



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

Els projectes a l'aula de ciències de secundària

Identificació de tensions i tipologies

MIQUEL PÉREZ TORRES

Direcció de tesi doctoral:

CONXITA MÁRQUEZ BARGALLÓ

DIGNA COUSO LAGARÓN





Universitat Autònoma de Barcelona

Departament de Didàctica de la Matemàtica i
de les Ciències Experimentals

Els projectes a l'aula de ciències de secundària:
identificació de tensions i tipologies

Doctorand

Miquel Pérez i Torres

Directores

Conxita Márquez i Bargalló

Digna Couso i Lagarón

Bellaterra, gener 2022

Presentació

La tesi doctoral *Els projectes a l'aula de ciències de secundària: identificació de tensions i tipologies*, es situa dintre de l'àmbit de coneixement de Didàctica de les Ciències Experimentals i ha estat desenvolupada en el marc del Programa de Doctorat en Educació (RD 99/2011) de la Universitat Autònoma de Barcelona.

En el manuscrit de tesi doctoral es recull el conjunt d'activitats de recerca desenvolupades per Miquel Pérez Torres, sota la direcció de la Dra. Digna Couso i la Dra. Conxita Márquez com a membres del grup de recerca LIEC ([Llenguatge i Ensenyament de les Ciències](#)). Aquest treball, forma part del projecte de recerca *Participación reflexiva de profesorado y alumnado en las prácticas científicas: Potencialidades, desafíos y criterios didácticos* (EDU2015-6643-C2-1-P) en el qual l'autor ha participat com a investigador predoctoral FPI (BES-2016-078747).

Els resultats d'aquesta tesi doctoral s'han divulgat a través de diverses comunicacions i publicacions. Les publicacions en format article comprenen:

- Domènech-Casal, J., Couso, D., Pérez, M., Márquez, C. (2018). Propósito, contexto e conteúdo no ensino de ciências. *Revista Pátio Ensino Medio, Profissional e Tecnológico*, 38. 10-13.
- Pérez-Torres, M. (2019). Enfocant el disseny de projectes per fomentar una activitat científica escolar a secundària a través de l'ABP Ciències: *Revista Del Professorat de Ciències de Primària i Secundària*, 38, 18–26.
- Pérez-Torres, M., Couso, D., i Márquez, C. (2021). ¿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 en Ciencias*, 18(1), 1301.

Les comunicacions en congressos comprenen:

- Pérez-Torres, M., Sández, N., Márquez, C., Couso, D. (2021) Comparación de seis rúbricas para evaluar proyectos escolares de ciencias de educación secundaria. Comunicació oral. *29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Córdoba, España.
- Pérez-Torres, M.; Couso, D.; Márquez, C. (2021). Unveiling the tensions of STEM PBL design by constructing a rubric. Comunicació oral. *Symposium: project-based learning in the STEM field. ESERA Conference*. Braga, Portugal.
- Pérez-Torres, M.; Mosquera, I.; Márquez, C. (2021) ¿Qué pensamiento crítico fomentan los proyectos escolares STEM? Un análisis empírico. Comunicació oral. *XI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Lisboa, Portugal.
- Pérez-Torres, M.; Couso, D.; Márquez, C. (2019). Characterization of secondary school STEM projects from scientific practices framework. Poster convidat. *ESERA Conference*. Bologna, Italia.

- Pérez-Torres, M.; Couso, D.; Márquez, C. (2018). Caracterización del aprendizaje basado en proyectos en el ámbito científico-tecnológico en educación secundaria. *28 Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales* p.643-648. A Coruña, Espanya.

En el desenvolupament de la tesi doctoral s'ha col·laborat amb altres grups de recerca a través d'estades breus:

- University of Exeter (Regne Unit) Col·laboració amb el Prof. Justin Dillon i el [grup CRISTEME](#) / setembre 2020 - desembre 2020
- Universitat Santiago de Compostela (Espanya) Col·laboració amb la Prof. Blanca Puig, Inés Mosquera i el [grup RODA](#) / maig 2019

Agraïments

Un dels aprenentatges d'aquesta tesi doctoral ha estat entendre la naturalesa social de totes les Ciències, inclosa la Didàctica de les Ciències. En aquests darrers anys m'he sentit particip d'una comunitat acadèmica no només d'excel·lència sinó també molt humana a la que necessito agrair i reconèixer.

En primer lloc necessito agrair a les meves directores de tesi la oportunitat d'obrir-me les "portes de casa" de la UAB i totes les implicacions que això comporta. Necessito agrair-vos tot el temps dedicat, la paciència i tot el creixement acadèmic i personal que m'heu aportat.

Vull agrair a la Dra Conxita Márquez molts aprenentatges i valors clau a través de l'exemple, com que la constància és la que et porta a les bones idees, que ser metòdic és la clau d'una bona feina. Així mateix, m'has ajudat a apreciar la importància de cuidar la forma quan es volen presentar noves idees a la recerca, que hi ha un valor en ser curós en la redacció i que això demostra la importància del què vols dir. Gràcies Conxita per l'actitud optimista i fer-me pensar que sempre podem treure la feina endavant.

Vull agrair a la Dra Digna Couso la passió contagiosa que té per la Didàctica de les Ciències. Crec que aquest alt compromís amb l'àrea és, en part, una mostra de respecte i de reconeixement dels esforços de generacions anteriors que, en definitiva, van reivindicar una millor educació científica, més humanista i que ens il·lusiona a tots. És per això que, a través del teu exemple, per a mi, tots els aprenentatges en Didàctica de les Ciències porten una càrrega de responsabilitat de cuidar de la disciplina. Gràcies per tot el suport i per la creativitat plasmada en desenes de gargots a les tutories.

En segon lloc, vull agrair al conjunt del grup de recerca LIEC la seva acollida i el paper tan important en el desenvolupament d'aquesta recerca doctoral. Podria recordar bons consells i paraules d'ànims de cadascun de vosaltres. Vull reconèixer l'aportació de les Dres Neus Sanmartí i Mercè Izquierdo, el llegat de les quals encara continuo descobrint i gaudint avui. A tot el professorat que m'ha obert les portes de la seva classe o que han compartit les seves reflexions en entrevistes, converses i tot el feedback a la recerca que desenvolupava. Així mateix vull agrair a la xarxa de centres que m'han facilitat els seus projectes STEM per fer aquest estudi.

En tercer lloc, m'agradaria agrair el suport de tot el Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals. Han passat moltes persones en aquests anys però haig de fer especial èmfasi en la comunitat de doctorands/es i post-doctorands/es. Per tot el recolzament moral i ajuda sincera que m'han ofert sempre. A la Kau i la Isabel, per ser les meves "germanes grans" i ajudar-me a gestionar la incertesa dels inicis. A tota la gent del CRECIM i en especial a la Èlia per acompanyar-me en el dia a dia en el camí del doctorat compartint bons i mals moments. També a l'Anna Garrido, pel seu consell savi i honest que sempre m'ha ofert. Vull fer també incís en els companys/es de doctorat

americans: Diana, Francisca, Pía, Camilo, Samuel, Maria Rosa, Elizabeth, Carolina entre moltes altres. Perquè són un exemple de resiliència i somriure-li a la vida.

Me gustaría agradecer a la comunidad de ÁPICE su acogida. Fueron los primeros en hacerme sentir parte de una gran comunidad de investigación en mis inicios a través de la Escuela de Doctorado. Gracias a mis mentoras Marta Romero y Gabi Lorenzo. Dentro de la comunidad también quiero resaltar la acogida del grupo de investigación de Sensociencia, ejemplo de amor y sacrificio por el área. Gracias Rut, María y Rafa. También la acogida del grupo RODA en la Universidad de Santiago de Compostela y en particular a Inés y a Blanca Puig.

The ESERA community has also been a catalyst in my PhD experience. I will always recall the ESERA Summer School and its participants as one of the best experiences of my PhD. Many thanks to Kos Kortland and Sevil Akaygün for your kind feedback as my mentors.

I would also like to thank Justin Dillon for being extremely generous with me and my research. It is an honour to be inspired by such a gifted and humble person. Thank you for hosting me in these uncertain times.

Desde un ámbito más personal, me gustaría hacer un especial agradecimiento a Fran Castillo, porque me ha dado apoyo en todos los ámbitos en los que se puede ayudar a una persona. Gracias por acompañarme cuando pensaba que no valía. Sin duda, el mejor regalo de la tesis.

Finalmente, me gustaría agradecer a mi familia su apoyo. En especial a mi madre, Josefina, que desde pequeño ha valorado la educación y me revisaba las libretas para ver si tenía los deberes en orden. A veces la libreta no estaba siempre al día, y sé que aún me queda mucho por mejorar, pero también sé que tengo el mejor ejemplo para seguir aprendiendo. Nunca reconoceré lo suficiente lo que has hecho por mí.

Resum

La tesi doctoral *Els projectes a l'aula de ciències de secundària: identificació de tensions i tipologies* neix amb la intenció de comprendre i caracteritzar les noves propostes d'ensenyament aprenentatge de ciències associades a un moviment d'innovació pedagògica propagat pel territori català i espanyol durant la darrera dècada. Aquest moviment ha estat vinculat en molts centres d'educació secundària a l'ús de "projectes" que es presenten com a propostes que inclouen característiques de la metodologia Aprenentatge Basat en Projectes i que poden integrar nous enfocaments per a l'ensenyament de les ciències com ara l'STEM.

La recerca es divideix en dos estudis que concentren tres objectius de recerca. El primer objectiu planteja explorar i identificar els elements de disseny i les tensions didàctiques que emergeixen dels projectes STEM d'educació secundària segons la visió del professorat que els dissenya i implementa. Per desenvolupar aquest objectiu, es van realitzar entrevistes a professorat participant en el disseny i implementació de projectes STEM que van ser analitzades des d'una perspectiva interpretativa. A partir dels resultats d'aquest objectiu es va desenvolupar el segon objectiu de recerca, que planteja la construcció d'un instrument que permeti determinar nivells de millora per la selecció, disseny i/o adaptació de projectes STEM. Per a desenvolupar el segon objectiu es va seguir un procés iteratiu de co-construcció d'una rúbrica en col·laboració amb un grup d'experts que comparteix una visió de l'ensenyament de les ciències centrat en fomentar una activitat científica escolar a l'aula de ciències. El tercer objectiu de recerca planteja la caracterització de tipologies de projectes STEM a través de la rúbrica STEM ABP, instrument resultant del segon objectiu de recerca. Per a desenvolupar aquest objectiu es van seleccionar els materials didàctics de 49 projectes STEM de 5 centres d'educació secundària. A partir de l'anàlisi individual de cada projecte amb la rúbrica STEM ABP es va desenvolupar un anàlisi estadístic clúster que va permetre identificar cinc tipologies de projectes. Cada grup va ser caracteritzat a través dels elements que comparteixen d'acord amb els criteris presents a la rúbrica STEM ABP i que van ser representats en gràfics radials. Els resultats d'aquesta tesi doctoral permeten identificar quatre tensions didàctiques principals en el disseny i implementació de projectes STEM. Aquestes tensions formen part d'una tensió didàctica estructural entre objectius disciplinaris i meta-disciplinaris en els projectes STEM, en reaparèixer i validar-se al llarg del treball. Així mateix, es presenta la caracterització de cinc tipologies de projectes STEM d'acord amb les implicacions que tenen en l'alfabetització científicotecnològica.

Resumen

La tesis doctoral *Los proyectos en el aula de ciencias de secundaria: identificación de tensiones y tipologías* nace con la intención de comprender y caracterizar las nuevas propuestas de enseñanza aprendizaje de ciencias asociadas a un movimiento de innovación pedagógica propagado por el territorio catalán y español durante la última década. Este movimiento ha estado vinculado en muchos centros de educación secundaria al uso de "proyectos" que se presentan como propuestas que incluyen características de la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos y que pueden integrar nuevos enfoques como el STEM.

La investigación se divide en dos estudios que recogen tres objetivos de investigación. El primer objetivo plantea explorar e identificar los elementos de diseño y tensiones que emergen de los proyectos STEM de educación secundaria según la visión del profesorado que los diseña e implementa. Para desarrollar este objetivo, se realizaron entrevistas a profesorado participando en el diseño e implementación de proyectos STEM que fueron analizadas desde una perspectiva interpretativa. A partir de los resultados de este objetivo, se desarrolló el segundo objetivo de investigación, que plantea la construcción de un instrumento que permita determinar niveles de mejora para la selección, diseño y/o adaptación de proyectos STEM. Para desarrollar el segundo objetivo se siguió un proceso iterativo de co-construcción de una rúbrica en colaboración con un grupo de expertos que comparte una visión de la enseñanza de las ciencias centrada en fomentar una actividad científica escolar en aula de ciencias. El tercer objetivo de investigación plantea la caracterización de tipologías de proyectos STEM a través de la rúbrica STEM ABP, instrumento resultante del segundo objetivo de investigación. Para desarrollar este objetivo se seleccionaron los materiales didácticos de 49 proyectos STEM de 5 centros de educación secundaria. A partir del análisis individual de cada proyecto con la rúbrica STEM ABP se desarrolló un análisis estadístico cluster que permitió identificar cinco tipologías de proyectos. Cada grupo fue caracterizado a través de los elementos que comparten de acuerdo a los criterios presentes en la rúbrica STEM ABP y que fueron representados en gráficos radiales. Los resultados de esta tesis doctoral permiten identificar cuatro tensiones principales en el diseño e implementación de proyectos STEM que caracterizan una tensión didáctica estructural entre objetivos disciplinarios y metadisciplinarios en los proyectos STEM que reaparecen y validan a lo largo del trabajo. Asimismo, se presenta la caracterización de cinco tipologías de proyectos STEM de acuerdo con sus implicaciones en la alfabetización científico-tecnológica.

Abstract

The doctoral thesis *Projects in secondary school science classroom: identification of tensions and typologies* was born with the intention of understanding and characterizing the new science teaching-learning proposals associated with a pedagogical innovation movement spread throughout the Catalan and Spanish territory during the last decade. This movement has been linked in many secondary education centers to the use of "projects" that are presented as proposals that include characteristics of the Project Based Learning methodology and that can integrate new approaches such as STEM.

The thesis is divided in two research studies that follow three objectives. The first objective sets out to explore and identify the design elements and didactic tensions that emerge from secondary education STEM projects according to the vision of the teachers who design and implement them. To develop this objective, interviews were conducted with teachers participating in the design and implementation of STEM projects that were analyzed from an interpretive perspective. Based on the results of this objective, the second research objective was developed, which proposes the construction of an instrument that allows determining levels of improvement for the selection, design and / or adaptation of STEM projects. To develop the second objective, an iterative process of co-construction of a rubric was followed in collaboration with a group of experts who share a vision of science teaching focused on promoting a school scientific activity in the science classroom. The third research objective proposes the characterization of STEM project typologies through the STEM ABP rubric, an instrument resulting from the second research objective. To develop this objective, the didactic materials of 49 STEM projects from 5 secondary education centers were selected. From the individual analysis of each project with the STEM ABP rubric, a cluster statistical analysis was developed that allowed the identification of five types of projects. Each group was characterized through the elements they share according to the criteria present in the STEM ABP rubric and which were represented in radial graphs. The results of this doctoral thesis allow the identification of four main didactic tensions in the design and implementation of STEM projects that characterize a structural tension between disciplinary and metadisciplinary objectives in STEM projects that reappear and validate throughout the work. Likewise, the characterization of five types of STEM projects is presented according to their implications in scientific-technological literacy.

Índex

| | |
|---|-------------|
| <i>Presentació</i> | <i>i</i> |
| <i>Agraïments</i> | <i>iii</i> |
| <i>Resum</i> | <i>v</i> |
| <i>Resumen</i> | <i>vi</i> |
| <i>Abstract</i> | <i>vii</i> |
| <i>Índex</i> | <i>viii</i> |
| 1. Introducció i Objectius de Recerca | 1 |
| 1.3. Plantejament del problema i motivació de l'estudi | 1 |
| 1.4. Objectius de recerca | 3 |
| 1.5. Organització de la memòria | 4 |
| 2. Marc teòric | 6 |
| 2.1. L'Aprenentatge Basat en Projectes per a l'ensenyament i aprenentatge de les Ciències..... | 6 |
| 2.1.1. Introducció a la conceptualització i motivacions de l'ABP | 6 |
| 2.1.2. Classificació de projectes escolars..... | 7 |
| 2.1.3. L'ABP per a l'ensenyament aprenentatge de les Ciències | 8 |
| 2.1.4. L'ABP amb enfocament STEM..... | 10 |
| 2.2. Les pràctiques científiques com a marc conceptual de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències..... | 13 |
| 2.2.1. Introducció i justificació del marc..... | 13 |
| 2.2.2. L'Activitat Científica Escolar (ACE) com a concreció de les pràctiques científiques | 14 |
| 2.2.3. Operativització de l'Activitat Científica Escolar | 15 |
| 2.2.4. L'ACE com un marc crític amb l'ABP..... | 17 |
| <i>Estudi 1. La caracterització de projectes STEM des de la visió del professorat</i> | <i>20</i> |
| 3. Metodologia de l'estudi 1 | 21 |
| 3.1. Aproximació metodològica | 21 |
| 3.2. Disseny metodològic per a l'objectiu 1 | 22 |
| 3.2.1. Context de l'estudi i selecció de participants..... | 22 |
| 3.2.2. Anàlisi i representació de dades | 24 |
| 3.3. Disseny metodològic per a l'objectiu 2 | 28 |
| 3.3.1. Context de disseny i participants | 28 |
| 3.3.2. Construcció i revisió iterativa de la rúbrica STEM ABP | 29 |
| 3.3.3. Esquema de la metodologia del disseny de la rúbrica STEM ABP | 33 |
| 4. Resultats i discussió del primer objectiu de recerca – Estudi 1 | 34 |

| | | |
|------|--|-----------|
| 4.1. | Àmbits de disseny dels projectes STEM..... | 34 |
| 4.2. | Tensions didàctiques en el disseny i implementació de projectes STEM..... | 42 |
| | Tensió didàctica 1. Tensió entre la selecció de contextos rellevants (a nivell personal i/o social) per l'alumnat i contextos significatius per aprendre Ciència | 42 |
| | Tensió didàctica 2. Tensió entre desenvolupar una acció i aprofundir en continguts conceptuals i la construcció de idees clau i models (modelització) | 45 |
| | Tensió didàctica 3. Tensió entre aprofundir en continguts conceptuals i la construcció de idees clau i models (modelització) i la integració de continguts d'altres matèries | 47 |
| | Tensió didàctica 4. Tensió entre l'avaluació i obtenció d'evidències d'aprenentatge de competències CT clau i l'avaluació de l'acció del projecte..... | 49 |
| | Representació de les quatre tensions didàctiques..... | 50 |
| 4.3. | Identificació d'una tensió didàctica estructural en la visió de projectes STEM..... | 51 |
| 5. | <i>Resultats i discussió del segon objectiu de disseny – Estudi 1</i> | <i>57</i> |
| 5.1. | Presentació de l'instrument Rúbrica STEM ABP..... | 57 |
| 5.2. | Tensions didàctiques que emergeixen en el procés de construcció de la Rúbrica STEM ABP | 77 |
| | <i>Estudi 2. La caracterització.....</i> | <i>81</i> |
| 6. | <i>Metodologia de l'estudi 2.....</i> | <i>82</i> |
| 6.1. | Disseny metodològic per a l'objectiu 3 | 82 |
| | 6.1.1. Context d'estudi i selecció de projectes | 82 |
| | 6.1.2. Anàlisi i representació de les dades | 86 |
| | 6.1.3. Validació de la proposta metodològica i aspectes ètics..... | 95 |
| 7. | <i>Resultats i discussió del tercer objectiu de recerca – Estudi 2.....</i> | <i>97</i> |
| 7.1. | Puntuació global de 49 projectes STEM..... | 97 |
| | 7.1.1. Discussió de la caracterització empírica de projectes STEM | 101 |
| 7.2. | Caracterització de tipologies de projectes STEM des de la perspectiva d'educació científicotecnològica | 103 |
| | 7.2.1. Projectes STEM de Ciència per la Ciutadania..... | 105 |
| | 7.2.2. Projectes STEM de Tecno-Enginyeria | 108 |
| | 7.2.3. Projectes STEM de Pràctica Científica..... | 111 |
| | 7.2.4. Projectes STEM de Context Científic..... | 113 |
| | 7.2.5. Projectes STEM Transversals..... | 116 |
| | 7.2.6. Presentació global de tipologies de projectes per criteris disciplinaris i meta-disciplinaris .. | 118 |
| | 7.2.7. Projectes STEM segons el tipus d'alfabetització científicotecnològica i transversal que fomenten | 120 |
| | 7.2.8. Discussió sobre les tipologies de projectes STEM..... | 122 |
| 7.3. | Distribució dels tipologies de projectes STEM per centres..... | 125 |
| | 7.3.1. Centres amb un desenvolupament complet del currículum de l'àmbit CT a través de projectes STEM..... | 126 |
| | 7.3.2. Centres amb un desenvolupament parcial del currículum de l'àmbit CT a través de projectes STEM..... | 127 |

| | |
|---|------------|
| 7.3.3. Discussió per centres de tipologies de projectes STEM..... | 128 |
| 8. Conclusions | 131 |
| 8.1. Conclusions vinculades a l'estudi 1 | 131 |
| 8.2. Conclusions vinculades a l'estudi 2 | 137 |
| 8.3. Conclusions transversals..... | 140 |
| Limitacions..... | 142 |
| Implicacions i perspectives de futur | 143 |
| Referències..... | 145 |
| Glossari | 157 |
| Índex de taules..... | 158 |
| Índex de Figures | 160 |
| Annexos | 162 |

1

Introducció i Objectius de Recerca

1.3. Plantejament del problema i motivació de l'estudi

Durant els darrers 10 anys a Catalunya i altres zones d'Espanya hi ha hagut un canvi de pedagogies que s'ha estès en molts centres d'educació primària i secundària i que busquen un alumnat més actiu i protagonista del seu aprenentatge. Entre elles, destaca el ressorgiment de la metodologia d'Aprenentatge Basat en Projectes (ABP), que es reflecteix en diferents monogràfics com els de les revistes *Ciències* (núm 33, 2017), *Cuadernos de Pedagogía* (núm. 472, 2016) o la *Revista Catalana de Pedagogia* (núm 13, 2018).

Encara que la comprensió d'aquest fenomen apel·la a una lectura multidisciplinària, resulta d'interès considerar dos dels possibles detonants que ajudarien a entendre'l. Per una banda, l'aparició de xarxes autogestionades de docents implicats en processos d'innovació didàctica, en espais com [EduWikiLab](#), [EduGlobalSTEM](#), [InstitutsProjectant](#) o [Betacamp](#), podrien ser un factor rellevant on el professorat té oportunitat de reflexionar, dissenyar i planificar noves propostes didàctiques. Aquestes iniciatives esdevenen clau en la consolidació d'aquest tipus de processos de transició innovadora (Couso & Pintó, 2009).

Per altra banda, existeixen consensos cada cop més amplis sobre quins són els objectius competencials que haurien de motivar l'educació formal i que inspiren programes com els d'avaluació PISA (OECD, 2019). La incorporació d'aquesta mirada competencial en els currículums (Departament d'Ensenyament, 2018), fomenten un canvi de paradigma sobre què significa ensenyar-aprendre ciències que té conseqüències en la pràctica docent.

Entenem que el procés d'innovació cap a l'ús de l'ABP necessita diferents lectures (sociològiques, pedagògiques, psicològiques, etc) que permetin una major comprensió del fenomen. Algunes àrees com la sociologia comencen a oferir mirades interessants de com aquests processos d'innovació poden suposar un eix de desigualtat entre centres "innovadors" i "tradicionals" (Tarabini et al., 2017) o quins factors són clau per fomentar una equitat escolar en aquests entorns (Martínez-Celorrío, 2019).

En aquesta tesi doctoral ens limitem a estudiar aquest fenomen des de la perspectiva de la Didàctica de les Ciències. Particularment, s'aprofundeix i problematitza el disseny i implementació de la metodologia ABP en l'àmbit científicotecnològic (CT). Entenem que la mirada des de la nostra àrea, i, en particular, l'enfocament utilitzat en aquesta recerca resulta rellevant a diferents nivells.

A nivell socio-educatiu, la transició cap a iniciatives d'ABP ha implicat l'ús habitual d'un nou vocabulari com "treball per projectes" (Xarxa de Competències Bàsiques., 2017) on cal

precisar: a) quines implicacions té en les formes d'ensenyar-aprendre ciències i b) si totes les propostes ajuden de forma equiparable al propòsit competencial CT. Entenem que l'aprofundiment en aquests aspectes pot ajudar a establir criteris útils per: la selecció, adaptació i disseny de projectes escolars en l'àmbit CT, l'organització del centre educatiu i l'optimització de recursos. També té implicacions en la formació docent, on el professorat demanda criteris de millora de projectes escolars amb enfocament STEM (Domènech-Casal, 2017).

A nivell acadèmic, l'ABP en la recerca en Didàctica de les Ciències experimentals ha estat un tema de recurrent d'interès per l'àrea i que s'ha vist influenciada per diferents corrents i perspectives d'educació científica. Per aquest motiu, es creu rellevant analitzar i revisar com es caracteritza l'ABP en nous contextos, com el que planteja l'enfocament STEM, des d'una perspectiva teòrica basada en fomentar una activitat científica escolar (ACE). Una part destacable del valor acadèmic d'aquest estudi resideix en el seu caràcter empíric, on s'analitzen projectes escolars reals i que s'implementen actualment.

A nivell curricular, l'ABP és reconegut en certes parts del currículum competencial (Generalitat de Catalunya Departament d'Ensenyament, 2018), pel qual ofereix indicacions pràctiques per portar-lo a terme (Departament d'Ensenyament de Catalunya, 2016). Tot i així, en l'àmbit CT, només s'explicita que els alumnes s'involucrin en "projectes" ambientals /de sostenibilitat, de recerca i tecnològics, sense una justificació clara sobre què vol dir "projecte", ni per què resulta més adequat que altres metodologies per aquests contextos o pràctiques.

Aquest plantejament del context on s'emmarca la tesi doctoral motiva la concreció dels objectius i subobjectius de recerca.

1.4. Objectius de recerca

La tesi s'estructura i desenvolupa en dos estudis que incorporen tres objectius de recerca. El primer estudi inclou els objectius de recerca 1 i 2. En aquesta fase s'exploren els àmbits de disseny i les tensions didàctiques que emergeixen en els projectes STEM des de la perspectiva del professorat de ciències i es construeix un instrument d'avaluació i millora d'aquests. La segona fase inclou l'objectiu 3 de recerca, on es realitza una caracterització de tipologies de projectes STEM a partir de la seva valoració amb l'instrument co-construït.

El primer objectiu de recerca implica explorar les propostes de projectes STEM a través de comprendre les formes de dissenyar i implementar-los pel professorat implicat en aquests processos així com els motius que fomenten aquestes propostes. El segon objectiu s'alimenta dels resultats del primer objectiu per involucrar-se en un procés cooperatiu de construcció d'un instrument que faciliti la avaluació i millora dels projectes STEM des d'una perspectiva d'aprenentatge de les ciències consensuada:

1. **Explorar i identificar els àmbits de disseny que s'utilitzen i les tensions didàctiques que emergeixen dels projectes STEM d'educació secundària segons la visió del professorat de ciències que els dissenya i implementa.**
 - 1.1. Caracteritzar els àmbits de disseny de projectes STEM d'educació secundària pel professorat de ciències que els dissenya i implementa.
 - 1.2. Identificar les tensions didàctiques que emergeixen del disseny i implementació de projectes STEM pel professorat de ciències que els dissenya i implementa.
2. **Construir un instrument que permeti determinar nivells de millora per la selecció, disseny i/o adaptació de projectes STEM des de la perspectiva de l'ACE.**

El tercer objectiu explora les potencialitats de la eina construïda per discernir tipologies de projectes STEM i caracteritzar-les a través de les tensions didàctiques que apareixen en el disseny i implementació de propostes de projectes STEM:

3. **Caracteritzar tipologies de projectes STEM que es poden identificar a través d'una rúbrica construïda des de la perspectiva de l'ACE.**
 - 3.1. Identificar el nivell de sofisticació de projectes STEM reals per als indicadors d'avaluació de la rúbrica STEM ABP.
 - 3.2. Construir, caracteritzar i comparar tipologies de projectes STEM segons els indicadors d'avaluació de la rúbrica STEM ABP que presenten.
 - 3.3. Comparar la distribució de tipologies de projectes STEM per centres educatius que els implementen.

1.5. Organització de la memòria

Per tal de donar resposta als objectius de recerca d'una manera ordenada i coherent, es presenten els següents vuit capítols en la que es divideix aquesta tesi doctoral.

Després del present Capítol 1, Introducció i Objectius a la recerca, es construeix un marc teòric, Capítol 2, que contempla un conjunt de tasques de: a) revisió de la literatura al voltant de l'Aprenentatge Basat en Projectes per a l'ensenyament de ciències, i b) un posicionament argumentat sobre com entenem l'ensenyament-aprenentatge de les ciències des de la perspectiva teòrica centrada en l'Activitat Científica Escolar. Aquest marc resulta particularment rellevant en les decisions metodològiques preses i la discussió dels resultats presentats.

A continuació, es presenten els dos Estudis principals en què es divideix la memòria. Per a l'Estudi 1, es presenten els Capítols 3, 4 i 5, on es presenten la metodologia (Capítol 3), i els resultats per als objectius de recerca 1 (Capítol 4) i 2 (Capítol 5).

En el capítol 3, Metodologia de l'Estudi 1, es descriu i justifica l'enfocament metodològic de recerca i el conjunt d'accions desenvolupades per recollir, tractar i analitzar les dades obtingudes per aquest Estudi 1. Per a cada objectiu 1 i 2 es desenvolupen el conjunt de pràctiques metodològiques realitzades.

En els Capítols 4 i 5 es presenten els resultats principals en relació al l'Estudi 1, que comprèn els resultats dels objectius de recerca 1 i 2. Aquests resultats són acompanyats d'una discussió d'aquests amb la literatura. En el capítol 5, es presenta la rúbrica STEM ABP com un resultat (o producció resultant) d'un procés metodològic desenvolupat per donar resposta al segon objectiu de recerca, de caràcter metodològic.

Per a l'Estudi 2, es presenten els Capítols 6 i 7, on es presenten la metodologia (Capítol 6), i els resultats per l'objectiu de recerca 3 (Capítol 7).

En el Capítol 6, Metodologia de l'Estudi 2, es descriu i justifica l'enfocament metodològic de recerca i el conjunt d'accions desenvolupades per recollir, tractar i analitzar les dades obtingudes per aquest Estudi 2, on es descriuen el conjunt de pràctiques metodològiques realitzades per a l'objectiu de recerca 3.

En el Capítol 7 es presenta els resultats principals en relació a l'Estudi 2, que comprèn els resultats de l'objectiu de recerca 3. Aquests resultats són acompanyats d'una discussió d'aquests amb la literatura i on es presenta la classificació de projectes STEM en 5 tipologies.

En el Capítol 8 es presenten les conclusions principals extretes del desenvolupament de cada objectiu de recerca i que justifiquen l'aportació de la tesi doctoral. En aquest capítol també s'inclou una reflexió crítica de les implicacions de la recerca i també les seves limitacions.

Finalment, es presenten les referències bibliogràfiques i, posteriorment, s'inclouen els documents annexos al treball.

2

Marc teòric

Aquest capítol es construeix amb dos objectius: 1) plantejar l'estat de la qüestió al voltant de la metodologia ABP per a l'ensenyament i aprenentatge de les ciències i 2) justificar el plantejament teòric adoptat, que desenvolupa el marc de l'Activitat Científica Escolar i que s'alinea amb la perspectiva de consens d'ensenyament i aprenentatge de les ciències centrat en fomentar les pràctiques científiques.

2.1. L'Aprenentatge Basat en Projectes per a l'ensenyament i aprenentatge de les Ciències

2.1.1. Introducció a la conceptualització i motivacions de l'ABP

L'Aprenentatge basat en projectes (ABP) es presenta com una metodologia d'aprenentatge de llarga tradició didàctica des dels seus orígens a les facultats italianes d'arquitectura en el segle XVII (R. M. Capraro et al., 2013; Rué, 2018). Actualment, és una metodologia de la que se'n fa ús arreu del món tal i com mostren les recerques a diferents països (Basilotta Gómez-Pablos et al., 2017; Chin & Chia, 2004; Connors-Kellgren et al., 2016; Schneider et al., 2016).

Donada la existència d'una gran diversitat de termes al voltant de l'aprenentatge basat en projectes (Pecore, 2015), diferents autors han intentat reconstruir el seu significat i redefinir-lo a través de l'exploració dels seus orígens, inspirats en la filosofia de Dewey (1938, citat a Capraro et al., 2013). La concreció d'aquesta primera reflexió és plasmada per Kilpatrick (1918) amb el seu opuscle "The project method" on es parla dels projectes com una eina metodològica per explorar les inquietuds personals de l'alumnat per tal de desenvolupar una societat ancorada en valors democràtics i amb el convenciment de que només s'apren des de l'experiència.

La reflexió al voltant de l'ABP es recupera als anys 90 per Blumenfeld et al. (1991), que, al llarg de la seva recerca, re-caracteritzen la metodologia des d'una perspectiva socio-constructivista i d'aprenentatge situat (J. S. Krajcik, Blumenfeld, Marx, & Soloway, 1994; Marx et al., 1997). Algunes institucions com el Buck Institute of Education (BIE), són actualment capdavanteres en fomentar l'ABP des d'aquesta perspectiva i la defineixen com una metodologia d'ensenyament on els alumnes desenvolupen coneixements i habilitats a través d'abordar i donar resposta a una pregunta, problema o repte complex i autèntic al llarg d'un període de temps extens (Larmer et al., 2015). Aquesta definició s'aprofundeix indicant altres elements necessaris pel seu disseny com l'elaboració d'un producte final públic, una "indagació" sostinguda i un procés iteratiu de crítica i revisió (Larmer et al., 2015).

Tot i que aquesta definició es veu clarament condicionada pel significat que prenen cadascun dels elements destacats, és coherent i apel·la a uns motius clars per emprar l'ABP a l'aula que, sobretot, impliquen un canvi cap a fomentar el desenvolupament de les habilitats del segle XXI (Condliffe et al., 2017; Partnership For 21st Century Skills (P21), 2009). Aquestes habilitats neixen de la reflexió de diverses organitzacions en identificar quines són les habilitats i competències que resulten necessàries per a tenir "èxit" en el món laboral i personal (DeSeCo OECD, 2003; P21, 2019). Les versions més recents classifiquen aquestes habilitats en habilitats vitals i professionals, habilitats per aprendre i innovar i habilitats de la informació, mitjans i tecnologia. La importància que reben aquestes habilitats com a motivacions de l'ABP es constata amb les revisions desenvolupades pel BIE d'aquestes (Dede, 2009) i on sobretot es destaquen les habilitats que permeten aprendre (i continuar aprenent) i innovar, com són saber comunicar, pensar críticament, ser creatiu i col·laborar, també conegudes com les 4Cs (Larmer et al., 2015; P21, 2009).

Per implementar l'ABP, també se'n referencien els seus efectes positius en l'aprenentatge (Larmer et al., 2015). Tot i així, diferents revisions de la literatura posen de manifest les dificultats d'extreure conclusions sobre la seva eficàcia donada la diversitat de formes d'entendre l'ABP (Thomas, 2000) i la necessitat de metodologies més rigoroses de recerca en aquest tema (Hasni, 2016). A més, la seva suposada efectivitat varia entre disciplines i fins i tot es presenten recerques amb conclusions oposades (Lafuente, 2019).

Actualment, l'ABP queda inclòs en una xarxa de metodologies que comparteixen la importància de la contextualització i una perspectiva constructivista de l'aprenentatge (Thomas, 2000). Tot i el solapament existent entre metodologies com l'Aprenentatge Basat en Problemes (R. M. Capraro et al., 2013; Kolmos & De Graaff, 2015), l'Aprenentatge Basat en Context (King, 2012) o l'Aprenentatge-Servei, per tal de focalitzar en aquest marc teòric no ens fixem en la literatura específica d'aquestes altres metodologies.

