



STEMtools: Una proposta per a planificar el desplegament STEM a l'escola.

Ana Albalat Martínez
Departament d'Educació, Servei d'Innovació
aalbala2@xtec.cat

Eva Mateo Puig
Departament d'Educació, Servei d'Innovació
emateo14@xtec.cat

Digna Couso Lagarón
Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, UAB
Digna.Couso@uab.cat

Jordi Domènech Casal
Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, UAB
jdomen44@xtec.cat

Resum • El desplegament de STEM als centres educatius s'orienta a l'assoliment d'uns objectius STEM (vocacions, inclusió i gènere, ciutadania) que han de ser formulats en clau educativa. Es proposen diverses vies per a desplegar aquesta formulació, anomenades STEMtools, estructurades en tres eixos (Perspectives, Metodologies i Tecnologies). La proposta ha estat desenvolupada i aplicada en el marc del Pla interdepartamental STEMcat, en el marc del programa d'innovació pedagògica STEAMcat, i s'en valora la seva utilitat i aplicacions.

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

STEMtools: A proposal for STEM practices at school.

Abstract • The development of STEM in schools aims to several STEM goals (vocations, inclusion and gender, citizenship) that can be formulated in as educational strategies. We propose as STEMtools several strategies, that can be structured in three axes (Perspectives, Methodologies and Technologies). The proposal has been developed and applied within the framework of the STEMCat Interdepartmental Plan, within the framework of the STEAMCat pedagogical innovation program, and its usefulness and applications are assessed.

Keywords • STEAM, STEMTools, Methodologies, Perspectives, Technologies

INTRODUCCIÓ

Les inicials STEM/STEAM estan actuant com a vèrtex dinamitzador de la innovació educativa i són una part important dels eixos de projectes educatius innovadors a tot Catalunya. L'acrònim STEM va aparèixer inicialment com una expressió de la necessitat del teixit industrial i econòmic d'assegurar la competitivitat i innovació en els àmbits de l'enginyeria, la tecnologia, les matemàtiques i les ciències (Couso, 2017, Bogdan i García-Carmona, 2021). A Europa, l'informe Rocard alertava el 2006 de la manca de vocacions científicotecnològiques, un dèficit que era especialment greu en femení (Rocard *et al*, 2006). En paral·lel, aquest mateix teixit industrial veia amb preocupació com la ciutadania desenvolupava posicionaments tecnofòbics o pseudocientífics davant la transferència al món industrial d'innovacions tecnològiques com els transgènics, la nanotecnologia o, fins i tot, les vacunes. Això va generar la necessitat de plans polihèdrics abastant no només la manera com el mateix teixit industrial promovia i desenvolupava la innovació, sinó també en la manera com s'ensenyen les Ciències, les Matemàtiques i la Tecnologia [1]. Aquest fet s'ha intentat abordar amb una agenda que podem resumir en 3 objectius STEM (Domènech-Casal, 2019a): incrementar la capacitació professional i les vocacions científico-tecnològiques, incrementar l'accés de les dones i alumnat d'origen socio-econòmic humil a aquestes professions, i desenvolupar la capacitat de la ciutadania d'avaluar riscos i prendre decisions en àmbits participats per la ciència i la tecnologia.

STEM va a l'escola

A l'arribada al món escolar, l'impuls STEM, finançat per diferents programes de la UE, ha anat reclutant diferents enfocaments educatius que s'han considerat d'utilitat per al desplegament d'aquests tres objectius, i que s'han anat associant –més per la seva utilitat pels objectius STEM que no pas per una homogeneïtat metodològica– a pràctiques STEM. En la selecció d'aquestes pràctiques ha estat també d'interès la capacitat de les propostes de desenvolupar les *Soft Skills*, un conjunt d'habilitats que la majoria d'autors recullen en 4 habilitats

principals, anomenades 4C, per les seves inicials en anglès: (a) pensament crític i resolució de problemes, (b) comunicació, (c) treball en equip i (d) creativitat, de clara transferència al món laboral, però també a la construcció d'una ciutadania competent (Couso, 2017), que altres autors amplien amb components ètiques fins a 6C, afegint també explícitament Ciutadania i Caràcter (vinculant a valors com la perseverància, resiliència, solidaritat i honestat) (Fullan, 2014). Com a resultat, STEM sol mostrar en la seva materialització una heterogeneïtat molt gran i adoptar formes molt diverses (des de la robòtica a la inclusió de les arts i la tecnologia) en la que els objectius originals de la proposta STEM han deixat de ser explícits, i es confonen de forma borrosa amb altres objectius no explícits, com fer les classes de ciències o tecnologia més properes o atractives o oferir aprenentatges més transferibles.

La reflexió més a fons sobre aquesta arribada de STEM a l'escola i del paper que l'escola podia desenvolupar-hi ha portat diferents autors a alertar que no qualsevol STEM pot ser STEM escolar, i la necessitat de plantejar-se que l'escola no podia simplement adoptar com a propis els objectius STEM del món econòmic i empresarial i n'havia de fer una reformulació pròpia (Couso, 2017, Bogdan i Carmona, 2021, Herrero, 2013, Domènech-Casal, 2021). Plantejant-se per exemple, quins **valors** proposem (competitivitat i extractivisme, o col·laboració i sostenibilitat?), quina **inclusió** promovem (tenir més dones en professions tecnocientífiques, o eliminar el paradigma patriarcal de la Ciència i la Tecnologia?), quina **ciutadania** formem (consumidora de ciència i tecnologia o empoderada?) i quins **aprenentatges** generem (superficials i tècnics o profunds i competencials?).

En la "renegociació" d'aquests objectius STEM, l'escola pot trobar el seu mirall en les propostes que des de la didàctica s'han treballat com a Ciència, Tecnologia i Societat (CTS) (Acevedo, Vázquez i Manassero, 2003), i que poden imbricar-se a altres referències valòriques com els Objectius de Desenvolupament Sostenible de la UNESCO [2] (ONU, 2015), les iniciatives d'empoderament ciutadà com la Recerca i Innovació Responsable de la Unió Europea (Alcaraz-Domínguez, Barajas,

	Objectius STEM industrials i econòmics	Objectius STEM escolars
VOCACIONS	Incrementar les vocacions i capacitació professional científico-tecnològiques i transmetre la necessitat de pluralitat en les professions del futur.	Alfabetització científica (competencial i d'aprenentatges profunds) i eliminar els obstacles per a l'accés a qualsevol vocació, per una societat més inclusiva.
INCLUSIÓ I GÈNERE	Incrementar l'accés de les dones i alumnat d'origen sòcio-econòmic humil a aquestes professions	Trencar les discriminacions per gènere i socials i estereotips (amb especial cura amb la interseccionalitat) i deconstruir la formulació masculinitzada de la Ciència i la Tecnologia
CIUTADANIA	Desenvolupar la capacitat de la ciutadania de prendre decisions en àmbits participats per la ciència i la tecnologia	Desenvolupar la capacitat de la ciutadania d'actuar amb pensament crític i políticament en àmbits participats per la ciència i la ciutadania

Taula 1: Els objectius STEM i la seva transformació en arribar al món educatiu.

