial, pot esdevenir interessant (Couso i Sanmartí, en premsa). Així, seguint la proposta de Pérez, Couso i Márquez (2021) per a la tria de contextos adients per als projectes STEM, considerem que els contextos adients són aquells

que presenten un equilibri entre diferents dimensions del context, incloent la seva potencial rellevància personal, social i global (el grau en que el context tracta de temes que afecten directa o indirectament la vida de l'alumnat); la seva significativitat científico-tecnològica (fins a quin punt el context permet aprendre alguna idea o pràctica important de les disciplines STEM) i la seva autenticitat (el grau en que el context és genuí i permet una activitat de l'alumnat autèntica o si més no versemblant a la real). Així, no es tracta de trobar el context més interessant per a l'alumnat, sinó de triar entre diferents contextos amb potencial per aprendre la idea X o la pràctica Y. I fer-ho a partir del que l'alumnat ja sap sobre X o Y i d'una forma que li permeti pensar, fer i parlar sobre X o Y com ho fan els i les expertes en l'àmbit.

El mateix passaria envers la idea de metodologies cooperatives, en el sentit de metodologies que afavoreixen que s'apregui amb altres i dels altres. Hi ha moltíssima discussió a la literatura pedagògica sobre les bondats de l'aprenentatge cooperatiu, les seves variants (aprenentatge col·laboratiu, aprenentatge entre iguals, etc) i les diverses formes de promoure'l a l'aula (agrupacions homogènies i heterogènies, tècnica del puzzle o *jig saw*, tècniques de co-creació, etc) (Laal i Ghodsi, 2012). Tot i ser un tema conegut i sovint implementat en les activitats educatives STEM (tant que, de fet, no és una variable que discrimini uns projectes d'altres d'acord a la recerca de Pérez, Couso i Márquez (2021)), convé destacar que en educació STEM la cooperació entre l'alumnat però també de l'alumnat amb la seva comunitat esdevé no només una metodologia d'aula adient per aprendre idees i pràctiques, sinó una metodologia d'actuació en el món. Un exemple seria la metodologia de co-creació del pensament del disseny o *Design Thinking*, que s'esgrimeix en educació STEM sovint com a metodologia privilegiada per resoldre problemes i construir solucions de forma cooperativa (Albalat, 2017). Aquesta metodologia, però, tot i que útil en algunes branques de l'enginyeria i les ciències socials no és pròpia de totes les disciplines STEM. De fet, la solució de problemes matemàtics a partir d'aplicar el raonament matemàtic, o la construcció informal i

amb allò disponible en un espai *tinkering* no segueixen una metodologia de *Design Thinking*, tot i ser activitats clarament d'educació STEM.

Per últim, no podem finalitzar un apartat sobre metodologies propícies per al desenvolupament de les STEM sense mencionar la metodologia més utilitzada i vinculada a les STEM arreu, fins al punt que sovint es defineix educació STEM mencionant trets propis d'aquesta metodologia, com ara la necessitat de plantejar reptes a l'alumnat. Estem parlant de l'Aprenentatge Basat en Projectes o ABP, que tot i no ser patrimoni de l'educació STEM, està darrera de la seva operativització en la majoria de centres educatius del nostre context. Tot i que escapa de la intenció d'aquesta publicació detallar les potencialitats i limitacions que una proposta tan potent i alhora tan demandant com l'ABP planteja al professorat, creiem convenient ressaltar aquí la necessitat d'una certa independència metodològica de les propostes STEM. L'objectiu és compartir amb el professorat la idea que no hi ha una metodologia privilegiada en educació STEM, sinó moltes de compatibles amb la voluntat de millorar l'alfabetització i posicionament STEM de l'alumnat. Tot i considerar que l'ABP resulta en molts aspectes una metodologia adient en el context de l'educació STEM, no podem obviar que altres metodologies, com ara l'Aprenentatge Basat en la Indagació o IBSE; la Indagació Centrada en Modelitzar o MBI; la resolució de problemes, les propostes que segueixen la filosofia *Maker*, el mencionat *Design Thinking* o l'Aprenentatge Servei, entre altres, poden ser també metodologies propícies en tant que altament contextualitzades, actives i cooperatives. Per a molts, totes aquestes metodologies es poden desenvolupar dins d'un projecte STEM o de STEM ABP que estructuraria l'activitat de l'alumnat entorn al plantejament d'un repte, el desenvolupament d'una solució i la seva comunicació final. Alhora, però, l'educació STEM també es realitza en contextos pedagògics que no requereixen aquesta seqüenciació o bé on l'activitat no està tan estructurada, com ara en espais dissenyats *ad hoc* com ara racons, ambients, clubs de codi, espais *tinkering* o *open labs*, entre altres. Amb tot, creiem que la diversitat de metodologies disponibles i l'estructuració en temps i espais diferents dona