2.1.2. Classificació de projectes escolars

La idea d'agrupar diferents mirades disciplinàries, objectius d'aprenentatge i contextos d'aprenentatge denota grans diferències dintre del paraigües ABP i que ha comportat que, des dels seus inicis, Kilpatrick (1918) ja classificués els projectes en quatre tipus d'acord amb el propòsit que promouien (Taula 1). En aquest sentit, aquesta classificació resulta interessant ja que, fins a cert punt, aquest criteri continua sent vigent per a diferents autors (Domènech-Casal, Lope, i Mora, 2019).

Més recentment, s'han proposat altres classificacions des de la Didàctica de les Ciències com la que proposa Kanter (2010) que parla de projectes d'actuació (performance projects) i projectes d'investigació (investigation projects). Aquesta divisió discerneix projectes que plantegen un problema de l'enginyeria (com construir un coet) i donar resposta a un problema de la ciència (com perquè unes aus van sobreviure a les Galàpagos i altres no). Aquesta incompatibilitat entre pràctiques i objectius propis de disciplines properes però

diferents resulta rellevant per introduir una de les problemàtiques que es plantegen al analitzar enfocaments com l'STEM (Couso & Simarro, 2020) i en el que s'aprofundeix a l'apartat 2.1.3. Per tant, resulta clau per aquesta recerca presentar els intents de classificació dels projectes d'acord amb aquesta mirada epistèmica (Taula 1).

Taula 1. Comparació de classificacions de projectes escolars d'acord amb els objectius i pràctiques disciplinàries de ciència i tecnologia que fomenten (font pròpia).

| Autor | Projectes lligats a objectius i pràctiques de la Enginyeria | Projectes lligats a objectius i pràctiques de la Ciència |
|--|--|--|
| Kilpatrick (1918) | Tipus 1. Dur a terme una idea o pla Exemple: construir un vaixell | Tipus 3. Resoldre un problema intel·lectual Exemple: Entendre perquè la rosada cau o no. |
| Kanter (2010) <i>De tradició Ciència Basada en Projectes</i> | <i>Performance projects</i> Exemple: fer una maqueta d'un coet que arribi el més lluny possible. | <i>Investigation projects</i> Exemple: Per què unes aus van sobreviure a les Galàpagos i altres no |
| Capraro, Capraro & Slough (2013) <i>De tradició STEM ABP</i> | Projectes de disseny enginyer STEM (Capítol 4) | STEM PBL com a forma especialitzada d'indagació (Capítol 7) |
| Couso & Simarro (2020) <i>En context de recerca STEM</i> | Projectes amb reptes enginyers Exemple de repte i pràctiques: competició de vaixells enfocada a la seva construcció amb materials reciclats. | Projectes amb reptes científics Exemple de repte i pràctiques: competició de vaixells enfocada a modelitzar per què i com floten els vaixells. |

2.1.3. L'ABP per a l'ensenyament aprenentatge de les Ciències

En el marc de l'ABP aplicat a l'ensenyament de les ciències, les justificacions que porten a l'ús de l'ABP comprenen les ja mencionades i d'altres que es desgranen en: 1) motius curriculars (Harris et al., 2015); 2) la transició cap a metodologies més constructivistes, cooperatives (Crawford et al., 1999) i contextualitzades (King, 2012), 3) una educació més competencial (Blumenfeld et al., 1991; Novak & Krajcik, 2019), 4) proveir d'una representació més acurada de les disciplines (Bencze et al., 2006; McNeill et al., 2006), 5) emfatitzar una educació amb valors (Schreiner et al., 2005) i 6) promoure interessos i motivació cap a carreres professionals concretes (Means et al., 2017).

La recerca en l'ABP ha estat explorada des de les didàctiques específiques de diferents disciplines (Chen & Yang, 2019; Prtljaga & Veselinov, 2017) i on la Didàctica de les Ciències hi ha contribuït extensament tal i com indiquen les diferents revisions bibliogràfiques (Harmer, 2014; Hasni et al., 2016; Lafuente Martínez, 2019; Thomas, 2000). Aquestes recerques denoten millores en l'aprenentatge disciplinari de l'alumnat (Apedoe et al., 2008) i un augment en l'interès cap a la ciència i la tecnologia (Crawford et al., 1999). En relació als beneficis pel professorat, la implementació de l'ABP també implica una millora el coneixement disciplinari i pedagògic (Kanter & Konstantopoulos, 2010), l'assoliment d'una millor imatge de l'activitat científica i tecnològica, (Marshall et al., 2010), el foment de la cooperació entre iguals i l'adquisició de major motivació (Toolin, 2004). Tot i així, aquestes conclusions estan condicionades pel context de la recerca i els revisors demanen més evidències que siguin generalitzables.

En relació a la conceptualització de l'ABP en el context de la Didàctica de les Ciències, apareixen dos tendències principals que mereixen especial atenció: la Ciència Basada en Projectes (CBP) i l'ABP per l'ensenyament STEM o STEAM (STE(A)M ABP).

La Ciència Basada en Projectes (CBP)

Una de les conceptualitzacions més rellevants de l'ABP per l'ensenyament de les ciències és el CBP, que es defineix amb els següents elements (p.486, J. S. Krajcik et al., 1994): 1) involucrar als alumnes en una pregunta guia o problema autèntic, 2) desenvolupar artefactes o productes que responguin a la pregunta guia o problema, 3) involucrar als alumnes en investigacions, 4) relacionar-se i cooperar amb persones de la comunitat, i 5) fer ús de les tecnologies digitals. Com es pot apreciar, aquesta definició és similar a la presentada anteriorment per a l'ABP de forma general, tot i que el significat de cada element varia. Per exemple, la forma d'exemplificar la participació en investigació es planteja des d'un marc d'indagació científica (J. Krajcik et al., 1998; National Research Council, 1996), mentre que l'equip del BIE (2015) ho fa com un procés de recerca en general. Així mateix, els autors han refinat el marc CBP d'acord amb els consensos en Didàctica de les Ciències, on l'èmfasi en la indagació científica es planteja dins d'una proposta més ampla que engloba el conjunt de pràctiques científiques (J. S. Krajcik & Shin, 2014) i que es presenta en l'apartat 2.2.

Entre les recerques desenvolupades per aquests autors, on destaquen l'anàlisi del desenvolupament professional del professorat i les formes de involucrar-se amb fenòmens científics per fomentar el domini de competències científiques, cal destacar la importància que atorguen al disseny de l'ABP per aquest fi. Un primer element clau que destaquen és la concreció de la pregunta guia com a bastida del projecte (Blumenfeld et al., 1991), que ha de reflectir els objectius d'aprenentatge. Els aspectes clau en el disseny també incorporen moments de reflexió i organització de l'aprenentatge on es permeti un pensament modelitzador i que es realitzi una avaluació formadora (Marx et al., 1997). La pràctica de la indagació també es planteja com un element clau en el disseny dels projectes ja que

l'alumnat tendeix a entendre-la com un conjunt de tècniques procedimentals a completar i les dificultats de connectar el problema plantejat amb el resultat de la seva indagació (J. Krajcik et al., 1998). Finalment, els autors donen gran importància a l'ús de les tecnologies d'aprenentatge com a eines que recolzin la indagació (Land & Zembal-Saul, 2003; Tinker & S., 2001).

2.1.4. L'ABP amb enfocament STEM

Introducció a l'enfocament STEM en educació

L'educació STEM (de l'anglès, Ciència, Tecnologia, Enginyeria i Matemàtiques) es presenta com un enfocament d'aprenentatge controvertit donada la diversitat de propòsits que engloba i com aquests s'entenen pels diferents agents educatius (Wong et al., 2016). El seu origen ha estat descrit per diferents autors, indicant la crisi de Sputnik com a catalitzador per revisar i millorar els resultats educatius en l'àmbit científic-tecnològic (Sahin, 2015; Surr et al., 2016). En un context socioeconòmic on continua havent una manca de professionals STEM (Constantinou et al., 2005), el plantejament que proposa aquest enfocament implica diferents formes d'integrar les disciplines per tal de mobilitzar un cert nivell de competència per a cadascuna (Bybee, 2013). En relació a aquest aspecte, s'ha avançat en la reflexió sobre la natura de STEM, que es recull en diferents llibres i monogràfics (Erduran, 2020; C. Johnson et al., 2020). Entre les diferents reflexions es creu especialment interessant la visió de les disciplines STEM des del marc de la "Family Resemblance Approach" (FRA), que reconeix els elements en comú de les disciplines STEM i aquells que en són particulars i definitoris de cada disciplina (Couso & Simarro, 2020; Ortiz-Revilla et al., 2020; Park et al., 2020), i que, per tant, necessiten d'un plantejament particular per a ser desenvolupats, tal i com argumenten Couso i Simarro (2020).

Per altra banda, cal considerar com l'aprenentatge STEM s'ha vinculat sovint amb propostes centrades en processos de disseny en enginyeria i que es defensen com un plantejament STEM idoni (English & King, 2015; Kelley & Knowles, 2016; Sanders, 2015). Així mateix, es solen considerar STEM aquelles propostes que presenten una forta presència de la tecnologia, principalment vinculada a les tecnologies digitals i computacionals (Sanders, 2009).

Tot i aquesta anàlisi de les possibles interaccions de les disciplines STEM i la presència desigual d'aquestes, encara no hi ha un clar consens que apel·li a quines són les necessitats a nivell social i personal d'una alfabetització STEM per la ciutadania (Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios, & Vilchez-González, 2019; Zollman, 2012).

En aquest marc compartim la definició de l'alfabetització STEM que presenta Couso (2017) inspirada en Balka (2011) donat que:

- 1) Es recolza en què la competència científica i STEM ha de fomentar-se a través de participar de les activitats socials cognitives i discursives d'aquestes disciplines (Izquierdo et al. 1999).
- 2) Ha d'incloure una perspectiva centrada en valors, concretament, els d'equitat, sostenibilitat i justícia social.

Aquestes premisses plantegen que adoptem una definició de l'alfabetització STEM de la següent manera: “Estar alfabetitzat en STEM és ser capaç d'identificar i aplicar, tant els coneixements clau com les formes de fer, pensar, parlar i sentir de la Ciència, l'Enginyeria i la Matemàtica, de forma més o menys integrada, per tal de comprendre, decidir i/o actuar davant de problemes complexos i per a construir solucions creatives e innovadores, tot aprofitant les sinèrgies personals i les tecnologies disponibles, i de forma crítica, reflexiva i amb valors”. (p. 24, Couso, 2017).

Conceptualització de l'STEM ABP

L'educació STEM ha fomentat un seguit de metodologies d'ensenyament-aprenentatge on l'ABP s'hi presenta de forma recurrent donat el seu potencial de generar escenaris que reflecteixen els processos de la ciència i la indústria (Brears et al., 2011, citat a Falloon et al., 2020), i que combreguen amb els interessos socio-econòmics abans mencionats (Caprile et al., 2015; citat a Falloon et al., 2020). De fet, molts dels objectius implícits en l'educació STEM continuen presents en les propostes d'ABP, com, per exemple, incrementar la motivació i l'interès sobre les disciplines STEM. Aquesta motivació es suposa implícita en l'ABP per les seves característiques com el rol actiu en l'aprenentatge de l'alumnat i connexió amb la comunitat (Craig & Marshall, 2019; Means et al., 2017; Peterman et al., 2016). Tot i així, existeixen diferències en el perquè es busca aquesta motivació. Mentre que un sector de l'ABP ha estat desenvolupat amb la idea de motivar a través d'aprendre (involucrar-se en fenòmens de forma continuada per desenvolupar una comprensió profunda sobre un tema en concret) (Blumenfeld et al., 1991), algunes propostes STEM fomenten aquesta motivació amb un sentit d'entreteniment i diversió que fomenti vocacions STEM (Quigley & Herro, 2016). És, per tant, rellevant entendre com l'enfocament STEM esta modelant l'ABP.

L'STEM ABP és habitualment definit com una metodologia que implica “unes activitats inicialment poc definides que culminen en un producte ben definit, en un context ric que demanda a l'alumnat donar resposta a problemes que, quan es consideren en el seu conjunt, mostren el domini de diferents conceptes de diverses disciplines STEM” (p. 4, R. M. Capraro et al., 2013 - traducció pròpia). Aquesta definició presenta diversos dels elements abans mencionats per caracteritzar l'ABP i el CBP tot i que es centra en el producte “ben definit” i l'abordatge de problemes. Aquest èmfasi en el producte lliga clarament amb el marc de la ciència del disseny, que sol ser emprat per justificar el disseny i implementació de moltes iniciatives de STEM ABP (Falloon et al., 2020).

Aquesta definició del projecte limita i exclou moltes de les propostes de CBP, ja que, d'acord amb la definició anterior, les pràctiques que ha de portar associades un projecte STEM haurien de ser les del pensament del disseny (a priori) en detriment de les de pràctiques científiques. Aquest conflicte ja es presenta com un element a tenir en compte des del marc del CBP, que comença a parlar de com lligar el “fer l'acció i aprendre el contingut [de ciències]” (Kanter, 2010).

Tot i el conflicte plantejat hi ha autors que sí que reclamen l'STEM ABP com una forma especialitzada d'aprenentatge basat en indagació (Sahin, 2013). És però rellevant comparar com s'entenen diferent el CBP i la indagació en contextos STEM ABP. Mentre que Sahin (2013) explica que el valor dels productes finals es troba en les aplicacions que tinguin en el món real, Krajcik i Shin (2014) posen el valor del producte final en la seva funció de revisar i refinar el coneixement construït.

D'acord amb les tres formes de conceptualitzar l'ABP, es mostra una comparació (Taula 2. Caracterització de 3 enfocaments actuals d'ABP a través dels seus elements principals d'acord amb les revisions de Thomas (2000) i Hasni (2016), (p. 4, Pérez-Torres, 2019).) dels tres enfocaments.

Taula 2. Caracterització de 3 enfocaments actuals d'ABP a través dels seus elements principals d'acord amb les revisions de Thomas (2000) i Hasni (2016), (p. 4, Pérez-Torres, 2019).

| Característiques de l'ABP | Enfocaments de l'ABP actuals | | |
|--|--|--|---|
| | (Buck Institute of Education, 2015) (ABP) | (Capraro, Capraro & Morgan, 2013) (STEM ABP) | Krajcik & Shin (2014) (Ciència Basada en Projectes (CBP)) |
| Finalitats d'aprenentatge | Domini de conceptes clau i destreses per l'èxit <i>Es seleccionen idees i habilitats que es puguin aplicar en contextos reals i permetin crear productes.</i> | Domini de conceptes STEM <i>Es seleccionen algunes idees STEM a l'inici però poden incorporar-se altres d'imprevistes durant el projecte.</i> | Domini d'idees científiques clau i pràctiques científiques <i>Es seleccionen uns “acompliments d'aprenentatge” (learning performances) a l'inici que concreten unes pràctiques científiques amb les que desplegar una idea clau.</i> |
| Repte | Pregunta guia (motivacional i reptadora) <i>S'usa com a generador de necessitats d'aprenentatge.</i> | Context autèntic <i>Es genera un context ric i problemàtic amb tasques poc estructurades a l'inici. No hi ha un repte predefinit inicialment.</i> | Pregunta guia (científica) <i>S'usa com a connector d'idees que apareixen a través d'explorar fenòmens.</i> |
| Context autèntic (rellevant i significatiu) | Context autèntic <i>Es presenten contextos associats al “món real”, rellevants a nivell personal, social o professional.</i> | | |
| Pràctiques i processos | Procés d'indagació sostingut <i>Es fa recerca d'informació iterativa que impliqui fer-se noves preguntes.</i> | Pràctiques enginyeres <i>Es connecten diferents idees a través d'involver-se en unes pràctiques enginyeres (ciència basada en el disseny).</i> | Pràctiques científiques <i>Es dissenyen i fan investigacions on construeixen i revisen models, desenvolupen explicacions, etc.</i> |
| Acció | Productes destinats al públic | Productes finals ben definits | Artefactes/representacions sobre idees |

| | | | |
|---------------------------------|---|---|---|
| | <i>S'usa per motivar un bon resultat, i mostrar els coneixements desenvolupats. Pot ser tangible o no.</i> | <i>S'estableixen uns paràmetres i unes constriccions per estructurar el procés de disseny i el producte final.</i> | <i>S'entenen com a representacions externes del coneixement construït. S'usen per reconstruir i manipular idees científiques.</i> |
| Avaluació | Reflexió dels aprenentatges i revisió i crítica del producte <i>Es meta-reflexiona sobre el coneixement construït i els seus possibles usos. Es revisen els processos i el producte generat.</i> | Reflexió del procés i producte, i avaluació del producte <i>Es reflexiona sobre el procés de disseny, considerant principis científics i matemàtics i s'avalua la qualitat del producte.</i> | Reflexió dels aprenentatges a través del producte <i>Es reflexiona sobre l'artefacte que representa les idees construïdes, no sobre idees petites. S'avaluen els assoliments d'aprenentatge considerant-ne els nivells de progressió d'aprenentatge.</i> |
| Col·laboració i Obertura | Decisions conjuntes pròpies <i>Es decideixen en grup certes accions del projecte que fomenten l'apoderament i la implicació.</i> | Solucions interdisciplinàries <i>Es col·labora per trobar solucions i treballar interdisciplinàriament. Es disposa de llibertat de decisió sobre el projecte.</i> | Discussió d'idees <i>Es col·labora per formar comunitats d'aprenentatge entre alumnes, professors i comunitat per fer preguntes, escriure explicacions, discutir les dades.</i> |

2.2. Les pràctiques científiques com a marc conceptual de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències

2.2.1. Introducció i justificació del marc

Una de les premisses elementals per decidir què ensenyar-aprendre de ciències és conèixer en profunditat què són les ciències. És per això que la Didàctica de les Ciències s'alimenta de tota una vessant de coneixement sobre la Natura de la Ciència que ha tingut un efecte ineludible en el plantejament de l'educació científica.

El canvi que resulta clau en aquest marc que es presenta de “pràctiques científiques” és la humanització de les ciències, que implica el pas d'entendre la ciència com una activitat purament racional que ens porta a veritats sobre el món, a entendre-la com una activitat humana condicionada a uns valors i normes consensuats que ens porta a un coneixement provisional i autocorrectiu resultat d'una activitat racional moderada. Aquest és un dels aspectes clau del treball de Kuhn (1962).

Aquest punt d'inflexió, junt amb un cos creixent de literatura al respecte i les reflexions de filòsofs com Giere (Giere, 1992; Izquierdo & Adúriz-Bravo, en premsa), fomenten un canvi en “què” i “com” s'ha d'ensenyar de ciències, on el que tradicionalment rebia més èmfasi, com els fets, conceptes, teories, etc., deixen pas als processos de les ciències, com portar a terme recerques, modelitzar fenòmens, argumentar en base a proves, etc. (Duschl & Grandy, 2013). La justificació més clara d'aquest èmfasi en l'aspecte epistèmic de les ciències en l'educació científica apel·la a la importància de conèixer de quines formes es valida el coneixement científic (Jiménez-Alexandre & Crujeiras, 2017), i, per tant, que només es pot aprendre practicant la pròpia ciència (Osborne, 2014). És a dir, participant de les pròpies activitats cognitives i socio-discursives d'aquesta (Grandy & Duschl, 2007).

Les pràctiques científiques s'entenen així, com una pràctica on el fer i el pensar van lligats en la mateixa acció (Osborne, 2014) i que globalment impliquen involucrar-se en tres

esferes d'activitat: experimentació, generació d'hipòtesis i avaluació de proves, que Duchl i Grandy (2013) presenten com recollir i analitzar dades per observació i experiments (indagar), construir models i teories (modelitzar) i construir arguments (argumentar). Cal ressaltar els avenços en cadascuna d'aquestes dimensions en l'àmbit nacional, destacant les aportacions en indagació (Jimenez-Liso et al., 2019; Romero-Ariza, 2017), modelització (Oliva, 2019) i argumentació (Ageitos & Puig, 2021).

Aquesta inclusió de les pràctiques científiques ha portat una discussió sobre com incorporar aquest coneixement epistèmic sobre la ciència (Lederman, 1992; Millar & Osborne, 1998). La seva importància es presenta també en els marcs d'alfabetització científica on: 1) es consideren els coneixements epistèmics com un component elemental de l'alfabetització i 2) existeix una relació directa entre les competències que es destaquen per estar alfabetitzat científicament amb el marc de pràctiques científiques (Crujeiras, 2014; OECD, 2019).

2.2.2. L'Activitat Científica Escolar (ACE) com a concreció de les pràctiques científiques

L'ACE neix d'un conjunt de reflexions filosòfiques, psicològiques i d'història de la ciència que convergeixen en el plantejament d'un model cognitiu de ciència (Giere, 1988, 1992), que correspon amb una imatge més propera i naturalitzada del que realitza la comunitat científica professional. Aquesta inspiració en les pràctiques socials, discursives i cognitives de la ciència permeten fomentar i guiar una activitat científicament genuïna en l'entorn escolar tot i marcar diferències amb els objectius, mètodes i constructes mentals finals de la ciència professional (Izquierdo, et al., 1999).

La rellevància d'aquesta reflexió teòrica està recolzada i corroborada no només internacionalment, on existeix un ampli consens al voltant de l'ensenyament de pràctiques científiques anteriorment presentades (Osborne, 2014), sinó també a nivell local, on aquesta perspectiva continua vigent i s'ha anat actualitzant a través de diferents recerques que se'n fan ressò (Aliberas & Gutiérrez, 2019; Garrido-Espeja, 2016; Pérez-Torres et al., 2021; Moraga et al., 2019). Aquestes recerques, junt amb reflexions del grup LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències), caracteritzen l'ACE a través de les seves sigles:

- És activitat (**dimensió contextual**). L'ACE va néixer amb l'ús de la paraula activitat amb un sentit trencador de la concepció transmissora d'ensenyar ciències cap a una visió constructivista. En altres paraules, s'entén que l'ensenyar i aprendre convergeixen i són possibles en la mesura que es fomenta que l'alumnat s'involucri en una activitat científica (amb la seva complexitat cognitiva, social, valòrica, emocional, etc) que implica la construcció personal de coneixement (conèixer amb un mateix).

Aquesta "activitat" implica prendre accions sobre un context que es vol explorar a través d'unes finalitats concretes. Les accions/activitats es porten a terme des d'una

mirada disciplinar que transformi el sentit del context. Per tant, es parla de context com una situació identificada en la què pren significat un “text” (un discurs disciplinari) que interpreta l’acció que es duu a terme sobre ell (Espinete et al., 2013). En aquest sentit, l’ACE implica la selecció i disseny de contextos que no només s’interpretin en un sentit quotidià pels alumnes sinó que impulsin aquesta activitat “transformadora”.

- És científica (**dimensió epistemològica**). L’ACE es suporta en gran mesura pels mateixos referents que han fomentat el marc de pràctiques científiques i el pas d’entendre la ciència com el resultat d’un racionalisme moderat (Izquierdo-Aymerich & Aliberas, 2004). El plantejament de l’ACE però posa l’èmfasi en els significats (semàntica) que apel·la a entendre l’activitat científica professional com una activitat principalment modelitzadora (Sensevy, 2008). En aquest plantejament, els models científics en són el resultat i s’entenen com representacions de sistemes que permeten explicar i predir el què representen. S’entén llavors, que per ensenyar-aprendre ciències s’han d’imitar aquests processos de modelització culminant en models científics escolars (MCE), adaptats a les necessitats de l’aula de ciències.
- És escolar (**dimensió competencial**). L’ACE es presenta des d’una aproximació educativa humanista que implica el desenvolupament personal a través de la seva pràctica. S’entén que aprendre ciències és educatiu en si, ja que ofereix un marc de valors, eines, cultura, raonaments autocorrectius que resulten habilitats profitoses per al desenvolupament competencial individual. En aquest sentit, l’ACE genera una cultura d’aula que integra competències bàsiques (saber ser, fer i estar amb els altres) a la vegada que es vincula amb competències curriculars. La operativització d’aquesta dimensió competencial esdevé vehiculada per una avaluació meta-reflexiva de les accions preses i els valors associats (Sanmartí, 2019). La transició educativa viscuda durant els darrers anys ha fet guanyar rellevància a aquesta darrera dimensió, on el món actual demanda d’una societat més participativa que estigui capacitada per prendre decisions crítiques i avaluades per interaccionar en el món (Sanmartí, & Márquez, 2017).

2.2.3. Operativització de l’Activitat Científica Escolar

Al llarg del la construcció del marc teòric de l’ACE, en el sí del grup LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències) s’han desenvolupat diferents propostes didàctiques que l’operativitzen. Una de les propostes més ambiciosos ha estat el projecte 12-15 (<https://cesire.cat/ciencies1215/>) que planteja una programació d’educació secundària des d’aquesta perspectiva. A més, l’ACE ha estat la perspectiva de recerca privilegiada per a diferents recerques que validen les connexions amb altres enfocaments d’ensenyament aprenentatge de les ciències com les controvèrsies sociocientífiques (Domènech Calvet,

2014), l'ús de novel·les literàries (Pau-Custodio, 2019) o la perspectiva STEM (Simarro Rodríguez, 2019).

En totes les diferents expressions de l'ACE, apareixen els mateixos elements comuns que es presenten a continuació:

1. Fomentar un interès cap a l'**actuació** en el món i els seus fenòmens, tot participant de les pràctiques de la ciència que el modelitzin de forma que faciliti la presa de decisions en qüestions sociocientífiques de forma adequada (Sanmartí et al., 2017). En relació a l'actuació, l'ACE incorpora reflexions d'altres tradicions didàctiques, com la de l'educació ambiental, que entén que un dels propòsits de l'ensenyament de les ciències és capacitar per l'acció (Breiting et al., 1999). Aquesta capacitació implica raonar que hi ha la possibilitat d'intervenir i actuar sobre una situació i reconeix la importància de "grups socials que actuen, que troben plaer en aquesta acció i que es desenvolupen en ambients emocionalment estimulants" (p. 50, Sanmartí & Pujol, 2002). En aquesta forma de concebre l'acció es reconeix que aquesta capacitació va més enllà de saber actuar sobre un problema local sinó que l'alumnat ha de ser autònom i capaç d'obtenir i interpretar la informació necessària a cada moment i context. Aquesta visió de l'acció necessita, per tant, de models molt generalitzables que aportin una mirada científica i transferible a diferents contextos. Per exemple, si es vol capacitar per actuar sobre l'ús responsable de l'aigua des d'una mirada d'ACE cal entendre els processos i dinàmiques geofísiques del cicle de l'aigua (Castelltort, 2015).
2. Un ensenyament **contextualitzat**, connectat amb les experiències i emocions de l'alumne que faciliti reinterpretar els fenòmens del món des d'una visió científica (Espinet et al., 2014; Sanmartí & Márquez, 2017).
D'acord amb el punt anterior, l'ACE no s'enfoca en qualsevol situació sinó que apunta a fenòmens paradigmàtics curiosament escollits per poder formular preguntes que fomentin una forma de mirar concreta sobre ell i que doni sentit tant a la disciplina com a l'alumnat. Aquests contextos apel·len a la vegada a diferents possibles formes de mirar disciplinàries que l'interpretin (diferents textos) que fan d'aquesta una proposta multidisciplinària (Izquierdo-Aymerich, 2019). Diferents recerques han destacat com es poden transferir aquests fenòmens a diferents contextos més generals (Domènech, A; Márquez, C; Roca, M, Marbà Tallada, 2015; Marchán-Carvajal & Sanmartí, 2015)
3. Construir amb els alumnes unes idees clau o **models científics escolars** (MCE) que permetin explicar i predir un gran rang de fenòmens que convergeixen en la necessitat d'un mateix MCE (Couso, 2014). La selecció d'aquest models prové d'un procés d'epitomització que consisteix en relacionar els continguts curriculars de manera que s'integrin en un nombre limitat d'idees. Com a proposta inicial Izquierdo et al (1999) proposa el model "partícules", el model "ésser viu" o el model

“Terra” com a MCE clau per a les disciplines corresponents. Per a cada model s’entén que existeixen famílies d’idees i sub-models que ancorin la mirada als diferents fenòmens. Per exemple, Merino i Izquierdo (2011) presenten el fenomen de carbonització com un fenomen paradigmàtic per treballar el model “canvi químic” i les diferents “regles del joc” que el caracteritzen.

A la vegada aquesta construcció de models o modelització es pot recolzar en diferents eines que explicitin el que es fa, pensa i parla com pot ser la eina “V de Gowing” (Olivares et al., 2014) o eines per dissenyar seqüències d’ensenyament-aprenentatge centrades en el cicle de modelització (Garrido-Espeja, 2016).

4. Adoptar un model d’**avaluació** que promogui la metacognició i la regulació respecte a les formes de construir nou coneixement i l’aprenent sigui conscient del seu propi progrés (Sanmartí, 2010).

L’avaluació s’entén a l’ACE com una activitat inherent de l’aprenentatge on es combinen dues funcions: la de regulació dels aprenentatges i la d’obtenció d’evidències d’aquest. El focus d’aquesta activitat radica en orientar a l’alumnat a reflexionar sobre com ha après (Sanmartí, 2019).

5. Fer una regulació apropiada de les **TIC**. L’ACE fomenta l’aprofitament dels recursos TIC i altres tecnologies disponibles i els entén com una eina que permet participar de l’activitat científica (López Simó et al., 2018). Existeixen diferents recerques que relacionen el potencial dels recursos TIC en relació a les pràctiques científiques que es poden desenvolupar (López et al., 2018; Lopez et al., 2017) i com aquestes poden ser útils per fomentar la modelització (Lopez & Hernandez, 2015; Romero Ariza & Quesada, 2014).

2.2.4. L’ACE com un marc crític amb l’ABP

Des de la perspectiva de ACE, assumim que la metodologia ABP s’adequa a les necessitats de l’ensenyament de les Ciències en la mesura en què s’incorporen els elements presentats en l’apartat anterior, i que, a la vegada, permeten participar de les tres esferes d’activitat referenciades pel marc de pràctiques científiques: construir coneixement conceptual cooperativament (Louca & Zacharia, 2012), planificar i desenvolupar recerques científiques (Bevins & Price, 2016) i fer ús de proves per justificar i presentar arguments (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2013).

Entenem que el marc de l’ACE resulta especialment útil per establir una comparació amb l’ABP donat que facilita consideracions metodològiques sobre com involucrar a l’alumnat en activitats on es fomenti una activitat-aprenentatge de les ciències. Aquest caràcter metodològic de l’ACE és comparable a nivell global amb propostes que concreten les pràctiques científiques a l’aula, com la indagació basada en models (Windschitl et al., 2008) o l’aprenentatge basat en l’argumentació (Fukumoto & Sawamura, 2007).

Arribat aquest punt, es creu rellevant la comparació dels elements que són comuns i contraposats entre l'ACE i ABP, entenent que l'ACE poden ser inclòs en major o menor mesura en les propostes d'ABP i viceversa (Taula 3).

Taula 3. Comparació de l'ACE i l'ABP a nivell metodològic (font pròpia).

| | ACE | ABP |
|------------|---|---|
| Principis | Constructivisme, aprenentatge situat i Epistemologia de la Ciència | Constructivisme i aprenentatge situat |
| Objectius | Desenvolupar la competència científica incorporant una millor idea de l'activitat científica. | Desenvolupar diferents continguts, habilitats i actituds per respondre al repte/problema plantejat pel projecte |
| Productes | Models (idees clau), arguments (explicacions), conclusions resultants d'una indagació, etc. | Un producte/artefacte final o una acció. |
| Continguts | Les pràctiques de la ciència, idees clau i continguts transversals | Aquells que el projecte necessiti per a desenvolupar-se. |
| Contextos | Centrat en fenòmens significatius per la ciència. | Centrat en situacions/problemes autèntics i rellevants personal i socialment. |

En relació a la comparativa presentada, cal destacar algunes diferències com les que apareixen en relació als objectius i productes. En el cas de l'ACE, no hi ha un conflicte entre el que es pretén (objectius) i el que finalment s'acaba fent ("outcome" - productes), mentre que l'ABP sí que pot tenir objectius ambivalents (per exemple, construir un vaixell i modelitzar el fenomen de flotació), que torna a apuntar al problema que identificava Kanter (p, 540, 2010) entre "fer l'acció i aprendre la Ciència".

En relació als continguts, ambdós marcs metodològics aposten per menys continguts conceptuals però més profunds (Novak & Krajcik, 2019; Shemwell et al., 2015). Aquesta selecció de continguts al voltant de idees clau (Harlen, 2010; National Research Council, 2012) és especialment rellevant en l'ABP, que aposten per propostes de llarga duració al voltant d'un mateix context.

En relació al context, es posa de manifest una altra diferència de com s'ha de seleccionar i que ja ha estat identificada per la literatura del CBP (Krajcik et al., 1998), que posa de manifest les dificultats de connectar contextos rellevants personal i socialment amb

activitats factibles i que “mantinguin la integritat de les ciències i l'autenticitat del problema” (p. 343). Autors del marc d'ensenyament contextualitzat de les ciències alineats amb l'ACE apunten a principis de disseny com el “need to know” (Bulte et al., 2006) per abordar aquests dilemes, que continuen sent un tema d'interès (Kapon et al., 2018).

D'acord amb aquesta comparació (Taula 3), es posa de manifest que des d'una perspectiva teòrica l'ACE i l'ABP poden ser compatibles tot i que existeixen punts de discordança en certs elements de disseny indicats.

En aquest marc teòric s'ha fet una revisió de les principals aportacions teòriques al voltant de l'ABP aplicat a l'ensenyament de les ciències i com aquest s'ha vist influenciat per altres enfocaments d'ensenyament com l'STEM. Finalment, s'ha presentat un posicionament teòric sobre una perspectiva d'ensenyament aprenentatge de les ciències d'ampli consens que permet disposar de criteris per avaluar les propostes ABP.

Estudi

*La caracterització
dels projectes
STEM des de la
visió del
professorat.*

1

3

Metodologia de l'estudi 1

El plantejament d'aquest capítol es basa en presentar i argumentar l'aproximació metodològica de l'Estudi 1 d'aquesta tesi, la presentació del context empíric on s'emmarca i les eines i processos metodològics seguits per a aconseguir els objectius establerts.

3.1. Aproximació metodològica

El desenvolupament d'aquesta recerca doctoral està organitzada en dos estudis: 1) un primer estudi que inclou els dos primers objectius de recerca, que consisteix en la caracterització de projectes STEM per part del professorat que els dissenya i implementa a través d'entrevistes semiestructurades i la construcció d'una rúbrica per seleccionar, dissenyar i adaptar projectes STEM i 2) un segon estudi d'agrupació i caracterització de tipologies de projectes STEM.

Per tal d'abordar el primer estudi i donar resposta als objectius 1 i 2 plantejats s'ha dissenyat una metodologia basada en el paradigma interpretatiu. S'entén que el paradigma interpretatiu assumeix una aproximació a la realitat que és interpretada per l'investigador/a i que copsa matisos associats al context social on es desenvolupa la recerca (De Villers, 2005, Simarro, 2019). Per aquesta recerca s'ha desenvolupat una recollida de dades qualitatives.

L'heterogeneïtat de les pràctiques metodològiques en la recerca educativa dificulta reconèixer aquesta recerca des d'una única aproximació metodològica. Tot i així, es pot dir que aquesta recerca s'inspira de recerques etnogràfiques i fenomenològiques per les quals es destaquen certs elements clau. Adoptar una metodologia de recerca de caràcter etnogràfic permet descriure, analitzar i explicar les pràctiques, creences, valors, etc. d'una comunitat concreta (Creswell, 2012 p. 462). Aquesta perspectiva resulta especialment rellevant per abordar el primer objectiu de recerca, que implica entendre com el professorat de ciències que dissenya i/o implement projectes STEM dóna sentit i comparteix una nova realitat, on molts centres transiten cap a metodologies d'aula innovadores i comparteixen experiències i objectius. S'entén, per tant, que aquesta forma d'apropar-se a la realitat permet tenir en consideració com es defineix i quins sobreentesos s'han generat en aquesta nova comunitat de professorat que dissenya i implementa projectes.