Malagrida i Pérez, 2015), la sostenibilitat (Gil i Vilches, 2001), el moviment ecofeminista (Herrero, 2013), o les cultures de coneixement lliure Hacker o Maker (Bordignon, Iglesias i Hahn, 2016).

L'encàrrec STEAMCat

El programa STEAMCat va néixer el curs 2017-2018 amb l'objectiu de ser una guia en aquest procés de desplegament STEM escolar als centres educatius a Catalunya. El Departament d'Ensenyament ja havia fet passos concomitants amb STEM, com el desplegament exitós del pla MSchools [3] i la robòtica educativa. L'encàrrec de STEAMCat de desplegar un STEM que es mantingués vinculat als objectius escolars, requeria eines per al desplegament d'un STEM escolar divers, multidisciplinar i adaptat a oportunitats i característiques de cada centre i territori. Calia alguna proposta que fes que aquesta diversitat estratègica fos accessible als docents. El Marc STEM de Metodologies, Tecnologies i Perspectives descrit en un altre article publicat en aquest mateix número (Couso *et al.*, 2022) és l'eix i guia de la proposta resultant, que presentem i discutim en aquest article: les STEMTools.

DESCRIPCIÓ DE LA PROPOSTA

Per a cadascun d'aquests àmbits, amb el treball conjunt de docents de primària i secundària i persones expertes de la UAB, s'han reclutat i definit diverses eines –STEMtools– amb l'objectiu que cada centre i cada docent pogués configurar el seu menú STEM d'acord amb les necessitats i oportunitats dels seus alumnes i centres (Figura 1). Un cop desenvolupades aquestes STEMtools s'han ofert com a càpsules formatives a través de la plataforma Ateneu del Departament d'Educació [4], i s'han usat com a suport per a la formació de docents en les formacions específiques del Pla STEAMCat, amb el benentès que *una activitat no és STEAM perquè s'ajusta necessàriament a una d'aquestes STEMTools, sinó perquè "suma" a la consecució dels objectius STEM* descrits a la introducció.

Perspectives

STE[A]M

El desenvolupament de les vessants artístiques de les activitats és una via per a vincular l'alumnat que inicialment no es sentiria implicat per activitats de ciència i tecnologia. Les activitats STE[A]M fan referència a la inclusió de les arts (no només com a

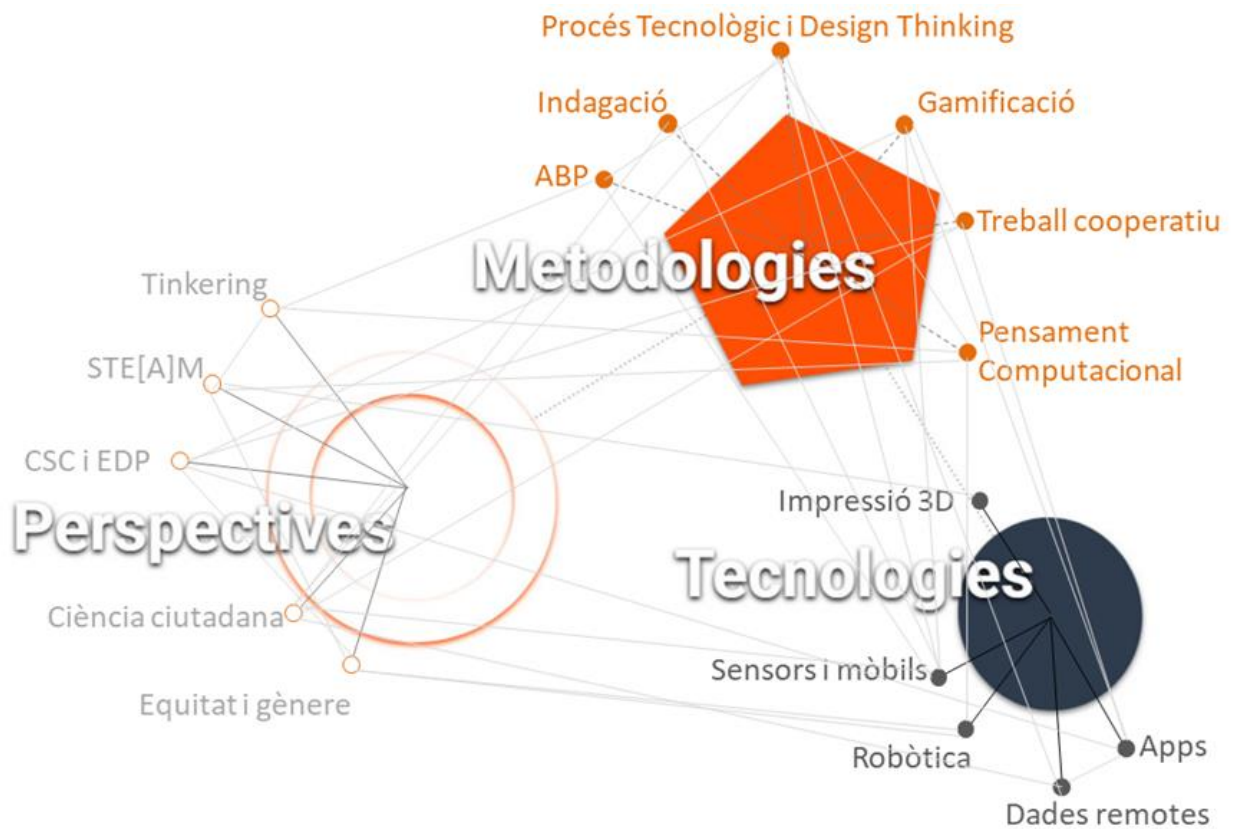


Figura 1: Marc global de les STEMTools, associades a Metodologies, Perspectives i Tecnologies.

llenguatge, sinó també com a perspectiva) en activitats interdisciplinars amb Ciència, Tecnologia i Matemàtiques (Henriksen, 2014). La interacció comunicativa, per exemple, entre les matemàtiques i les arts pot resultar un espai STEM molt fructífer (Planella *et al.*, 2017) (Figura 2). L'activitat "Tenen forma les sumes? [5]", per exemple, proposa el diàleg amb

relacions matemàtiques com a representacions artístiques i la cerca de noves relacions matemàtiques a partir de la investigació artística, o la investigació artística sobre les formes i els materials.