riquesa a l'activitat STEM dins i fora de l'aula. Sempre i quan aquesta activitat estigui activament orientada a l'assoliment de la competència STEM i el professorat sigui crític amb com de contextualitzada, activa i cooperativa és l'activitat de l'alumnat participant, podem parlar de diversitat de metodologies propícies per a l'educació STEM.

TECNOLOGIES ADIENTS PER A UNA EDUCACIÓ STEM DE QUALITAT

Potser el tema més contestat en educació STEM és precisament el rol atorgat a la tecnologia. Si bé la T de tecnologia forma part del propi acrònim STEM, coincidim amb altres autors en assenyalar la importància de limitar el seu paper central, per diversos motius que detallem a continuació.

Parlar d'educació STEM o d'educació en l'àmbit científic-tecnològic es parlar de la mirada que ens aporten les disciplines Científiques, Matemàtiques i de l'Enginyeria, que són cossos disciplinaris propis amb objectius, criteris de validesa, esferes d'activitat i formes de coneixement diverses i riques (Couso i Simarro, 2021). Si bé l'objectiu diferencial de la ciència és construir explicacions fonamentades en dades, el de la matemàtica resoldre problemes de caire matemàtic i el de l'enginyeria materialitzar solucions (Couso, Mora i Simarro, 2021), la tecnologia no té un objectiu en si mateixa com a disciplina, perquè és un producte o eina orientada a facilitar les activitats humanes. Així, la tecnologia facilita les activitats pròpies de la ciència, la matemàtica i l'enginyeria, i també les d'altres disciplines com la història, la filosofia, la política, l'economia o les arts. És per això que alguns autors parlen d'educació SEM, acrònim amb el que de fet va néixer l'educació STEM com a tal (Couso, 2017), per referir-se al tipus d'educació que desenvolupa la competència en l'àmbit científic-tecnològic. Des d'aquesta perspectiva, que entén la tecnologia com a producte de l'enginyeria i alhora eina per a l'enginyeria i per a tota la resta de disciplines (Simarro i Couso, en premsa), la tecnologia pot tenir un paper tan secundari o preponderant en l'educació STEM com en l'educació de qualsevol altre àmbit, i com passaria en qualsevol altre àmbit, utilitzar tecnologia no és

quelcom inherentment positiu. Aquesta visió de la tecnologia com a no exclusiva ni central en l'educació STEM, però, no s'ha de malinterpretar. Limitar el paper de la tecnologia en l'educació STEM no vol dir, per exemple, que l'assignatura de tecnologia sigui una assignatura a escindir, ni tampoc que s'hagi d'orientar a estudiar la història de les nostres eines. Ans al contrari, si alguna cosa ha fet l'educació STEM és reclamar el paper important que l'enginyeria com a disciplina ha tenir en l'educació obligatòria, involucrant l'alumnat en pràctiques pròpies de l'enginyeria com ara la delimitació, el prototipatge o el testeig (Simarro i Couso, 2021).