Els objectius de recerca plantejats fan també necessària una lectura fenomenològica d'aquesta realitat. Des d'aquesta perspectiva metodològica, que posa el focus en comprendre les experiències que condicionen la forma com entenem el món, resulta ineludible entendre com es verbalitzen i concreten les experiències de disseny i implementació de projectes. Entendre el significat que donen a aquestes experiències

implica sovint mètodes com entrevistes llargues i poc estructurades, anàlisi documental en fonts i formats diversos, etc.

A continuació es presenta com es desenvolupen el context empíric, els mètodes de recollida i anàlisi de dades per als objectius de recerca 1 i 2.

3.2. Disseny metodològic per a l'objectiu 1

La metodologia presentada per aquest capítol té un marcat anàlisi del contingut al centrar-se en les formes en què el professorat transmet les seves idees i significats més enllà dels que s'expliciten (Cohen, 2018). Amb aquest plantejament de recerca, emmarcat en un enfocament qualitatiu-interpretatiu, es realitza una anàlisi del contingut del discurs del professorat de ciències que implementa actualment projectes STEM.

3.2.1. Context de l'estudi i selecció de participants

La selecció del professorat participant per realitzar aquest estudi pertany a la comunitat de professors/es d'educació secundària de ciències que dissenya i implementa projectes de l'àmbit STEM. El professorat és partícip del canvi educatiu actual que s'esdevé al territori català i que es manifesta en consecutius actes educatius (Xarxa de Competències Bàsiques, 2016, 2017a, 2017b, 2018). Aquesta comunitat de professorat és la que defineix la població d'estudi d'aquesta recerca ja que permet entendre tant el canvi metodològic cap a l'ABP com el propi disseny i implementació de projectes STEM als centres escolars des de la perspectiva del professorat de ciències.

D'aquesta comunitat de professorat, es va seleccionar a conveniència 6 professors i professores que fossin referents en innovació didàctica i que estiguessin implicats en el disseny i implementació de projectes STEM al seu centre. Concretament, els criteris de selecció que compartien els 6 professors/es participants van ser:

1. Tenir més de 10 anys d'experiència en la docència d'assignatures de l'àmbit científicotecnològic en educació secundària.
2. Haver dissenyat i/o implementat projectes escolars STEM a educació secundària.
3. Haver participat en grups i/o congressos d'innovació didàctica.

La mostra comprèn professors/es d'instituts majoritàriament públics (5) de la província de Barcelona, concretament ubicats a les poblacions de Granollers, Cornellà de Llobregat, Sant Cugat del Vallès, Matadepera, i Barcelona.

Procediment de recollida de dades

L'estratègia de recollida de dades s'ha portat a terme a partir d'entrevistes semiestructurades realitzades durant l'any 2017 als 6 professors/es participants. Es creu que aquest mètode de recollida és especialment convenient per la metodologia plantejada donat que permet aprofundir en les experiències del professorat participant i explorar en profunditat el significat que se'ls atorga. A la vegada, el format semiestructurat de les entrevistes permet

enfocar la mirada cap a punts d'interès concrets per als quals es poden obtenir respostes ben desenvolupades.

La preparació del disseny de l'entrevista es va realitzar a partir una revisió de la literatura per identificar potencials àmbits rellevants pel professorat sobre els projectes STEM. Concretament, es van incorporar preguntes al voltant de diferents elements vinculats a: 1) la metodologia ABP: el context, l'acció, l'avaluació, gestió dels projectes; i 2) les formes de concebre i fomentar l'ensenyament de les ciències: importància dels continguts, estratègies d'ensenyament-aprenentatge incorporant pràctiques científiques, etc.

Les preguntes es van dissenyar amb un plantejament parcialment obert, possibilitant que els participants desenvolupessin cada resposta d'acord amb la importància que li atorguessin a cada pregunta. L'estructura de l'entrevista es va dividir en tres blocs:

- A. Introducció de la temàtica i valoració inicial. S'introdueix l'objectiu de l'entrevista al participant i se'n demana una valoració inicial a partir de preguntes guia com:
- *En contrast amb altres metodologies, ensenyaments... Quina importància rep aquesta metodologia al seu centre?*
 - *En els projectes que fa /coneix, quines disciplines diferents hi participen?*
- B. Exploració dels elements de disseny vinculats a elements ressaltats a la literatura. Es fan preguntes en relació a la percepció de diferents elements del disseny de projectes STEM indicats anteriorment. Aquestes preguntes fan referència a aspectes com quines idees clau s'incorporen al projecte, quines preguntes guia s'incorporen, com s'incorporen diferents pràctiques de la ciència... entre altres temes rellevants. S'incorporen preguntes guia com:
- *Què entén quan es parla d'un projecte d'àmbit científicotecnològic?*
 - *Quin seria un projecte d'àmbit bo? Com són els projectes que creu que no ho són? Podria posar-me un exemple?*
 - *Creu que el treball per projectes permet adquirir i aplicar idees científiques clau? Quines estratègies creu adequades?*
 - *Dintre de les maneres d'ensenyar Ciència, quin paper té la indagació i l'argumentació?*
 - *Quins contextos seleccionen en els seus projectes? Quina funció tenen?*
 - *Com podem fer perquè els projectes no siguin només una activitat escolar?*
 - *Quin és l'objectiu pels alumnes del projecte? Què se'ls demana fer?*
 - *Els docents mostren preocupació respecte a com avaluar els projectes. De quina forma ho fa/ ho feu al seu centre?*
- C. Reflexió final. Després de revisar els potencials elements dels projectes STEM, es demana una valoració final dels seus principals avantatges i inconvenients.
- *Havent parlat sobre com entén l'aprenentatge per projectes, quins creu que són els seus principals avantatges respecte altres metodologies? I les seves dificultats?*

Els participants van ser contactats per correu electrònic, informant-los de l'objectiu de l'entrevista i demanant el consentiment per ser enregistrada i utilitzada per a fins acadèmics.

Les entrevistes es van desenvolupar en llocs a conveniència dels participants i van tenir una duració d'entre 1h i 1h 30 min, que van ser enregistrades en àudio. Cada gravació va ser transcrita en documents de text que posteriorment foren incorporats i analitzats a través del software Atlas.ti (v. 8).

3.2.2. Anàlisi i representació de dades

Per analitzar les entrevistes, es va fer una transcripció rigorosa d'aquestes i, quan era necessari, l'entrevistador afegia comentaris clarificadors que incorporessin informacions no verbals. Per a realitzar l'anàlisi del text transcrit de les entrevistes es van reduir i codificar les entrevistes mitjançant una estratègia inductiva-deductiva. En aquest tipus d'estratègies d'anàlisi, es parteix i reconeix la influència de categories preexistents a la literatura (Gläser & Laudel, 2013) a la vegada que aquestes es veuen modificades i reorganitzades per les dades analitzades. En aquest context de recerca, l'entrevista dissenyada incorpora elements clau per a l'ensenyament de les ciències i l'ABP (com poden ser l'autenticitat dels contextos, les preguntes guia dels projectes, les opcions de decisió de l'alumnat, les formes de regular l'aprenentatge, la forma d'incorporar la indagació i com s'entén, etc). Durant l'entrevista el professorat va donar menor o major importància als diferents elements configurant la seva forma d'entendre els projectes STEM. En aquest procés els diferents temes i subtemes que ressalten els participants s'estructuren i agrupen en diferents categories d'anàlisi que acaben conformant uns grans àmbits que caracteritzen els projectes STEM. Per cada àmbit s'assenyalaren diferents aspectes i subaspectes que els conformen.

Les unitats d'anàlisi d'aquesta recerca es concreta a nivell de frases o fragments de paràgrafs que es conformen com unitats de significat independents. Aquestes unitats d'anàlisi es vinculen a dominis d'anàlisi majors i que agrupen diferents categories del mateix àmbit. A través d'aquest procés es van acabar identificant tres nivells d'organització de les categories.

En primer lloc es presenten sis **àmbits** que representen l'agrupació més general i influenciada per la teoria. Cada àmbit integra diversos **aspectes i subaspectes** que el caracteritzen segons la importància que li atorga el professorat participant. Finalment el professorat mostra diferents formes de **concretar els aspectes** als que donen importància i que conformen el tercer nivell d'organització de les categories.

A mode d'exemple, a la Taula 4, es presenta una secció de l'àmbit de Continguts on s'aprecien els aspectes que fan referència a la selecció de continguts de ciències en els projectes STEM. Per a cada tipus de contingut que selecciona el professorat també s'identifiquen diferents formes de concretar-se.

Taula 4. Categories vinculades a l'àmbit de Continguts a l'aspecte de Selecció de Continguts de i sobre ciències i al sub-aspecte teòrics en relació a les entrevistes del professorat participant.

| Aspecte | Sub-aspecte | Concreció del (sub-) aspecte | Prof. f. | Exemple |
|--|-----------------|---|---|--|
| Selecció de continguts de i sobre ciències | Teòrics | Específics del context o conceptes aïllats | P3, P2 | <i>Abir, per exemple, vam estar parlant de la llei de Hook amb el tema dels cabells humans. Clar, llavors la gent al·lucinava... Diu: "ostres! hi ha un concepte... hi ha una relació entre aquestes variables...". Parlo [d'alumnes] de 2n de la ESO amb això. És el dia a dia, vam partir d'una goma elàstica i un cabell com a punt de partida. El concepte plàstic i el concepte elàstic. No cal que aprenguin grans idees sinó les que siguin més properes a ells perquè jo crec que es la manera d'apropar-los amb aquesta qüestió de recerca del projecte. P3</i> |
| | | Estructurats en idees clau o models científics escolars | P1, P5, P2, P4 | <i>Nosaltres pensem que amb 10 coses tenen suficient. Per exemple l'aigua: la importància de l'aigua com, com a biomolècula, etc. com diferents models. No hem donat cap importància a les parts de la cèl·lula que això ho marca parlem que a primer es que per exemple dir la mitocondria.. no és gens important però sí que es important que marca que un ésser viu que ha de tenir per ser viu i com a unitat perquè és tan important. P5</i> |
| | Procediment als | Basats en tècniques procedimentals | P3, P2, P4 | <i>Hem de trobar un equilibri entre diferents tipus de continguts i aquí anirien també els de procediments i habilitats, és a dir, fer servir el material de laboratori i fer anar l'ordinador fins i tot. [...] Aprendre a fer anar al microscopi és un objectiu o si vols un contingut procedimental, què és interessant pels alumnes que tinguin. P2</i> |
| Basats en pràctiques d'observació, validació de resultats, formulació d'hipòtesi, etc. | | P6, P5, P1 | <i>en una aula de ciències, en un projecte de ciències ha d'haver sempre sempre sempre continguts com ara saber fer-se preguntes, saber formular hipòtesis, saber contrastar aquestes hipòtesis, saber identificar variables. [...] Amb el TG del bosc vam estudiar com influeix la llum amb la germinació de les llavors. Llavors, clar, cada grup elaborava les seves hipòtesis i a partir d'aquí proposava un experiment. Per tant estaven molt centrats amb el tema de quina era la pregunta i quines eren les seves hipòtesis. Allà va ser on va sorgir per primera vegada encara que sigui sense nom, el concepte de variable dependent i independent. P6</i> | |

A partir d'aquesta primera anàlisi es van identificar diferents interaccions entre els diferents àmbits, aspectes i les seves formes de concretar-se. Aquestes interaccions es van interpretar

com a tensions didàctiques que van permetre el plantejament i anàlisi del subobjectiu 1.2., que implica la identificació de tensions didàctiques que emergeixen en el disseny i implementació de projectes STEM.

A la Figura 1, s'il·lustra aquest procés on s'aprecien, en majúscula, categories de caràcter deductiu i més lligades als principals àmbits caracteritzadors dels projectes STEM i, en minúscula, categories de caràcter inductiu i més lligades a referències directes de les entrevistes.

Categorías generales (de carácter más deductivo/teórico)

- Códigos (45)
 - ACCIÓN 27
 - alternança de treball en grup... 2
 - aprofitar fenòmens 1
 - AVALUACIÓ 18
 - Avaluació externa 1
 - avaluació formativa 3
 - avaluació qualificadora múltiple 4
 - canvi en el model de examen 3
 - Col·laborar amb experts 1
 - Combinar amb altres metodol... 3
 - Coneixement tentatiu 1
 - confusió d'objectius de proje... 1
 - consens en les formes d'aval... 2
 - CONTEXT 59
 - Contextos quotidians 3
 - CONTINGUTS 71
 - dificultats d'identificar neces... 1
 - eina de construcció de cone... 1
 - estructuració de l'espai 1
 - Externalitzar l'encàrrec 1
 - fidelitat a l'avaluació dels obj... 2
 - FINALITATS 49

Categorías específicas (de carácter más inductivo)

aprenen molt però no les fas perquè no encaixen en el projecte o de vegades les finques amb calçador... llavors és com una mena de bolet. Llavors té avantatges i inconvenients, suposo que ara anirem parlant, tampoc t'ho diré tot ara, ja anirà sortint.

Quan es parla en concret els projectes de àmbit científic tècnic i dels projectes STEM tu exactament què entens?
 Bueno pues... projecte on hi ha ciències mates i tecnol; ara alguns projectes estan incorporant la A de artístic també... perquè... artístic en el sentit no estètic sinó creatiu perquè crees un producte. El procés tecnològic és creatiu i el procés científic també, llavors jo veig la A més com la creativitat i no tant l'estètica de l'art... en el meu centre fem interdisciplinars que comprenen STEM i Geografia i Història, és a dir, ciències socials. I sempre ens costa de trobar... hi ha projectes que encaixen molt bé les socials amb el projecte i en altres que no. Per exemple, a primària estan junts, és com l'entorn, i l'entorn és social i naturals, però no està tan clar, perquè el producte final orienta molt cap a fer servir la Tecno i les Ciències i no tant els coneixements d'Història i Geografia.

El tema projecte és: tenim un producte final, un encàrrec i què necessito aprendre jo per satisfer l'encàrrec, doncs molt sovint no és saber geografia i història, més enllà de ser una persona culta... i és un dels dilemes.

Però dins del projecte científic-tècnic creus que totes les disciplines tenen el mateix pes?
 Segurament no, depenent del producte que vulguis elaborar o del objectiu que tinguis, una potser marca més el fil conductor i les altres aporten, fan petites aportacions. Pensant en exemples concrets, nosaltres vam fer un a la Fira del riu Llobregat on la Tecno es va reduir en fer una maqueta. O... no sé, ara hem fet un de robòtica on la Tecno era el fil conductor i potser la física l'hem fotut allà una mica com un bolet, té coses de física, però realment no són necessàries per construir un robot però no estaven relacionades. En canvi la química no encaixava gens, Biologia tampoc, ni de Geologia, de fet em preocupa que la Geologia encara, de moment, no han fet cap projecte on surti i això és un dels perills del treball per projectes De dir, sí, hi ha idees clau que pensem que tothom ha de saber, però no trobem el projecte on surti per no fer un projecte només geologia.

Podries posar un exemple d'un projecte d'àmbit científic fort i dir més o menys quines característiques té perquè sigui així, que hagi portat a terme...
 Bueno jo no tinc molta experiència en projectes d'àmbit, jo el que més havia fet eren projectes de química, petits, curts perquè els feia en un context de matèria curricular clàssica llavors tens dos o 3 hores a la setmana i tampoc et pots dilatar molt. Però lo ideal lo ideal és quan l'encàrrec que t'ú els hi fas, requereix aprendre coses noves. No és només jugar a peces i muntar. Perquè moltes vegades quan estan la taller munten i juguen seguint consignes del professor però depenen de com, moltes vegades no saben perquè ho munten així o perquè no fer-ho d'una altra manera perquè, el tema de l'autonomia és una tema delicat en els projectes però interessant, quanta autonomia els hi dones quanta no, però... interessant és quan les disciplines estan interrelacionades, quan realment necessites de totes les disciplines per resoldre l'encàrrec i quan s'aprenen continguts diversos i s'exerciten competències diverses. Aleshores aquí es tractaria de veure tots els projectes que et penses per l'escolaritat obligatòria, si s'han treballat totes les competències i continguts que un

Figura 1. Captura de la interfície del software Atlas.ti on s'han analitzat les entrevistes del professorat participant per al desenvolupament de l'objectiu 1. En la imatge s'indiquen dos tipus de codis que s'han utilitzat durant el procés inductiu-deductiu d'anàlisi del contingut.

Identificació de tensions didàctiques a les entrevistes amb el professorat

La metodologia utilitzada per analitzar les tensions que es manifesten en les entrevistes, va implicar també un anàlisi del contingut d'aquestes. En aquest procés es van seleccionar aquells fragments d'entrevista on el professorat plantejava diferents raonaments que justificaven dedicions sobre el disseny i implementació de projectes STEM que implicaven prioritzar certs dels elements caracteritzadors dels projectes STEM resultants de l'objectiu de recerca 1.1 en detriment d'altres. Per fer aquesta selecció i codificació de fragments es van considerar diferents criteris d'anàlisi:

1. Es va entendre que emergeix una tensió quan el professorat manifestava en forma de dificultats o prioritats en el disseny o implementació de projectes davant la possibilitat d'incorporar diversos àmbits o aspectes caracteritzadors dels projectes STEM.
2. Per afirmar que emergeix una tensió, s'ha d'identificar en la majoria d'entrevistes diferents formes de com aquella tensió es pot posar de manifest (a vegades prioritzant uns àmbits i aspectes per certs professors/es, a vegades prioritzant altres

àmbits o aspectes per altres professors/es. Inclús un mateix professor/a que prioritzi diferents àmbits en diferents projectes).

3. Per identificar l'emergència d'una tensió didàctica s'ha de fer ús d'unitats d'anàlisi llargues (paràgrafs) que permetin identificar relacions més complexes entre dos o més aspectes o àmbits.
4. Per cada tensió didàctica identificada, també s'identifica com el professorat aborda aquesta tensió en els seus projectes.

A continuació es presenta un petit exemple de com s'han identificat aquestes tensions didàctiques en el discurs del professorat participant a través del següent segment d'entrevista del professor P2:

Per exemple, quan el producte final és un robot, quina indagació pots fer que sigui necessària per fabricar el robot? Difícil, difícil d'encaixar-ho... Clar, jo he fet indagacions mini de dir: "Doncs anem a indagar per què... no se... perquè els glaçons... perquè un es fon més ràpid que un altre està embolicat" Això és indagar perquè els alumnes fan les seves hipòtesis i després fan un experiment on llavors es pregunta si el ninot de neu es fon per culpa de la jaqueta que porta... Això és indagar, però això està relacionat amb la construcció del robot? Doncs no. Era necessària per la construcció del robot? Quin és l'únic pont? Doncs l'únic pont és que van dir que els robots tenen sensors i un dels sensors mesuren la temperatura i llavors anem a parlar de temperatura...

En aquest fragment representa un petit exemple de com P2 relaciona les dificultats del disseny de projectes STEM a dos aspectes clarament identificables (marcats en groc): la pràctica de la indagació com una pràctica científica que vol incloure en els projectes, i la construcció d'un robot com una manifestació de l'acció final del projecte.

En aquest cas, la incipient tensió identificada es resol amb la inclusió de pràctiques d'indagació, tot i que siguin parcialment inconnexes amb l'acció de construir el robot. (color verd).

Aquest exemple del fragment d'entrevista de P2 resulta un exemple il·lustratiu dels elements necessaris per identificar una tensió. Tot i així, i amb els criteris que hem presentat per identificar l'emergència d'una tensió didàctica, amb aquest fragment només podríem intuir l'emergència d'una tensió incipient que serà consolidada en l'anàlisi al manifestar-se de formes diverses per la resta de participants entrevistats. Per exemple, P1 comenta:

Si en un projecte STEM, per exemple, volem construir un transistor, no descobrirem per indagació una cosa que es diu ones de ràdio sinó que algú ho instrumentalitzarà i ho utilitzarem per resoldre un objectiu extern a aquest aprenentatge. [...] T'has de decantar per una cosa o per l'altre, si has fet una activitat d'indagació, la següent hauria de ser per projectes. [...] Si que es veritat que tu en un projecte pots incloure una activitat d'indagació però ho veig com expandir molt el temps.

En aquest fragment emergeix la mateixa tensió entre realitzar una acció [construir un transistor] i realitzar una pràctica d'indagació [indagar sobre les ones de ràdio]. Tot i així, l'emergència d'aquesta tensió es complexifica, ja que implica la interpretació de l'entrevista

en diferents moments per poder donar sentit als diferents fragments i entendre'ls com a part d'una tensió similar a la que es presenta inicialment per P2. Per exemple, en aquest darrer cas, la paraula “projecte” s'utilitza en certs moments de forma equivalent a “l'acció del projecte” com s'indica en subratllat, i que es contraposa clarament amb la pràctica d'indagació.

És en l'anàlisi combinat de les diferents entrevistes que es corrobora l'emergència de cadascuna de les 4 tensions didàctiques identificades.

3.3. Disseny metodològic per a l'objectiu 2

Dintre del primer estudi, es planteja el segon objectiu d'aquesta tesi doctoral i que s'enfoca des de la perspectiva del disseny (Guisasola et al., 2021). En aquest apartat, es descriuen i argumenten el conjunt d'activitats que porten al desenvolupament d'un producte clau d'aquesta recerca: la rúbrica STEM ABP.

La construcció i validació de la rúbrica STEM ABP obre un debat recurrent en Didàctica de les Ciències sobre el rol dels instruments i seqüències didàctiques en el marc d'una investigació. En la discussió amb diferents experts de l'àmbit, aquests reconeixen el valor de la rúbrica STEM ABP, que transcendeix als propòsits merament metodològics i l'identifiquen també com un resultat o producte d'aquesta. D'acord amb aquestes visions, es vol posar l'èmfasi en l'instrument com a producte clau d'aquesta tesi doctoral, identificant-lo com un objectiu de recerca per al disseny i que porta implícit identificar els nivells de millora en què els projectes STEM poden ser trobats i caracteritzats.

3.3.1. Context de disseny i participants

S'entén i descriu el desenvolupament d'aquesta rúbrica com un procés de co-construcció entre els tres autors d'aquesta recerca i el grup de recerca i innovació Llenguatge i Ensenyament de les Ciències (LIEC) al qual pertanyen.

El grup LIEC ha estat involucrat en el desenvolupament i operativització del marc teòric de l'ACE, presentat al punt 2.2, i està compost per diferents acadèmics en didàctica de les ciències i professorat d'educació secundària. Les reunions mensuals del grup de recerca van ésser l'escenari per la generació d'un panel d'experts que desenvolupessin i validessin la rúbrica STEM ABP.

Els 20 participants d'aquest procés de disseny es conformava de 5 docents d'educació secundària, 6 investigadors en didàctica de les Ciències i 9 persones amb un perfil mixt (docent i investigador). El conjunt de participants del grup LIEC es va considerar com un panel d'experts idoni per al desenvolupament d'aquesta tasca per diferents criteris: 1) l'experiència docent de més de 10 anys en una o varies disciplines STEM, i /o 2) el desenvolupament de recerques reconegudes en l'àmbit de Didàctica de les Ciències i/o de l'enfocament STEM. A més, el grup de recerca LIEC ha participat i té tradició en

involucrar-se en aquests processos de construcció d'instruments (Ferrés, 2017, Pau, 2019, Domènech, 2018; Moraga 2020).

Durant el procés de construcció i validació de la rúbrica també es van seleccionar i avaluar dos projectes STEM escollits pels membres del grup LIEC pel seu prestigi i/o reconeixement per altres agents educatius. El primer projecte que s'ha avaluat és el projecte *Natusfera Biodiversity Congress*, dissenyat i implementat a alumnes de 1r d'ESO (12 anys) i que incorpora competències de l'àmbit científicotecnològic i matemàtic així com competències transversals (personals i digitals). El repte que planteja el projecte és participar d'un congrés científic presentant la recerca realitzada sobre la biodiversitat d'un ecosistema proper al centre escolar. Aquest projecte ha estat premiat per la MSchools 2018 i els seus materials estan disponibles al portal web:

<https://sites.google.com/salasixandri.cat/natusferabiodiversitycongress2/home?authuser=0> (data darrera visita 30 de març de 2021).

El segon projecte que va ser avaluat durant la construcció de la rúbrica STEM ABP és el projecte *Nosaltres t'informem: tu tries*, dissenyat i implementat a alumnes de 3r d'ESO i 1r de Batx (14-17 anys) i que incorpora competències de l'àmbit científicotecnològic, lingüístic i matemàtic així com competències transversals (personals i digitals). El repte que planteja és crear una campanya informativa sobre l'ús de medicaments homeopàtics a la població del barri. Aquest projecte ha estat dissenyat pel grup Scientia Ombibus de l'Institut de Ciències Educatives de la Universitat Autònoma de Barcelona i els seus materials estan disponibles al portal web: <https://sites.google.com/salasixandri.cat/nosaltres-tinformem-tu-tries/producte-final?authuser=0> (data darrera visita: 30 de març de 2021).

3.3.2. Construcció i revisió iterativa de la rúbrica STEM ABP

El procés de co-construcció de la rúbrica STEM ABP es va portar a terme durant tres reunions del grup LIEC corresponents a les sessions del 7 de novembre de 2018, 12 de desembre del 2018 i 5 de febrer del 2019. Cada sessió té una duració de 2h i va ser gravada en àudio i transcrita en acta. Per a cada sessió es van recollir notes sobre documents utilitzats així com les avaluacions dels projectes presentats. Es distingeixen dues fases en aquesta construcció que contempen: 1) una fase de consens i familiarització amb els indicadors de la rúbrica (corresponent a la 1a de les sessions - novembre del 2018) i 2) una fase que comprèn dos cicles iteratius de refinament de l'instrument a partir de la seva aplicació en els dos projectes presentats (corresponent a la 2a i 3a sessió - desembre 2018 i febrer 2019).

Fase 1- Revisió i consens d'indicadors d'avaluació de projectes STEM des de la perspectiva ACE

La preparació per la primera sessió va implicar la construcció d'una primera pre-rúbrica, (pre-rúbrica 1) a partir de la visió del professorat sobre l'ABP explorada en l'objectiu 1 de la tesi. Aquesta pre-rubrica 1 va ser dissenyada combinant la revisió de la literatura sobre

ABP en l'àmbit CT i resultats empírics del primer objectiu per tal d'usar-la com a constructe base de discussió durant la sessió.

Durant la sessió es van realitzar tres tasques:

1. Discussió i consens sobre la definició de la metodologia ABP. Es va presentar una definició teòrica d'acord amb Krajcik and Shin (2014) i Hasni et al. (2016), sobre els elements que caracteritzen l'ABP en la recerca. A continuació, es van discutir i matisar les definicions en el context educatiu català fent èmfasi en aspectes propis del marc ACE (on es destaquen aspectes com l'aprenentatge contextualitzat, l'avaluació formadora, etc). La funció d'aquest primer pas va facilitar identificar els elements clau necessaris per millorar un projecte STEM.
2. Presentació de la pre-rubrica 1. L'autor d'aquesta recerca va presentar la pre-rúbrica 1 que s'estructura en tres preguntes clau: per a què, què i com realitzar/dissenyar projectes de ciències en contextos STEM. Aquesta pre-rúbrica 1 a la vegada va ser dividida en sis àmbits: Finalitats, Continguts, Context, Acció, Pràctiques científicotecnològiques i Avaluació, en un total de 14 criteris distribuïts entre aquests àmbits. Cada participant de la sessió va disposar d'una còpia per poder fer-ne anotacions a conveniència.
3. Discussió i consens d'indicadors d'avaluació de la pre-rubrica 1. Es va generar un debat obert sobre els diferents àmbits que conformen la pre-rúbrica 1 per la qual es van sol·licitar suggerències a diferents nivells. Primerament, es va discutir l'adequació dels diferents indicadors per cada àmbit que estructurava la pre-rúbrica. A continuació es van proposar nous criteris que afinessin l'avaluació de projectes STEM, i finalment, es van discutir com es concreten alguns dels nivells de sofisticació d'aquests criteris. Per nivells de sofisticació, s'entén que són cadascun dels possibles nivells de resultat en què es pot concretar l'avaluació de cada indicador.

A la finalització d'aquesta sessió, es van recollir les diferents anotacions sobre els documents facilitats de les pre-rubriques i es van recopilar totes les aportacions orals per incloure-les en una versió millorada que es va anomenar pre-rúbrica 2. Aquesta nova versió va suposar la incorporació de dos àmbits (conformant finalment 8 àmbits) vinculats a aspectes propis de la metodologia ABP com són l'ús de recursos TIC i la regulació treball cooperatiu.

Fase 2- Iteració 1 i 2 de la rúbrica STEM ABP

La segona fase va implicar la revisió, aplicació i validació de la pre-rúbrica 2 fins a obtenir-ne la versió final. En la primera de les dues sessions d'aquesta fase 2 es va aplicar la pre-rubrica 2 al projecte *Natusfera Biodiversity Congress* obtenint una versió millorada de l'instrument que anomenem pre-rúbrica 3. Durant la segona sessió d'aquesta fase 2, la pre-rubrica 3 va ser usada per avaluar el projecte *Nosaltres t'informem: tu tries*, obtenint la versió

definitiva de l'instrument: rúbrica STEM ABP. Cadascuna d'aquestes sessions de la segona fase va implicar un cicle iteratiu d'activitats que es presenten a continuació:

1. Coneixement del projecte STEM. Les dues sessions pertanyents a la fase 2 es van iniciar amb la descripció dels projectes STEM indicats. Ambdós projectes comparteixen que han estat implementats en centres educatius i presenten un reconeixement social i/o educatiu com s'ha descrit anteriorment. La descripció dels dos projectes, *Natusfera Biodiversity Congress* i *Nosaltres t'informem: tu tries*, van ser presentats oralment, el primer, per l'autor de la recerca i, el segon, per una de les docents i dissenyadores del projecte. Ambdues presentacions dels projectes es van realitzar amb la intencionalitat d'evitar interpretacions sobre el projecte que poguessin influir l'avaluació dels participants.
2. Ús de la pre-rúbrica 2 per l'avaluació del projecte. En la primera sessió d'iteració de la pre-rúbrica 2, els participants es van agrupar en cinc grups de 3 o 4 persones per tal d'avaluar el projecte STEM de forma consensuada. En el procés, els participants podien fer anotacions, aclariments i justificacions sobre una versió escrita de la pre-rúbrica 2 a la vegada que avaluaven el projecte STEM. Aquesta avaluació consistia en reconèixer en el projecte els elements que ajudaven a identificar-lo en un dels 4 nivells de sofisticació descrits a la pre-rúbrica 2 per a cada criteri que comprenia. Els participants van tenir accés continuat als materials del projecte durant aquests pas en format digital. Per a la interpretació global de les avaluacions dels cinc grups de participants, el nivell de sofisticació de cada criteri es van presentar en un gràfic radial on es mostraven els criteris amb major i menor grau de sofisticació mitjana (Figura 2). En la segona sessió d'iteració de la pre-rubrica 3, l'avaluació del segon

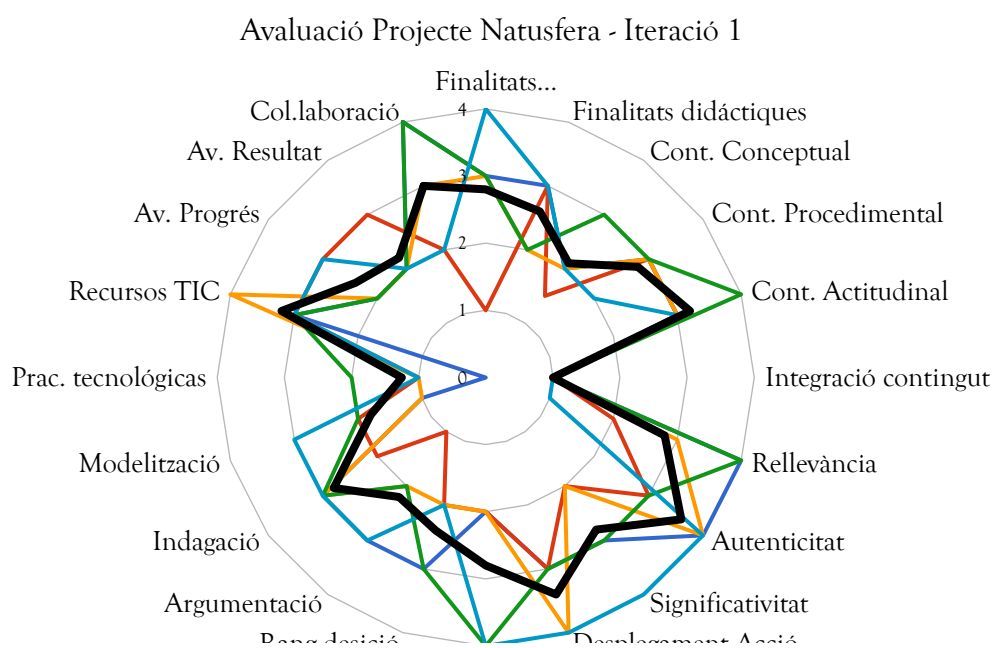


Figura 2. Representació dels resultats de l'avaluació del projecte *Natusfera Biodiversity Congress* pels 5 grups de participants de la Iteració 1. La línia negra indica la puntuació mitjana de les valoracions dels indicadors presents.

projecte es va realitzar de forma individual per cadascun dels 20 participants, representant els resultats de forma homòloga (Figura 3).

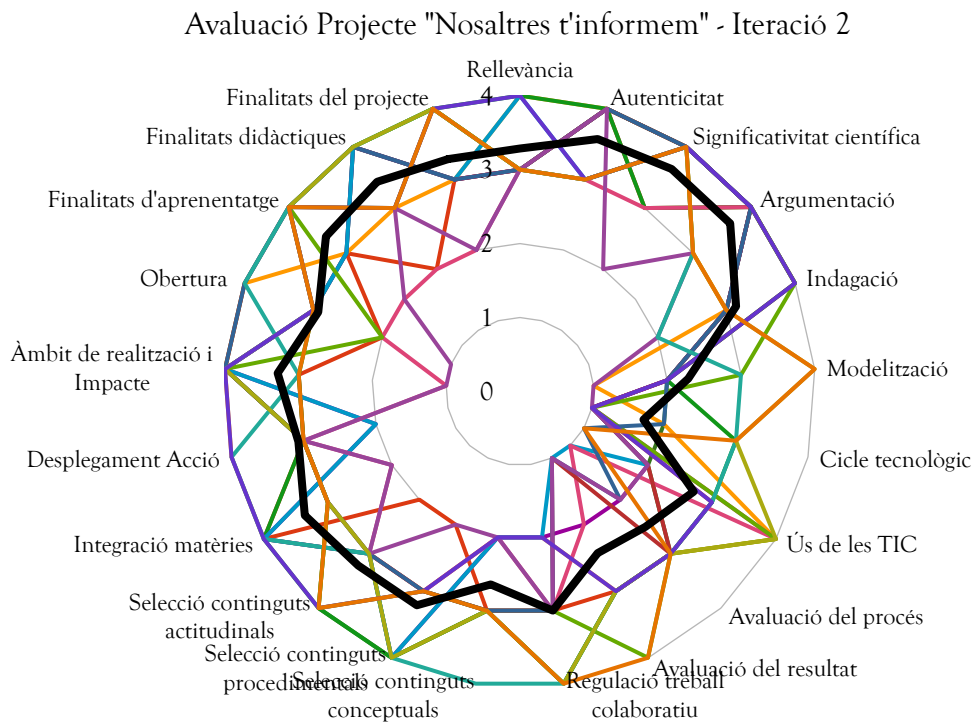


Figura 3. Representació dels resultats de l'avaluació del projecte Nosaltres t'informem tu tries pels participants de la Iteració 2. La línia negra indica la puntuació mitjana de les valoració dels indicadors presents.

3. Avaluació de la pre-rubrica (2 i 3). Després de l'avaluació del projecte STEM, es va generar un debat obert sobre el projecte (on es van analitzar la informació sobre el nivell de sofisticació dels diferents indicadors avaluats) i com la pre-rúbrica podia modificar-se i refinar-se per caracteritzar la millora del projecte STEM analitzat.
4. Consens i aplicació de canvis. Al final de les dues sessions de la fase 2, els diferents documents, gravacions i gràfics eren utilitzats per recuperar les reflexions i suggerències dels participants i incorporar-les en el refinament de les pre-rúbriques 2 i 3 respectivament.