Contràriament al que es sol suposar, l'aparició de la "A" en STEAM no té el seu origen en la incorporació de la creativitat (perquè cada àrea té la seva



Figura 2: Imatges de l'activitat STEM[A]M "Tenen forma les sumes?".

pròpia forma de creativitat), sinó en diferents estudis acadèmics fets amb alumnat de primària que mostren que incloure Arts en les propostes STEM afavoreix que alguns alumnes que inicialment es desvinculen d'activitats STEM, s'hi vinculin quan són STEAM (en particular les alumnes), sumant als objectius STEM relatius a vocacions i gènere descrits a la introducció. Les activitats STE[A]M poden associar-se amb activitats de Design Thinking i Tinkering, però també com a via de treball indagatiu sobre problemàtiques socials i científiques. Impliquen el desenvolupament de la creativitat i el treball cooperatiu. Més idees a: <http://ateneu.xtec.cat/wiki-form/wikiexport/materials/stemcat/perspectives/tp1>

Creativitat i Tinkering

El desenvolupament de mirades i actituds creatives es pot promoure, per exemple, a través de perspectives com el *Tinkering*. Molt vinculat als moviments *Maker*, el *Tinkering* (que podríem traduir com a "trastejar") es basa en la creació lliure per part de l'alumnat a partir de materials molt diversos, amb un alt contingut lúdic i de prova-error (Simarro i Couso, 2016). Sol promoure el treball en equip i implicar un cert contingut estètic, o connectar-se en ocasions amb el *Design Thinking*. Una activitat molt clàssica de *Tinkering* és la creació de màquines de bales o màquines de Rube Golberg, on es combinen efectors i mecanismes per crear circuits dinàmics (Figura 3), però ho són també activitats desenvolupades a partir de tècniques com el joc heurístic.

Les activitats de *Tinkering*, a més de la creativitat, permeten desenvolupar el Pensament Computacional i connectar amb idees del Procés Tecnològic i el *Design Thinking*. Poden vincular-se al treball Cooperatiu i la resolució de problemes. Més idees a: <http://ateneu.xtec.cat/wiki-form/wikiexport/materials/stemcat/perspectives/tp2>

Equitat i Gènere

La manca de vocacions femenines en STEM no és només una problemàtica d'estereotips que puguem resoldre a base de recuperar biografies de científiques i tecnòlogues (encara que això hi pugui ajudar). És part d'una problemàtica de gènere més global que requereix un canvi en els mateixos espais i maneres de pensar de la Ciència i la Tecnologia, actualment molt masculinitzades. Segons el Pla

d'Acció Educativa Digital de la Comissió Europea, menys d'un 20% dels professionals TIC són dones (UNESCO, 2017) i es requereixen accions globals per a canviar-ho. Això es pot fer d'una banda canviant la manera com l'alumnat es percep a si mateix i els altres, com proposa el projecte STEAM4U [6] (Grimalt-Álvaro. i Couso, 2018) –orientat a millorar l'autopercepció d'eficàcia en les estudiants en els àmbits STEM– o el projecte 100tífiques –que inclou conferències de dones científiques per alumnat de primària i secundària– i també canviant la manera com conceben la Ciència i la Tecnologia, corregint els biaixos de la ciència i la tecnologia actuals amb perspectives ecofeministes que incorporin la mirada de les cures i la protecció de la vida (Herrero, 2013). Les preguntes següents, també són preguntes STEM: Davant la problemàtica de la gent gran que viu sola... hem de fer robots de companyia, o millorar el nostre teixit social? Hem de trobar maneres de sintetitzar carn al laboratori... o bé podem plantejar-nos renunciar a consumir-ne tanta per evitar portar el planeta als seus límits?

Els enfocaments d'equitat i gènere són necessaris per a vincular tot l'alumnat a les STEM, però també per promoure un canvi la pròpia definició



Figura 3: Imatge d'activitat de *Tinkering*, on el diàleg amb els materials promou la creativitat.

d'aquests àmbits de coneixement i professionals. Es poden treballar bé amb altres marcs, com les CSC i la EDP. Més idees a: <http://ateneu.xtec.cat/wiki-form/wikiexport/materials/stemcat/perspectives/tp6>

Ciència Ciutadana

Les activitats de Ciència Ciutadana impliquen la participació directa de l'alumnat en el disseny, realització i avaluació de recerques científiques en àmbits d'interès per la ciutadania, habitualment en col·laboració amb institucions o centres de recerca. Solen implicar diverses fases (observació del fenomen, Definició de la problemàtica i dades a recollir, Recollida de dades –sovint a través d'Apps–, Anàlisi de les dades recollides, Presentació de resultats) (Alcaraz-Domínguez *et al*, 2015).

En són exemples el projecte “*Saca la Lengua*” [7], un projecte sobre el microbioma bucal en el que la ciutadania participa en la definició d'objectius de recerca i el seu desplegament (Figura 4), el veterà “*Projecte Rius*” [8] sobre monitorització de la qualitat d'aigua dels rius a Catalunya o “*CosmoQuest*” [9] d'anàlisi d'imatges astronòmiques, i es poden articular de manera molt adequada amb projectes de recerca ambiental (Touron *et al*, 2017). Quan la ciutadania participa de manera molt significativa en la primera fase (la definició i proposta dels objectius de recerca) parlem de **Recerca i Innovació Responsable** (RRI) (Alcaraz-Domínguez *et al*, 2015), un conjunt d'iniciatives polítiques que promouen la participació directa de la ciutadania en la definició de les agendes globals d'innovació i recerca. Aquesta STEMtool incideix en l'objectiu STEM de ciutadania, promovent l'establiment d'una relació cordial de

l'alumnat amb el món de la recerca científica i vocacions, la sensibilització sobre les temàtiques objecte de recerca i l'empoderament ciutadà que suposa la participació en l'agenda de recerca i innovació. Més informació a: <http://ateneu.xtec.cat/wiki-form/wikiexport/materials/stemcat/perspectives/tp5>

Controvèrsies Sòcio-Científiques (CSC) i Educació per al Desenvolupament i la Pau (EDP)

Les Controvèrsies Sòcio-Científiques són dilemes participats per la ciència, però també per valors socials i personals, que ubiquen els models científics (el cycle de l'aigua, la programació i robòtica) en situacions on cal prendre una decisió (autoritzar o no una depuradora, decidir normativa d'ús de cotxes pilotats per robots...), llegir críticament, valorar i assumir riscos (Díaz i Jiménez-Liso, 2012, Domènech-Casal *et al*, 2015). Aquestes decisions poden ser d'àmbit personal (quin cotxe em compro) o global (hauríem de prohibir els cotxes amb dièsel?), i impliquen també la capacitat de resoldre problemes cooperativament, buscar solucions creatives i ampliar les pròpies perspectives (Farró *et al*, 2015). L'activitat “Autòpsia de l'objecte del desig” [10], per exemple, proposa a l'alumnat qüestionar-se els impactes ecològics i socials que té l'elevada demanda de minerals com el coltan per al desenvolupament de tecnologies com els telèfons mòbils, i prendre una decisió relativa al desenvolupament tecnològic (Figura 5).

Quan la resolució d'aquests controvèrsies es vincula de forma explícita a problemàtiques globals (canvi climàtic, extractivisme,...) o eixos socials que hi estan vinculats (com ara l'ecofeminisme, la



Figura 4: Imatges del projecte de Ciència Ciutadana “*Saca la Lengua*” (esquerra) i de la iniciativa 100tífiques de promoció de les vocacions femenines, <https://www.donesciencia.cat/100tífiques/> (dreta).