Independentment de si considerem la tecnologia com a disciplina STEM o no, sovint l'educació STEM ha rebut crítiques legítimes sobre el seu costat fosc precisament en relació amb el món de la tecnologia (Garcia, 2020). Aquestes crítiques fan referència a les seves relacions amb el poder polític-econòmic de les grans empreses *high-tech*, més interessades en l'existència de moltes i diverses (i per tant, barates) vocacions STEM, particularment en l'àmbit de la computació. També, a l'interès per a la venda de tecnologies educatives i productes per l'aula del futur per part d'aquestes mateixes empreses globals i moltes d'altres locals, sovint en forma de tecnologies sofisticades de tan elevada potencialitat com ràpida obsolescència. Malauradament, aquesta vinculació entre el món de l'educació STEM i els proveïdors mundials de tecnologia té com a conseqüència que moltes de les propostes d'educació STEM pateixin d'un profund tecnoptimisme, afavoreixin una perspectiva tecnosolucionista envers els problemes del món i impliquin, en les escoles i centres educatius que volen iniciar-se en aquesta perspectiva, una síndrome de compra poc reflexiva de tecnologia, tals com impressores 3D, robots i molts altres dispositius, sense saber si realment els cal

Des de la nostra perspectiva, però, l'educació STEM ha de ser una educació balancejada entre el protagonisme donat a les diferents disciplines, i per tant, no centrada en la enginyeria (Couso i Simarro, 2021). Alhora, les tecnologies que permeten treballar les pràctiques de l'enginyeria i donar

suport a les ciències i les matemàtiques no sempre han de ser tecnologies digitals ni altament sofisticades, tal i com demostra l'aprenentatge que es pot desenvolupar amb tecnologies analògiques i de tipus casolà (Simarro, 2019), així com les propostes que reciclen tecnologies o les imaginem. Per últim, la introducció de l'educació STEM en una escola ha de capitalitzar en allò que l'escola ja fa bé i en els valors que la caracteritzen, enlloc de fagocitar-los. Així, l'educació STEM que es realitza en una escola de bosc o amb tradició d'educació ambiental no hauria d'ignorar aquest fet, per exemple omplint l'escola de tecnologies no reutilitzables i peces de plàstic fetes amb la impressora en 3D. De fet, aquesta reflexió sobre quines tecnologies digitals fer servir, com i per a què, hauria de formar part de tota proposta tant d'educació STEM com d'educació en general (López *et al.*, 2020).

Tot i la visió crítica que tenim sobre la tecnologia que s'incorpora a les escoles, i particularment sobre la malauradament comuna associació entre educació STEM i tecnologia digital, no estem pas dient que la tecnologia no té cap paper ni potencialitat en l'educació STEM. De fet, l'emergència de tecnologies programables de baix cost no es pot separar de l'explosió que en l'educació STEM ha tingut l'interès per la robòtica, la programació i el pensament computacional des de la primera infància. La importància d'aquest tipus de pensament, considerat per la EU com una competència bàsica del segle XXI tal com el pensament creatiu o el pensament crític, recau en com el seu desenvolupament pot ajudar a la ciutadania a gestionar les situacions complexes pròpies de la nostra societat del coneixement (i alhora de la desconexió). Així, el pensament computacional va més enllà de la programació i es vincula a idees com abstracció, lògica, algorítmica, descomposició, depuració, heurística, iteració i automatització, entre altres (Peracaula-Bosch *et al.*, 2020). I tot i que el pensament computacional es pot introduir a l'aula de forma "desendollada", i que no existeix una relació biunívoca ni entre pensament computacional i robòtica (p. ex. es poden fer servir robots sense desenvolupar-los), ni tampoc entre pensament computacional i programació, és obvi que amb una utilització adient

de tecnologies creatives i programables s'afavoreix el seu desenvolupament. En resum, tot i que pensem que tant el pensament computacional com especialment la robòtica i la programació han de tenir un paper limitat en l'educació STEM que no redueixi la competència STEM a aquesta vessant de la mateixa, valorem com a una aportació positiva d'aquesta proposta el fet de visibilitzar aquest tipus de pensament com un més a treballar a l'aula STEM (López *et al.*, 2020).