La versió final obtinguda de la rúbrica STEM ABP es presenta com el resultat d'un objectiu de disseny que ha estat validat a nivell de contingut internament pel panel d'experts implicat. L'instrument final compren vuit àmbits d'anàlisi que incorporen 21 indicadors d'anàlisi i millora dels projectes STEM. El procés de disseny també ha estat validat externament per diferents revisors externs implicats en l'avaluació de l'article on es publica aquest instrument (Pérez-Torres, Couso, Márquez, 2021).

3.3.3. Esquema de la metodología del disseny de la rúbrica STEM ABP

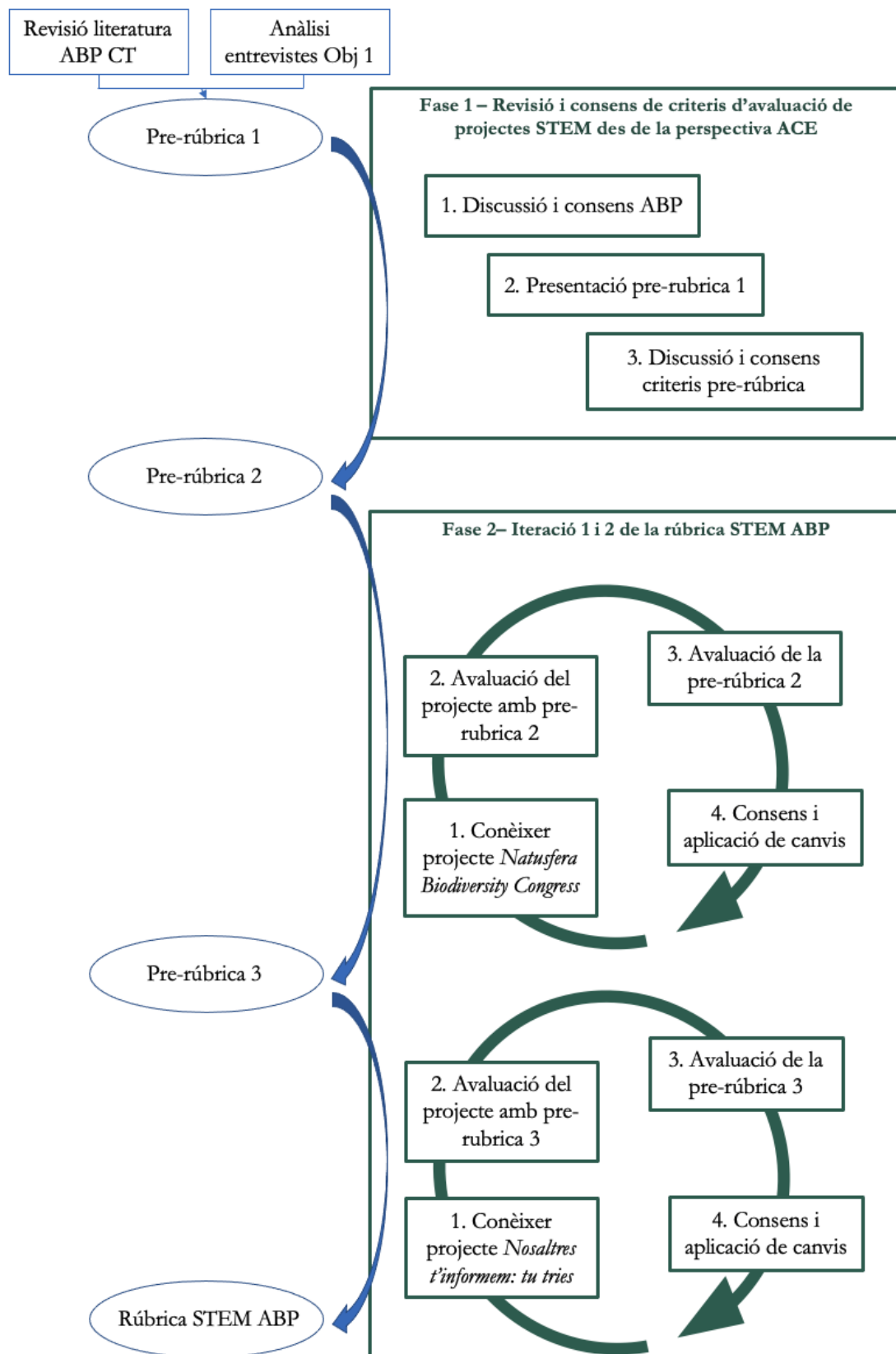


Figura 4. Esquema del procés de disseny de la rúbrica STEM ABP. En verd es destaquen les activitats realitzades pel panel d'experts del grup LIEC. En blau es destaquen els productes parcials del procés (Pérez-Torres et al., 2021).

4

Resultats i discussió del primer objectiu de recerca – Estudi 1

En el anterior Capítol 3, s'ha descrit la metodologia d'aquesta anàlisi, on el professorat participant va ésser entrevistat en relació a: a) àmbits clau de l'ACE (la importància del context, les formes d'avaluar, participar de la construcció de coneixement, etc); b) la metodologia ABP (Acció, Integració de continguts, exemples de dissenys de projectes, etc) i c) exemples de projectes dissenyats i implementats al seu centre. L'anàlisi del contingut d'aquestes entrevistes van donar lloc a una primera caracterització descriptiva de com es concretaven aquests àmbits des de la perspectiva de sis professors/es. Aquest primer nivell d'anàlisi va portar també a la identificació de formes antagòniques en les que es concretaven aquests àmbits i on el concepte de tensió didàctica (Haglund & Hultén, 2017; Kapon et al., 2018) resulta útil per donar explicació a les interaccions entre aquestes diferents formes de concretar els anteriors àmbits de disseny de projectes STEM. En aquest capítol es presenten els resultats i la discussió en relació a:

- 1) El principals àmbits de disseny dels projectes STEM d'acord amb la visió del professorat que els dissenya i implementa.
- 2) Les tensions didàctiques que s'identifiquen en el disseny i implementació de projectes STEM i les principals formes d'abordar-les pel professorat implicat.
- 3) La identificació i discussió d'una tensió didàctica estructural.

4.1. Àmbits de disseny dels projectes STEM

En el desenvolupament de les entrevistes, al professorat participant se'l va preguntar per diferents aspectes que apareixen recurrentment en la literatura en relació als projectes STEM, com ara l'autenticitat del producte final, les oportunitats de decidir dels alumnes, el desenvolupament competencial, etc. Al llarg de la entrevista el professorat va concretar les seves visions, creences, experiències i/o idees sobre aquests diferents aspectes, fent-ne èmfasi en alguns i fent emergir nous aspectes sobre els que no s'estava preguntant. L'anàlisi del contingut de les diferents idees i visions referides a les entrevistes van possibilitar identificar diferents aspectes que es poden organitzar en 6 àmbits principals del disseny de projectes STEM, i que emergeixen en les converses sobre els mateixos. Aquests sis àmbits que agrupen les principals aportacions del professorat s'han anomenat com: Àmbit de Finalitats, Àmbit de Continguts, Àmbit de Contextualització, Àmbit d'Acció, Àmbit de Participació en Pràctiques Científicotecnològiques i Àmbit d'Avaluació (Taula 11).

Àmbit de Finalitats

El conjunt del professorat participant va ressaltar diferents finalitats per tal de justificar l'ús de projectes STEM. Comentaris com els del participant P1: *es persegueix que l'alumne agafi molt més protagonisme, s'intenta que siguin accions o productes on l'alumne pugui planificar en la decisió*" (finalitat competencial: decidir autònomament) o el participant P2: *han de conèixer i haver treballar tal situacions on la ciència és rellevant però a la vegada han d'entendre com la ciència funciona i com a ciència sap el que sap*, (finalitat de coneixement de Ciència i sobre Ciència) mostren la diversitat de finalitats, ja que P1 emfatitza destreses d'organització, que són rellevants per l'alfabetització en diferents àmbits, mentre P2 ho fa en aspectes més específics la construcció del coneixement científic, que s'integren i fomenten el disseny i implementació de projectes STEM (Taula 5).

En relació a aquests dos exemples, el conjunt del professorat parla de finalitats que poden estar més lligades al desenvolupament de competències científiques, com són l'aplicació i construcció del coneixement científic (com mencionava P2). Per altra banda, gran part dels participants (4/6) també identifiquen finalitats lligades al desenvolupament de competències de caràcter transversal, que es concreta mencionant la voluntat de fomentar el desenvolupament habilitats del segle XXI (creativitat, comunicació, aprenentatge autònom, etc) i a exposar a l'alumnat a entorns interdisciplinaris i reals (com mencionava P1).

Taula 5. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit de Finalitats.

| Aspecte | Sub-aspecte | Concreció de l'aspecte | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | |
|-----------------------------|---------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|-----|
| Finalitats | | | | | | | | | |
| Moblització de competències | Competències científiques (6/6) | Aplicació coneixement científic | x | | | x | x | x | 4/6 |
| | | Construcció de coneixement científic | x | x | x | | x | x | 5/6 |
| | Competències transversals (4/6) | Treball en entorns interdisciplinaris i reals | x | | | | | x | 2/6 |
| | | Habilitats del segle XXI | x | x | | | x | x | 4/6 |

Àmbit de Continguts

El conjunt de professorat participant va donar importància i desenvolupar el rol que prenen els continguts CT que s'integren en els projectes STEM (Taula 6). Comentaris com els del participant P5: *nosaltres pensem que amb deu coses tenen suficient. Per exemple: l'aigua, la importància de l'aigua com a biomolècula, etc... com diferents models*, (selecció de continguts clau i generalitzables) o P6: *cal veure quins continguts estem fent i què ens estem deixant... o què estem fent de més i de menys. I això vol dir fer un puzzle de tot el currículum de Ciències, Tecnologia i Socials i anar-lo posant en els diferents treballs globalitzats. Estic segur que en aquest puzzle falten peces. Però no passa res, o sobren peces, potser en sobren més que en falten* (replantejament de la selecció de continguts i com integrar-los) mostren la rellevància d'aquest àmbit al voltant del disseny de projectes STEM. Aquests exemples plantegen que l'adopció de projectes STEM per al professorat participant no només impliquen un canvi a nivell metodològic sinó també el replantejament de com

seleccionar i estructurar dels continguts (com presenta P5, a través d'uns models conceptuals clau), i que pot implicar una revisió conjunta dels continguts de diferents matèries en una mateixa etapa educativa (com planteja P6).

El professorat participant va parlar de diferents formes d'entendre i seleccionar continguts CT que es volen desenvolupar en els projectes (Taula 6). En relació als continguts de caràcter teòric, aquesta selecció es concreta en la importància d'estructurar el coneixement en poques idees clau o models explicatius (3/6 participants), mentre que altres participants (2/6) atorguen també importància a idees més concretes i lligades al context que planteja el projecte. En relació als continguts de caràcter procedimental, el professorat també selecciona i parla de continguts que poden estar més lligats al desenvolupament i aprenentatge de tècniques pròpies del camp científic (2/6 participants), com fer ús d'aparells del laboratori, o de continguts que poden estar vinculats a pràctiques de la Ciència (2/6 participants) vinculades al disseny d'experiments, observació científica, formulació d'hipòtesis, etc.

Al parlar i exemplificar projectes STEM, els participants també van mostrar la necessitat de matisar recurrentment quines matèries s'integren a cada projecte. El conjunt de participants (6/6) va plantejar exemples de projectes que integren diverses matèries de forma més o menys predefinida i, en certs casos, també es referenciaven projectes que integren una única matèria (2/6 participants). La forma d'introduir els continguts en els projectes també s'entén de formes diferents pel professorat, que en els seu conjunt (6/6) descriu projectes on els continguts poden aparèixer durant el projecte o tot i que també es planteja la possibilitat d'introduir aquests continguts en moments fora del projecte (2/6 participants). La introducció de continguts durant el projecte també es planteja pels participants com una instrucció directa o expositiva (4/6 participants), mentre que altres participants (4/6) també mencionen formes d'introduir els continguts a partir de propostes de caràcter més innovador (d'indagació, simuladors, modelització, etc). En aquest sentit, s'identifica que un mateix participant pot promoure diferents formes de seleccionar continguts, d'integrar-los amb continguts d'altres matèries i treballar-los dins o fora del projecte segons les seves necessitats.

Taula 6. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit de Continguts.

| Aspecte | Sub-aspecte | Concreció de l'aspecte | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|--|----------------|---|----|----|----|----|-----|-----|
| Continguts | | | | | | | | |
| Selecció de continguts de i sobre ciències | Teòrics | Específics del context o conceptes aïllats | | x | x | | | 2/6 |
| | | Estructurats en idees clau o models científics escolars | x | x | | x | 3/6 | |
| | Procedimentals | Basats en tècniques procedimentals | | x | x | | | 2/6 |
| | | Basats en pràctiques d'observació, validació de resultats, formulació d'hipòtesis, etc. | | | | | x | x |

| | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|-----|
| | Selecció d'una matèria | x | x | | | 2/6 |
| Integració de continguts de diferents matèries | Integració constant continguts de ciències Naturals, Socials i Tecnologia | x | | x | x | 3/6 |
| | Integració variable de continguts de diverses matèries | x | x | x | | 4/6 |
| Introducció de nous continguts | Introducció fora del projecte | x | x | | | 2/6 |
| | Introducció durant el projecte amb propostes de caràcter innovador (TIC, indagació/modelització) | | x | x | x | 4/6 |
| | Introducció durant el projecte amb instrucció magistral/explicacions | x | | x | x | 4/6 |

Àmbit d'Acció

El conjunt de professorat participant va explicar com desenvolupa els projectes STEM a partir de demandes, preguntes, productes finals, encàrrecs, etc. que totes elles impliquen o engloben la realització d'una acció final en el projecte (Taula 7). La importància d'aquest àmbit pels participants es mostra en nombrosos exemples d'accions com el que menciona P6: *Acostumen a tenir molts subproductes, és a dir, ara per exemple estem fent el tema dels dinosaures un dels productes serà la línia del temps [...] Un altre producte final serà una mena de simposi que muntem al final sobre els dinosaures...* (acció estructurada en diferents sub-accions que materialitzen explicacions i idees desenvolupades en el projecte), o com diu P3: *una de les coses que volem fer és afegir unes plaques als noms dels carrers amb codis QR de tal manera que quan tu escanejes el codi QR pots veure la informació i la feina que l'alumne ha fet.* (acció amb repercussió social fent ús dels recursos TIC disponibles). Aquests exemples constaten la diversitat de formes d'entendre l'acció en un projecte STEM i la rellevància que se li atorga ja sigui per representar idees (P6) o per generar una repercussió social (P3).

El professorat participant va parlar de diferents formes de concretar les accions als projectes STEM, fent referència al rang de decisió de l'alumnat envers a aquestes, plantejant accions estructurades (amb accions prefixades) (4/6 participants), accions semi-estructurades (on l'alumnat està implicat en escollir com vol que sigui l'acció final) (2/6 participants) i accions obertes (1/6 participants), on l'alumnat decideix com serà l'acció final més adequada. Els participants van parlar d'accions dirigides a diferents tipus d'audiències o receptors com poden ser diferents persones o entitats de l'entorn local (4/6 participants), que impliquen principalment a la comunitat escolar o al municipi, o com poden ser altres comunitats de professionals o experts (3/6 participants), com científics, arquitectes, etc. Les accions que plantegen els participants (6/6 participants) també es concreten en diferents tipus de reptes o demandes, com pot ser l'explicació d'un fenomen (4/6 participants), la creació o millora d'artefactes (6/6 participants) o la resposta a algun problema social (2/6 participants).

Taula 7. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit d'Acció.

| Aspecte | Sub-aspecte | Concreció de l'aspecte | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|--|-------------|---|----|----|----|----|----|-----|
| Acció | | | | | | | | |
| Rang de decisió | | Acció estructurada | x | x | x | | x | 4/6 |
| | | Acció semi estructurada | x | | | x | | 2/6 |
| | | Acció oberta o lliure | | | | | x | 1/6 |
| Audiència a qui va dirigida l'acció/producte final | | Comunitat escolar i entorn local | x | x | | x | x | 4/6 |
| | | La comunitat experta o professional | | | x | | x | 3/6 |
| Tipus de rept/pregunta que es planteja | | Explicar un fenomen | x | | x | | x | 4/6 |
| | | Crear/millorar un artefacte | x | x | x | x | x | 6/6 |
| | | Ajudar a millorar/Resoldre un problema social | | | | x | x | 2/6 |

Àmbit Contextualització

El professorat participant va donar importància a la contextualització i la forma de seleccionar contextos en els projectes STEM. Són exemples d'aquesta importància comentaris com el de P4: *En realitat [el context] és una mica com el fil conductor; des d'on comences a pensar les idees i comences a fer-te preguntes i veus que necessites més coneixements, no? Que permet contestar aquestes preguntes i et va conduint fins al final*, (contextualització com a forma de generar necessitats d'aprenentatge) o P5: *Per mi el context seria allò proper que ens permet que els nens els poses en situació que per ells és una cosa que els impacta o que coneixen o que esta proper o que com a mínim els commou d'alguna manera i llavors és l'excusa per poder oferir els continguts*. (contextualització com a forma de connectar amb l'experiència de l'alumnat i generar necessitats d'aprenentatge). Aquests exemples constaten l'ús d'estratègies per contextualitzar els projectes resulta clau per certs participants en establir connexions amb el contingut que es vol desenvolupar.

Els conjunt de participants, al posar exemples representatius de com contextualitzen els seus projectes STEM (Taula 8), van utilitzar justificacions vinculades a la Rellevància per l'alumnat d'aquests i que podia fer referència tant a una vinculació personal amb el context (3/6 participants) com a una vinculació amb l'entorn local o global (6/6 participants). Els participants també van presentar contextualitzacions amb diferents graus d'Autenticitat, des de projectes que es plantegen en contextos completament ficticis (3/6 participants), passant per contextos que plantegen algun element de versemblança (2/6 participants) fins a contextos amb vincles i col·laboracions reals amb l'entorn escolar (2/6 participants). Finalment, el professorat participant va ressaltar la Significança científica de la contextualització per poder desenvolupar nou coneixement en els projectes STEM. Aquesta Significativitat científica es concreta de dues formes: entenent el context com un pretext

que facilita introduir noves idees (3/6 participants) o com un element que permet donar sentit als coneixements que es desenvolupen (6/6 participants).

Taula 8. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit de Contextualització.

| Aspecte | Sub-aspecte | Concreció de l'aspecte | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | |
|-----------------------------|---|------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|
| Contextualització | | | | | | | | | |
| Nivell de rellevància | Personal | | | | x | | x | x | 3/6 |
| | Local i/o global | | x | x | x | x | x | x | 6/6 |
| Autenticitat | Real | | | | x | | x | | 2/6 |
| | Versemblant | | x | | | | | x | 2/6 |
| | Fictici | | x | x | | x | | | 3/6 |
| Significativitat científica | Pretext per introduir nous coneixements | | | x | | x | x | | 3/6 |
| | Genera la necessitat de comprendre | | x | x | x | x | x | x | 6/6 |

Àmbit de Participació en Pràctiques Científicotecnològiques

El professorat participant, a l'explicar les activitats que fomentaven els projectes STEM a l'aula, va comentar com l'alumnat s'involucrava a participar en diferents pràctiques científicotecnològiques. Aquest tipus de pràctiques es reconeixen en comentaris com el de P2: *jo he fet indagacions mini de dir "doncs anem a indagar per què... no se... per què els glaçons perquè un esforç més ràpid o un altre està embolicat"* Això és indagar perquè els alumnes fan les seves hipòtesis i després fan un experiment on llavors el ninot de neu... és per la jaqueta que es fon?, (participar de les formes d'indagació científica) o P4, explicant un projecte centrat en construir una màquina amb diferents mecanismes: *Els vam demanar als alumnes que intentéssim fer... fabricar un primer prototip per la idea que es pensava inicialment i a partir d'aquí que sorgissin els dubtes.* (participar de pràctiques pròpies de la Enginyeria). Aquests exemples constaten la diversitat de pràctiques a través de les quals s'intenta donar sentit al projecte STEM i que poden anar més enfocades en pràctiques de la ciència (com exemplifica P2) o cap a pràctiques de la enginyeria (com manifesta P4).

El professorat participant va parlar i donar importància a pràctiques principalment lligades a l'àmbit científic i pràctiques lligades a l'àmbit de l'enginyeria (Taula 9). En relació a aquelles lligades a l'àmbit científic, el professorat va concretar exemples que es podien vincular a pràctiques de modelització (2/6 participants), a pràctiques d'indagació (5/6 participants) i a pràctiques d'argumentació (4/6 participants). Van rebre especial importància aquelles pràctiques vinculades a la indagació, on el conjunt de professorat va presentar exemples que es vinculaven al desenvolupament de recerques. Els participants també manifestaren diferents formes de dissenyar i implementar projectes on es fomenta la participació en pràctiques que es podrien vincular a aquelles pròpies de la enginyeria

(3/6 participants). En els exemples d'aquests projectes STEM es plantegen pràctiques com optimitzar un artefacte, buscar solucions i testejar-les, etc.

Taula 9. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit de Participació en pràctiques científicotecnològiques.

| Aspecte | Sub-aspecte | Concreció de l'aspecte | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|-------------------------------------|---|----------------------------|----|----|----|----|----|-----|
| Pràctiques CT | | | | | | | | |
| Pràctiques científico-tecnològiques | Participació en pràctiques científiques | Modelització | x | | x | | | 2/6 |
| | | Indagació | x | x | x | | x | 5/6 |
| | | Argumentació i comunicació | x | x | x | | x | 4/6 |
| | Participació en pràctiques de la Enginyeria | | x | | x | | x | 3/6 |

Àmbit d'Avaluació

El conjunt del professorat participant va donar importància a diferents formes d'avaluar els projectes explicant les principals estratègies que utilitzen, com comenta P6: *l'avaluació per mi són totes aquelles actuacions petites que fa el profe amb l'alumne directament o amb el seu petit grup o amb el grup gran per anar modificant i ajustant el que l'alumne va aprenent. Per mi aquest és el sentit que te l'avaluació com aprenentatge no com a mesura* (avaluació com eina reguladora d'aprenentatges durant el projecte), o P1: *En el treball per projectes tothom s'ha posat a mirar on anem com sabem que sap l'alumne i algunes vegades algun problema que ha hagut es que com que el treball per projectes es el que es l'objectiu del projecte que pot ser construir un barco i uns objectius que són els d'aprenentatges. Llavors, als alumnes moltes vegades l'objectiu del projecte permet avaluar els objectiu d'aprenentatge. (Avaluació com a eina de recerca d'evidències d'aprenentatge).* Aquests exemples constaten la importància que té pel professorat participant les dues funcions que pot tenir l'avaluació en els projectes STEM i que posen l'èmfasi en les diferents estratègies per fer conscient a l'alumnat de què sap i com pot millorar (com exemplifica P6) i/o com trobar proves del què s'ha après (com exemplifica P1).

El professorat participant va parlar de diferents formes d'entendre l'avaluació que feien principalment referència a les formes de regular el procés i el resultat d'aprenentatge al llarg del projecte STEM (Taula 10). Aquesta regulació de l'aprenentatge es planteja pel professorat a través d'estratègies i eines de metacognició reflexives com els diaris d'equip i altres estratègies ad hoc (5/6 participants) i/o a través de les pròpies accions i sub-accions que permetin identificar evidències d'aprenentatge (4/6 participants).

Taula 10. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit d'avaluació.

| Aspecte | Sub-aspecte | Concreció de l'aspecte | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|---|-------------|---|----|----|----|----|----|-----|
| Avaluació | | | | | | | | |
| Regulació del procés i el resultat d'aprenentatge | | Estratègies d'avaluació reflexives durant el projecte | x | x | | x | x | 5/6 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|-----|
| Estratègia d'avaluació focalitzada en sub-productes i l'acció final | x | x | x | x | 4/6 |
|---|---|---|---|---|-----|

En relació als diferents àmbits, aspectes i sub-aspectes presentats, es distingeixen grans diferències en la importància que reben pel professorat participant les diferents formes de concretar-se. Tot i així, es poden identificar quines han estat les més mencionades pel professorat participant (per 4 o més dels 6 participants) (Taula 11). D'aquesta forma s'identifiquen quines característiques (formes de concretar-se els diferents àmbits i aspectes) obtenen un major consens en els projectes STEM.

Taula 11. Concreció dels aspectes i sub-aspectes dels projectes STEM de major consens (>4/6 participants) entre el professorat participant.

| |
|---|
| Finalitats |
| <ul style="list-style-type: none"> - Construcció de coneixement científic - Aplicació coneixement científic - Habilitats del segle XXI |
| Continguts |
| <ul style="list-style-type: none"> - Integració variable de continguts de diverses matèries - Introducció durant el projecte amb propostes de caràcter innovador (TIC, indagació/modelització) - Introducció durant el projecte amb instrucció magistral/ explicacions |
| Acció |
| <ul style="list-style-type: none"> - Acció estructurada - Comunitat escolar i entorn local - Explicar un fenomen - Crear/millorar un artefacte |
| Contextualització |
| <ul style="list-style-type: none"> - Local i/o global - Genera la necessitat de comprendre |
| Participació en Pràctiques CT |
| <ul style="list-style-type: none"> - Indagació - Argumentació i comunicació |
| Avaluació |
| <ul style="list-style-type: none"> - Estratègies d'avaluació reflexives durant el projecte - Estratègia d'avaluació focalitzada en sub-productes i l'acció final |

D'acord amb la Taula 11, els participants mostren consens en desenvolupar projectes STEM amb la finalitat de construir i aplicar coneixement científic així com desenvolupar competències del segle XXI. La forma de concretar aquestes finalitats es centren en integrar de forma variable els continguts de diferents matèries tant per mètodes de caràcter més innovador com mètodes d'instrucció més expositives/magistral. Per altra banda, no es presenta consens en quins continguts s'han d'integrar ni com s'han de seleccionar (Taula

6). També hi ha consens que l'acció ha d'estar estructurada i planificada i que ha de plantejar algun tipus de repercussió per la comunitat escolar i/o local. Els participants també plantegen que les propostes de projectes STEM han d'implicar reptes que estiguin centrats en explicar fenòmens així com altres projectes que estiguin dirigits a crear artefactes. Els projectes STEM han d'implicar també situacions on l'alumnat pugui participar de pràctiques pròpies de la ciència com és la indagació i l'argumentació científiques. Finalment, pel professorat participant resulta clau en els projectes STEM que s'integrin diferents estratègies d'avaluació que siguin reguladores de l'aprenentatge i que a la vegada les accions que es van realitzant es dissenyin que permetin recollir evidències d'aprenentatge.

4.2. Tensions didàctiques en el disseny i implementació de projectes STEM

A continuació, es presenta com les formes de concretar-se els diferents àmbits i les dificultats en el disseny i implementació de projectes STEM que planteja el professorat han pogut ser interpretats des de la identificació de quatre tensions didàctiques clau: 1) entre la selecció de contextos rellevants per l'alumnat i contextos significatius per aprendre Ciència; 2) entre el desenvolupament d'una acció i l'aprofundiment en continguts conceptuals i la construcció de teories i models (modelització); 3) entre la participació en la construcció de teories i models (modelització) i la integració de continguts d'altres matèries; 4) entre l'avaluació i obtenció d'evidències d'aprenentatge de competències CT i l'avaluació de l'acció del projecte.

En la presentació de cada tensió didàctica es considera: 1) la presentació dels àmbits i/o aspectes implicats en la tensió didàctica que es descriu d'acord amb la perspectiva del professorat, 2) com es presenta la tensió didàctica en el discurs del professorat, i 3) quines prioritats presenta el professorat davant les dificultats que planteja cada tensió didàctica en el disseny de projectes STEM.

Tensió didàctica 1. Tensió entre la selecció de contextos rellevants (a nivell personal i/o social) per l'alumnat i contextos significatius per aprendre Ciència

L'anàlisi de les entrevistes va permetre caracteritzar la Contextualització com un àmbit del disseny de projectes STEM en el què emergeixen tensions didàctiques vinculades als aspectes de Rellevància i Significativitat científica (Taula 8).

Com a exemple de l'aspecte de Rellevància, P3 fa referència a la selecció d'un context per a un projecte STEM centrat en el rendiment esportiu i el descans considerant la rellevància que pot tenir per a l'alumnat esportista. També es plantegen contextos on la rellevància pot estar vinculada a l'entorn local i global considerant problemàtiques del propi barri, ciutat, etc. Per exemple, P2 planteja i justifica el desenvolupament d'un projecte centrat en l'anàlisi de la biodiversitat i la importància ecològica del riu Llobregat al ser un context pròxim a l'alumnat i al centre educatiu a la vegada que ofereix la possibilitat de participar i desenvolupar el projecte en xarxa amb altres centres.

En relació a la Significativitat de la contextualització, el professorat entrevistat també mostra la importància de seleccionar contextos que permetin ser dotats de significat científic per l'alumnat i desenvolupar coneixements STEM. És per això que utilitza diferents formes de seleccionar contextos significatius per la ciència com fer èmfasi en un fenomen concret, normalment investigable. Per exemple, P3 fa ús del cabell i les seves propietats mecàniques com a fenomen per treballar el concepte d'elasticitat. Altres professors plantegen contextos que simulen escenaris de la comunitat científica per plantejar problemàtiques centrades en la ciència. Per exemple P1, utilitza el context de l'anàlisi forense per fomentar la construcció d'argumentacions científiques.

En relació a aquests aspectes, de les aportacions dels diferents participants es van identificar dificultats recurrents en la selecció dels contextos que combinin situacions rellevants pels alumnes (per tant, que connectin a nivell personal o social amb l'alumnat) i, a la vegada, que siguin significatius per la ciència (és a dir, que permetin ser explorats i reinterpretats amb una mirada científica). Aquestes dificultats entre els dos aspectes assenyalats es va definir com una tensió didàctica que emergeix en la selecció de contextos d'aprenentatge en projectes STEM.

Aquesta tensió didàctica s'aprecia en els següents dos comentaris de P1: [1] *Conviven varis tipus, per exemple, dintre de les meves hores d'assignatura, durant el curs normal del trimestre, hi ha projectes mini-projectes, que son coses molt petites, molt artificials i poc connectades amb el món real però en què es busca que hi hagi una metodologia activa vinculada, a vegades mini-projectes que no deixen de ser modelització d'alguna cosa. Després hi ha projectes de més entitat però que són d'àrea que sí que hi ha un objectiu extern molt vinculat al món de la ciència. Per exemple, una activitat on ells són experts en accidents automobilístics per treballar la dinàmica i la cinemàtica; una activitat on ells són arqueòlegs i llavors han d'interpretar uns jaciments... Però tots aquests escenaris són escenaris de la ciència i, per tant, hi ha l'oportunitat de treballar un discurs d'àrea molt fort; tot i que llavors, potser, la feina es vincular-ho això a que surtin productes rellevants en el món real, una mica fictici a vegades.*"

[2] *Dintre dels [projectes] més globalitzats, n'hi ha parts del que són procediments o epistemologia de la ciència que no es poden treballar perquè a la vida real nosaltres no ens parem un moment de dir "Bueno, quant segur estic d'això, què li atorga veracitat?, què no?"*

En aquests 2 fragments d'entrevista, P1 parla des d'una classificació pròpia dels projectes STEM en 3 grups: a) projectes molt centrats en construir algun model científic i on el context, encara que sigui "fictici", s'adeqüi a aquesta finalitat [1]; b) projectes amb un context més complex i versemblant però encara molt centrats a situacions i problemàtiques de l'àmbit científic [1], i c) projectes on el context és clau que es connecti a situacions rellevants independentment que no incorporin aspectes científics [2].

Aquest contrast de prioritats que va en gradient en cada tipus de projecte i la necessitat de P1 de distingir aquests projectes per com es contextualitzen, es pot comprendre per

l'emergència d'aquesta tensió didàctica vinculada principalment a la contextualització dels projectes. La incompatibilitat de dissenyar projectes que plantegin simultàniament contextos molt significatius per la ciència i que siguin molt rellevants personal i socialment promou, en el cas de P1, la necessitat de dissenyar diferents projectes que permetin explorar i donar prioritat a aquests diferents aspectes.

Aquestes dues prioritats s'aprecien en totes les entrevistes dels professors participants, on P4 dona prioritat a un context com la crisi dels refugiats i que justifica pel valor intrínsec d'explorar aquesta realitat, mentre que P5 utilitza d'exemple l'Univers com un context adequat i supeditat a treballar continguts de ciències i altres matèries (Taula 12).

Taula 12. Prioritats del professorat en la selecció de contextos per al disseny de projectes STEM davant la tensió didàctica entre els aspectes de Rellevància i Significativitat científica del context.

| Posicionament | Prof. | Fragment Entrevista |
|--|---------------------------------------|---|
| Prioritat en la selecció de contextos rellevants davant la selecció de contextos significatius per la ciència. | P1, P2, P3, P4, P5, P6 | P4: <i>Aquest projecte de la roba és un d'aquest que per exemple és d'una temàtica però no el pot assignar a cap matèria en concret només són idees interessants en format projecte però aquí no em pensat que els continguts que volíem fer sino que ha passat alguna cosa molt interessant que pensàvem que podia interessar als nanos.</i> |
| Prioritat en la selecció de contextos significatius per la ciència davant la selecció de contextos rellevants. | P1, P2, P3, P4, P5, P6 | P5: <i>per exemple amb els companys de l'àmbit de medi que som dos profes de Ciències i un de Socials hem prioritzat per exemple com... l'Univers com una cosa tan gran que està tan buida i com esta disposada, la importància del fet de què marca que en un planeta hi hagi vida o no vida, totes aquests condicions. Si tenim la Terra, què la fa especial respecte la resta de planetes que estan a la nostra galàxia.</i> |

Aquesta tensió didàctica pot implicar també a altres àmbits. Tal i com mostren els exemples anteriors de P1, els contextos rellevants per l'alumnat poden entrar en tensió amb no només els contextos significatius per la ciència sinó també amb els processos i pràctiques científiques que propicien aquests contextos. Quan P1 parla de com els *escenaris de la Ciència permeten treballar un discurs d'àrea molt fort*, s'està involucrant no només a l'àmbit de la Contextualització sinó a altres àmbits que permeten participar d'aquest discurs i que en aquest cas farien referència a l'àmbit de Participació en pràctiques CT (participar de la construcció de discursos de l'àrea científica). Per tant, es tracta d'una tensió didàctica centrada en com es contextualitzen els projectes STEM però que s'estén i afecta a altres àmbits.

Tensió didàctica 2. Tensió entre desenvolupar una acció i aprofundir en continguts conceptuals i la construcció de idees clau i models (modelització)

El professorat participant va expressar diferents formes de dissenyar i implementar projectes STEM en relació a tres àmbits que s'identifiquen en aquesta segona tensió didàctica: els Continguts científics, les Pràctiques CT, i l'Acció.

En relació a l'àmbit de Continguts, en l'apartat anterior s'ha presentat com el professorat descriu diferents formes de seleccionar els Continguts conceptuals, procedimentals i actitudinals de ciències que s'inclouen en els projectes STEM així com diferents formes d'organitzar-los dintre del projecte. Considerant la tensió didàctica que es presenta, cobren especial importància les diferents formes de seleccionar i organitzar els continguts conceptuals pel professorat participant, que poden fer referència a conceptes puntuals o específics d'un context, fins a la identificació i organització dels conceptes clau per a una disciplina al voltant de grans idees o models científics escolars (Taula 6). Aquesta diferència en la forma de seleccionar continguts s'aprecia en entrevistes com la de P2, que distingeix entre idees senzilles per classificar animals i el model d'ésser viu, que s'organitza en una sèrie d'idees clau: *Els de primer [d'ESO] han fet un projecte d'Egipte on l'únic que han fet és classificar animals. La taxonomia és una informació molt descriptiva però no és el més essencial de l'ésser viu..., en canvi les tres funcions bàsiques no les hem fet...*

En relació a l'àmbit de les Pràctiques CT, s'ha presentat com el professorat descriu com fomenta que l'alumnat participi en diferents pràctiques CT, fent especial èmfasi en la indagació i, en menor mesura, la argumentació, la modelització i les pràctiques de l'enginyeria (Taula 9). Considerant la tensió didàctica presentada, una de les formes de desenvolupar continguts conceptuals que manifesta una part del professorat és a través de pràctiques que s'identifiquen com de modelització. Per exemple, P1 planteja un projecte centrat en estudi de casos on l'alumnat ha d'intentar explicar perquè uns pacients s'infecten i altres no i on constantment han d'anar imaginant com són les vies de transmissió, perquè certs símptomes apareixen en certs tipus d'infeccions, etc.