Autòpsia de l'objecte del diseg. Pàgina principal Guia pel professorat

ES MOR EL MÒBIL!

Xiaomi, l'últim fabricant de mòbils, acaba d'anunciar que d'aquí a dos mesos tanca la seva fàbrica

Tal com havia pronosticat la *Societat química Europea (EuChemS)* les reserves de *Tàntal* del planeta s'han acabat. *Xao Tan-Tai*, màxim accionista i dirigent de *Xiaomi* ha anunciat aquesta tarda en roda de premsa que a partir d'avui només es fabricaran 300 mòbils més. El preu de sortida de cada mòbil serà de *(...legèix més...)*

Diari FUA, 27/05/2050





Quina d'aquestes afirmacions podria ser certa?

Les reserves de Tàntal del planeta s'acabaran al 2050. Hi haurà un dia que es fabricaran els últims mòbils i seran molt cars.

Manhatan s'enfonsarà per culpa del canvi climàtic. Xiaomi serà l'últim fabricant de mòbils del món.

Apple i Samsung hauran de pagar multes per les pràctiques d'explotació de recursos en zones de conflictes armats.

Figura 5: Imatge de la webquesta "Autòpsia de l'objecte de diseg" <https://sites.google.com/xtec.cat/autopsiadiseg>

sostenibilitat, la justícia global), parlem d'Educació per al Desenvolupament i la Pau (EDP). Impliquen en tots els casos, situacions de debat i lectura crítica i poden adoptar la forma d'una WebQuesta, com la que descriuen altres autors a l'activitat "Això té tela" [11] (Touron *et al*, 2017).

Les CSC i l'EDP són clau en l'objectiu STEM de ciutadania, però també en el de vocacions (formar enginyers més ètics). Es poden vincular amb l'Equitat i Gènere i amb la Ciència ciutadana o l'ABP, a més de suposar marcs crítics per a qualsevol activitat que impliqui tecnologies. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/perspectives/tp3>

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/perspectives/tp4>

Metodologies

Procés Tecnològic i Design Thinking

El **procés tecnològic** és el mètode de treball sistemàtic que utilitza l'enginyeria per proposar una solució a un problema. Consta d'un seguit d'etapes de treball, des de la identificació del problema fins a l'avaluació de la solució proposada, passant per la cerca d'informació i la generació i concreció d'idees, planificant el desenvolupament per etapes (Josa *et al*, 2017). La documentació del projecte es recull en

un informe tècnic o memòria, amb una estructura molt concreta.

El **Design Thinking** (Albalat, 2017) és una concreció del disseny tecnològic que s'estructura com una estratègia de pensament creatiu per dissenyar productes centrats en l'usuari, mitjançant la seva participació en el procés de disseny i avaluació del prototipus resultant. Es basa en seguir diverses etapes (Empatitzar, Definir, Idear, Prototipar, Avaluar) al llarg de les quals es fa explícita quina és la necessitat real a resoldre i les motivacions d'aquesta necessitat, s'elaboren primeres versions, que es milloren a partir del feedback de l'usuari o destinatari, com pot ser per exemple, l'elaboració d'un organitzador d'escriptori personalitzat (Figura 6).

Ambdós processos són molt similars, el primer posa molt més pes en la recerca d'informació i el segon en el diàleg amb les necessitats de l'usuari o destinatari. Poden ser-ne exemples el disseny d'una xanqueta, un comandament o un habitatge.

El procés tecnològic i el *Design thinking*, a més de ser vies per al desenvolupament dels objectius de vocacions, permet desplegar habilitats de Pensament Computacional, Treball cooperatiu i Creativitat. Aquesta metodologia pot associar-se al treball amb Impressió 3D, programació o Apps o el treball amb experiències ABP/APS. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/metodologies/tm1>

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/metodologies/tm6>



Figura 6: Disseny d'organitzadors d'escriptori com a activitat de *Design Thinking* a l'Institut Eugeni d'Ors.

Indagació

La participació de l'alumnat en les pràctiques de la ciència (formular-se preguntes, dissenyar experiments, treure conclusions, formular i argumentar explicacions) es pot estructurar a l'aula com a activitats d'indagació o modelització que poden tenir lloc al laboratori o partir de l'observació i discussió sobre fenòmens per construir-ne explicacions (Caamaño 2011), per exemple, indagant sobre els possibles mecanismes d'absorció d'aigua per part de les plantes (Figura 7). Implica el treball d'aspectes procedimentals de la ciència (Raonament científic), però també epistèmics (coneixement de com actua la Ciència per a validar el coneixement) (Couso, 2014), i

es pot articular al voltant de recerques sobre fenòmens o contextos (Marchan-Carvajal *et al*, 2017).

Diversos autors insisteixen en la necessitat que les activitats d'indagació parteixin de preguntes que pretenen explicar algun fenomen o observació (“*Perquè...?*”, “*Com...?*”) per concretar-les en forma de recerca mitjançant preguntes investigables (“*Què passa si...?*”, “*Fa alguna diferència si...?*”) (Domènec-Casal, 2014). Igualment, cal connectar les conclusions d'aquestes recerques amb la construcció d'un model explicatiu del que s'observa (“*Això vol dir que el que passa és que...*”). Per això sol donar-se molta importància en aquestes activitats a la comunicació i l'argumentació (Couso, 2014) i el desplegament de gèneres comunicatius propis de les ciències, com els articles, pòsters i congressos científics (Touron *et al*, 2017).

Participar en activitats d'indagació afavoreix una relació cordial amb la ciència i el desenvolupament de vocacions, i ajuda a desenvolupar una comprensió de la naturalesa de la ciència necessària per a actuar com a ciutadans en qüestions participades per la ciència. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/metodologies/tm2>

ABP: Aprenejatge Basat en Projectes i Problemes

Aquest enfocament metodològic implica partir de contextos o situacions problematitzats en els que l'alumnat participa en la definició del repte i la planificació de l'acció a dur a terme. Els continguts són apresos mitjançant la seva instrumentalització en la



Figura 7: a) Imatge d'envasos elaborats per alumnes en un projecte de matemàtiques (Planella *et al*, 2017). b) Imatge d'un experiment en el marc d'una activitat d'indagació sobre el paper de diferents variables en l'absorció d'aigua per part de les plantes.

resolució del repte (Domènech-Casal, 2019b). Els reptes poden orientar-se a l'**elaboració de productes** (per exemple, elaborar un envàs amb limitacions de mida, forma o materials) (Planella *et al*, 2017), o **resolució de problemes** oberts que demanden el disseny d'estratègies i definició de variables. Per exemple: "Quantes vegades batega el cor d'una persona en tota la seva vida?" (Margelí *et al*, 2017).