El mateix passa amb altres tecnologies digitals, que tot i tenir el seu paper, han centrat més la mirada en l'eina pel seu atractiu i novetat, que en l'aprenentatge que aquesta eina permet. Un exemple són les impressores en 3D, la realitat augmentada o els blocs de construcció programables tipus Lego mindstorms. Tot i que totes aquestes eines tenen clares potencialitats i poden utilitzar-se en el context de projectes i/o activitats STEM que serveixin per aprendre algun concepte o pràctica clau de les disciplines STEM, sovint el pes s'ha posat en el domini tècnic de la pròpia tecnologia, buscant quin problema del món pot ser adient de solucionar amb aquestes eines que volem, sí o sí, introduir a l'aula. En fer-ho, es compleix l'antiga dita de "quan només es té un martell, qualsevol problema té forma de clau". Això pot portar a usos incoherents i forçats d'aquestes eines, com ara imprimir clauers amb el nom de l'alumnat enlloc de peces que no podem aconseguir de cap altra manera. Tenint en compte les dificultats tècniques i la corba d'aprenentatge associada a moltes d'aquestes eines, és important seleccionar bé quines ens cal i quan, en funció del valor real que la tecnologia aporta a la solució del problema i decidint de forma realista quina part del seu ús es necessari que l'alumnat domini i quina potser no. En resum, es tracta de decidir quines tecnologies són assequibles, tant econòmicament com pedagògicament per a l'alumnat, tot potenciant l'ús de tecnologies programables, que fomentin la creativitat i incorporin certs valors (com ara la cultura *Open Access* o el reciclatge de tecnologia) per davant d'altres menys interactives, flexibles i ètiques.

RESUM I REFLEXIONS FINALS

L'educació STEM s'entén i es duu a terme de forma molt diferent arreu, esdevenint un paraigües massa gran i indeterminat que engloba tot allò "innovador i excitant" que passa en l'educació de l'àmbit científic-tecnològic (Kelley i Kwoles 2016). De fet, dins d'aquest paraigües trobem iniciatives empresarials que només busquen incidir en la capacitat del mercat laboral per cobrir les seves necessitats, i també estratègies comercials que només busquen fer negoci amb l'educació venent "dispositius STEM". Alhora, però, trobem també moltes altres iniciatives educatives estretament vinculades a l'equitat educativa i l'accés més democràtic al coneixement STEM, així com al feminisme i a la perspectiva de gènere, de justícia social o d'educació ambiental. Deixar de disputar i cedir el significat STEM als primers seria no només una renúncia d'aquells que concebem una educació al servei del bé comú, l'equitat o la justícia global, sinó que invisibilitzaria encara més els avantatges i les oportunitats que aquesta perspectiva ens ha aportat els darrers anys al nostre context educatiu. En són exemple la incorporació de la pràctica de la l'enginyeria ja en l'escola de primària, la sensibilització envers les inequitats existents en aquest àmbit, la visibilització del pensament computacional com una competència bàsica, la cooperació entre docents de diverses disciplines en el disseny i implementació de propostes educatives, la obertura de les escoles als professionals STEM o la dotació de temps llargs i espais específics per a l'aprenentatge integrat d'idees i pràctiques clau de la ciència, l'enginyeria i la matemàtica, entre altres.

Salvaguardar allò que ens hi aporta i millorar allò que no funciona en educació STEM requereix una visió crítica de l'educació STEM guiada per la seva finalitat, que per a nosaltres és doble. D'una banda, aconseguir prou alfabetització en l'àmbit científic-tecnològic en el sentit de capacitat d'utilitzar en context i amb valors les idees i pràctiques clau de les disciplines STEM. D'altra, el desenvolupament d'un posicionament STEM que superi la influència dels estereotips i es reconciliï amb la pròpia identitat.