En relació a l'àmbit de l'Acció, s'ha presentat com el professorat menciona diferents formes d'estructurar el desenvolupament i execució de l'acció final, diferents receptors d'aquesta acció (alumnes, famílies, veïns, etc.). En tots aquests aspectes, el desenvolupament de l'acció implica l'organització i implicació de l'alumnat, com descriu P5: *El projecte era organitzar una nit astronòmica [...] Els nens acabaven fent una maqueta o un... aquella cosa material com a suport [...] I després s'organitzaven com quan fas un congrés: un s'encarregava de fer divulgació externa, un havia d'encarregar-se de demanar permisos si havien de demanar cadires, un grup havia de veure i gestionar la il·luminació, uns s'encarregaven de fer una carta als pares perquè vinguessin [...] totes les competències d'autonomia per arribar al que era el producte final.*

Al combinar aquests tres àmbits, i concretament els aspectes ressaltats (modelització, i selecció de continguts conceptuals), s'identifiquen les dificultats de disseny per integrar les

accions del projecte i el desenvolupament de continguts disciplinaris. Especialment el professorat ressalta la dificultat d'integrar la selecció i construcció de continguts conceptuals amb que aquests processos estiguin combinats i donin resposta a una necessitat que s'acabi convertint en una acció dirigida i desenvolupada per a un cert públic receptor. Aquesta tensió didàctica s'aprecia per l'experiència en el disseny i implementació del conjunt del professorat participant. En el cas de P4, comenta que: *... has de pensar molt bé quins són els continguts que treballes. Això, de cara a construir el model, però, és el que costa. Perquè tu creus que per construir el model calen moltes idees, però... és això, necessàries, necessàries per acabar fent un producte final no són totes. Llavors és aquell moment on de vegades no sabem com fer-ho. Creiem que necessitaríem més [idees científiques] però no sabem com fer-les sortir.* En aquest cas, el P4 fa ús de la paraula model com un artefacte en el que es concreta l'acció i manifesta la seva dificultat de dissenyar projectes on l'acció (el model), impliqui una necessitat de desenvolupar uns coneixements o idees clau.

Aquesta tensió didàctica emergeix al identificar dificultats similars en la resta de professorat involucrant els mateixos aspectes presentats. Per exemple, aquesta tensió torna a emergir en l'entrevista a P2 que comenta: *[El projecte hauria de] crear alguna cosa en principi, és a dir, hauria de tenir una cosa física que crees. En el nostre cas, en el projecte del riu, era una maqueta, una maqueta per presentar al barri. En el cas de robòtica eren robots i un producte final físic: material per una presentació pública on en algun moment els alumnes han de comunicar a algú extern, altres instituts, a gent del barri, a les famílies a qui sigui. Això ha d'estar, i clar, l'objectiu per una banda es l'extern, de dir... hem de dir: "Hem de fer això que hem de fer la presentació bé, hem de fer un producte que sigui maco, que estigui ben fet, que sigui de qualitat..."* Doncs això seria l'encàrrec, l'objectiu extern que correspondria a la motivació extrínseca però colateral. Aquest "volem que aprenguin coses" queda molt implícit pels alumnes. *Aprendre continguts teòrics o desenvolupar habilitats... això queda com molt implícit en el projecte i potser ho hauríem d'explicitar més.* En aquest cas P2 problematitza com el desenvolupament d'una acció amb una sèrie de característiques mencionades implica un detriment en el rol que prenen (menys explícit) els continguts teòrics. En aquest cas, la tensió didàctica emergeix en la contraposició que es planteja entre com d'explícits es fan uns objectius lligats a desenvolupar l'acció del projecte respecte als objectius lligats a l'aprenentatge de diferents continguts.

En relació a aquesta tensió didàctica, el professorat participant expressa diferents formes d'alternar la prioritat d'uns aspectes i altres (Taula 2). Per exemple, P2, manifesta com prioritza i inclou continguts de física tot i que no estigui relacionat amb "el que han de resoldre" (acció). Per altra banda, P1 exemplifica com prioritza una acció conjunta o "conflicte" davant la selecció i construcció de possibles idees clau pròpies de la seva matèria en un altre exemple de projecte trimestral (Taula 13).

Taula 13. Prioritats del professorat en la selecció de contextos per al disseny de projectes STEM davant la tensió didàctica entre la Selecció i Construcció (Modelització) de continguts conceptuals i el desenvolupament d'una acció final.

| Posicionament | Prof. | Fragment Entrevista |
|---|-------------------------------|--|
| Prioritza la construcció de idees disciplinaries/models escolars tot i que l'acció sigui poc sofisticada o amb poc impacte social. | P1, P2, P4, P5 P6 | P2: el 2n projecte, els robots, tinc la sensació que ha quedat com un bolet, perquè hem fet Física, tota la Física de 2n d'ESO, l'han feta, lo més bàsic: força, moviment, pressió, etc. però... clar, jo a tot això els faig argumentar però no està relacionat amb el que han de resoldre. |
| Prioritza la realització d'una acció sofisticada i amb impacte social davant la construcció d'idees disciplinaries/ models escolars | P1, P3, P4, P6 | P1: Llavors hi ha projectes interdisciplinaris que també fem servir. Nosaltres fem un cada trimestre i llavors en aquests tothom es busca un context, un conflicte que s'hagi de resoldre i llavors cada matèria fa aportacions que són rellevants per aquesta proposta. Però si des de la teua matèria no pots fer cap aportació, simplement ajudes a que el projecte es desenvolupi però no cremes currículum de l'àrea. |

Tensió didàctica 3. Tensió entre aprofundir en continguts conceptuals i la construcció de idees clau i models (modelització) i la integració de continguts d'altres matèries

En relació a l'Àmbit de Continguts, s'ha presentat com el conjunt de professorat entrevistat descriu diferents formes de dissenyar i implementar propostes que integren continguts de diferents matèries, tot classificant els projectes segons si incorporen exclusivament continguts propis de l'àmbit CT fins a propostes que integren altres matèries.

El professorat participant també planteja diferents formes d'entendre la integració de continguts. Aquestes diferents formes d'entendre-la es poden basar en introduir activitats al projecte que posin en pràctica coneixements i competències pròpies d'una matèria (independentment si aquell coneixement o competència s'ha construït i desenvolupat durant el projecte). Per exemple, P5 planteja activitats com fer càlculs d'escala i la creació d'una narració literària com exemples d'integració de les matemàtiques i la llengua en un projecte. En aquest cas, P5, tot i descriure aquestes activitats com exercicis colaterals o de suport del projecte, les entén com un exemple d'integració de continguts de diferents matèries: *En el treball globalitzat fem Ciències Socials, Naturals i Tecnologia... però clar la Llengua i les Matemàtiques estan sempre perquè si han de fer una escala en el temps han de fer la proporcionalitat de l'escala, han de fer operacions. [...] Constantment estem fent sempre que hagi*

qüestions de descripció, de narració i de creació literària i, per tant, estan treballant també directament amb llengua.

Altres professors entenen que aquesta integració de matèries ha d'implicar la construcció de coneixements i competències clau per a la matèria en qüestió. Per exemple, P4, després de compartir una forma de treballar les ciències centrada en la construcció d'idees clau, planteja un posicionament més crític al parlar de projectes que es presenten com propostes integrades de continguts i descriu els projectes que dissenyen segons si presenten activitats que plantegen introduir i construir idees pròpies de la ciència i/o la tecnologia: *En aquests [projectes] que fem de Naturals i Tecnologia... depèn; en el [projecte] que fan el submarí hi ha tingut més pes la part de Naturals, de Física diguéssim [...] El que he dissenyat jo, què és dissenyar una màquina de Goldberg [...] era com mig-mig, la part tecnològica de mecanismes, màquines i palanques i la part de transferències energètiques de Ciències. Segons el projecte té més pes una que l'altre.*

En relació a aquestes diferents formes d'entendre la integració de continguts, es planteja la tercera tensió didàctica, que emergeix quan el professorat identifica matèries centrals i altres colaterals en els seus projectes així com el desig de combinar reptes que permetin incloure més matèries: *interessant és quan les disciplines estan interrelacionades, quan realment necessites de totes les disciplines per resoldre l'encàrrec i quan s'aprenen continguts diversos i s'exerciten competències diverses (P2).*

En un altre exemple, P6 comenta: *els projectes són de caire multidisciplinar tot i que per exemple, aquests de treball globalitzat que estic fent jo ara es sobre els dinosaures, per tant, aquest seria d'un àmbit molt científic perquè, a banda de parlar de la història de la Terra, parlem de la història de la vida i... però com abans et deia també hi haurà d'haver una narració amb el qual es troben amb un dinosaure i es el "encuentro con un dinosauro".* En aquest fragment, tot i parlar de propostes d'aprenentatge integrat, el participant reconeix la importància que reben les ciències respecte les altres matèries que integra.

En relació a aquesta tensió didàctica, hi ha professors que prioritzen la construcció i aprofundiment d'idees d'una única matèria (amb una mirada disciplinar concreta) mentre que d'altres valoren la importància d'incloure en el projecte diferents mirades tot i que no es pugui aprofundir en la mateixa extensió en cadascuna d'elles o no estiguin completament connectades entre elles. En la Taula 14, es presenten exemples de com el professorat com P2 descriu projectes molt centrats en dilemes científics com exemples per prioritzar i aprofundir en les pràctiques i continguts d'una matèria, mentre que P5 ha prioritzat les possibles connexions que li oferia el context de la prehistòria per enllaçar continguts de diferents matèries (biodiversitat, alimentació, etapa prehistòrica).

Taula 14.. Prioritats del professorat en la selecció de continguts de diferents matèries per al disseny de projectes STEM davant la tensió didàctica entre la Selecció i aprofundiment de continguts d'una matèria respecta a la integració de continguts de diferents

| Posicionament | Prof. | Fragment Entrevista |
|--|--------------------------------|--|
| Prioritza l'aprofundiment en la construcció d'idees d'una única matèria a la inclusió de continguts de diferents matèries | P1, P2, P4, P5, P6 | P2:...les grans idees en algun moment ho has de posar tot junt i dir "vale, tot això és el model matèria o el model canvi químic o el model energia". [...] En projectes d'àrea, aquí sí ha de ser possible fer una pregunta de recerca i per resoldre aquesta pregunta has de poder dissenyar un experiment, fer tot el procés, elaborar una hipòtesi, planificar l'experiment... |
| Prioritza la inclusió de continguts de diferents matèries davant l'aprofundiment en la construcció d'idees d'una única matèria. | P1, P2, P3, P5, P6 | P5: (descriuint un projecte sobre la alimentació i prehistòria) com estàvem parlant de la biodiversitat, els recursos naturals, diòxid de carboni, hem parlat de l'alimentació, de si un aliment el portem des d'aquí té més impacte o no... i hem pensat que a través de l'alimentació podríem dir com menjaven els prehistòrics. [...] fins aquí tot ho hem anat enllaçant, recursos, la part d'història... [...] però la part aquesta [d'història] ens va quedar una mica separada. |

Tensió didàctica 4. Tensió entre l'avaluació i obtenció d'evidències d'aprenentatge de competències CT clau i l'avaluació de l'acció del projecte.

L'anàlisi de les entrevistes ha permès caracteritzar l'Avaluació com un àmbit de disseny de projectes STEM que permet identificar i caracteritzar aquesta darrera tensió didàctica. El professorat, com s'ha presentat, descriu diferents formes d'avaluar a l'alumnat durant els projectes STEM, fent ús de diferents estratègies i eines de meta-reflexió així com productes parcials del projecte que utilitzen per regular el procés i el resultat final dels aprenentatges.

En relació a aquests aspecte, es van manifestar diferents dificultats associades a com plantejar projectes STEM que facilitin avaluar tant el desenvolupament i execució de l'acció del projecte com dels coneixements i competències als que es pretenen arribar. Aquesta tensió didàctica emergeix en comentaris com el de P1, que comenta: *moltes vegades l'objectiu del projecte permet avaluar els objectius d'aprenentatge. És a dir, si el barco està tot ben serrat i llimat vol dir que saps fer aquestes activitats. Però que el barco floti no vol dir que has entès els conceptes de flotabilitat i això s'haurà d'avaluar en un altre moment del projecte. És a dir, quan hagin fet el seu prototip t'hauràs d'asseure amb ells i que t'expliquin com flotarà, i si no ho saben explicar es que no ho saben... Llavors hauràs d'intervenir aquí.* En aquest cas, el P1 planteja la dificultat d'avaluar

un projecte STEM on l'acció final (construir un vaixell) no permet recollir evidències d'aprenentatge sobre els coneixements i competències que es volen assolir.

Davant d'aquesta tensió didàctica, es pot apreciar com la majoria de professors manifesta estratègies que prioritzin l'obtenció d'evidències i regulació de l'aprenentatge (Taula 15). En el cas de P5, la prioritat en recollir evidències d'aprenentatge implica la incorporació de moments de meta-reflexió on treballen algun contingut i on avaluen què han après a part de l'acció que realitzen. Per altra banda, P3 posa exemples d'avaluació molt centrades en l'avaluació de l'acció final on avalua altres aprenentatges no específics a l'àmbit CT (qualitat de la comunicació, interacció amb l'audiència, etc).

En contrast amb les anteriors tensions didàctiques, el conjunt de professorat entrevistat (5/6 participants) s'ha posicionat d'una forma clara en front d'aquesta tensió, atorgant prioritat a regular i obtenir evidències d'aprenentatge.

Taula 15. Prioritats del professorat en relació a l'avaluació en el disseny de projectes STEM davant la tensió didàctica entre avaluar i obtenir evidències d'aprenentatge de competències CT clau i l'avaluació de l'acció del projecte.

| Posicionament | Prof. | Fragment Entrevista |
|--|----------------------------|---|
| Prioritza regular i obtenir evidències d'aprenentatge dels continguts curriculars principals | P1 P2 P4 P5 P6 | P5: “També estem donant continguts... quan arribem a classe fem rutines de pensament diàries... i això ens permet entrar i fer una mica la teoria que volem donar aquell dia. I amb això o se la copien o la tenen o després la utilitzen per fer les coses. [...] Intento buscar-me criteris [d'avaluació]. Alguns són criteris del Departament de Ciències i alguns són els que hem decidit nosaltres com a Medi o com a projecte.” |
| Prioritza regular i obtenir evidències de l'acció del projecte | P3 | P3: “aquí al final de la jornada del congrés [acció final] doncs es posem, ens reunim i raonem una miqueta com ha anat el dia que ha estat el més difícil, com la gent com t'ha tractat a tu, com has tractat tu a la gent, has correspost a la gent.” |

Representació de les quatre tensions didàctiques

El resum d'aquestes tensions didàctiques es presenta a la Figura 5, on es mostren com interaccionen els diferents àmbits de disseny, aspectes i concrecions dels aspectes en les quatre tensions. En aquesta representació s'aprecia que hi ha tensions didàctiques que formen part d'un únic àmbit dels projectes STEM. Per exemple, la tensió didàctica 3 fa referència a dos concrecions d'aspectes dels projectes que pertanyen a l'àmbit Continguts. Per altra banda, altres tensions com la tensió didàctica 2 contraposen i involucren a

diferents àmbits, aspectes i concrecions d'aspectes. Així mateix, s'identifica que hi ha tensions didàctiques que convergeixen en certs àmbits i aspectes dels projectes STEM, com és el cas de les tensions didàctiques 1, 2 i 3. Mentre que hi ha altres tensions que no s'interrelacionen directament amb les altres (tensió didàctica 4).

A la vegada, s'aprecia una tendència en totes les tensions didàctiques a contraposar els àmbits i aspectes que interaccionen en aquesta en dos grups. Per una banda, les tensions presenten àmbits i/o aspectes que fan referència a dotar de realisme el projecte i que esdevingui una experiència rellevant per l'alumnat i la societat (Figura 5, zona blava). Per l'altra banda, apareixen àmbits i aspectes que fan referència als continguts científics i com desenvolupar-los (Figura 5, zona verda).

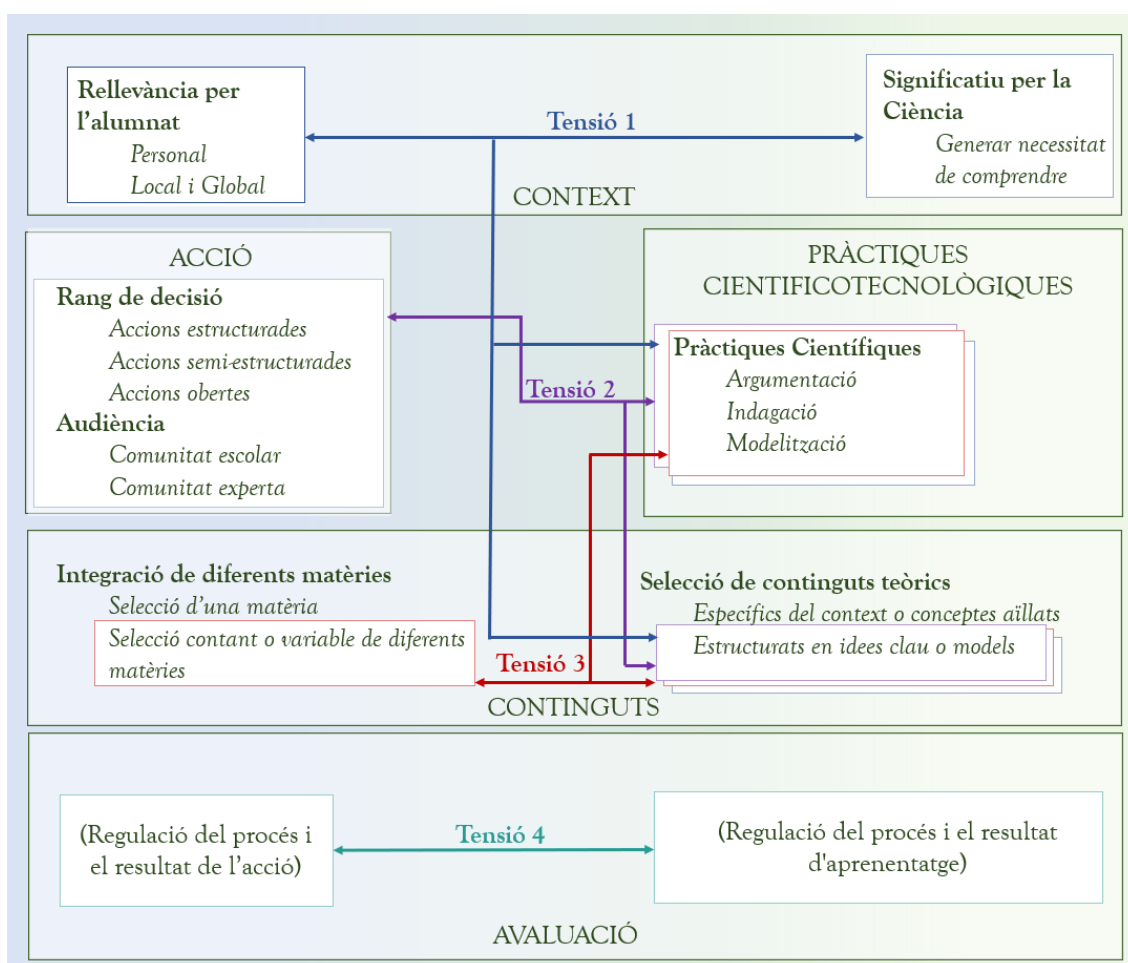


Figura 5. Representació de les 4 tensions didàctiques en relació als àmbits (majúscules), aspectes (negreta) i concreció dels aspectes (cursiva) que s'identifiquen en els projectes STEM pel professorat participant.

4.3. Identificació d'una tensió didàctica estructural en la visió de projectes STEM

En l'anàlisi i caracterització de les quatre tensions didàctiques anteriors, s'aprecia que no només cadascuna té una naturalesa diferent sinó que també apareixen similituds com les que s'han presentat (Figura 5). Aquestes similituds ens permeten identificar aspectes i concrecions d'aspectes que es poden anomenar de caràcter disciplinari i de caràcter meta-

disciplinari. Aquesta distinció està inspirada en l'ús que fan de la paraula Sanmartí i Pujol (2002).

Els aspectes i concrecions dels aspectes de caràcter meta-disciplinari es caracteritzen per posar l'èmfasi en aquelles parts dels projectes STEM que no són associables o pròpies d'una única disciplina. Per exemple, l'àmbit d'Acció es considera meta-disciplinari al fer referència a un element de la metodologia ABP que és present independentment de les disciplines que es vulguin desenvolupar en un projecte STEM.

En canvi, els aspectes de caràcter disciplinari, es caracteritzen per posar l'èmfasi en aquelles parts dels projectes STEM que són associables o pròpies a disciplines científicotecnològiques. Per exemple, l'àmbit Participació de les pràctiques CT es considera de caràcter disciplinari al fer referència a un element propi d'una forma d'ensenyar Ciències i Tecnologia centrada en participar d'unes pràctiques disciplinàries molt concretes i no transposables a altres disciplines.

Aquesta distinció entre aspectes disciplinaris i meta-disciplinaris present a totes les tensions permet identificar una tensió didàctica estructural subjacent dels projectes STEM entre el conjunt d'aspectes de caràcter disciplinari i aquells meta-disciplinaris. A continuació es presenta el vincle d'aquesta tensió didàctica estructural amb cadascuna de les 4 tensions didàctiques identificades.

En relació a la primera tensió didàctica, la prioritització de la selecció de contextos rellevants personal i socialment davant contextos significatius per la ciència, implica un plantejament del disseny i implementació de projectes STEM que posa l'èmfasi en aspectes meta-disciplinaris. Aquest plantejament no impliquen un criteri específic de cap disciplina CT. Al contrari, implica exposar a l'alumnat a contextos rellevants personal i socialment per tal de millorar la connexió amb l'entorn escolar, fomentar la seva autonomia i motivació, etc. En canvi, quan es prioritza la selecció de contextos que són significatius per la ciència, apareix implícit un plantejament dels projectes STEM que posa l'èmfasi en aspectes particulars de les disciplines CT. És a dir, el context respon a aquells aspectes disciplinaris de forma que facilita plantejar preguntes coherents amb els propòsits i formes d'interpretar la realitat d'una disciplina CT.

Aquesta tensió didàctica vinculada a l'àmbit de Context ha estat motiu d'interès en altres propostes d'aprenentatge de les ciències en context. Termes com rellevància (Stuckey et al., 2013) i autenticitat (Strobel et al., 2013) es presenten en el camp de la Didàctica de les Ciències de forma reiterada i polisèmica, que sovint es caracteritzen amb diferents dimensions que poden ajudar a entendre millor aquesta tensió. En referència a com aquesta tensió didàctica també pot implicar a altres àmbits, altres autors han parlat de la fricció entre el contingut i el context com un repte en l'ensenyament de les ciències, fent èmfasi en la importància de negociar aquesta tensió didàctica a través de les pràctiques genuïnes de la ciència (Kortland, 2007). Altres autors emfatitzen que la negociació

d'aquesta tensió didàctica ha de passar pel principi de necessitat de conèixer (*need to know*) en les propostes que impliquin un aprenentatge contextualitzat (Bulte et al., 2006).

Fora del marc de l'ABP, també s'ha explorat aquesta tensió didàctica en altres escenaris que continuen identificant-la des d'altres perspectives. Per exemple Kapon, Antti y Levrini (2018) utilitzen la paraula Significativitat per definir de forma similar a la tensió didàctica estructural presentada com “la negociació entre la necessitat de què el contingut i la natura de les activitats siguin significatius des de la perspectiva de la ciència escolar i que, a la vegada, siguin personalment rellevants i significatives pels estudiants” (p. 1085).

En relació a la segona tensió didàctica, la prioritització del desenvolupament d'una acció, es pot relacionar amb un èmfasi d'aquells aspectes més meta-disciplinaris dels projectes STEM, ja que impliquen que l'alumnat desenvolupi una sèrie d'habilitats i aprenentatges d'organització, comunicació, etc. que no només són propis de disciplines CT. En canvi, la prioritització en la construcció de continguts conceptuals posarien l'èmfasi en aquelles pràctiques i continguts que sí són propis de disciplines CT i que per tant respondrien a objectius d'aprenentatge específics d'aquestes disciplines.

La negociació d'aquesta tensió didàctica ha estat explorada per alguns autors que han conceptualitzat l'ABP, on el rol de l'acció per aprendre nous continguts ha estat un punt d'interès. Blumenfeld et al., (1991) entenen que l'acció en les propostes ABP podia servir com una eina per mantenir l'interès de l'alumnat al voltant de certs temes i facilitar la seva participació. De la mateixa forma, Fortus et al. (2005) entenen l'acció com una oportunitat de representació externa dels aprenentatges CT desenvolupats durant el projecte, decantant-se per aspectes disciplinaris. Per altra banda, certes propostes STEM ABP ressalten la importància del desenvolupament d'una acció per la prioritat que dona a fomentar habilitats del segle XXI (Capraro, Capraro & Slough, 2013), decantant-se en aquest cas pel caràcter meta-disciplinari amb la que es pot desenvolupar l'acció.

En relació a la tercera tensió didàctica, la prioritització en la integració de continguts de diferents matèries impliquen un conjunt de destreses associades a aspectes de caràcter meta-disciplinari, ja que es basen en saber integrar de forma crítica els coneixements que poden aportar cada disciplina. En canvi, la prioritització de la construcció de idees clau i models responen a aspectes dels projectes de caràcter disciplinari i propis de les disciplines CT.

La negociació d'aquesta tensió didàctica es pot relacionar amb les diferents formes d'entendre la integració de disciplines, com és el cas de l'enfocament STEM (Martín-Páez et al., 2019). Així mateix, l'avenç en les formes d'entendre els elements que conformen i caracteritzen la natura de cada disciplina, ha permès entendre quins elements poden ser més fàcilment compartits i quins són particulars a cada disciplina (Couso & Simarro, 2020; Park et al., 2020). En aquest sentit, tradicionalment hi ha hagut propostes que aposten per una aproximació multidisciplinària en les propostes didàctiques fent que respecti la naturalesa de cada disciplina (Izquierdo, Espinet, et al., 1999b). Tot i així, tal i com apunten

Aguilera, Lupiáñez, Vilchez-González, & Perales-Palacios (2021), cal aprofundir en la discussió sobre quin és el nivell d'integració de disciplines més apropiat.

En relació a la quarta tensió didàctica, l'avaluació de l'acció del projecte estaria vinculada a aspectes de caràcter meta-disciplinari dels projectes STEM, on la regulació del docent i l'alumnat emfatitza com el projecte pot millorar en aspectes que no necessàriament són propis d'una disciplina. Per exemple, l'avaluació de les habilitats comunicatives en la presentació de l'acció final. En canvi, aquella regulació i avaluació centrada en obtenir evidències d'aprenentatge de l'assoliment d'una competència CT, fa èmfasi aspectes de caràcter disciplinari dels projectes.

Diferents autors parlen de la importància de negociar aquesta tensió didàctica amb diferents estratègies que fomentin ambdós tipus d'aspectes (Larmer et al., 2015) així com la potencialitat d'utilitzar l'acció com una eina de regulació al poder representar les idees de l'alumnat en un producte tangible (J. S. Krajcik & Shin, 2014).

Cal destacar que la emergència d'aquesta tensió didàctica ha estat diferent a la resta de tensions. En les anteriors tres tensions didàctiques el professorat alterna i combina diferents prioritats davant de les dificultats que plantegen aquestes. Tot i així, en aquesta darrera tensió didàctica vinculada a l'Avaluació, el professorat participant presenta consens (5/6 participants) en prioritzar la regulació dels aprenentatges davant de la regulació de l'acció. Es tracta, per tant, d'una tensió ineludible per tots els participants però que els reptes que planteja s'aborden des d'un posicionament coincident (Figura 5).

Aquesta tensió didàctica estructural que contraposa els aspectes de caràcter meta-disciplinari i disciplinari CT en els projectes STEM i que s'identifica en les anteriors quatre tensions didàctiques es pot entendre també com una contraposició del conjunt de característiques que es vinculen a la metodologia ABP en contrast amb el conjunt de característiques que fan dels projectes STEM propostes que fomentin una activitat CT competencial (que fomenta els continguts i les pràctiques pròpies de l'àmbit CT). És a dir, que els resultats presentats també es poden interpretar des d'una tensió entre desenvolupar un "bon projecte" (sofisticat en les característiques pedagògiques pròpies de la metodologia 'ABP) i desenvolupar un "bon projecte STEM" (que, a més, és sofisticat en les formes de desenvolupar i posar en pràctica competències específiques STEM).

En aquesta forma de concretar la tensió didàctica estructural, l'associació entre aspectes de caràcter meta-disciplinari amb els elements propis de la metodologia ABP, es pot entendre al revisar com es caracteritza i justifica l'ABP. Per exemple, la cooperació com un element propi de l'ABP es vincula amb principis constructivistes d'aprenentatge (Crawford, Krajcik, & Marx, 1999). A la vegada, també planteja que l'alumnat sigui més autònom i que, per tant desenvolupi habilitats d'autonomia, autoregulació i comunicació que es vinculen amb habilitats del segle XXI així com amb altres habilitats transversals (meta-disciplinàries) (Larmer et al., 2015; Mergendoller & Thomas, 2000).

Aquesta tensió didàctica estructural apareix implícita en diferents estudis al voltant de propostes ABP, que solen estar conceptualitzades ressaltant la importància d'incloure continguts curriculars centrals en el disseny de projectes (Krajcik y Shin 2014). Així mateix, si s'analitzen les revisions realitzades sobre les justificacions que més apareixen al promoure projectes STEM també apareix aquesta tensió, que es discuteix en termes de finalitats d'aprenentatge específiques de disciplines CT i finalitats d'aprenentatge transversals (com el pensament crític, la creativitat) (Hasni et al., 2016).

Havent presentat aquesta tensió didàctica estructural entre aspectes que s'han definit com de caràcter disciplinari i meta-disciplinari, aquesta interpretació pot ser aplicada tant pels aspectes que estan implicats en les quatre tensions didàctiques identificades com per la resta d'àmbits, aspectes i concrecions d'aspectes identificats en l'apartat 4.1. Amb criteri propi dels autors, s'han distingit com es podrien vincular els diferents aspectes amb el seu caràcter disciplinari o meta-disciplinari (Taula 16).

En aquest capítol s'han presentat els àmbits i aspectes que caracteritzen els projectes STEM pel professorat que participa en el seu disseny i implementació i ha permès que emergeixi una tensió didàctica estructural que es concreta en les quatre tensions presentades.

Taula 16. Taula resum dels àmbits, aspectes i concrecions d'aspectes dels projectes STEM d'acord amb el seu caràcter disciplinari (verd), meta-disciplinari (blau) o neutre (gris).

| Aspecte | Sub-aspecte | Concreció de l'aspecte |
|---|---|--|
| Àmbit Finalitats | | |
| Mobilització de competències | Competències científiques | Aplicació coneixement científic |
| | | Construcció de coneixement científic |
| | Competències transversals | Treball en entorns interdisciplinaris i reals |
| | | Habilitats del segle XXI |
| Àmbit Continguts | | |
| Selecció de continguts de i sobre ciències | Teòrics | Específics del context o conceptes aïllats |
| | | Estructurats en idees clau o models científics escolars |
| | Procedimentals | Basats en tècniques procedimentals |
| | | Basats en pràctiques d'observació, validació de resultats, formulació d'hipòtesi, etc. |
| Integració de continguts de diferents matèries | | Selecció d'una matèria |
| | | Integració constant continguts de ciències Naturals, Socials i Tecnologia |
| | | Integració variable de continguts de diverses matèries |
| Introducció de nous continguts | | Introducció fora del projecte |
| | | Introducció durant el projecte amb propostes de caràcter innovador (TIC, indagació/modelització) |
| | | Introducció durant el projecte amb instrucció magistral/ explicacions |
| Àmbit Acció | | |
| Rang de decisió | | Acció estructurada |
| | | Acció semi estructurada |
| | | Acció oberta o lliure |
| Audiència a qui va dirigida l'acció/producte final | | Comunitat escolar i entorn local |
| | | La comunitat experta o professional |
| Tipus de repte/pregunta que es planteja | | Explicar un fenomen |
| | | Crear/millorar un artefacte |
| | | Ajudar a millorar/Resoldre un problema social |
| Àmbit Context | | |
| Nivell de rellevància | | Personal |
| | | Local i/o global |
| Autenticitat | | Real |
| | | Versemblant |
| | | Fictici |
| Significança científica | | Pretext per introduir nous coneixements |
| | | Genera la necessitat de comprendre |
| Àmbit Participació Pràctiques CT | | |
| Participació en pràctiques científico-tecnològiques | Participació en pràctiques científiques | Modelització |
| | | Indagació |
| | Participació en pràctiques de la Enginyeria | Argumentació i comunicació |
| | | |
| Àmbit Avaluació | | |
| Regulació del procés i el resultat d'aprenentatge | | Estratègies d'avaluació reflexives durant el projecte |
| | | Estratègia d'avaluació focalitzada en sub-productes i l'acció final |

5

Resultats i discussió del segon objectiu de disseny – Estudi 1

En aquest capítol, es presenten els resultats del procés de disseny i co-construcció de l'instrument d'anàlisi per avaluar projectes STEM. Aquest instrument, es presenta amb el nom de Rúbrica STEM ABP (Pérez-Torres, Couso i Márquez, 2021).

La organització d'aquest capítol es divideix en:

- 1) La presentació dels indicadors per l'anàlisi de projectes STEM en vuit àmbits d'anàlisi: Finalitats, Continguts, Acció, Contextualització, Pràctiques científicotecnològiques, Avaluació, Col·laboració i Recursos TIC. Per cada indicador s'estableixen quatre nivells de sofisticació.
- 2) La identificació de les tensions didàctiques presentades en el Capítol 4 que emergeixen en el procés de construcció de la Rúbrica STEM ABP i les seves implicacions en l'instrument final.

5.1. Presentació de l'instrument Rúbrica STEM ABP

La rúbrica STEM ABP es conforma en una eina amb vuit àmbits d'anàlisi que es concreten en 21 indicadors per l'anàlisi de projectes STEM amb quatre nivells de sofisticació progressius per a cada indicador (Annex II). Cada nivell incorpora un text breu (descriptor) que caracteritza l'estadi concret de sofisticació en el que el disseny de cada projecte STEM es pot desenvolupar i millorar. Aquests descriptors progressius poden ser utilitzats per orientar la selecció, anàlisi, millora, adaptació o creació de projectes STEM. En el context d'aquesta tesi doctoral, el seu ús ha estat principalment per a l'anàlisi, permetent la caracterització individual i la comparació grupal d'un grup projectes STEM per al desenvolupament del tercer objectiu de recerca.

Els 21 indicadors es poden agrupar en vuit àmbits d'anàlisi que es defineixen d'acord amb la descripció presentada a la Taula 17. Aquests vuit àmbits responen a tres preguntes que defineixen els tres eixos identificables en tot disseny didàctic (Sanmartí, 2000) i que en cas dels projectes STEM es concreten en:

- a) Per a què es dissenya el projecte STEM? Amb quins propòsits s'articula el repte que planteja el projecte, a quins propòsits curriculars respon i amb quin objectiu didàctic es crea (aplicar i/o construir coneixements, explorar nous contextos i habilitats, etc).

- b) Què es desenvolupa en el projecte STEM? Quins continguts i accions són seleccionats i estructurats en el disseny del projecte STEM?
- c) Com es desenvolupa el projecte STEM? Sobre quins contextos, tecnologies, pràctiques i formes d'avaluar s'articula el què s'ensenya/aprèn?