L'ABP és una aportació a l'objectiu STEM de vocacions i ciutadania i permet el desenvolupament de diverses *Soft Skills*, com ara la creativitat, el treball cooperatiu o el Pensament computacional. En funció del repte proposat, pot implicar el desplegament d'altres STEMTools, com el *Design Thinking* o la robòtica. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/metodologies/tm4>

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/metodologies/tm3>

Gamificació

La gamificació proposa fer que les experiències d'aprenentatge siguin vivències gratificants, mitjançant el joc. Són experiències en les que es proposa un objectiu o finalitat i una narrativa (un fil conductor que descriu l'Univers en el que es desenvolupa l'acció). Requereix el desenvolupament de dinàmiques i mecàniques de joc. La manera d'organitzar i relacionar-se dels membres del grup, el paper que hi té cadascú (dinàmiques) i els suports i regles del joc

(mecàniques) poden ajustar-se per a promoure millors aprenentatges. Un exemple poden ser activitats desenvolupades com a jocs de rol, els anomenats "Decide games" on els participants han de prendre decisions en escenaris complexos que evolucionen (Alcaraz-Dominguez *et al*, 2015). Un exemple n'és l'activitat "El joc del canvi" [12], en la que un dinamitzador planteja als participants 4 alternatives en resposta als reptes del canvi climàtic i usant diferents targetes (targetes d'històries, de fets i de problemes) (Figura 8a), o el *Math Royale* [13], que emula les mecàniques del conegut joc virtual per a l'ensenyament de les matemàtiques, o el *WorldMobileCity Project* [14], on l'alumnat ha de realitzar diverses rutes urbanes on han de resoldre reptes relacionats amb la geolocalització i la Realitat Augmentada.

Un tipus molt particular i conegut de gamificació són les *Escape Rooms*, on diferents equips han de resoldre amb un temps limitat una sèrie de proves. No s'ha de confondre la gamificació (la situació de l'acció dins un joc) amb les activitats que es basen en la construcció de jocs de taula. Igualment, alguns autors recomanen que les dinàmiques i mecàniques dels jocs emulin d'alguna manera les de contextos reals de la Ciència la Tecnologia (López i Domènech-Casal, 2018).

La gamificació pot servir per a desenvolupar el treball Cooperatiu i incorporar tecnologies molt diverses i per a canviar la relació de l'alumnat amb les



Figura 8: a) "Story cards", part de les dinàmiques del "Joc del canvi"; b) Imatge de la programació amb Scratch d'una xarxa tròfica.

matèries STEM i sumar a l'objectiu STEM de vocacions. També cal tenir present que degut a estereotips de gènere, les gamificacions excessivament competitives poden acabar “expulsant” les alumnes del joc. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/metodologies/tm7>

Pensament Computacional

Anomenat en anglès “*Computational thinking*”, refereix a un mètode analític de resolució de problemes implementant algoritmes (rutines de planificació, presa de decisions o càlcul). Implica diverses fases: Descompondre el procés, Abstreure'n els elements fonamentals, Reconèixer patrons i Dissenyar i testar algoritmes (Wing, 2006). Ho és la confecció de fórmules complexes en fulls de càlcul com Excel o Calc, la planificació d'un projecte complex en diverses etapes successives i/o paral·leles, o la programació d'autòmats. Les activitats [15] “*Budget Buddy*”, on els alumnes identifiquen variables financeres en un pressupost, o “*Food Chain*”, on els alumnes emulen mitjançant el llenguatge de programació *Scratch* el comportament d'una xarxa tròfica (Figura 8b), són exemples d'activitats amb Pensament Computacional.

El Pensament Computacional suposa una aportació a l'objectiu de vocacions STEM. És un element molt important per al desenvolupament de l'autonomia, i pot formar part tant d'activitats vinculades a la programació i tecnologies diverses, com a marcs on la capacitat d'organització i l'orientació a objectius siguin aspectes claus, com l'ABP i el *Design Thinking* [16]. És important treballar-lo de manera explícita, no és suficient que l'activitat requereixi Pensament Computacional, aquest i les seves fases s'han d'ensenyar. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/metodologies/tm8>

Treball cooperatiu

Aquesta metodologia pretén estructurar l'activitat de l'alumnat assegurant al màxim la participació equitativa i la interacció simultània de manera que cada alumne/a pugui desenvolupar un rol aportant elements, visions o arguments diferenciats i propis i

que siguin significatius per al conjunt. No és treball cooperatiu simplement “repartir-se” les tasques, sí pot ser-ho repartir les funcions dins una mateixa tasca o exercir-les de manera rotatòria. Això pot concretar-se en tècniques simples (com ara el full giratori, on els membres d'un equip van aportant idees per torns sobre com abordar una problemàtica per després decidir conjuntament l'estratègia comuna a seguir) o mecàniques complexes (com ara l'atribució de rols diferenciats –secretari/a, material,... – dins d'un equip o grup, o la creació de grups d'experts – cada alumne/a té una formació o expertesa distinta a la dels altres membres de l'equip base).

Les estratègies de treball cooperatiu són una aportació a l'objectiu de vocacions i permeten desenvolupar *Soft Skills* relatives al treball en equip, però poden també ser una bona manera de treballar aspectes com l'equitat. Tenen espais de desenvolupament candidats en les activitats que impliquin complexitat i planificació, com l'ABP o la Gamificació. Més informació a:

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/metodologies/tm9>

Tecnologies

Impressió 3D

La impressió 3D és una tecnologia innovadora que ens permet crear objectes físics a partir d'un model digital. El procediment es basa en dipositar material fos de plàstic (PLA, ABS, entre d'altres) sobre d'altres capes ja refredades, unes damunt de les altres amb la finalitat de garantir la ràpida solidificació i el seu enduriment. Hi ha també la possibilitat de fer escanejos en 3D, o disponibilitat de biblioteques de dissenys que es poden usar com a punt de partida i permeten formar comunitats de pràctica (Figura 9).

El disseny de figures (amb TinkerCAD o SketchUP) permet treballar aspectes de Pensament computacional en la composició i descomposició de figures, i associar-los a processos de *Design Thinking*, i està molt vinculat al moviment *Maker*. És una aportació important a l'objectiu STEM de vocacions. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/tecnologies/tt1>



Figura 9: Exemple d'actuació d'impressora 3D.

Robòtica

La Robòtica didàctica és una tecnologia que pot ser d'utilitat en les STEM i proposa a l'alumnat reptes de programació i eventualment la seva connexió amb efectors i detectors del món físic (Villar, Zurita i Giménez, 2017). És una competència que capacita als nostres alumnes per a que siguin creatius, això vol dir, fer-los més capaços d'obrar de forma autònoma i eficient i connectar l'aprenentatge amb propòsits amb els que puguem interaccionar. Perquè els alumnes creïn, cal donar-los les eines adequades a cada nivell. Es desenvolupa mitjançant diferents llenguatges de programació com Arduino (de codi obert) o Lego (de codi propietari), que es vinculen als seus propis elements de hardware (sensors, efectors, motors,...) i adopta diverses formes segons el nivell educatiu (Code Mouse i BeeBot a educació infantil i cicle inicial, Lego Wedo a primària, Lego Mindstorms, 3dBot Arduino, 3dBot Scratch a secundària...) (Figura 10).