Aconseguir dos objectius tan demandants requereix d'una educació STEM eclèctica i diversa, que fomenti l'ús de diferents propostes i eines didàctiques segons l'objectiu d'aprenentatge i el context concret d'actuació. Alhora, necessitem una educació STEM que aprofiti el nostre extens coneixement sobre l'ensenyament i aprenentatge de l'àmbit i connecti amb la nostra tradició didàctica i cultural. Així, ens cal recollir i incorporar a l'educació STEM les reflexions, els coneixements i les eines existents en la didàctica de les disciplines involucrades, perquè tot i que STEM és nou no podem obviar que les didàctiques de la ciència i les matemàtiques, i en menor grau de l'enginyeria, tenen més d'un segle de desenvolupament.

Per fer-ho, hem proposat una educació STEM guiada per la varietat de perspectives favorables, metodologies propícies i tecnologies adients que considerem que ens poden servir per plantejar una educació STEM de qualitat (Figura 2). La tria dels blocs de perspectives, metodologies i tecnologies per descriure què ens aporta i què no tant en educació STEM no és arbitrària: sovint hem sentit parlar d'educació STEM com una perspectiva educativa concreta (enlloc de qualsevol perspectiva que promogui la competència STEM); com una metodologia idiosincràtica (en comptes de qualsevol metodologia educativa que promogui la competència STEM) i fins i tot com la introducció de certes tecnologies a l'aula (enlloc del treball amb qualsevol tecnologia o sense que serveixi per desenvolupar la competència STEM). En atribuir certes característiques a aquestes perspectives, metodologies i tecnologies, com ara el ser cross-disciplinàries, crítiques, actives, contextualitzades, assequibles o creatives, entre altres, volem emfatitzar aquesta idea que, igual que molts camins porten a Roma, moltes maneres de fer STEM porten a una alfabetització i posicionament STEM de qualitat. Tenint en compte que l'extensió d'aquest article és limitada, ens hem deixat característiques importants tant en educació STEM com en general, com ara el foment de l'autoregulació metacognitiva de l'alumnat, o la utilització de mesures per promoure la inclusió, entre altres. Així, l'objectiu no ha estat ser exhaustives en identificar tot allò que fa que una proposta STEM sigui de qualitat, sinó assenyalar