Taula 17. Estructura i definició dels àmbits de la rúbrica STEM ABP i els seus respectius indicadors. Adaptació de la Taula 1 de Pérez Torres, Couso i Márquez (2021).

| Estructura de la Rúbrica STEM ABP | | | |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Eix de disseny | Àmbit | Definició de l'àmbit | Indicador |
| Per a què? | Finalitats | Conjunt de propòsits que promouen la realització del projecte que inclouen els objectius curriculars, els objectius didàctics i l'objectiu associat al repte del projecte. | Finalitats d'aprenentatge (curriculars) |
| | | | Finalitats didàctiques |
| | | | Finalitats del projecte (Repte) |
| Què? | Continguts | Conjunt de continguts (teòrics, procedimentals i actitudinals) i valors seleccionats, així com les formes d'organitzar-los i integrar-los en el projecte amb els continguts d'altres matèries. | Aprofundiment dels continguts conceptuals |
| | | | Aprofundiment dels continguts procedimentals i epistèmics |
| | | | Aprofundiment dels valors i continguts actitudinals |
| Com? | Acció | Producte o presa de decisió o actuació que es genera en resposta a la pregunta o repte que planteja un projecte. | Integració de continguts entre matèries |
| | | | Desplegament de l'acció |
| | | | Àmbit de realització i impacte social |
| Com? | Participació en pràctiques científicotecnològiques ¹ | Conjunt de les formes de pensar, fer i comunicar de la ciència i la tecnologia escolar que es fomenten en el projecte. | Rang de decisió sobre el producte |
| | | | Participació en l'avaluació de proves i construcció d'arguments (Argumentació) |
| | | | Participació en la recollida i anàlisi de dades provinents d'observacions o experiments (Indagació) |
| Com? | Participació en pràctiques científicotecnològiques ¹ | Conjunt de les formes de pensar, fer i comunicar de la ciència i la tecnologia escolar que es fomenten en el projecte. | Participació en la construcció d'explicacions, teories i models (Modelització) |

¹ Les pràctiques CT es poden entendre a la vegada com un "què" i com un "com" segons el plantejament teòric de partida. En coherència amb el marc teòric d'aquesta tesi, on l'ACE es conceptualitza com un plantejament metodològic, les pràctiques CT formen part del "com" es pot desenvolupar un projecte STEM.

| | | |
|-------------------|---|---|
| | | Participació en les pràctiques de la enginyeria |
| Contextualització | Manera de presentar el fil conductor que dóna sentit al repte/ pregunta que planteja el projecte, així com els continguts i pràctiques que es desenvolupen. | Rellevància |
| | | Significativitat científica |
| | | Autenticitat |
| Avaluació | Estratègies de regulació que es fan servir per guiar tant l'aprenentatge com la realització de l'acció. | Avaluació del procés (formativa) |
| | | Avaluació del resultat |
| TIC | Mecanismes de regulació i de l'ús de les TIC. | Recursos TIC |
| Col·laboració | Mecanismes de regulació de la feina en grup | Regulació del treball cooperatiu |

A continuació es presenten els indicadors de la rúbrica STEM ABP per cada àmbit.

Àmbit Finalitats

L'àmbit de Finalitats es caracteritza en la rúbrica STEM ABP a través de tres indicadors (Taula 18) que permeten concretar les següents progressions de disseny:

1. **Finalitats d'aprenentatge (curriculars).** Fan referència a la vinculació del projecte STEM amb els objectius d'aprenentatge curriculars que es pretenen promoure. En els diferents nivells de sofisticació, s'articulen com poden elaborar-se objectius que siguin cada cop més competencials i que s'alineïn amb una forma de ser competent que impliqui tant habilitats transversals com un "saber fer" lligat a un coneixement científic (Izquierdo, 2018) i que sigui transferible a altres contextos.
2. **Finalitats didàctiques.** Fan referència als objectius amb els que es seqüencien les diferents activitats que conformen el projecte STEM. En els diferents nivells de sofisticació, s'articula com poden estructurar-se les activitats d'un projecte STEM de formes cada cop més sofisticades segons les fases del cicle d'aprenentatge que es fomentin i la seva profunditat (Jorba i Sanmartí, 1993, citat en Delgado & Rovira, 1997).
3. **Finalitats del projecte (repte).** Fan referència als objectius estrictament vinculats a al repte/demanda que es planteja a l'alumnat en el projecte STEM. En els diferents nivells de sofisticació, s'articula com poden estructurar-se reptes que impliquin involucrar-se de forma creixent en activitats que fomentin noves necessitats d'aprenentatge (Pilot & Bulte, 2006).

Taula 18. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de Finalitats.

| INDICADOR | NIVELL DE SOFISTICACIÓ | | | |
|---|--|--|--|--|
| | NIVELL 1 | NIVELL 2 | NIVELL 3 | NIVELL 4 |
| FINALITATS D'APRENTATGE (CURRICULAR) | Es pretén que l'alumnat reconegui contextos on la ciència té un paper rellevant (salut, medi ambient, etc.) i on s'hi puguin desenvolupar accions que principalment desenvolupin destreses transversals de l'alumnat com la creativitat, el pensament crític, la col·laboració o la comunicació. | Es pretén que l'alumnat disposi de coneixements científics necessaris per desenvolupar-se en la vida diària, resoldre problemes i necessitats bàsiques en contextos on la ciència té un paper rellevant. Es busca adquirir una cultura científica general a la vegada que es desenvolupen destreses transversals com la creativitat, el pensament crític, la col·laboració o la comunicació. | Es pretén que l'alumnat esdevingui competent científicament fent ús de coneixement científic que capaciti a prendre decisions argumentades i actuar en un ampli rang de situacions, mobilitzant capacitats transversals com el treball en equip, la creativitat, les habilitats comunicatives i el pensament crític. | Es pretén que l'alumnat esdevingui competent científicament involucrant-se en unes pràctiques científiques que els permetin construir i dominar diversos models científics/idees clau que els capacitin a prendre decisions argumentades i actuar en un ampli rang de situacions, mobilitzant capacitats transversals com el treball en equip, la creativitat, les habilitats comunicatives i el pensament crític. |
| FINALITATS DIDÀCTIQUES | Es pretén explorar un context sense una finalitat didàctica preestablerta. | S'explora intencionalment un context per transferir continguts apresos fora del projecte. Preval el pensament concret (no abstracte). | Es pretén que es faci un ús aplicat dels diferents continguts que s'aprenen al projecte. La construcció d'idees més abstractes es dona en alguns moments del projecte. | Es pretén seguir un cicle d'aprenentatge centrat en la construcció i aplicació de continguts que apareguin en activitats seqüenciades progressivament cap a nivells de pensament més abstractes que finalment s'utilitzin en noves situacions concretes. |

**FINALITATS DEL
PROJECTE (REPTE)**

Es planteja un repte/pregunta que proposa tasques principalment reproductives. Apareixen poques restriccions que impliquin la necessitat de comprendre alguna situació.

Es planteja un repte/pregunta provocatiu, i a llarg termini que es pot respondre sense una necessitat clara de respondre a un objectiu competencial.

Es planteja un repte/pregunta provocatiu, apropiat en dificultat i a llarg termini on apareix alguna restricció que respon a algun objectiu competencial

Es planteja un repte/pregunta provocatiu, apropiat en dificultat i a llarg termini on cal analitzar i comprendre una situació per prendre decisions. És complexa, intervenen diferents factors i restriccions on realitzar l'acció suposa un repte sostingut al llarg del projecte.

Àmbit Continguts

L'àmbit de Continguts es caracteritza en la rúbrica STEM ABP a través de quatre indicadors (Taula 19) que permeten concretar les següents progressions de disseny:

4. **Aprofundiment dels continguts conceptuals.** Fa referència a conceptes o grups de conceptes que es seleccionen per ser desenvolupats durant el projecte STEM.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si es treballen conceptes més o menys abstractes i més o menys estructurats en idees clau. Així mateix se n'avalua com de recurrents són al llarg del projecte STEM i si es presenten de forma progressiva durant aquest.
5. **Aprofundiment dels continguts procedimentals i epistèmics.** Fa referència a les idees procedimentals que es seleccionen per ser desenvolupades durant el projecte STEM com poden ser classificar, dissenyar experiments, seleccionar criteris de validació, etc., així com el foment d'aspectes epistèmics de la ciència com són l'adopció de criteris de rigor, objectivitat, etc. necessaris per desenvolupar-los.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si es prioritzen idees procedimentals i epistèmiques cada cop més complexes en detriment de l'aprenentatge de tècniques o processos mecànics.
6. **Aprofundiment dels valors i continguts actitudinals.** Fa referència als valors ètics i socials relacionats amb qüestions científiques que fomenta el projecte i les implicacions que en deriven per la societat.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si es prioritzen activitats que fomentin la reflexió sobre aspectes ètics o valors lligats a qüestions socials/ètics, etc. (com pot ser la responsabilitat sobre el medi ambient, posicionament crític sobre controvèrsies o els avenços tecnològics).
7. **Integració de continguts entre matèries.** Fa referència a les formes d'integrar els continguts de diferents matèries que apareixen durant el projecte STEM.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si les matèries que participen del projecte STEM contribueixen de forma conjunta al desenvolupament de l'acció final i si apareixen activitats que contrastin les aportacions que pot fer cada matèria.

Taula 19. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de Continguts.

| INDICADOR | NIVELL DE SOFISTICACIÓ | | | |
|--|---|--|---|---|
| | NIVELL 1 | NIVELL 2 | NIVELL 3 | NIVELL 4 |
| APROFUNDIMENT DELS CONTINGUTS CONCEPTUALS AL PROJECTE | Eventualment, s'incorporen continguts descriptius en forma d'informació o de dades. Es presenten desconnectats entre ells. | Es seleccionen continguts que permeten descriure i identificar fenòmens concrets que són fàcilment interpretables. Es tracta principalment de relacions causa efecte simples. | Es seleccionen i s'organitzen en idees clau que apareixen de forma recurrent durant el projecte i que es desenvolupen de forma específica en certs moments del projecte. | Es seleccionen i organitzen en idees clau que apareixen de forma recurrent i que es desenvolupen progressivament al llarg de diferents moments per tal de construir un model teòric que permet explicar un ample rang de fenòmens. |
| APROFUNDIMENT DELS CONTINGUTS PROCEDIMENTALS I EPISTÈMICS AL PROJECTE | Apareixen exposats de forma descriptiva i/o s'entenen com conèixer tècniques de recollida i anàlisi de dades que es treballen esporàdicament. La imatge de ciència que es dona és de desxifrar la natura. | Poden aparèixer exposats de forma descriptiva, es centren en conèixer les fases d'una investigació, fer us esporàdic d'algun instrument com claus dicotòmiques, termòmetres, balances, etc. Es dona una imatge poc acurada de la ciència (p.e.: excessivament pragmàtica, o coneixement per acumulació). | Apareixen relacionats en com conèixer les fases d'una investigació posant èmfasi en alguna idea procedimental més complexa com el control de variables, el disseny experimental, formes de classificar, etc. Poden aparèixer apreciacions que promoguin actituds científiques (rigor, objectivitat, reconèixer limitacions, etc). | De forma recurrent, apareixen idees procedimentals complexes com classificar, dissenyar experiments, seleccionar eines i estratègies adequades per observar, recollir dades i interpretar-les, seleccionar criteris de validació de resultats adequats, etc. Apareixen apreciacions que promoguin actituds científiques (rigor, objectivitat, reconèixer limitacions, com de segur s'està de les afirmacions generades, etc). |
| APROFUNDIMENT DELS VALORS I CONTINGUTS | Es fomenta una actitud positiva cap a la ciència | El projecte porta implícites treballar algunes actituds envers la | Es planteja alguna activitat on s'inclouen reflexions sobre actituds | Es promou reiteradament treballar actituds envers la ciència (p.e. |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| ACTITUDINALS AL PROJECTE | principalment a través d'anècdotes o fets sorprenents. | ciència (pe: cuidar el medi ambient) tot i que existeixen pocs espais per reflexionar-hi críticament. | envers la ciència (p.e. valorar el paper de la ciència en la presa de decisions o les seves implicacions en la societat actual) en relació a algun contingut treballat. | valorar el paper de la ciència en la presa de decisions o les seves implicacions en la societat actual) amb activitats concretes on es reflexiona sobre valors relacionats amb el contingut treballat. |
| INTEGRACIÓ DE CONTINGUTS ENTRE MATÈRIES | Es treballen i relacionen idees quotidianes sobre el tema tractat o es treballa una única matèria. | Els coneixement de diferents matèries es treballen per separat i fan aportacions independents al projecte. | Els coneixements de diferents matèries es treballen per separat però s'utilitzen i fan una aportació convergent en el producte final. Pot aparèixer una matèria central i que les altres en facin aportacions complementàries. | Els coneixements de diferents matèries s'integren i es contrasten durant tot el projecte. El projecte comporta treballar a la vegada amb les aportacions que pot fer cadascuna. S'integren idees 2 o 3 matèries amb un pes similar. |

Àmbit Acció

L'àmbit de l'Acció es caracteritza en la rúbrica STEM ABP a través de tres indicadors (Taula 20) que permeten concretar les següents progressions de disseny:

8. **Desplegament de l'acció.** Fan referència al conjunt d'activitats que poden incloure's dintre de l'execució de l'acció final del projecte STEM.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifiquen etapes de desenvolupament de l'acció que progressen fins a l'execució completa i avaluació de l'acció.
9. **Àmbit de realització i impacte social.** Fan referència a la projecció que pot tenir l'acció final més enllà de l'aula i la repercussió que pot tenir per la pròpia comunitat social-educativa (centre educatiu, famílies, barri, municipi, etc.)
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica i es valora amb major sofisticació els dissenys de projectes STEM que impliquen l'externalització del projecte de l'aula i la implicació d'altres persones i entitats en les que pot repercutir l'acció final.
10. **Rang de decisió.** Fan referència a la capacitat d'elecció de l'alumnat en els projectes STEM (sobre l'acció, el producte final...)
En els diferents nivells de sofisticació, es valora com s'integren en el disseny del projecte espais on es regula i facilita que els alumnes s'organitzin per decidir elements rellevants del desenvolupament del projecte STEM.

Taula 20. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de l'Acció.

| INDICADOR | NIVELL DE SOFISTICACIÓ | | | |
|--|--|---|--|---|
| | NIVELL 1 | NIVELL 2 | NIVELL 3 | NIVELL 4 |
| DESPLEGAMENT DE L'ACCIÓ | El projecte promou que s'expliciti una proposta. | El projecte promou que s'expliciti una proposta i s'argumenti. | El projecte promou que s'expliciti una proposta, s'argumenti, es dissenyi i es posi en pràctica. | El projecte promou que s'expliciti una proposta, s'argumenti, es dissenyi, es posi en pràctica, s'avalui i es proposin millores. |
| ÀMBIT DE REALITZACIÓ I IMPACTE SOCIAL | L'acció es dirigeix a la pròpia classe. El propi alumnat és el beneficiari del projecte. La repercussió és gairebé exclusivament personal. | L'acció va dirigida a la comunitat escolar (professorat, alumnat d'altres cursos, treballadors de l'escola). L'impacte queda reclòs a l'interior del recinte escolar. | L'acció va dirigida a la comunitat de l'entorn escolar (pares o veïns del barri). L'impacte va associat a un servei o activitat puntual normalment fora de l'escola. | L'acció va dirigida a una comunitat social o professional externa a l'escola i l'entorn escolar (normalment associada a un encàrrec extern) i genera un impacte o repercussió sostinguda en aquesta. |
| RANG DE DECISIÓ SOBRE EL PRODUCTE | El projecte està completament estructurat i planificat en el temps cap a un producte final únic i comú, sense marge de decisió. | El projecte té una estructura fixa amb un producte concret lligat a un repte plantejat, però que permet alguns moments de llibertat de decisió. | El projecte es presenta de forma semi-oberta, es planteja un repte lligat a un context problemàtic on l'alumnat ha d'escollir quina acció realitzarà per superar-lo. S'admeten diferents produccions finals. | El projecte és completament obert i s'inicia des d'un context problemàtic on l'alumnat identifica i escull els reptes als quals vol donar resposta. Les formes d'abordar el repte es decideixen i s'argumenten per part de l'alumnat. |

Àmbit Contextualització

L'àmbit de Contextualització es caracteritza en la rúbrica STEM ABP a través de tres indicadors (Taula 21) que permeten concretar les següents progressions de disseny:

11. **Rellevància.** Fa referència a la selecció de contextos que fomentin un interès de l'alumnat a nivell personal i social.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifiquen aquelles formes més sofisticades de rellevància personal i social segons les implicacions que té en el desenvolupament de la competència ciutadana de l'alumnat en els contextos seleccionats. Aquells contextos que es plantegen des d'una rellevància esporàdica o curiositat, s'identifiquen en nivells menys sofisticats.
12. **Significativitat científica.** Fa referència a la selecció de contextos que fomentin una mirada científicotecnològica d'algun fenomen de la natura.
En els diferents nivells de sofisticació, impliquen la selecció de fenòmens que puguin ser investigables científicament i que permetin una reinterpretació científica.
13. **Autenticitat.** Fa referència a la selecció de contextos que fomentin connexions amb l'entorn no escolar.
En els diferents nivells de sofisticació fan referència als graus de versemblança dels contextos seleccionats. Aquests nivells impliquen des de situacions simulades o fictícies fins a una interacció real de demanes i activitats extraescolars.

Taula 21. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de Context.

| INDICADOR | NIVELL DE SOFISTICACIÓ | | | |
|--------------|---|--|---|---|
| | NIVELL 1 | NIVELL 2 | NIVELL 3 | NIVELL 4 |
| RELLEVÀNCIA | Es plantegen situacions i reptes proposats per l'alumne que responen a una curiositat poc sostinguda en el temps. | Es plantegen situacions i reptes que poden néixer de l'alumnat però que es connecten puntualment amb possibles interessos d'aquest a nivell individual, social o professional. | Es plantegen situacions i reptes que connecten i generen interessos (sostinguts en el temps) a l'alumnat a nivell: individual (considerant treballar destreses útils pel seu dia a dia), social (preparant per interaccionar en la societat) i/o professional (oferint orientació). | Es plantegen situacions i reptes que connecten i generen interessos (sostinguts en el temps) a l'alumnat a nivell: individual (considerant treballar destreses pel seu dia a dia), social (preparant per interaccionar en la societat) i/o professional (oferint orientació). S'intenta que aquestes situacions generin nous interessos i inquietuds que vagin més enllà de l'àmbit quotidià. |
| AUTENTICITAT | Les situacions i tasques que es plantegen pertanyen a l'àmbit escolar, així com les pràctiques i les interaccions que s'hi esdevenen. | Les situacions i tasques que es plantegen són fictícies. Es recreen situacions simulades però que plantegen pràctiques que s'assemblen puntualment a les del món real. | Les situacions i tasques que es plantegen són versemblants. Es generen escenaris del món real que s'adapten per poder plantejar pràctiques més similars al món real. | Les situacions i tasques que es plantegen són iguals (o molt semblants) a les que succeeixen al món real "fora de l'escola". Es treballen en situacions ambigües, amb problemes no predefinits que s'afronten treballant en grup entre companys i/o amb altres persones de fora del centre. |

**SIGNIFICATIVITAT
CIENTÍFICA**

S'utilitza un context que permet connexions limitades amb el contingut científic.

S'utilitza un context on s'identifiquen diversos fenòmens, es poden treballar diferents idees tot i que s'explora amb preguntes que no el reinterpreten.

S'utilitza un context que permet fer-se preguntes que en alguns casos reinterpreten algun fenomen. El llenguatge científic apareix progressivament.

S'utilitza un context que permet fer-se preguntes investigables científicament. Es reinterpreten fenòmens incorporant noves formes de mirar-los (des de diferents disciplines). El context dona sentit a nous conceptes que s'associen a un nou llenguatge. Ofereix una imatge de com és l'activitat científica.

Àmbit Pràctiques Científicotecnològiques

L'àmbit de Pràctiques Científicotecnològiques es caracteritza en la rúbrica STEM ABP a través de quatre indicadors (Taula 22) que permeten concretar les següents progressions de disseny:

- 14. Participació en l'avaluació de proves i construcció d'arguments (Argumentació).**
Fa referència a les formes de fomentar un raonament científic, estructurat en l'ús de proves i la construcció d'arguments.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si els projectes STEM fomenten activitats que facilitin l'argumentació pròpiament científica (ús de proves obtingudes científicament, que contrasti models científics, etc.).
- 15. Participació en la recollida i anàlisi de dades provinents d'observacions o experiments (Indagació).** Fa referència a la generació de preguntes investigables i desenvolupament d'indagacions científiques que facilitin la formulació de conclusions.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si els projectes STEM fomenten una planificació experimental o de camp on es puguin contrastar hipòtesis i desenvolupar explicacions a partir de l'obtenció de proves.
- 16. Participació en la construcció d'explicacions, teories i models (Modelització).** Fa referència a la construcció d'explicacions al voltant d'un fenomen concret.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si els continguts conceptuals que apareixen en el projecte STEM es desenvolupen d'una forma planificada per a desenvolupar explicacions personals/pròpies i cada cop més sofisticades/properes a les explicacions de la ciència escolar que puguin ser emprades en el projecte.
- 17. Participació en les pràctiques de l'enginyeria.** Fa referència a la inclusió d'activitats pròpies dels processos de disseny en l'àmbit de la Enginyeria.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si els projectes fomenten les fases pròpies del disseny per al desenvolupament de solucions tecnològiques.

Taula 22. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de Pràctiques CT.

| INDICADOR | NIVELL DE SOFISTICACIÓ | | | |
|--|--|--|--|---|
| | NIVELL 1 | NIVELL 2 | NIVELL 3 | NIVELL 4 |
| PARTICIPACIÓ EN L'AVALUACIÓ DE PROVES I CONSTRUCCIÓ D'ARGUMENTS (ARGUMENTACIÓ) | Hi ha pocs espais d'argumentació o es limiten a comunicar resultats de manera descriptiva. | Es promou alguna activitat d'argumentació però que no sempre estan relacionades amb una argumentació científica o basada en proves. | Es promou que l'alumnat argumenti científicament en certs moments del projecte. Apareixen eines de suport del discurs per a què es basin en proves i promoguin el pensament en un model concret. | Es centra en treballar l'argumentació científica. És una pràctica que apareix de forma recurrent durant el projecte i que es sofistica a través d'ell. L'argumentació esdevé una eina per establir diàleg entre el fenomen que s'indaga i el model que es construeix, i també per contrastar models entre l'alumnat. També s'argumenten les decisions que es prenen durant el projecte. |
| PARTICIPACIÓ EN LA RECOLLIDA I ANÀLISI DE DADES PROVINENTS D'OBSERVACIONS O EXPERIMENTS (INDAGACIÓ) | Es plantegen poques preguntes que siguin científiques o investigables científicament. La investigació s'entén com recollida i síntesi de d'informació. | Es plantegen preguntes científiques que es responen parcialment amb una recollida de dades. La part experimental o de camp és esporàdica i busca que els l'alumnat conegui i explori la situació que estan treballant i no tant transformar la seva visió d'aquesta. | Es plantegen preguntes científicament orientades i que promogui planificar investigacions per observar i recollir proves que les responguin. Se'ls demana que se n'extreguin conclusions i es desenvolupin explicacions. El treball experimental o de camp predomina en alguns moments del projecte. | Es plantegen preguntes científicament orientades i que promoguin planificar investigacions per observar i recollir proves que confirmen o refutin les idees inicials. Es demana que se n'extreguin conclusions i es desenvolupin explicacions així com que les avaluin a partir del coneixement científic adquirit. El treball experimental o de camp predomina al llarg del projecte. |

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| <p>PARTICIPACIÓ EN LA CONSTRUCCIÓ DE TEORIES I MODELS (MODELITZACIÓ)</p> | <p>Els continguts conceptuals abstractes es presenten de forma descriptiva, les activitats que apareixen busquen aplicar aquells conceptes que es necessiten i no apareix un procés concret que persegueixi comprendre un concepte complex.</p> | <p>Apareixen algunes activitats destinades a treballar puntualment alguns continguts conceptuals científics més complexos que resulten necessaris en algun punt del projecte.</p> | <p>Apareixen activitats que promouen aprofundir en algun model científic, activant algunes de les seves idees clau. S'intenta donar explicació a fenòmens estretament lligats a l'acció.</p> | <p>Es promou la comprensió d'un model teòric que es construeix de forma seqüencial tot introduint idees que es contrasten amb els models previs. Apareixen preguntes que promouen imaginar el mecanisme que explica un fenomen i revisar aquest model. Part del repte del projecte consisteix en implicar-se en aquest procés de desenvolupar i utilitzar aquest model.</p> |
| <p>PARTICIPACIÓ EN LES PRÀCTIQUES DE LA ENGINYERIA</p> | <p>Es realitza un procés de construcció seguint un protocol per generar un producte final.</p> | <p>Es planteja donar resposta a un problema predefinit seguint un procés de construir i testar un producte.</p> | <p>Es planteja donar resposta a un problema ideant una solució i prototipant i testant un producte.</p> | <p>Es planteja involucrar-se en pràctiques com empatitzar amb una comunitat externa, definir un problema, idear una solució, prototipar-la i testar-la, per tal mobilitzar uns continguts i construir un "producte" que respongui a les necessitats identificades.</p> |

Àmbit Avaluació

L'àmbit de l'Avaluació es caracteritza en la rúbrica STEM ABP a través de dos indicadors (Taula 23) que permeten concretar les següents progressions de disseny:

18. **Avaluació del procés (formativa).** Fa referència a la planificació i regulació dels objectius d'aprenentatge durant el projecte.
En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si els projectes STEM fomenten espais per proposar millores en les activitats realitzades, si existeixen activitats que facilitin la transferència de coneixements i estratègies de co i autoavaluació.
19. **Avaluació del resultat.** Fa referència les formes d'avaluar els coneixements resultants de realitzar el projecte STEM.
En els diferents nivells de sofisticació, es prioritza la reflexió crítica sobre què s'ha après i si es fomenta que l'alumnat busqui evidències d'aquest aprenentatge a través de diferents estratègies a part de l'acció final.

Taula 23. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de l'Avaluació.

| INDICADOR | NIVELL DE SOFISTICACIÓ | | | |
|-------------------------------|---|--|--|---|
| | NIVELL 1 | NIVELL 2 | NIVELL 3 | NIVELL 4 |
| AVALUACIÓ DEL PROCÉS | Apareixen escassos moments de revisió del que es va aprenent, en els quals, el professorat assumeix el rol de detectar errors, analitzar-los i fer propostes a l'alumnat per millorar-los. El rol de l'alumne és revisar a casa el seu treball en funció d'elles. | El professorat avalua cadascuna de les tasques i en relació a algunes d'elles, demana a l'alumnat que es coavalui per detectar dificultats i fer propostes de millora, a partir de criteris que se'ls dona una vegada realitzada la tasca i que han d'aplicar per revisar-la. | A l'inici es comuniquen els objectius del projecte, i al llarg d'ell es va discutint com planificar la realització d'algunes de les tasques i els criteris per avaluar-ne la qualitat. Es promou que l'alumnat ho tingui en compte al realitzar-la. | Es discuteix amb l'alumnat els objectius del projecte a mesura que se'ls poden representar i com planificar la realització d'algunes de les tasques-clau (que són transferibles) i els criteris per avaluar-ne la qualitat. Es preveu un temps per aplicar-ho a la co-avaluació i a l'autoavaluació vista com regulació de les dificultats que van sorgint. |
| AVALUACIÓ DEL RESULTAT | S'identifiquen unes tasques que són les que es tindran en compte per qualificar (una d'elles és el producte final), i es fa una ponderació entre totes elles. L'avaluació la fa el docent. Es continua pensant en clau d'assignatura. | De les tasques seleccionades, alguna s'utilitza per a què l'alumnat es coavalui/qualifiqui o s'autoavalui a partir de llistats de criteris o rúbriques donades pel professorat. La qualificació final surt de la ponderació de les qualificacions, i el producte final té un valor important. Es continua pensant en clau d'assignatura. | A partir dels criteris consensuats amb l'alumnat, aquests els apliquen per qualificar-se la qualitat de les tasques realitzades. El seu punt de vista es triangula amb el de companys i el professorat. Es demana que pensin més en el que han après des de l'inici que no pas en el producte final. S'avalua per assignatures però es consideren aspectes transversals. | A partir dels objectius competencials del projecte, es consensuen uns criteris o rúbriques i es promou que l'alumnat trobi evidències en el seu treball que possibilitin deduir a quin nivell els han assolit. Es triangulen els punts de vista i, en relació al producte final, es valora especialment la reflexió crítica sobre què es podria millorar. S'avalua considerant les competències específiques i transversals del currículum. |

Àmbit TIC

Els criteri Recursos TIC es caracteritza en la rúbrica STEM ABP a través de la següent progressió de disseny (Taula 24):

20. **Recursos TIC.** Fa referència a l'ús de les tecnologies disponibles per l'aprenentatge i comunicació d'idees, principalment en relació a la construcció de noves idees o la participació en pràctiques CT.

En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si els projecte STEM promouen l'ús d'eines TIC sofisticades com són l'ús de simuladors, software per organitzar les idees, etc., en contraposició a fer ús d'eines digitals amb una funció expositiva o estètica.

Àmbit Col·laboració

Els criteri Regulació del treball cooperatiu es caracteritza en la rúbrica STEM ABP a través de la següent progressió de disseny (Taula 24):

21. **Regulació del treball cooperatiu.** Avalua i indica la progressió de millora en les formes de fomentar la participació i la interacció entre l'alumnat a través de diferents estratègies en el disseny del projecte STEM.

En els diferents nivells de sofisticació, s'identifica si el projecte STEM fomenta l'ús d'eines que permetin la regulació dels moments de col·laboració i el rol que té aquesta en la construcció de noves idees.

Taula 24. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent als criteris de Recursos TIC i Regulació del treball cooperatiu.

| INDICADOR | NIVELL DE SOFISTICACIÓ | | | |
|----------------------------------|--|---|---|--|
| | NIVELL 1 | NIVELL 2 | NIVELL 3 | NIVELL 4 |
| RECURSOS TIC | Apareixen escassos recursos TIC o se'n fa un ús molt esporàdic. | S'incorpora la presentació d'algunes eines i recursos. Poden aparèixer algunes activitats interactives d'associació d'elements. Els recursos TIC s'utilitzen principalment per la presentació del producte. | S'incorpora l'ús d'eines i recursos en alguns moments aprofundint en alguns avantatges que ofereix. S'inclouen softwares per representar i organitzar idees. Els recursos TIC no només s'usen per presentar el producte.. | S'incorpora l'ús d'eines i recursos de forma recurrent i amb un clar enfocament didàctic: ajuden a pensar i a facilitar la organització, construcció i comunicació d'idees. Es reflexiona sobre altres usos fora del context en les que s'utilitzen. Poden aparèixer animacions i simulacions. |
| REGULACIÓ DEL TREBALL COOPERATIU | Apareixen activitats que es distribueixen individualment tot i que es facin en grup, la regulació del treball en grup és limitada. | Apareixen equips de treball que es regulen per l'assignació de rols fixats. La regulació del treball en grup és limitada. | Apareix alguna estratègia per regular el treball en grup com rúbriques, diaris d'equip, o compromisos d'equip. L'alumnat té assignat rols dintre del grup. | Apareixen diferents estratègies de regulació del treball en grup com rúbriques, compromisos d'equip, diaris de seguiment, etc. que valoren la implicació i participació en el projecte. L'alumnat té assignat rols dintre del grup. El treball en grup resulta important a l'hora d'estructurar noves idees. |

5.2. Tensions didàctiques que emergeixen en el procés de construcció de la Rúbrica STEM ABP

En el procés de co-construcció de la rúbrica STEM ABP, els participants van manifestar les seves apreciacions sobre els projectes STEM i l'instrument que es dissenyava. En la primera fase de construcció de l'instrument, es van consensuar quins indicadors són rellevants per al disseny i avaluació de projectes STEM. En la segona fase de construcció, l'èmfasi d'aquestes apreciacions va estar enfocat en l'ús de la rúbrica per avaluar dos projectes STEM. En ambdós fases, es van posar de manifest les tensions didàctiques ja identificades en el Capítol 4 d'aquest document.

A continuació es presenta com les quatre tensions didàctiques identificades es posen de manifest en el context del disseny de la rúbrica STEM ABP i com aquestes tensions emergeixen, es negocien i s'incorporen en la pròpia rúbrica en la versió final (Pérez-Torres et al., 2021).

- o Tensió didàctica 1 entre la selecció de contextos rellevants per l'alumnat i contextos i continguts significatius per aprendre ciència.

La tensió entre desenvolupar projectes STEM que presentin contextos rellevants per desenvolupar-se personal i socialment com a ciutadà i que siguin significatius per la ciència ha estat identificada en diferents moments de la construcció de la rúbrica STEM ABP, remarcant la necessitat de dos criteris que distingeixin aquests dos aspectes dintre de l'àmbit del Context. Durant el procés de co-construcció, un dels participants (L) posava de manifest la importància de no només buscar contextos significatius per la ciència sinó també per l'alumne manifestant que, a vegades, són necessaris *contextos que estimulin lo suficient per poder explicar el que vulguis* [rellevant per l'alumne] *i no tan perfectament dissenyats per treballar el model* [significatiu des de la perspectiva científica per treballar una idea clau de la ciència].(participant L)

Aquesta tensió didàctica s'identifica principalment en els nivells superiors dels criteris de Significativitat Científica i Rellevància (Taula 21). L'ús d'aquests indicadors, on la selecció de contextos que siguin molt significatius per la ciència (enfocats en fenòmens molt específics per reinterpretar la forma d'entendre la natura) pot entrar en conflicte amb la selecció de contextos que siguin rellevants a nivell personal i social (que poden implicar problemàtiques socials complexes, abordables des de molts punts de vista, etc).

- o Tensió didàctica 2 entre aprofundir en continguts conceptuals i la participació en la construcció de teories i models (modelització), i el desenvolupament d'una acció amb impacte social.

La tensió entre desenvolupar projectes STEM que presentin accions ben elaborades i sofisticades i que estiguin destinades a repercutir sobre un entorn diferent a la pròpia aula

i que, a més, fomentin la participació sostinguda en la construcció d'una idea clau ha estat un element de discussió recurrent durant el procés de construcció de la rúbrica STEM ABP. D'aquesta manera, un altre participant (E), compartia reflexions que li sorgien al implementar projectes STEM i que posaven en valor l'aprofundiment en certes idees clau en detriment d'accions amb un gran impacte social: *hi ha vegades en què potser ho hem fet molt bé [construir idees clau científiques], i hem de valorar que està molt ben fet, però, a canvi, ens hem quedat a l'aula...* [realitzat una acció que tenia sentit dintre del context escolar].(Participant E)

Aquesta discussió va fomentar la necessitat del desenvolupament de criteris vinculats a l'àmbit de l'Acció (Àmbit de realització i impacte social) on el seu nivell superior (Taula 23) implica generar accions amb una repercussió sostinguda i dirigida cap algun agent extern a la comunitat escolar. Així mateix, aquesta discussió va portar a concretar la construcció del criteri de Finalitats del projecte (Taula 18) on els nivells més sofisticats impliquen que el repte (que comporta el desenvolupament d'una acció) integri la intenció d'aprofundir en certs continguts CT.

- Tensió didàctica 3 entre la participació en la construcció de teories i models (modelització) i la integració de continguts d'altres matèries.

En relació a la tensió que es dona a l'intentar integrar els coneixements de diferents matèries, que aporten diferents objectius i interessos a la vegada que es desenvolupen els propis de la Ciència i la Tecnologia, es va establir un diàleg entre diferents participants que havien estat involucrades en el disseny de projectes STEAM (que inclouen les Arts). En l'exemple concret, d'un projecte centrat en treballar l'evolució biològica, les participants C i D manifestaven la dificultat d'arribar a acords en el disseny que possessin el focus en la idea de l'evolució a la vegada que altres activitat enfocades en les l'Educació Plàstica tot mencionant que *es perd el focus del fenomen que vols estudiar*.

Aquesta discussió va influenciar la redacció del criteri de la Integració de continguts entre matèries (Taula 19), on els nivells de sofisticació evidencien aquesta tensió didàctica, que remarquen la qualitat de les connexions entre les matèries més que la quantitat que hi apareixen. D'aquesta forma, nivells intermedis de sofisticació, recalquen que pot haver una assignatura que tingui un rol més conductor (en la qual s'aprofundeix més en els seus continguts) i altres que tinguin un rol de suport.