El treball amb robòtica és una aportació als objectius STEM de vocacions i es pot associar a activitats de disseny tecnològic, com el *Design Thinking* i associar al treball amb mòbils i sensors i la programació i el desenvolupament de Pensament Computacional. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wikiform/wikiexport/materials/stemcat/tecnologies/tt2>

Apps

La programació d'Apps es basa en la construcció de petits programes i aplicacions de funcionament

en dispositius mòbils, amb dades d'entrada i de sortida (Villar, Zurita i Giménez, 2017). S'usen diversos tipus de llenguatges App nativa (amb software Android, xCODE o Windows Phone SDK, amb programes com Eclipse o Visual Studio) o WebApp (HTML5, amb programes com Edge Tools o Muse). La plataforma més usada en entorns educatius és *App Inventor*, que permet la programació mitjançant blocs lògics, testar ràpidament els dissenys i prototipar el funcionament (Figura 11).

El treball amb Apps a l'aula és una aportació a l'objectiu STEM de vocacions i permet desenvolupar habilitats de Pensament Computacional de forma connectada amb metodologies com el *Design Thinking*. Pot ser part d'activitats ABP o de Ciència ciutadana que en promouen el seu desenvolupament. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wikiform/wikiexport/materials/stemcat/tecnologies/tt3>

Sensors i Mòbils

El treball amb sensors de diferents tipus permet fer el seguiment de variables (temperatura, pH, gasos, intensitat del so o de la llum) al llarg del temps o comparant entre diferents situacions, ja sigui com a eines per a la modelització de fenòmens (en les ciències) o com a instruments per a l'elaboració d'artefactes i la mateixa programació dels sensors. L'activitat "*Es el garbanzo un ser vivo?*" [17] (López-Gay, Jiménez-Liso i Martínez Chico, 2015) del grup Sensociencia, per exemple, proposa a l'alumnat interrogar-se sobre la naturalesa viu/no viu dels cigrons comprats al mercat usant sensors d'oxigen i diòxid de carboni per permetin determinar si respiren (Figura 12).

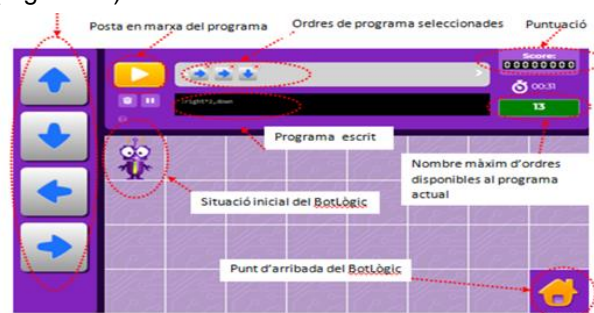


Figura 10: Exemple de pantalla de programació amb BootLogic.



Figura 11: Imatge de programació per blocs en el disseny amb *App Inventor*.

Els mòbils són una gran eina en aquest sentit, perquè a més d'incorporar diferents tipus de sensors (so, acceleròmetre, llum,...) permet usar eines de geo-localització o Realitat Augmentada.

Els sensors i mòbils són una via per al treball en activitats d'Indagació i per a l'enriquiment d'activitats de Robòtica. Impliquen també un treball en Pensament Computacional i són molt usats en Ciència ciutadana com una forma àgil de recollir i compartir dades. Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wikiform/wikiexport/materials/stemcat/tecnologies/tt4>



Figura 12: Imatge de la mesura del consum d'oxigen dels cigrons amb l'ajut de sensors.

Dades remotes i laboratoris virtuals

El desenvolupament de recerques no sempre requereix disposar de laboratoris o equipaments potents. El laboratoris virtuals són aplicacions web que representen situacions experimentals de forma virtual, que responen a canvis en valors o paràmetres que l'aplicació permet introduir. Permeten un cicle ràpid de proposta d'hipòtesis, formulació de prediccions, experimentació i extracció de conclusions, un exemple és el repertori de laboratoris Phet [18] (Figura 13). Els laboratoris remots són laboratoris físics que poden comandar-se a distància a través de la xarxa, en són un exemple els telescopis "Faulkes", un equipament científic professional que es pot fer servir i comandar a distància per a usos educatius [19] (Domènech-Casal, 2014).

També per a fer recerques són útils les dades remotes, dades a les que tenim accés a distància permeten monitoritzar diferents aspectes. L'exemple més conegut n'és el GoogleEarth, però hi ha també disponibles, per exemple, dades de telescopis orbitals de la NASA i la ESA que permeten monitoritzar processos com la desertificació, l'escalfament de la superfície marina, o el desglaç dels pols a partir de dades reals [20].

El treball amb laboratoris virtuals i dades remotes és una eina útil per a fer activitats d'Indagació i Ciència Ciutadana, i també pot tenir utilitat per al desenvolupament del Pensament computacional (en laboratoris virtuals d'electrònica i robòtica, per exemple). Més idees a:

<http://ateneu.xtec.cat/wikiform/wikiexport/materials/stemcat/tecnologies/tt5>

VALORACIONS

Si bé és cert que en moltes ocasions es dona a STEM un significat associat a la interdisciplinarietat, creiem que, més que la interdisciplinarietat, el que identifica STEM és el propòsit de sumar a l'assoliment dels objectius comuns STEM mencionats a la introducció, usant les eines metodològiques, tecnològiques i les perspectives adequades. En aquest sentit, considerem que la proposta STEMtools ajuda a ampliar la mirada més

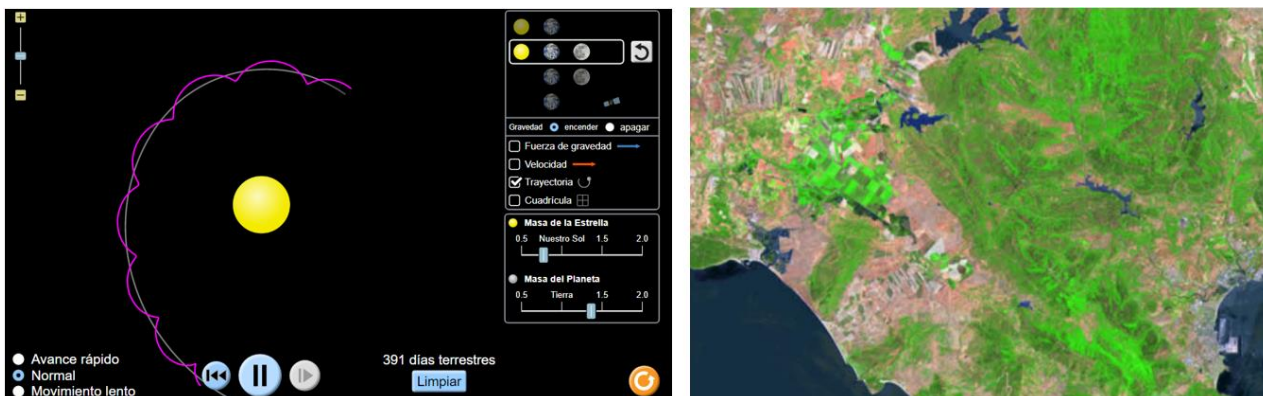


Figura 13: a) Imatge d'un laboratori virtual sobre atracció gravitòria. https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html. b) imatge de dades remotes per satèl·lit de detecció de clorofil·la.

enllà de la tecnologia i proposar reflexions relatives a la inclusió dels valors, l'equitat, la inclusió i l'aprenentatge, aspectes que considerem que han de ser clau perquè una proposta STEM es consideri una proposta de STEM realment educativa (Domènech-Casal, 2021).