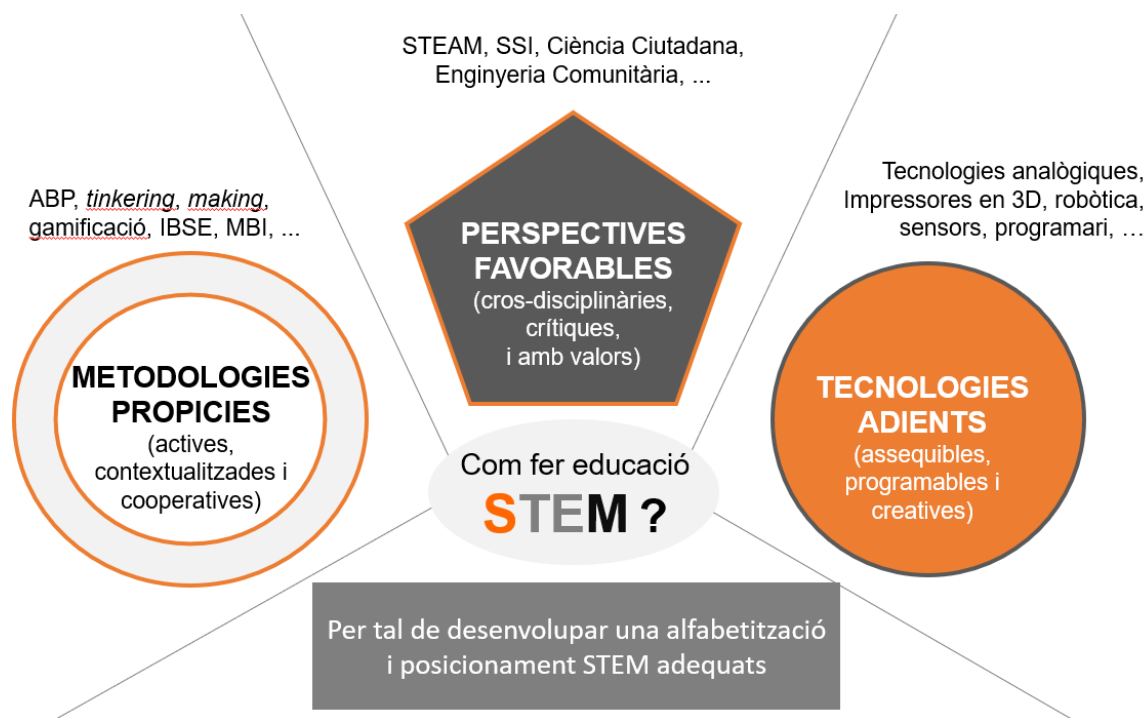


Figura 2: Exemple de la diversitat de perspectives favorables, metodologies propícies i tecnologies adients per desenvolupar la competència STEM.

els trets més limitants i comuns en l'educació STEM que observem al nostre voltant.

Per últim, indicar que en l'article d'Albalat *et al* (2022), publicat en aquest mateix número, es mostra com s'ha operativitzat aquest marc de perspectives favorables, metodologies propícies i tecnologies adients en la formació i paquet d'eines concret que el Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya ha preparat en el marc del programa STEAMCat al nostre context. En ell s'introdueixen diferents exemples de perspectives, metodologies i tecnologies tot donant accés a la caixa d'eines o STEMtools que s'han elaborat per ajudar al professorat a introduir-les a l'aula. Esperem i desitgem que, entre les reflexions presents en aquest article i les consideracions incloses en el següent el professorat trobi respostes a les preguntes amb les quals iniciàvem aquest escrit, així com d'altres que podria tenir. Sabem, però, que el futur de l'educació STEM estarà ple de noves preguntes, que aniran sorgint a mesura que ens anem trobant amb més dilemes i reptes. La nostra voluntat és continuar reflexionant i investigant en aquest àmbit per poder respondre-les amb coneixement i en comunitat, tot involucrant

professorat i alumnat en el repte compartit de promoure la competència STEM.

BIBLIOGRAFIA

- Albalat, A. (2017). Design Thinking en STEAM. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (34), 29-34.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.6>
- Albalat, A., Mateo, E., Couso, D., i Domènech-Casal, J. (2022). STEMtools: una proposta per a planificar el desplegament STEM a l'escola. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (44), 72-87.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.451>
- Bransford, J.D., Brown, A. L., i Cocking, R.R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington DC: National Academy Press.
- Bogdan Toma, R. i García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*, 39 (1), 65-80.
- Couso, D. (2017). Per a què estem a STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i