- Tensió didàctica 4 entre el desenvolupament de competències científiques clau i la obtenció d'evidències d'aprenentatge

La construcció de la rúbrica STEM ABP va posar també de manifest la tensió entre desenvolupar unes activitats que fomentin el desenvolupament de la competència científica i establir mecanismes que permetin la seva avaluació en els projectes STEM. Els participants van manifestar les dificultats d'avaluar el nivell de competència assolit per l'alumnat durant la implementació d'un projecte STEM donada la dificultat de trobar espais de regulació

que permetin reflexionar sobre el desenvolupament de competències científiques i, a la vegada, reflexionar sobre el propi desenvolupament del projecte (productes parcials, fases, etc). Aquesta tensió didàctica, junt amb la manca d'eines per avaluar la competència científica de forma específica, es presenta pels participants com una dificultat que fomenta que l'avaluació es centri en altres elements del projecte com el grau d'implicació de l'alumnat.

Aquesta tensió didàctica es veu reflectida a la Rúbrica STEM ABP en els indicadors relatius a l'avaluació (Taula 23), on els nivells de sofisticació superiors ressalten la importància que dona el disseny dels projectes STEM a la regulació dels aprenentatges en detriment al pes que se li dona a la valoració de l'acció final.

Implicacions de les tensions didàctiques en la distinció de criteris lligats a objectius disciplinaris i meta-disciplinaris.

D'acord amb els resultats presentats en el Capítol 34, entenem que la emergència d'aquestes 4 tensions es pot interpretar des de l'existència d'una tensió didàctica major entre diferents àmbits i aspectes dels projectes STEM: entre aquells que són de caràcter disciplinari (que es lliguen a tots aquells elements que són propis de l'aprenentatge en l'àmbit CT) i aquells que són de caràcter meta-disciplinari (que es lliguen a tots aquells elements que no són exclusius de l'aprenentatge en l'àmbit CT, incorporant aspectes transversals i propis de la metodologia ABP).

En aquest sentit, els diferents indicadors pertanyents a la rúbrica STEM ABP es poden classificar d'acord amb aquesta distinció (Taula 25).

Taula 25. Distinció de indicadors de la Rúbrica STEM ABP de caràcter disciplinari i meta-disciplinari.

| Indicadors de la rúbrica STEM ABP vinculats a objectius disciplinaris | Indicadors de la rúbrica STEM ABP vinculats a objectius meta-disciplinaris |
|--|--|
| | Criteris associats a la elaboració d'objectius (Àmbit Finalitats) no exclusius de l'àmbit CT: <ul style="list-style-type: none"> • Finalitats d'aprenentatge (curriculars) • Finalitats didàctiques • Finalitats del projecte (Repte) |
| Criteris associats a l'aprofundiment en Continguts específics de diferents disciplines de la Ciència: <ul style="list-style-type: none"> • Aprofundiment dels continguts conceptuals • Aprofundiment dels continguts procedimentals i epistèmics • Aprofundiment dels valors i continguts actitudinals | -Criteris associats a la integració de continguts no exclusius de disciplines de la Ciència: <ul style="list-style-type: none"> • Integració de continguts entre matèries |

| | |
|---|---|
| | <p>Críteris associats al desenvolupament d'Accions. Element propi de la metodologia ABP i no específic de cap disciplina CT:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desplegament de l'acció • Àmbit de realització i impacte social • Rang de decisió sobre el producte |
| <p>Críteris associats a la participació en Pràctiques pròpies de les disciplines CT:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Participació en l'avaluació de proves i construcció d'arguments (Argumentació) • Participació en la recollida i anàlisi de dades provinents d'observacions o experiments (Indagació) • Participació en la construcció de teories i models (Modelització) • Participació en les pràctiques de la enginyeria | |
| <p>Críteris associats a una mirada disciplinar científica de l'ús del Context:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Significativitat científica | <p>Críteris associats a un anàlisi global del Context que avaluen la connexió i les implicacions amb el món real:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rellevància • Autenticitat |
| | <p>Críteris associats amb formes de treballar i Avaluar no exclusives de l'àmbit CT:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaluació del procés (formativa) • Avaluació del resultat • Recursos TIC • Regulació del treball cooperatiu |

D'acord amb aquesta taula, la Rúbrica STEM ABP permet fer una segona interpretació sobre l'avaluació que se'n pot fer sobre els projectes STEM, identificant quin balanç existeixen entre ambdós tipus de criteris (aquells de caràcter disciplinari i aquells de caràcter meta-disciplinari). Aquest aspecte es desenvolupa a continuació i es el que pensem pot ajudar a identificar tipologia de projectes.

Estudi

*La caracterització
dels projectes
STEM des de
l'anàlisi
documental i
estadístic*

2

6

Metodologia de l'estudi 2

El plantejament d'aquest capítol es basa en presentar i argumentar l'aproximació metodològica de l'Estudi 2 d'aquesta tesi, la presentació del context empíric on s'emmarca i les eines i processos metodològics seguits per a aconseguir els objectius establerts.

L'aproximació metodològica per aquest Estudi 2 és mixta. Per a la part d'anàlisi qualitatiu, la visió metodològica és comuna a la que s'ha efectuat a l'estudi 1, mantenint el caràcter interpretatiu i la seva inspiració de recerques etnogràfiques i fenomenològiques (Apartat 3.1). Tot i així, aquest estudi aprofundeix en l'anàlisi documental que registren el disseny i implementació de projectes STEM i afegeix l'ús d'anàlisi estadístic de dades quantitatives, que proporcionen un altre mirada en el coneixement d'aquests.

6.1. Disseny metodològic per a l'objectiu 3

En aquest apartat, es descriuen i argumenten el conjunt de processos metodològics que porten a la identificació i caracterització de tipologies de projectes STEM.

6.1.1. Context d'estudi i selecció de projectes

Per tal de seleccionar la mostra de projectes STEM que permetin caracteritzar-los en diferents tipologies, es va realitzar una selecció prèvia de centres d'educació secundària d'on recollir les dades. Els criteris de selecció implicaren a centres que fossin representatius del fenomen d'implementació de la metodologia ABP i que estiguessin oberts a compartir les seves experiències en la creació de projectes STEM i els materials didàctics d'aquests.

Per a tals efectes es va seleccionar a conveniència una xarxa de centres de nova creació iniciada en el 2016 que es considera adequat per a l'estudi perquè:

1. Conformen una comunitat autogestionada d'instituts que practiquen la metodologia ABP (Instituts Projectant, 2016). No són una adscripció a una xarxa organitzada per cap institució sinó que la innovació neix de les necessitats pròpies de cada centre.
2. Els centres són representatius i s'ubiquen en diferents contextos socials i culturals (zones urbanes i rurals) de la província de Barcelona.
3. Cada centre implementa la metodologia ABP amb una organització escolar i horària pròpia que comparteixen amb els altres centres en una reflexió conjunta. Aquesta diversitat s'entén que és enriquidora en quant a la identificació de les majors formes de dissenyar i implementar projectes STEM.

La xarxa de centres de nova creació es compon de sis centres d'educació secundària tot i que són cinc centres els que activament apliquen l'ABP. El sisè centre utilitza altres

metodologies per a innovar i per aquest motiu no s'inclou a la mostra. Els objectius que motiven la xarxa es basen en: a) acompanyar el procés de creació i creixement dels centres al voltant de l'ABP, b) compartir recursos i estratègies per implementar-lo, c) difondre'n les experiències i d) generar un banc de recursos i reflexions de suport a altres centres.

A través de la informació obtinguda de la documentació en obert dels centres, el material didàctic dels projectes, la web de la xarxa (Projectant, 2016), converses formals i informals amb el professorat del centre i participació dels autors d'aquesta recerca en reunions de la xarxa, es caracteritzen els trets organitzatius principals de cada centre en relació a l'ABP (Taula 26).

Taula 26. Descripció de l'organització escolar i docent del ABP per centres educatius.

| Centre | Distribució escolar i per matèries dels projectes |
|--------|---|
| C1 | 10 hores setmanals per projectes que integren completament el currículum de Ciències Naturals, Socials, Tecnologia, Educació Visual i Plàstica i Música. Implementació per part dels tutors i 2 professors més de suport que roten per al desenvolupament de les diferents seccions del projecte. |
| C2 | Dos formes d'implementar l'ABP: projectes dintre de cada matèria (implementats pel propi professor de l'àrea en les franges horàries pertinents a la matèria) i un projecte globalitzat per trimestre. Els projectes globalitzats es comencen a preparar dintre de l'horari per matèries. Les dues últimes setmanes de trimestre s'atura la docència per dedicar l'horari complet a realitzar el projecte. El professor que l'implementa canvia a cada hora d'acord amb l'horari previ al projecte. Aquests projectes impliquen la inclusió de les matèries com la Tecnologia i Ciències Naturals amb Llengües i TIC. |
| C3 | Horari dividit per àmbits curriculars (lingüístic, social i científicotecnològic). Per cada trimestre s'implementen dos projectes de cada àmbit i un de global. L'estructura horària es manté durant el curs. Els projectes tenen una duració de dues setmanes que s'intercalen amb períodes de dues setmanes de docència amb altres metodologies. El disseny de projectes es fa en reunions d'àmbit. |
| C4 | Es dediquen 10 hores cada setmana a projectes d'àmbit (científicotècnic-matemàtic, lingüístic i artístic-social) en una franja de 2h cada dia. Els projectes impliquen un terç de les hores de cada matèria i s'implementen amb dos professors a l'aula. El disseny de projectes es fa en reunions d'àmbit. També es fan projectes oberts (sense un disseny previ) a final del curs. |
| C5 | 10 hores a realitzar projectes globalitzats i internivell. En els projectes s'inclouen completament les matèries de Tecnologia, Ciències Naturals, Ciències Socials, Educació Visual i Plàstica i Música. Es creen pel conjunt del claustre. |

La comunicació amb els centres es va establir de forma progressiva. Dos dels professors entrevistats (P1 i P2) per a donar resposta a l'objectiu 1 pertanyen a dos dels centres (C2 i

C1, respectivament) que conformen aquesta xarxa. Durant el 2017 també es visiten els centres C1 i C2. Al 2018 es participa de la reunió dels sis centres que conformen la xarxa i es presenta la pre-rúbrica 1 que s'està desenvolupant i l'interès d'analitzar els projectes dels centres. Durant el 2018 i 2019 es recullen els materials didàctics dels projectes que es troben en obert i es demana formalment l'accés a projectes STEM de 1r a 3r d'ESO dels centres pels que no se'n té accés directe. En el cas del C4, es visita presencialment el centre per exposar i compartir els propòsits de la recerca.

La recollida de dades del projectes STEM incorpora formats digitals molt diversos que inclouen: dossiers virtuals per a l'alumnat, guies didàctiques del professorat, programacions docents, organitzacions horàries, rúbriques, vídeos, pàgines web i altres plataformes digitals.

Els criteris per seleccionar seqüències didàctiques com a projectes STEM són:

1. Que siguin reconegudes com a "projectes STEM" pel professorat que els dissenya i implementa.
2. Que incorporin elements operatius de la metodologia ABP i objectius curriculars propis de l'àmbit científicotecnològic.
3. Que siguin dissenys reals i que hagin estat implementats alguna vegada en els cursos de 1r a 3r de la ESO.

D'acord amb aquests criteris, es van obtenir 49 projectes STEM (Taula 27).

Taula 27. Llistat de projectes STEM seleccionats per a la construcció de tipologies. S'indica el títol que els docents han donat al projecte, així com el curs i centre on s'ha implementat. El resum de cada projecte es pot trobar a l'Annex III.

| PROJECTE | CURS | CENTRE | | | |
|----------|---|--------|----|------------------------------------|--------|
| | | | 10 | Contaminació, salut i medi ambient | 3r ESO |
| 1 | Un museu egipci a Cornellà | 1r ESO | 11 | Wunderkammer | 1r ESO |
| 2 | Illes Verdes | 1r ESO | 12 | Meteo TV 2050 | 1r ESO |
| 3 | Objectiu la Lluna | 1r ESO | 13 | AirWater Congres | 1r ESO |
| 4 | Dels invents als robots | 2n ESO | 14 | Howling Wolves | 1r ESO |
| 5 | Congrés científic la salut del nostre riu | 2n ESO | 15 | XYZ Stars | 1r ESO |
| 6 | Som el què mengem | 2n ESO | 16 | EXOS | 1r ESO |
| 7 | Seguint el fil de l'electricitat | 3r ESO | 17 | Packagin SL | 2n ESO |
| 8 | Drogues al cap | 3r ESO | 18 | Home (Casa) | 2n ESO |
| 9 | Cornellà Meteo | 3r ESO | 19 | CRASH | 2n ESO |
| | | | 20 | Mogolfier Tournament | 2n ESO |

| | | | |
|----|---|--------|----|
| 21 | Dieta Equilibrada Justa i Sostenible | 3r ESO | |
| 22 | RiskZone | 3r ESO | |
| 23 | Retorn al Karlsruhe | 3r ESO | |
| 24 | Natusfera Biodiversity Congress | 1r ESO | |
| 25 | Bee at home | 1r ESO | |
| 26 | la cursa dels cotxes elèctrics | 2n ESO | C3 |
| 27 | Connectats | 2n ESO | |
| 28 | Made in SiX | 3r ESO | |
| 29 | Plàstic 0 | 1r ESO | |
| 30 | Espais Verds | 1r ESO | |
| 31 | L'Univers | 1r ESO | |
| 32 | Classification of matter | 2n ESO | |
| 33 | El teu envàs | 2n ESO | |
| 34 | Energèticament eficients | 2n ESO | C4 |
| 35 | Inventem una rube golberg | 3r ESO | |
| 36 | Aplicat i posa't en forma | 3r ESO | |
| 37 | Scape room | 3r ESO | |
| 38 | El meu amic mar | 1r ESO | |
| 39 | Millorem el pati | 1r ESO | |
| 40 | Makers | 1r ESO | |
| 41 | Museu Sistema Solar | 1r ESO | C5 |
| 42 | Jazz Band robotics | 2n ESO | |
| 43 | L'Illa misteriosa | 2n ESO | |
| 44 | Posat a la pell de.. | 2n ESO | |
| 45 | La inspectora Novella | 3r ESO | |
| 46 | UP2U | 3r ESO | |
| 47 | Judici a l'Energia | 3r ESO | |
| 48 | Autòmates | 3r ESO | |
| 49 | Medicaments | 3r ESO | |

6.1.2. Anàlisi i representació de les dades

L'anàlisi dels projectes STEM seleccionats impliquen tres estadis d'anàlisi que es detallen a continuació:

- *Primer estadi (qualitatiu). Anàlisi documental dels projectes STEM.* L'anàlisi documental va implicar una anàlisi del contingut dels materials didàctics que va implicar diferents nivells d'interpretació:
 - El primer nivell d'interpretació es tracta de la síntesi i organització de dades de cada projecte STEM de la mostra. S'interpreten els diferents documents en una síntesi descriptiva amb l'objectiu d'oferir una visió global del projecte.
 - El segon nivell d'interpretació implica l'aplicació de la rúbrica a cada projecte STEM de la mostra; és a dir, en l'assignació d'un nivell de sofisticació concret per a cada criteri de la rúbrica i per a cada projecte. En aquest procés, es relaciona la descripció que ofereix la rúbrica STEM ABP a través dels seus 4 nivells de sofisticació amb les característiques identificades en els documents primaris i secundaris de cada projecte STEM recopilat.
 - El tercer nivell d'interpretació implica la comparació de representacions radials de les valoracions dels projectes STEM construïdes a partir de la informació numèrica (de 1 a 4) que ofereixen els nivells de la rúbrica. Aquestes representacions radials es poden entendre com representacions dels perfils de cada projecte.
- *Segon estadi (quantitatiu). Exploració estadística de les valoracions dels projectes STEM.* En aquest estadi s'utilitzen eines d'estadística descriptiva per analitzar el conjunt de dades resultants de la valoració del 49 projectes STEM a través de 21 indicadors per així identificar les diferents tendències de la mostra en quant al seu grau de sofisticació per als diferents criteris compresos en la rúbrica STEM ABP. Així mateix, es realitza una anàlisi d'agrupació de projectes per tal d'identificar-ne les principals tipologies.
- *Tercer estadi (qualitatiu). Construcció de tipologies de projectes STEM.* En aquest estadi es reinterpreten els resultats estadístics d'acord amb tres elements que els doten de sentit: a) la rúbrica STEM ABP (que caracteritza el grau de sofisticació de cada tipologia de projectes), b) les tensions didàctiques identificades en els anteriors capítols i vinculades a l'ensenyament de ciències a través de projectes STEM i c) els referents teòrics que es poden vincular a cada tipologia.

A continuació es desenvolupen els anteriors punts amb exemples de l'anàlisi.

Primer Estadi – Anàlisi documental de projectes STEM

- 1) **Organització de dades (1r nivell d'interpretació).** Les dades recopilades dels projectes STEM eren facilitades en diferents formats i recollien diferents tipus de documents que informen sobre el disseny didàctic (pàgines web, guies didàctiques pel professorat, dossiers de l'alumnat, graelles i criteris d'avaluació, avaluacions comentades dels projectes, articles divulgació, etc) que es van agrupar i catalogar per projectes i centres. Per tal d'organitzar la documentació dels diferents projectes STEM de la mostra, es va fer una síntesi descriptiva de cada projecte que recollís una breu descripció dels elements que identifiquen els projectes STEM i que faciliti una perspectiva sintètica i global que faciliti l'orientació de l'anàlisi documental (Annex III). A mode d'exemple es presenta l'estructura d'aquesta descripció (Taula 28), on s'identifiquen elements de l'estructura del projecte i el context escolar on s'implementen.

Taula 28. Exemple de descripció de projecte STEM.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Títol | MeteoTV2050 |
| Curs | 1r ESO |
| Durada | 3 setmanes |
| Context escolar | Dintre de l'horari establert per la matèria |
| Matèries que hi intervenen | Ciències Naturals (competències d'àmbit CT) |
| Narrativa del projecte | <p>El projecte fomenta el treball amb dades científiques a través de contextos centrats en el clima i la meteorologia. L'alumnat treballa cooperativament en l'anàlisi de situacions causades pel canvi climàtic en diferents punts del planeta a partir de l'ús d'eines com mapes meteorològics, climogrames, informes de l'IPCC, etc. per així conscienciar i problematitzar el canvi climàtic des d'una perspectiva global.</p> <p>El projecte comença amb una activitat on es fa l'encàrrec, es destaca la importància de la previsió en relació al canvi climàtic i s'explica la forma de treballar. S'escullen diferents localitzacions on es farà la predicció meteorològica i es busca informació sobre la localitat a la que correspon (tant natural com social). A continuació hi ha una activitat que relaciona el canvi climàtic amb el temps meteorològic. Es veuen 3 vídeos sobre el canvi climàtic i es pregunta sobre el possible efecte en el temps. A continuació es fa un taller sobre interpretar i crear climogrames i s'associen als principals climes. A continuació, es fa l'anàlisi climàtic de la localització escollida i es fa la predicció sobre com canviaria en relació a les dades ofertes per altres simuladors. Finalment, es fa una anàlisi de mapes d'isòbares per incloure'l en el vídeo i descriure què passa de forma similar als programes. Finalment s'aprèn sobre els principals tipus de núvols i es prediuen quines dinàmiques climatològiques podrien quedar alterades en el futur i les seves conseqüències. Per tal de preparar el programa, hi ha una darrera activitat per considerar les formes de vestir, els materials i la forma de moure's dels presentadors.</p> |

L'activitat es clou amb el visionat de programes del temps gravats per els alumnes amb prediccions per a l'any 2050.

El projecte es suporta de 2 rúbriques per avaluar els productes i l'aprenentatge al llarg del projecte.

Acció final Creació i presentació d'un video amb un programa del temps a l'any 2050.

2) **Valoració de projectes amb la rúbrica STEM ABP (2n nivell d'interpretació).** Per a cada projecte es va construir una taula on constaven els indicadors de la rúbrica STEM ABP, el nivell al que s'associava cada projecte per a cada criteri i una cita representativa que justifica l'associació del projecte a un nivell concret. La cita s'acompanyava d'una justificació d'aquella interpretació que aprofundeix en algun aspecte del resum realitzat en el primer nivell d'interpretació (Taula 28). Per tant, aquest procés d'anàlisi comprèn l'ús tant dels documents primaris dels projectes, com els resums dels projectes elaborats per l'investigador (Figura 6).

The diagram illustrates the process of cataloging and processing primary documents of STEM projects. On the left, a vertical list of document titles is shown, including 'C1_P6_Doc_Activitat 2.1 Per què mengem...', 'C1_P6_Doc_Activitat 2.2 Com ha de ser una...', 'C1_P6_Doc_Activitat 2.3 Quin és el millor e...', 'C1_P6_Doc_Activitat 2.4 En què gastem l'e...', 'C1_P6_Doc_Activitat 2.6 D'on surt l'energi...', 'C1_P6_Doc_Activitat 2.7 Com són els esm...', 'C1_P6_Doc_Activitat 2.8 Quines són les ide...', 'C1_P6_Doc_Activitat 2.10 Quines canvis tene...', 'C1_P6_Doc_Activitat 6.2 Criteris d'avaluació', 'C1_P6_Doc_ACTIVITATS-DIDÀCTIQUES', 'C1_P6_Doc_Caries dental, como se forma c...', 'C1_P6_Doc_Curs_TP3 - Som el que mengem', 'C1_P6_Doc-La digestión (Proceso digestivo)', 'C1_P6_Doc-PROPOSTA-DE-RÚBRICAS', 'C1_P6_Doc-Prueba competencial ciències TP3', 'C1_P6_Doc_Reedició Activitat 2.8 Quines s...', 'C1_P6_Doc-Respostes de Activitat 2.8 Quin...', 'C1_P6_Doc-Respostes de Activitat 2.9 La te...', 'C1_P6_Doc-Sistema Digestivo', 'C1_P6_Doc_TP3 (ZESO) ACTIVITAT 3.1', 'C1_P6_Doc_TP3 (ZESO) Activitat 3.3 17_18', 'C1_P6_Doc_TP3 (ZESO) Activitat 3.6 (boca)', 'C1_P6_Doc_TP3 (ZESO) Activitat 3.6 (fetge 1)', 'C1_P6_Doc_TP3 (ZESO) Activitat 3.6 (fetge 2)', and 'Conjunt de documents primaris del projecte C1_P6'. A central box labeled 'Exemple d'activitat del projecte C1_P6' shows a worksheet titled 'Activitat 2.3 Quin és el millor esmorzar?' with images of a donut and bread, and a table for recording data. On the right, a 'Document d'anàlisi dels projectes amb els indicadors de la rúbrica STEM ABP' is shown, with a table containing criteria and levels. Annotations link these elements to a 'Justificació del nivell de sofisticació interpretat' and a 'Preguntes d'activitats del projecte exemplificadores del justificació'.

Figura 6. Procés de catalogació i processament dels documents primaris dels projectes STEM pel seu anàlisi.

En l'exemple que es mostra (Taula 29) es presenta una secció de l'avaluació del projecte Meteo2050 (C2_P2) on l'anàlisi indica un nivell d'argumentació del projecte de sofisticació bàsic (nivell 1/4). La vinculació al descriptor de la rúbrica del nivell 1 es vincula al projecte a través de la justificació presentada i les cites extretes del document primari indicat.

Taula 29. Secció de la taula d'avaluació del projecte Meteo2050 (C2_P2) on s'indiquen l'avaluació de tres criteris de la rúbrica STEM ABP (Capítol 5) vinculats al foment en la participació de pràctiques científiques escolars en el projecte (Annex IV).

| Criteri d'avaluació | Nivell assignat | Justificació de l'assignació del nivell |
|---|-----------------|---|
| Participació en l'avaluació de proves i construcció d'arguments (argumentació) | 1 | <p data-bbox="549 450 1359 629"><i>Evidència documental</i></p> <p data-bbox="549 450 1359 629">En algunes activitats, hi ha implícita algun tipus d'argumentació tot i que normalment impliquen recollir arguments presentats en vídeos, explicacions, etc per aplicar-los al context plantejat més que argumentar en base a proves. El projecte fomenta principalment preguntes d'anàlisi i interpretació de gràfics per vincular-los a climes.</p> <hr/> <p data-bbox="549 667 874 694">Document: meteoTV2050.pdf</p> <p data-bbox="549 723 1359 790"><i>Elabora un climograma a partir de les dades següents i respon a les preguntes: A quin tipus de clima correspon? Per què? (p 8)</i></p> <p data-bbox="549 819 1359 887"><i>Fitxa 4. Descriu quines dinàmiques meteorològiques podrien produir-se o quedar alterades en la teva localització amb els canvis en el clima que s'esperen per al 2050.</i></p> <p data-bbox="549 916 1359 976"><i>Quines conseqüències podria tenir això, tenint en compte la vegetació i aspectes econòmics que has descrit a la fitxa 1? (p 22)</i></p> |
| Participació en la recollida i anàlisi de dades provinents d'observacions o experiments (indagació) | 2 | <p data-bbox="549 1010 1359 1189">Durant el projecte es promou la recollida de dades per tal d'arribar a construir un climograma i poder utilitzar-lo per fer prediccions. També es dedica espai a analitzar climogrames i construir-los. Tot i així, no hi ha preguntes que busquin que els alumnes expressin les seves idees ni s'explicita una pregunta investigable que impulsi un procés d'indagació.</p> <hr/> <p data-bbox="549 1227 863 1254">Document: metoTV2050.pdf</p> <p data-bbox="549 1283 1294 1310"><i>Fitxa 2. Anàlisi del clima i els efectes del canvi climàtic en la teva localització.</i></p> <p data-bbox="549 1339 1359 1480"><i>Identifica a quin tipus de clima correspon a la teva localització i representa'l en forma de climograma. Fes servir les dades que tens a la pàgina següent per a fer una predicció de com canviarà aquest climograma per al 2050. Representa com penses que serà: (p.10)</i></p> |
| Participació en la construcció de | 2 | <p data-bbox="549 1518 1359 1619">Durant el projecte apareixen diferents idees que es presenten a través de vídeos, explicacions o a partir d'alguna activitat puntual com és el concepte de canvi climàtic o climograma.</p> |

teories i models
(modelització)

Document: meteoTV2050.pdf

Un cop vists i comentats el vídeos, sintetitzem: què provoca el canvi climàtic? Com afectarà als diferents punts de la Terra? Quina relació té el clima amb el temps meteorològic? (p 4.)

Explicació sobre tipus de climes (prendre apunts!) #Humitat relativa #Humitat absoluta #Cicle de l'aigua #condensació #evaporació #Clima continental #Clima atlàntic #Clima tropical (p. 7)

Describeix quines dinàmiques meteorològiques podrien produir-se o quedar alterades en la teva localització amb els canvis en el clima que s'esperen per al 2050.

Quines conseqüències podria tenir això, tenint en compte la vegetació i aspectes econòmics que has descrit a la fitxa 1? (p.22)

3) Construcció i comparació de representacions radials (3r nivell d'interpretació).

L'avaluació completa de cada projecte permet ser representada en gràfics radials que sintetitzen l'anàlisi de la rúbrica i que permet identificar els indicadors que es sobredimensionen (més sofisticats) i els que s'encongeixen (menys sofisticats). Continuant amb l'exemple anterior, es representa el gràfic radial del projecte Meteo2050 (C2_P2) (Figura 7).

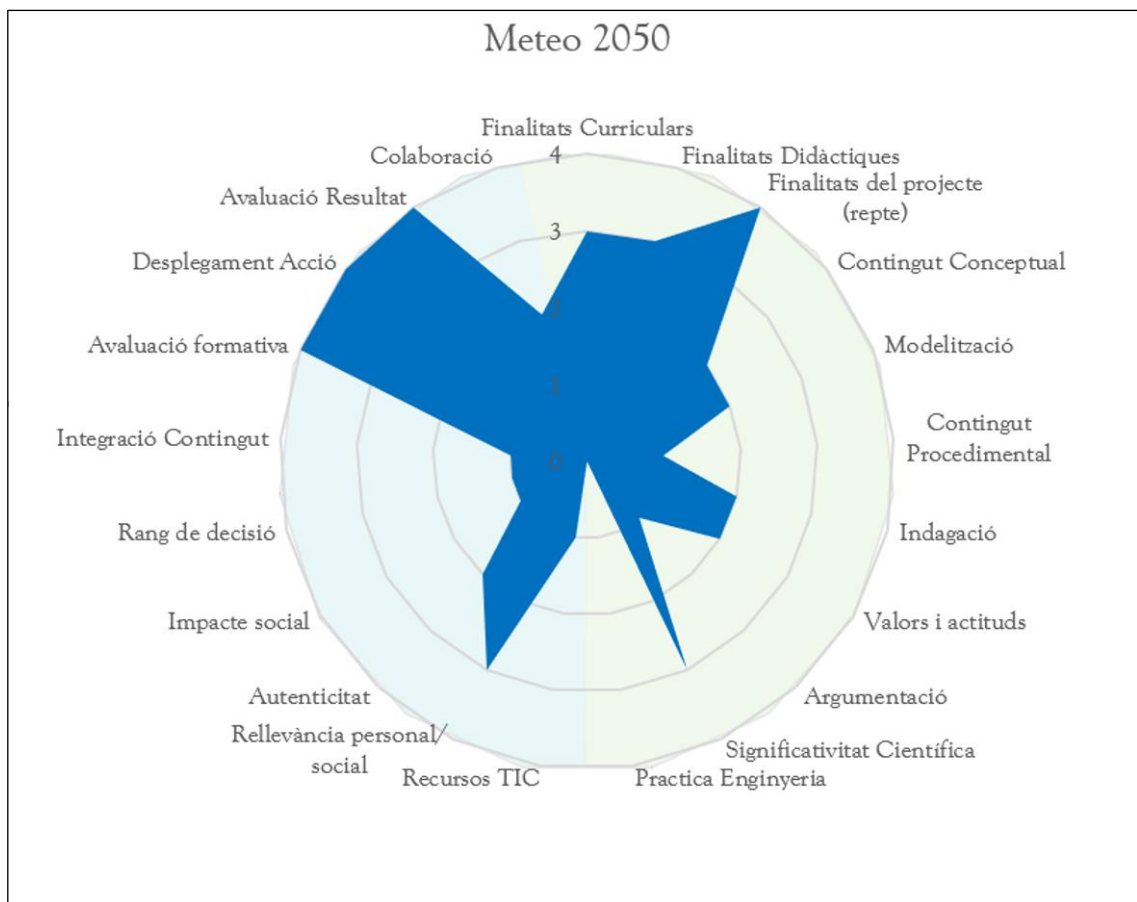


Figura 7. Representació radial del projecte Meteo 2050 (C2_P2). Els colors de fons blau i verd representen criteris vinculats a aspectes meta-disciplinaris i disciplinaris respectivament.

En el gràfic es poden fer diferents lectures del projecte STEM que s'analitza. El gràfic està graduat en 4 nivells, del nivell 0 (correspon al centre del gràfic) fins al nivell 4 (que correspon al límit més excèntric del gràfic). Cada cercle concèntric pretén descriure els possibles nivells de sofisticació en el què pot estar el projecte STEM analitzat per cada indicador de la rúbrica STEM ABP. El nivell assignat a cada indicador es representa amb cadascun dels vèrtex del polígon blau que apareix a la figura. La conformació del polígon a través de la connexió d'aquests vèrtex no representa cap significat de l'anàlisi del projecte. Tot i així, aquesta forma que adopta el polígon facilita interpretar quins àmbits del projecte STEM es troben més desenvolupats i quins menys. Per exemple, en aquest gràfic d'exemple (Figura 7) s'aprecia la importància que reben àmbits com l'Avaluació, la Contextualització i les Finalitats del projecte. Finalment, els colors de fons del gràfic classifiquen els indicadors en dos tipus, aquells més vinculats a aspectes disciplinaris dels projectes STEM (fons verd) i aquells aspectes més meta-disciplinaris (fons blau). De nou, el polígon que es genera d'aquesta representació permet veure quins espais estan més ocupats (i, per tant, es treballen de forma més sofisticada) pel polígon blau. Aquesta

distinció de indicadors es presenta i desenvolupa a partir dels resultats de l'anàlisi dels objectius 1 i 2 (Capítol 4 i 5) (Figura 7).

Segon estadi - Exploració estadística de les valoracions dels projectes STEM

Per tal d'identificar i construir tipologies de projectes STEM es van seguir diferents estratègies que combinaven exploracions estadístiques amb tècniques heurístiques de comparació dels projectes.

Primerament, a través de comparar les diferents representacions radials dels projectes STEM s'identificaren patrons comuns en certs grups de projectes (tenien formes similars entre ells). Tot i així, existia un gran nombre de projectes que difícilment s'ajustaven als patrons identificats de forma temptativa. Entenem que aquest grup de projectes poc definit i nombrós podrien no estar informant sobre una tipologia concreta de projecte STEM *per se*, sinó que era resultat de classificar els projectes considerant dues dimensions a la vegada: 1) la presència o no dels criteris que conformen la rúbrica i 2) el grau de sofisticació per cadascun.

Per tal de poder classificar tots els projectes analitzats d'acord amb les seves característiques i no pel grau de sofisticació d'aquestes, es van convertir les avaluacions dels 21 indicadors de la rúbrica STEM ABP en dades binàries d'acord amb la presència o no presència de cada indicador per cada projecte STEM de la mostra. Aquestes dades van ser analitzades a través d'una anàlisi jeràrquica d'agrupació en clústers amb el suport del programari R. A través de la funció *Daisy* i utilitzant el càlcul de la distància del mètode Gower per a dades binàries es va construir una matriu de dissimilitud (distàncies entre projectes) que informen de com de grans eren les diferències de les característiques presents entre els projectes (Annex V).

A partir d'aquesta matriu de dissimilitud es va fer una anàlisi *clúster* o d'agrupació jeràrquica utilitzant diferents estratègies d'agrupació (aglomeràries i divisionals). A partir d'aquesta anàlisi es van representar les agrupacions a través de dendrogrames. Per a cada dendrograma es van identificar quines agrupacions eren més coherents amb les agrupacions inicialment identificades. En el procés es van descartar tres projectes que estaven enfocats en desenvolupar principalment la competència matemàtica i que interferien en l'agrupació. Dels dendrogrames construïts a través dels 46 projectes restants, es va seleccionar el generat per la funció *hierarchical cluster* (*hclust*) que segueix una estratègia divisional d'agrupació. Mitjançant l'estratègia de "tall d'arbre" es va traçar una línia horitzontal a l'alçada de l'arbre que maximitzi les distàncies entre els grups establerts i que facilités la construcció d'un nombre raonable i clarament distingible de tipologies de projectes STEM (Figura 8).

El procés d'anàlisi estadística va ser revisat i validat pel servei de suport estadístic de la Universitat Autònoma de Barcelona.