Des d'un punt de vista pràctic, les diferents STEMtools han resultat una eina àgil per a millorar

el disseny d'activitats d'aula (STEMatitzar-les), perquè permet identificar maneres de desplegar-ne noves opcions. Al mateix temps, són una eina perquè cada centre educatiu, un cop concretats els seus objectius STEM, pugui construir el seu propi menú de STEMtools en dissenyar el seu pla d'innovació STEM de centre (Figura 14). L'ús del gràfic STEMtools permet revisar si el nostre projecte o activitat està equilibrat entre els diferents àmbits

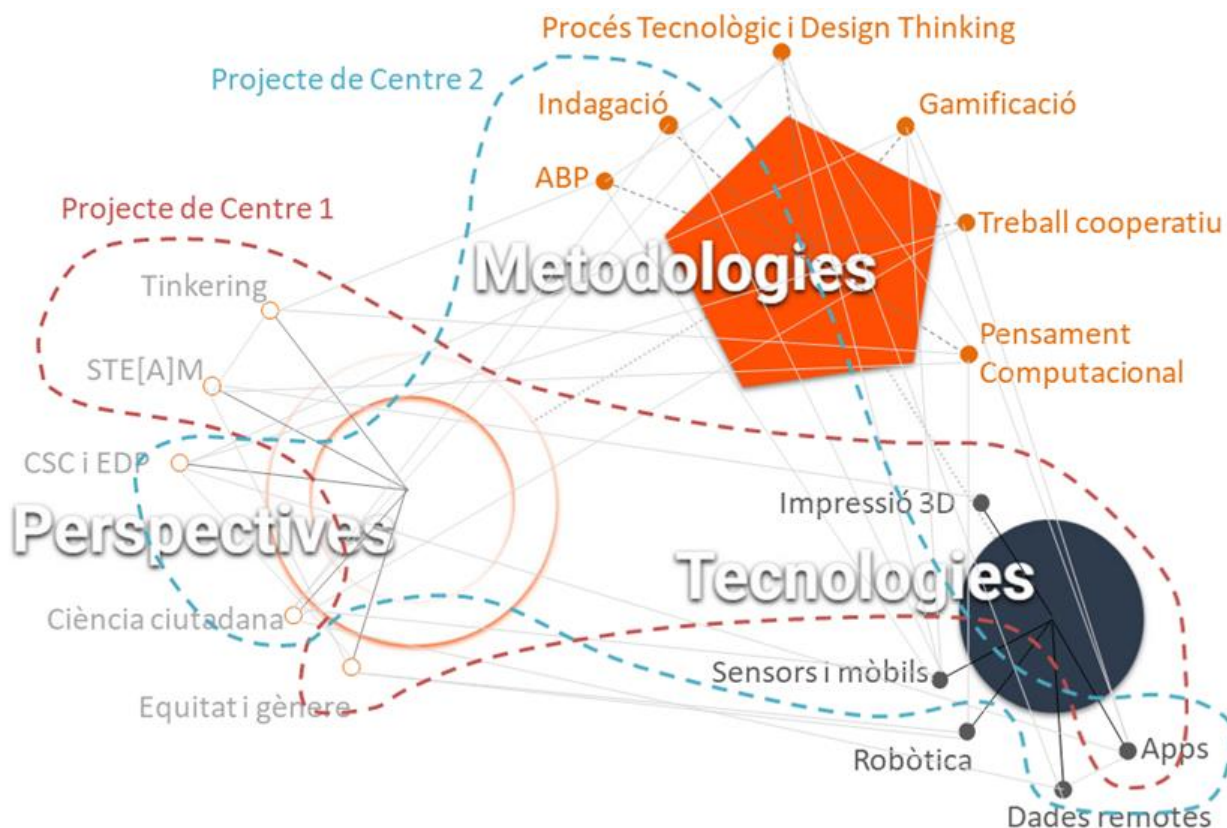


Figura 14: Gràfic representant com diferents centres poden desenvolupar projectes propis definint com a eixos estructurals diferents STEMtools.

(perspectives, metodologies i tecnologies), definir necessitats formatives i explorar fàcilment semblances amb altres projectes de centre STEM d'altres centres amb els que puguem compartir experiències o recursos.

El desplegament d'aquestes STEMtools s'ha dut a terme mitjançant diverses formacions en territori, tant de caràcter interdisciplinari i inter-etapes (primària+secundària) com vinculades a didàctiques específiques (STEAMCiències, STEAMMatemàtiques, STEAMTecnologia i STEAMArts). En el desplegament i desenvolupament ha estat molt útil la figura dels/les Ambaixadors/es STEAMCat, docents experts en cadascuna de les STEMTools, que a més d'actuar de nodes STEAMCat en el territori, estan actuant de referents per a les STEMTools, seleccionant i compartint experiències i recursos de forma continuada. El programa STEAMCat està promovent i desenvolupant també aliances amb institucions i col·lectius que permeten donar rigor a les propostes STEMtools, participant en iniciatives com 100tífiques, tallers *maker* o trobades, que es poden consultar i seguir al node del programa (portal STEAMCat <https://projectes.xtec.cat/steamcat/>).

Valores molt positivament la utilitat pràctica de la proposta STEMTools per ajudar a donar forma al desplegament dels objectius STEM. Pensem que un repte futur és avaluar quines combinacions de STEMtools són més adoptades –i de manera més consolidada– pels centres per poder proposar fórmules d'èxit i centres de referència als centres que es plantegin dur a terme un pla d'innovació STEM.

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo-Díaz J.A., Vázquez A. i Manassero, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111.
- Alcaraz-Domínguez, S., Barajas, M., Malagrida, R. i Pérez, F. (2015). Els projectes Europeus Engaging Science, Xplore Health, RRI Tools i Scientix. Finestres a la formació i la participació en comunitats docents per al treball amb Controvèrsies i Recerca i Innovació Responsables. *Revista Ciències*, 30, 47-54.
- Albalat A. (2017). Design thinking en STEAM. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (34), 29-34.
- Bogdan, 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*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Bordignon F.R.A., Iglesias A.A. i Hahn A. (2016) Prácticas maker en la Escuela Secundaria. *Comunicación y pedagogía*, 291-292, 72-79
- Caamaño, A. (2011). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, 207, 17-21.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva (Andalucía).
- 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.
- Couso, D., Domènech-Casal, J., Simarro, C., López, V. i Grimalt-Álvaro, C. (2022). Perspectives, Metodologies i Tecnologies en el desplegament de l'educació STEM. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (44), 56-71. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencias.470>
- Domènech-Casal, J. (2014). Indagación en el aula mediante actividades manipulativas y mediadas por ordenador. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales* (2014) 76, 17-27.
- Domènech-Casal, J. (2019a). STEM: oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Universitas Tarraconensis, Revista de Ciències de l'Educació* (2019), 155-168. <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2.2646>
- Domènech-Casal, J. (2019b). *Aprenentatge basat en projectes, treballs pràctics i controvèrsies: 28 propostes i reflexions per a ensenyar Ciències*. Rosa Sensat: Barcelona.
- Domènech-Casal, J. (2021). Resintonizando STEM en el eje de coordenadas de la escuela. *Cuadernos de Pedagogía*, 519, 107-111.