- amb valors. *Ciències: revista del professorat de ciències de primària i secundària*, (34), 22-30.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.403>
- Couso, D. i Grimalt, C. (2020). ¿Qué es STEM y STEAM y por qué ponerse a ello?. *Aula de innovación educativa*, (290), 71-72.
- Couso, D., Grimalt-Álvaro, C. i Simarro C. (en premsa) Problematizing STEM integration from an epistemological and identity perspective. Dins de Ortega Sánchez, D. (Ed) *Controversial issues and social problems for an integrated disciplinary teaching*. Springer.
- Couso, D., Mora, Ll., i Simarro, C. (2021). De las mates como instrumento a las mates como práctica: su papel en los proyectos STEM. *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, (93), 8-14.
- Couso, D. i Sanmartí, N. (en premsa). Com es pot despertar el gust per l'aprenentatge de tot l'alumnat? Dins de Tarabini, A. *Els reptes de l'educació a Catalunya. Anuari 2022*. Fundació Jaume Bofill.
- Couso, D. i Simarro, C. (2020). STEM Education Through the Epistemological Lens: Unveiling the Challenge of STEM Transdisciplinarity. Dins de Carla C. Johnson, Margaret J. Mohr-Schroeder, Tamara J. Moore, Lyn D English (Eds.), *Handbook of Research on STEM Education*. (pp. 17-28). Routledge.
- Díaz N., i Jiménez-Liso M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.
- Domènech, J. i Lope, S. (2015). Les Jornades de controvèrsia sòcio-científica i recerca i innovació responsablesciències per a qüestionar i canviar el món. Pensar, comprendre, decidir. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (30), 29-31.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.47>
- Espinet, M. (2014). Perspectives sobre el context en educació científica: aproximacions teòriques i implicacions per a la pràctica educativa. Seminario de doctorado, Cerdanyola del Vallès. Accesible en: <https://ddd.uab.cat/record/132369>
- Fernández, J. (2022). *Educación en la complejidad*. Plataforma Editorial.
- García, N. (2020). El costat fosc de l'STEM i com combatre'l. Contribucions de la Digna Couso a l'escola d'estiu d'EduglobalSTEM. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (40), 26-33.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.428>
- Garrido, A., i Couso, D. (2013). La competència d'ús de proves científiques: Quines dimensions es promouen a les activitats de l'aula de ciències. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (24), 42-47.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.102>
- Garriga, N; Pigrau, T., i Sanmartí, N. (2012). Cap a una pràctica de projectes orientats a la modelització. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (21), 18-28.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.125>
- Grimalt-Álvaro, C. i Couso, D. (2019). "No va amb mi" La influència del disseny d'activitats STEM sobre el posicionament de l'alumnat en aquest àmbit. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*. (2), 133-144.
- Grimalt-Álvaro, C., i Couso, D. (2022). ¿Qué sabemos del posicionamiento STEM del alumnado? Una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Investigación Educativa*, 40(2), 531-547.
<https://doi.org/10.6018/rie.467901>
- Grimalt-Álvaro, C., Couso, D., Boixadera-Planas, E., i Godec, S. (2022). "I see myself as a STEM person": Exploring high school students' self identification with STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(5), 720-745.
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of 800+ Meta-Analyses on Achievement*. London: Routledge.
- Kelley, T. R., i Knowles, J. G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11.
<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Laal, M., i Ghodsi, S. M. (2012). Benefits of collaborative learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 486-490.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.091>
- López Simó, V., Couso, D., i Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62).
<https://doi.org/10.6018/red.410011>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. The National Academies Press.

<https://doi.org/10.17226/13165>

- Pérez Torres, M., Couso, D., i Márquez, C. (2020). ¿Cómo diseñar un buen proyecto STEM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 18(1), 1301-1321.
- Peracaula-Bosch, M.; Estebanell-Minguell, M.; Couso, D.; González-Martínez, J. (2020). «What do pre-service teachers know on computational thinking?». *Aloma: revista de psicología, ciències de l'educació i de l'esport Blanquerna*. 38(1), 75-86.
<https://doi.org/10.51698/aloma.2020.38.1.75-86>
- Pozo, J.I. (2020). Aprender ciencias es reconstruir las ideas personales por medio del diálogo con otras personas y otros conocimientos. Dins de Digna Couso, María Rut Jiménez Liso, Cintia Refojo Seronero, José Antonio Sacristán del Castillo: *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 14-23). Penguin House.
- Sanmartí, N. (2010). Avaluar per aprendre. L'avaluació per millorar els aprenentatges de l'alumnat en el marc del currículum per competències. Dept. d'Educació, Generalitat de Catalunya. Accesible en: http://xtec.gencat.cat/web/.content/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/0024/fc53024f-626e-423b-877a-932148c56075/avaluar_per_aprendre.pdf
- Sanmartí, N. i Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice*, 1(1), 3-16.
<https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>
- Simarro, C., i Couso, D. (2018). Visiones en educación STEAM: y las mates, ¿qué?. *UNO, Revista de Didáctica de las Matemáticas*, (81), 49-56.
- Simarro, C., i Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education* 8 (1), 1-12.
- Simarro, C. i Couso, D. (en premsa). Didáctica de la ingeniería: tres preguntas con visión de futuro. *Enseñanza de las ciencias*

NOTES

[1] Pàgina web del projecte ATENCIÓ:

<https://projecteatencio.cat/>