- Domènech-Casal, J., Marchán-Carvajal, I. i Vergara, E. (2015). Experiències d'aula amb el treball amb Controvèrsies Sòcio-Científiques. Educació per al Desenvolupament i la Salut, Pseudociències i eines per a l'avaluació d'activitats. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (30), 32-38.
- Farró, L., Lope, S., Marbà, A i Oliveras, B. (2015). Les Controvèrsies Sòcio-Científiques com a contextos d'aprenentatge i comunicació a l'aula. Anàlisi crítica de la informació i habilitats comunicatives. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (30), 39-46.
- Fullan, M. i Scott, G. (2014). *New Pedagogies for Deep Learning Whitepaper*. Collaborative Impact SPC, Seattle, Washington
- Grimalt-Álvaro, C. i Couso, D. (2018). *Toolkit for assessing the promotion of self-efficacy. Part 1*, STEAM4U model tools
https://ddd.uab.cat/pub/infpro/2018/214171/STEAM4U_MODEL_TOOLS3.pdf
- López-Gay Lucio-Villegas, R., Jiménez Liso, M. R. i Martínez Chico, M. (2015). Enseñanza de un modelo de energía mediante indagación y uso de sensores. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 80, 38–48.
- Henriksen D. (2014) Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices. *The STEAM Journal*, 1(2), 15.
<https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15>
- Josa, Z., Pintó, E., Serra, C. i Feliu, J. (2017). De l'electricitat a la fusta. Espais d'aprenentatge de la Tecnologia mitjançant projectes. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (33), 21-28.
- Gil D. i Vilches A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la escuela*, 43, 27-37.
<http://dx.doi.org/10.12795/IE.2001.i43.03>
- 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.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.04
- Herrero, Y. (2013). Miradas ecofeministas para transitar a un mundo justo y sostenible. *Revista de Economía Crítica*, 16, 278-307.
- López, V. i Domènech-Casal, J. (2018). Juegos y gamificación en las clases de ciencia: ¿una oportunidad para hacer mejor clase o para hacer mejor ciencia? *Revista Electrónica Ludus Scientiae (RELuS)*, 2(1), 35-44.
<https://doi.org/10.30691/relus.v2i1.1059>
- Marchán-Carvajal, I., Palou, L., Royo, P. i Domènech-Casal, J. (2017) Els contextos quotidians i els Estudis de Cas com a espai didàctic per a l'ensenyament de les Ciències basat en Projectes. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (33), 8-14.
- Margelí, S., Perpinyà, S., Monsergas, M., Sol, M. i Chiva, S. (2017). La conjetura i la planificació. Aprenentatge de les matemàtiques mitjançant projectes. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (33), 35-41.
- ONU (2015). Informe de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de 2015. Disponible a:
http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf
- Planella, M., Vilches, S., Font, J., Grau, R. i Gorriz, M. (2017). Espai, context i creativitat. Aprenentatge de les matemàtiques. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (33), 42-48.
- Rocard M., Csermely P., Jorde D., Lenzen D., Walberg-Heriksson H. & Hemmo V. (2007) *Science Education Now: a new pedagogy for the future of Europe*. Report for the European Commission. Disponible en línia:
http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Simarro, C. i Couso, D. (2016). Análisis de una actividad tinkering en el marco de la educación STEM. *Comunicación y Pedagogía*, 291-292, 65-7.
- Touron, J.L., Vergara, E., Arcas, A. i Costa, M. (2017). Els gèneres de comunicació científica i el laboratori com a espai didàctic per a l'ensenyament de les Ciències basat en Projectes. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (33), 15-20.
- UNESCO (2017). *Cracking the code: girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479>
- Villar, J., Zurita, S. i Giménez, F. (2017). Apps i automatismes, oportunitats amb propòsit per a l'aprenentatge de la Tecnologia mitjançant projectes. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (33), 29-34.
- Wing, J.M. (2006) Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.

NOTES

- [1] En les sigles STEM, s'hi inclou l'Enginyeria perquè en els currículums d'EEUU aquesta es tracta de forma separada a la Tecnologia.
- [2] Objectius de Desenvolupament Sostenible de la UNESCO:
<https://es.unesco.org/sdgs>
- [3] Pla MSchools:
<http://xtec.gencat.cat/ca/projectes/mschools>
- [4] Ateneu STEMtools:
<http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/materials/stemcat/index>
- [5] Activitat "Tenen forma les sumes?":
<https://agora.xtec.cat/cesire/wp-content/uploads/usu397/2017/11/Tenen-forma-les-sumes.pdf>
- [6] Projecte STEAM4U: <https://steam4u.eu/>
- [7] Projecte "Saca la Lengua":
<https://www.sacalalengua.org>
- [8] Projecte Rius: <https://www.projecterius.cat/>
- [9] CosmoQuest: <https://cosmoquest.org/x/>
- [10] Activitat "Autòpsia de l'objecte del disig":
<https://sites.google.com/xtec.cat/autopsiadesig>
- [11] Activitat "Això té tela": <http://webquestcat.net/aixo-tela/>
- [12] Joc del Canvi Climàtic:
<http://lallumalesones.icfo.eu/materials/per-a-professors/>
- [13] Math Royale:
<https://quintohumanitas.wixsite.com/mathroyale>
- [14] *World Mobile City Project*:
<https://www.wmcproject.org/>
- [15] Activitats extretes del Computational Thinking center:
https://cdn.iste.org/www-root/2020-10/ISTE_CT_Teacher_Resources_2ed.pdf?_ga=2.255284360.1636978136.1615655642-1181193802.1615655642
- [16] Repositori d'activitats de Pensament Computacional:
https://learn.iste.org/d2l/lor/search/search_results.d2l?ou=6606&lrepos=1006
- [17] Activitat "Es el garbanzo un ser vivo?":
<http://www2.ual.es/sensociencia/sensopildoras/garbanzo/>
- [18] Laboratoris Phet: <https://phet.colorado.edu/>
- [19] Telescopis Faulkes:
<https://rsaa.anu.edu.au/observatories/telescopes/faulkes-telescope-south>
- [20] Més informació a la web de la ESA:
https://www.esa.int/Education/Five_telescopes_for_educational_purposes