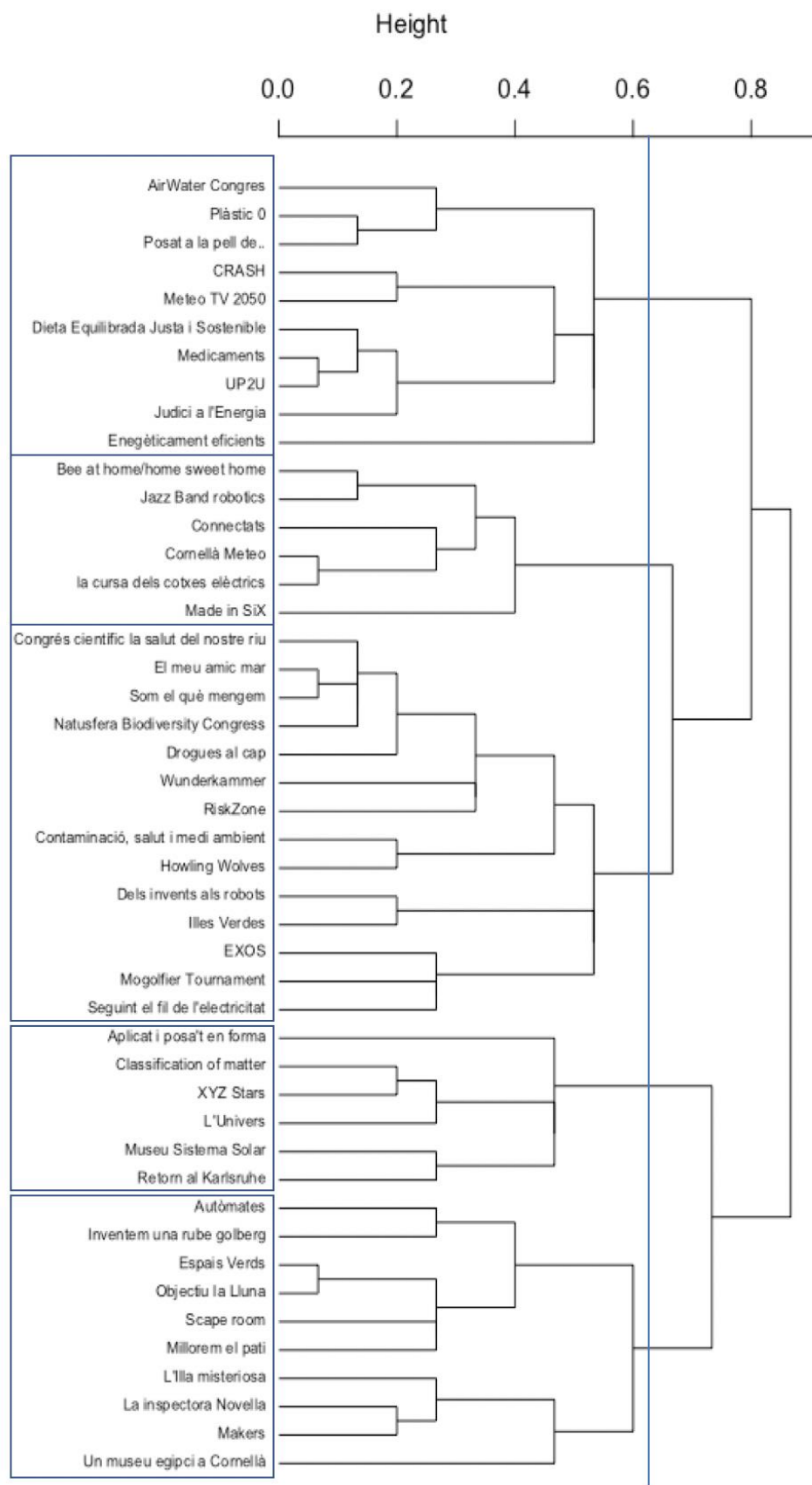


Figura 8. Representació del dendrograma obtingut de l'anàlisi clúster de 46 projectes STEM. La línia blava identifica els cinc clúster de projectes STEM obtinguts per l'estratègia de tall de l'arbre.

Tercer estadi - Construcció de tipologies de projectes STEM

A partir dels resultats anteriors es pot realitzar una primera caracterització de les tipologies de projectes STEM d'acord amb aquells indicadors de la rúbrica STEM ABP que estiguessin presents i no presents a cada grup de projectes. Tot i així, per tal de poder donar una caracterització més detallada de cada tipologia de projecte STEM es van seguir una sèrie de passos per també conèixer quin és el nivell de sofisticació mitjà de cada indicador present a la rúbrica:

- 1) Calcular i representar el nivell mitjà de sofisticació de cadascun dels criteris presents a la rúbrica.
- 2) Interpretar els gràfics d'acord amb les tensions didàctiques identificades resultants de l'objectiu 1 que es donen entre elements de disseny de projectes STEM. Per realitzar aquesta interpretació, es van revisar les tres tensions didàctiques que es poden identificar en el gràfic d'acord amb els indicadors que apareixen (15 dels 21 inicials). Per exemple, si analitzem la tensió didàctica que hi ha entre desenvolupar una acció sofisticada amb impacte social i aprofundir i participar de la construcció de continguts a la Figura 9, s'aprecia com els indicadors vinculats a l'acció són presents i presenten nivells de sofisticació elevats, mentre que els indicadors lligats a Continguts Conceptuals i Modelització no hi són presents.
- 3) Vincular les caracteritzacions de les tipologies i els projectes que comprenen a propostes d'ensenyament de les ciències que es caracteritzen de forma similar.

En la Figura 9, s'exemplifica la representació d'unes de les tipologies identificades. Per tal de fer la lectura d'aquesta representació cal tenir en consideració els següents punts:

- De forma similar a la gràfica representada a la Figura 7. El gràfic està graduat del nivell 0 (centre) al nivell 4, que corresponen als diferents nivells de sofisticació per cada indicador present a la rúbrica STEM ABP. El nivell 0 no correspon a cap descriptor de la rúbrica STEM ABP i els indicadors que s'han avaluat a nivell 0 indiquen que el projecte no presenta aquell indicador o que la seva presència no es pot arribar a vincular-se al nivell 1.
- Les àrees en colors blau (esquerra) i verd (dreta) separen dos hemisferis del gràfic i representen respectivament els criteris de la rúbrica associats a aspectes meta-disciplinaris i disciplinaris dels projectes STEM. Dintre d'aquests dos hemisferis, es ressalten en tons més foscos aquells criteris que hi són presents i que caracteritzen aquell tipus de projecte.
- Cadascun dels vèrtex del polígon blau que es representa, indica el nivell mitjà de sofisticació de cada indicador per aquell grup de projectes que pertanyen a aquella tipologia de projecte.
- La línia blava que uneix els vèrtexs del polígon no té un significat estadístic. Tot i així, s'ha utilitzat la forma que genera el polígon com una estratègia per identificar àrees del gràfic. Per exemple, que el polígon del gràfic estigui sobredimensionat cap

a l'esquerra (zona blava) indica que el tipus de projecte STEM que es representa presenta indicadors vinculats a aspectes meta-disciplinaris en un nivell de sofisticació elevat. En canvi, si el polígon queda més reduït al centre, el gràfic ens informa que tot i que el tipus de projecte STEM pugui caracteritzar-se a través de indicadors vinculats a aspectes disciplinaris i meta-disciplinaris, aquesta tipologia presentaria nivells de sofisticació baixos.

Recuperant l'exemple de la Figura 9, es pot interpretar que el projecte es focalitza en uns pocs indicadors disciplinaris (verd fosc) i uns pocs indicadors meta-disciplinaris (blau fosc) i que a la vegada apareixen de forma sofisticada (apareix una prominència o corba accentuada del polígon blau).

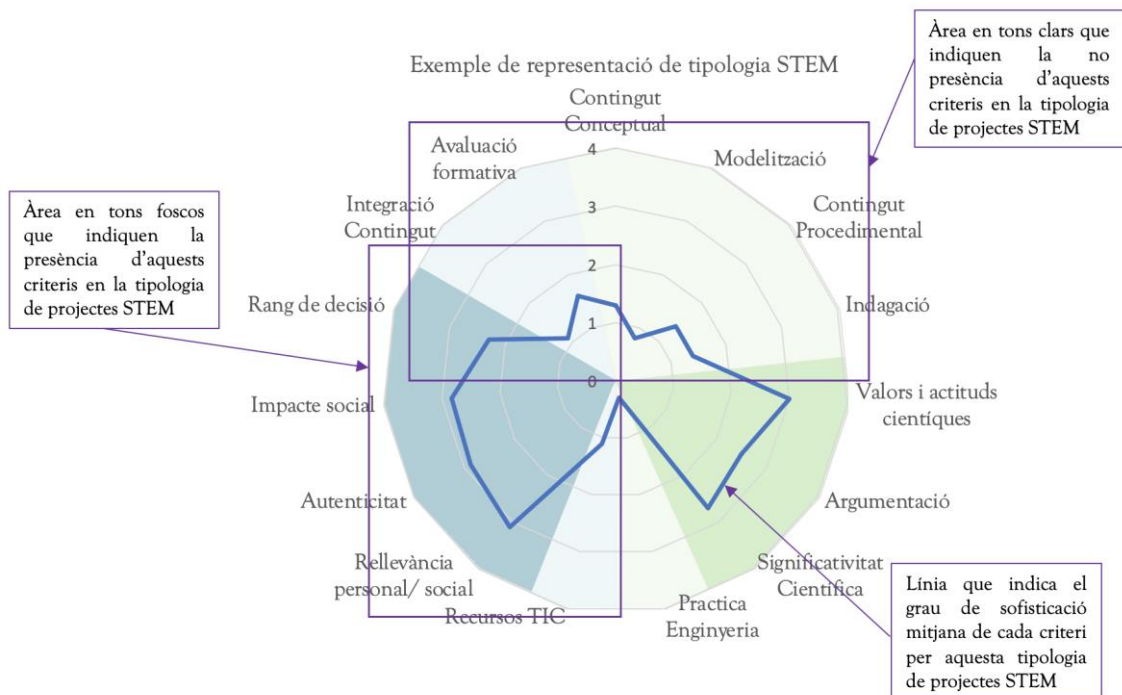


Figura 9. Representació del perfil d'una tipologia de projectes STEM construïda a través de l'anàlisi clúster. En ella s'indiquen el significat de cada tonalitat i element present.

6.1.3. Validació de la proposta metodològica i aspectes ètics

Durant el desenvolupament de la tesi doctoral s'han realitzat diferents activitats de divulgació i validació de resultats amb els diversos participants de l'estudi i altres col·laboradors externs. Amb aquestes activitat s'intenta complir amb el codi de bones pràctiques de la Universitat Autònoma de Barcelona, on s'ha efectuat aquesta recerca (CEEAH, 2020). A continuació s'enumeren aquestes activitats:

- Discussió dels resultats relatius l'objectiu 1 on es va convidar al professorat entrevistat (maig 2017), en el context del grup de recerca LIEC.
- Observació de la implementació de projectes STEM de tres professors entrevistats (febrer-maig 2017)

- Divulgació de la rúbrica STEM ABP en dues activitats de formació continuada de professorat d'educació secundària.
- Presentació de la rúbrica STEM ABP a la xarxa de centres participant a l'objectiu 3 i sol·licitud dels seus projectes STEM per a ser avaluats amb aquest instrument (juny 2018).
- Participació en converses informals amb professorat dels 5 centres participants sobre els projectes que implementen (2018-2019).
- Triangulació de l'anàlisi dels projectes STEM amb la rúbrica STEM ABP amb el grup de recerca LIEC, 2 recercadors externs de la Universitat Santiago de Compostela i de la Universitat d'Almeria i en el context del Treball Final de Màster d'una alumna de formació inicial de professorat d'educació secundària.
- Presentació dels resultats de l'objectiu 3 al grup de recerca LIEC, amb qui s'ha construït la rúbrica STEM ABP i on s'han convidat diversos professors dels centres participants en l'estudi.
- Presentació dels resultats de l'objectiu 3 a altres grups de recerca com el CRISTEME (Universitat de Exeter).

Actualment es treballa en la preparació en la devolució formalitzada de resultats per centres que han participat en el objectiu 3 de recerca.

7

Resultats i discussió del tercer objectiu de recerca – Estudi 2

En aquest capítol es presenten els resultats i la discussió de l'avaluació dels 49 projectes analitzats en relació a diferents variables. Concretament, es presenta:

- 1) l'avaluació dels 49 projectes en relació als 21 indicadors que presenta la rúbrica STEM ABP. En aquest apartat es pretén donar una imatge global del conjunt dels 49 projectes identificant aquells criteris avaluats com de major o menor sofisticació.
- 2) la caracterització individual de les cinc tipologies de projectes STEM identificades i el mapatge global de les cinc tipologies de projectes STEM d'acord amb la relació entre els indicadors de la rúbrica vinculats a: 1) objectius disciplinaris (específics d'educació científica i STEM), i 2) objectius meta-disciplinaris.
- 3) la distribució de projectes STEM per centres escolars que els implementen i mapatge de centres a través dels seus projectes STEM.

Cada apartat de resultats s'acompanya de la seva discussió.

7.1. Puntuació global de 49 projectes STEM

L'avaluació dels projectes STEM permet fer diferents lectures segons el focus d'anàlisi. L'assignació d'un nivell concret (del 1 al 4) d'un cert criteri de la rúbrica a un projecte STEM aporta informació que es pot llegir tant com una qualificació o "puntuació" (de caràcter quantitatiu) com una descripció que en caracteritza el nivell de sofisticació (de caràcter qualitatiu). En aquest sentit ja s'ha explicat amb anterioritat que la intenció en la construcció de la rúbrica no és proveir d'una eina quantificadora de la qualitat global d'un projecte STEM, sinó més aviat que sigui caracteritzadora d'aquest i que, a més, proveeixi orientació cap a la millora de cadascun dels criteris que comprèn. Com s'ha presentat en el Capítol 34, la millora global d'un projecte STEM implica la gestió de tensions didàctiques que condiona a quins criteris de la rúbrica es vol donar prioritat de millora.

En la presentació d'aquests resultats, el nivell numèric s'utilitza com a eina per poder agrupar i representar les dades de forma conjunta així com la qualitat general dels projectes STEM. A la vegada, també es posa l'èmfasi en el caràcter interpretatiu i caracteritzador que implica cada nivell de sofisticació.

L'anàlisi dels 49 projectes STEM a través de la rúbrica STEM ABP permet associar cada projecte amb una puntuació de fins a 84 punts (21 indicadors per quatre nivells de resultat). D'acord amb aquesta avaluació, la puntuació mitjana de la mostra és de 44,8

punts (53,4% de la puntuació màxima), amb una desviació estàndard de 8,78. Aquesta primera lectura corrobora el plantejament anterior, on pocs projectes són capaços d'assolir un desenvolupament altament sofisticat per a tots els criteris de la rúbrica STEM ABP d'una forma global.

A la Figura 10, es mostra la mitjana de les puntuacions (del nivell 0 al 4 de resultats) dels projectes per 7 àmbits que componen la rúbrica. En el desglossament de les puntuacions per àmbits es pot apreciar com els projectes STEM s'han puntuat de forma mitjana millor en certs àmbits respecte d'altres. Concretament els àmbits Finalitats (nivell de sofisticació mitjà de 2,8 sobre 4; 2,8/4), Context (2,3/4), Acció (2,4/4) i Col·laboració i TIC (2,4/4) presenten una puntuació destacable per sobre la resta, mentre que els àmbits Continguts (1,7/4) i Pràctiques CT (1,4/4) presenten una puntuació inferior a la resta d'àmbits.

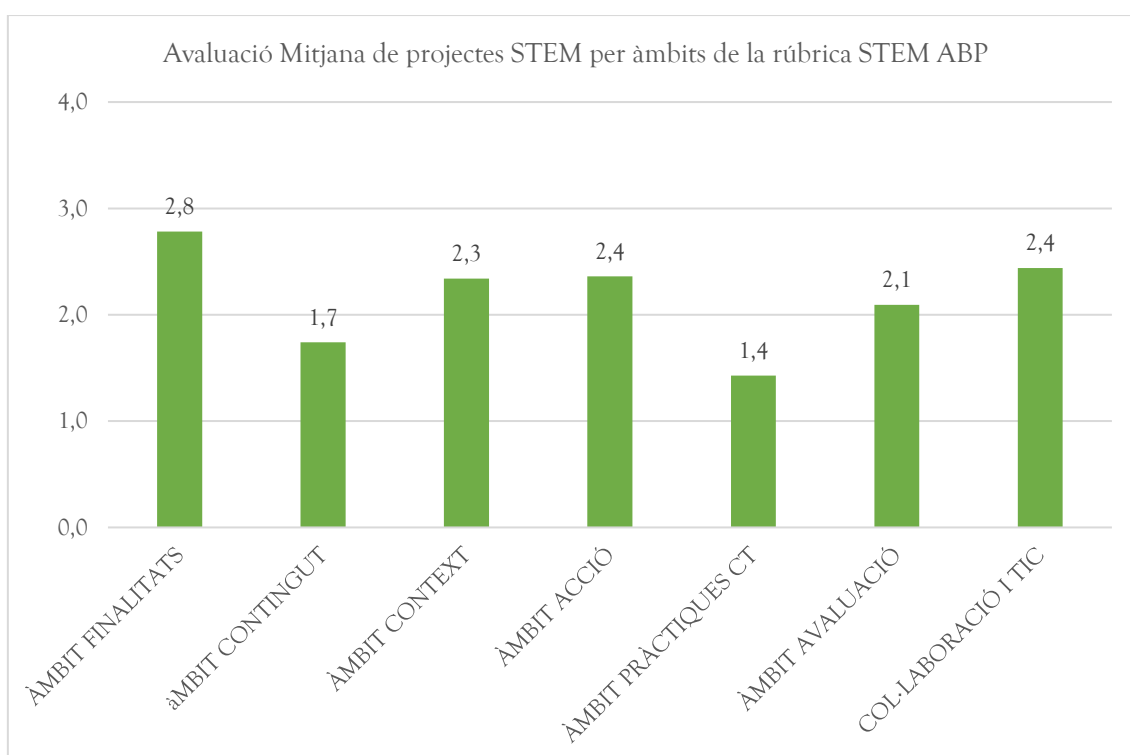


Figura 10. Puntuació mitjana de projectes STEM per àmbits de la rúbrica STEM ABP. Cada valor indica el nivell de sofisticació mitjà per als 49 projectes STEM avaluats.

Per obtenir una imatge més detallada de la Figura 10, es presenta la puntuació mitjana per cada criteri del conjunt dels projectes analitzats (Figura 11). En aquesta, s'aprecien diferències no només en la puntuació dels projectes entre àmbits sinó també dins de cada àmbit. Per exemple, en l'àmbit de l'acció, destaca el Desplegament de l'acció (3,3/4), mentre que la avaluació de l'Impacte social (2/4) i l'Obertura del projecte (1,8/4) tenen una puntuació menor. De la mateixa manera s'identifiquen certs criteris que destaquen per la seva baixa puntuació (valors <2) com són la Selecció de continguts conceptuals (1,7/4) i procedimentals (1,4/4), la Integració de continguts (1,7/4), la Participació en les pràctiques de la Enginyeria (1,3/4), la Participació en les pràctiques científiques d'argumentació

(1,6/4), indagació (1,6/4) i modelització (1,2/4). Sent aquest darrer criteri el que obté la puntuació mitjana més baixa.

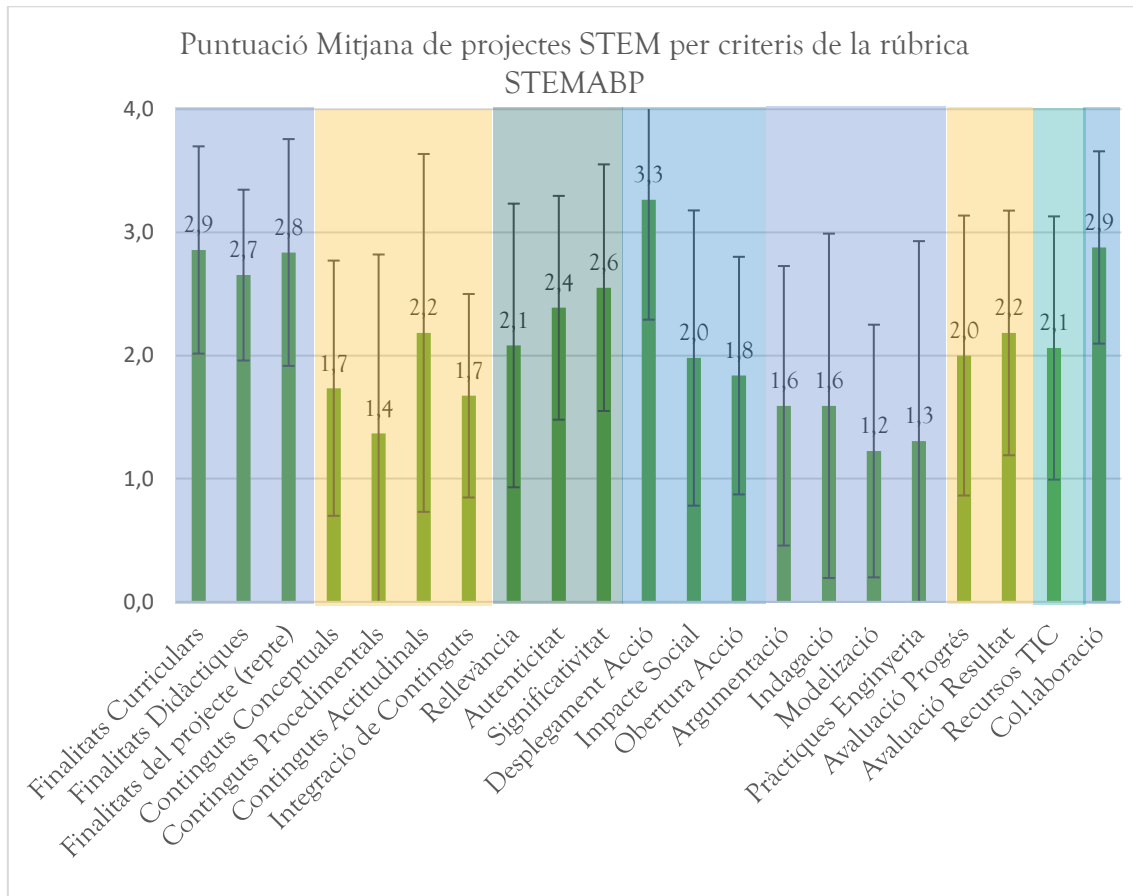


Figura 11. Puntuació mitjana de projectes STEM pels 21 indicadors presents a la rúbrica STEM ABP. Els intervals indicats marquen la desviació estàndard per a cada criteri.

Tot i que la dispersió de les avaluacions és elevada, fet que denota grans diferències entre projectes que s'identifiquen com STEM, es poden fer lectures que apunten a quins àmbits de la rúbrica tendeixen a ser hegemònics en els projectes seleccionats i quins àmbits no presenten una tendència clara quan es valoren amb la rúbrica STEM ABP. Considerant els descriptors de la rúbrica per àmbits (pels quals s'indiquen al nivell que corresponen) i la dispersió de les puntuacions dels projectes aquests resultats es poden llegir com:

- a) **Àmbit Finalitats.** Els criteris vinculats a finalitats didàctiques, curriculars i del projecte oscil·len entre nivells 2 i 4 de sofisticació d'acord amb les barres de dispersió presentades (Figura 11, zona esquerra lila). El significat d'aquestes valoracions en la rúbrica STEM ABP impliquen que la majoria de projectes plantegen un propòsit clarament competencial, que es dissenya amb una intenció enfocada cap a desenvolupar les habilitats transversals de l'aprenentatge com la col·laboració, la creativitat, el pensament crític i la comunicació (nivell 2). Així mateix es presenten objectius associats a l'alfabetització científica, on es busca

- sobretot transferir/aplicar coneixements que responen en major o menor mesura a la necessitat que planteja el repte del projecte (nivells 3 i 4).
- b) **Àmbit Continguts.** Els criteris lligats a la selecció de continguts científics oscil·len en nivells molt variables (Figura 11, zona esquerra en groc). Les baixes valoracions mitjanes es llegeixen amb la rúbrica STEM ABP com projectes que en general seleccionen continguts conceptuals descriptius (nivell 1) i/o que interpreten relacions simples (nivell 2) i, a nivell procedimental, impliquen conèixer (nivell 1) o aplicar (nivell 2) procediments i tècniques mecàniques. També es solen incloure continguts actitudinals de forma implícita (nivell 2) com treballar valors i hàbits al voltant de contextos com el medi ambient, la salut, etc. i que, en certs projectes, pot fer-se més explícita en activitats concretes (nivell 3). En relació a la integració de continguts, els projectes solen plantejar coneixements i/o pràctiques d'una sola matèria (nivell 1) o de diferents matèries per separat que no arriben a establir connexions clares per resoldre el repte (nivell 2).
- c) **Àmbit Acció.** Els criteris lligats a l'acció final que planteja el projecte informen d'accions ben desenvolupades (nivell 3) i que en ocasions també s'avaluen i milloren (nivell 4) (Figura 11, en verd). Aquesta acció sol estar lligada a un repte guiat (nivell 1) però que en alguns projectes facilita moments de decisió per part de l'alumne (nivells 2 i 3). L'impacte dels projectes analitzats varia considerablement i pot anar dirigit des de la pròpia classe (nivell 1 i 2) fins a la comunitat de l'entorn escolar (nivell 3).
- d) **Àmbit Context.** Els criteris lligats a la selecció de contextos presenten, de forma general, un plantejament relativament sofisticat en les dimensions d'autenticitat i significativitat (nivells 2 al 4) i, de forma més variable, la rellevància (nivells 1 a 3) (Figura 11, zona central en blau). Aquests contextos es troben sovint lligats a fenòmens científics (nivell 2) i que en ocasions possibilita fer-se preguntes que replantegen la forma de veure'ls (nivells 3 i 4). També plantegen diferents tipus d'escenaris, habitualment lligats a problemàtiques versemblants a les del món real (nivell 3). Aquests contextos poden respondre de forma diversa (nivells 1 a 3) als interessos personals i socials de l'alumnat en relació al seu desenvolupament com a ciutadans del món.
- e) **Àmbit Pràctiques CT.** Els criteris lligats al foment de pràctiques científicotecnològiques apel·len a una involucració poc sofisticada en general, però també prou diversa en certes dimensions de les pràctiques pròpies de la ciència i la enginyeria escolar (Figura 11, zona dreta lila). Les pràctiques d'argumentació, indagació i modelització es fomenten de forma poc sofisticada però variable, apel·lant generalment a activitats que impliquen argumentar de forma no necessàriament científica (nivell 2), la indagació implica explorar i recollir dades sense necessàriament fer ús de proves o extreure'n conclusions (nivell 2) i on els

conceptes abstractes es presenten majoritàriament de forma descriptiva (nivell 1). La pràctica d'indagació es presenta de forma més variable.

- f) **Àmbit Avaluació.** Una gran diversitat de formes d'avaluar que sovint inclouen estratègies de co- i auto- avaluació a través de criteris fixats pel professorat i on l'acció final té un valor important en el resultat (nivell 2) (Figura 11, zona dreta en groc).
- g) **Ús de recursos TIC i Col·laboració.** Els projectes en global afavoreixen l'ús de les TIC a diferents nivells de sofisticació (nivells 1 a 3) que impliquen fer-ne ús per presentar el producte final (nivell 1), tot i que en altres projectes donen un ús més sofisticat, introduint TIC per organitzar informació i la comunicació d'idees (nivells 2 i 3). Els sistemes de regulació del treball cooperatiu es desenvolupen de forma general de forma sofisticada (nivells 2 a 4), on solen aparèixer instruments de regulació del treball en equip (nivells 2 i 3) i que en alguns casos podem ser necessaris en moments de consens d'idees (nivell 4) (Figura 11, zona dreta en lila i verd).

Aquestes diversitat en la sofisticació dels diferents àmbits de la rúbrica informen de la manca d'una majoria de projectes STEM que segueixin un patró comú i que motiven la caracterització de tipologies de projectes STEM.

7.1.1. Discussió de la caracterització empírica de projectes STEM

La definició de projectes STEM introduïda a l'apartat 6.1. és subjecta a l'elevada dispersió dels diferents criteris que la conformen i limita la generalització que es pot fer d'aquesta. Tot i així, s'entén que el valor d'aquesta caracterització inicial dels projectes STEM rau en conèixer quina tendència comuna presenten els projectes STEM i dona suport a la necessitat d'una lectura per tipologies que es presenta a l'apartat 6.2.

Una vegada feta la caracterització empírica dels 49 projectes STEM analitzats ha semblat convenient comparar-la amb les caracteritzacions teòriques per identificar-ne similituds.

En relació a les finalitats d'aprenentatge i continguts que s'inclouen en les propostes ABP, els projectes STEM analitzats fomenten el desenvolupament d'habilitats transversals i l'aplicació de continguts habitualment descriptius o poc sofisticats (a nivell 1-2 de la rúbrica STEM ABP). Aquest resultat lliga amb plantejaments teòrics com el de STEM ABP (Capraro, Capraro & Morgan, 2013), que proposa la inclusió de conceptes STEM en diferents graus de sofisticació però que no sempre són prèviament seleccionats, ja que solen estar condicionades a les necessitats del projecte. Per altra banda, aquest plantejament de finalitats i continguts dels projectes STEM analitzats dista dels enfocaments de Ciència Basada en Projectes (CBP), que prioritzen idees clau i pràctiques de la ciència normalment en forma d' "acompliments d'aprenentatge" Krajcik & Shin (2014).

En relació als contextos i accions que es plantegen, la caracterització dels projectes analitzats solen implicar treballar en problemes versemblants al món real tot i que aquests poden ser més o menys rellevants a nivell ciutadà i a nivell de Significativitat per la ciència. Aquest

plantejament s'alinea amb la importància de treballar en contextos rics i autèntics que reclamen les propostes STEM ABP a la literatura, mentre que les propostes de CBP solen centrar el treball en context a través de preguntes guia més analítiques que permetin explorar fenòmens científics.

En relació a les pràctiques i els processos que impliquen el desenvolupament de projectes STEM, de forma global, la caracterització de projectes analitzats presenten de forma mitjana una baixa participació de pràctiques científicotecnològiques (nivells 1 i 2), mentre que els referents teòrics indiquen l'èmfasi en pràctiques de la enginyeria per desenvolupar projectes STEM (Falloon et al., 2020), o bé en pràctiques científiques, a través del desenvolupament d'investigacions, revisió de d'explicacions científiques, etc. (Marx et al., 1997).

En relació a les accions i productes que plantegen els projectes STEM, la caracterització realitzada planteja projectes amb accions completament desenvolupades (nivells 3 i 4) tot i que poden lligar-se de forma variable als continguts científics. En el cas de l'STEM ABP els productes es limiten a partir d'unes constriccions que afecten principalment al procés de disseny, mentre que al marc de CBP, els artefactes que sorgeixen del projecte són principalment utilitzats per representar i externalitzar les idees científiques de l'alumnat.

En relació a l'avaluació, els projectes analitzats utilitzen diferents eines que s'enfoquen al procés del disseny del projecte final. Aquesta forma d'avaluar s'alinea amb la reflexió sobre el procés de disseny que promouen enfocaments com l'STEM ABP, mentre que a les propostes CBP es fomenta la reflexió dels aprenentatges a través del producte i considerant els objectius inicials competencials (Mentzer et al., 2017).

En relació a la col·laboració i l'obertura del projecte, els projectes analitzats fan ús d'instruments de regulació de treball en equip amb funcions diverses (nivell 2-4). I l'impacte del projecte sol estar centrat a l'aula o la comunitat del centre (nivell 1-3). Aquest plantejament es coherent amb les propostes de STEM ABP que posen l'èmfasi en la col·laboració per trobar solucions interdisciplinàries en projectes molt oberts (amb un ample marge de dedició). En el cas de la CBP, la col·laboració s'entén com la participació en diàlegs entre alumnes que faciliten escriure explicacions, analitzar les dades o fer preguntes conjuntament (Miller & Krajcik, 2019).

Havent analitzat les similituds i diferències de com es concreten els elements de l'ABP de forma empírica amb els principals corrents teòrics, es pot apreciar com les similituds radiquen principalment a destacar elements clau de la metodologia ABP; com la importància de una pregunta guia/repte, una acció final, aprenentatge cooperatiu, etc., mentre que altres elements com el desenvolupament de continguts clau o involucrar-se en investigacions (J. S. Krajcik et al., 1994) no formen part indispensable de la definició presentada.

Aquesta distància entre les definicions teòriques i la caracterització global presentada en base a la mostra seleccionada fa qüestionar quines característiques pròpies de l'educació

CT haurien de ser clau en una caracterització dels projectes STEM. En aquest sentit, la literatura enfocada al CBP posa l'èmfasi en unes pràctiques i idees clau de la ciència (J. S. Krajcik & Shin, 2014). En el cas de conceptualitzacions de l'ABP al voltant de STEM també es parla de processos i pràctiques de la Ciència i la Tecnologia (Sahin, 2013). Inclús, altres conceptualitzacions de l'ABP en sentit ampli reivindiquen els continguts d'una o varies matèries al centre del disseny dels projectes (Larmer et al., 2015). En relació a aquest salt entre les definicions teòriques i com s'implementen a la pràctica, s'obren diferents discussions que giren entorn a la forma de concebre l'enfocament STEM, com es conjuguen els seus propòsits, com són entesos pels diferents agents educatius (Wong et al., 2016) i quins elements són genuïns d'aquest enfocament (Park et al., 2020).

És justament aquesta falta de consens en aspectes clau de l'educació científicotecnològica (continguts, pràctiques, etc) la que impulsa la necessitat de distingir tipologies de projectes STEM que sí que s'agrupin d'acord amb aquests elements. En cas contrari, només podem descriure els projectes STEM d'acord amb un seguit de característiques pròpies de l'ABP (com s'ha presentat en el punt 7.1.97) i la presència d'uns objectius que es plantegen de forma variable des de l'ensenyament-aprenentatge CT. És per tant necessari entendre com els projectes STEM es poden desplegar de formes diferents (per exemple amb propostes més o menys contextualitzades, amb major o menor connexió amb les pràctiques de la ciència, la selecció i organització dels continguts disciplinaris, etc). Aquestes diferències es veuen més ressaltades en la proposta de tipologies que es presenta, on s'assenyala quan i de quines formes aquests continguts i pràctiques CT concorden amb la resta d'elements que caracteritzen cada tipologia de projecte STEM.

7.2. Caracterització de tipologies de projectes STEM des de la perspectiva d'educació científicotecnològica

Per tal de poder caracteritzar cada tipus de projecte STEM, es van determinar quins indicadors de la rúbrica STEM ABP eren o no presents a cada projecte STEM analitzat. Aquesta presència o no presència de cada criteri va implicar la conversió de la puntuació de cada criteri, que comprenia 4 nivells de sofisticació, a una lectura binària de presència i no presència del criteri que s'avalua.

En aquest sentit, els diferents indicadors pertanyents a la rúbrica STEM ABP es poden classificar d'acord amb aquesta distinció (Taula 30).

Taula 30. Distinció de indicadors de la Rúbrica STEM ABP vinculats a objectius disciplinaris i meta-disciplinaris

| Indicadors de la rúbrica STEM ABP vinculats a objectius disciplinaris | Indicadors de la rúbrica STEM ABP vinculats a objectius meta-disciplinaris |
|--|---|
| <p> criteris associats a l'aprofundiment en Continguts específics de diferents disciplines de la Ciència:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprofundiment dels continguts conceptuals | <p> criteris associats a la integració de continguts no exclusius de disciplines de la Ciència:</p> |

-
- Aprofundiment dels continguts procedimentals i epistèmics
 - Aprofundiment dels valors i continguts actitudinals
 - Integració de continguts entre matèries
-

Criteris associats al desenvolupament d'**Accions**.
Element propi de la metodologia ABP i no específic de cap disciplina CT:

- Desplegament de l'acció
 - Àmbit de realització i impacte social
 - Rang de decisió sobre el producte
-

Criteris associats a la participació en **Pràctiques** pròpies de les disciplines CT:

- Participació en l'avaluació de proves i construcció d'arguments (Argumentació)
 - Participació en la recollida i anàlisi de dades provinents d'observacions o experiments (Indagació)
 - Participació en la construcció de teories i models (Modelització)
 - Participació en les pràctiques de la enginyeria
-

Criteris associats a una mirada disciplinar científica de l'ús del **Context**:

- Significativitat científica

Criteris associats a un anàlisi global del **Context** que avaluen la connexió i les implicacions amb el món real:

- Rellevància
 - Autenticitat
-

Criteris associats amb formes de treballar i **Avaluar** no exclusives de l'àmbit CT:

- Avaluació del procés (formativa)
 - Recursos TIC
-

El resultat d'aquesta conversió va permetre:

- 1) Identificar aquells criteris que es troben presents a la majoria (per sobre del 95%) de projectes STEM. Aquests criteris comuns són: Finalitats curriculars, Finalitats didàctiques, Repte del projecte, Desplegament d'una acció, Avaluació del resultat i Col·laboració.
- 2) Realitzar una anàlisi exploratòria d'agrupacions clúster per la caracterització de tipologies de projectes STEM que finalment es van concretar en cinc i que a continuació es presentaran com: Projectes STEM de Ciència per la Ciutadania,

Projectes STEM de Tecno-Enginyeria, Projectes STEM de Pràctica Científica, Projectes STEM de Context Científic i Projectes STEM Transversals.

En relació al punt 2), es presenta la proporció de cada tipologia de projecte STEM respecte el total dels 46 projectes classificats (Figura 12).

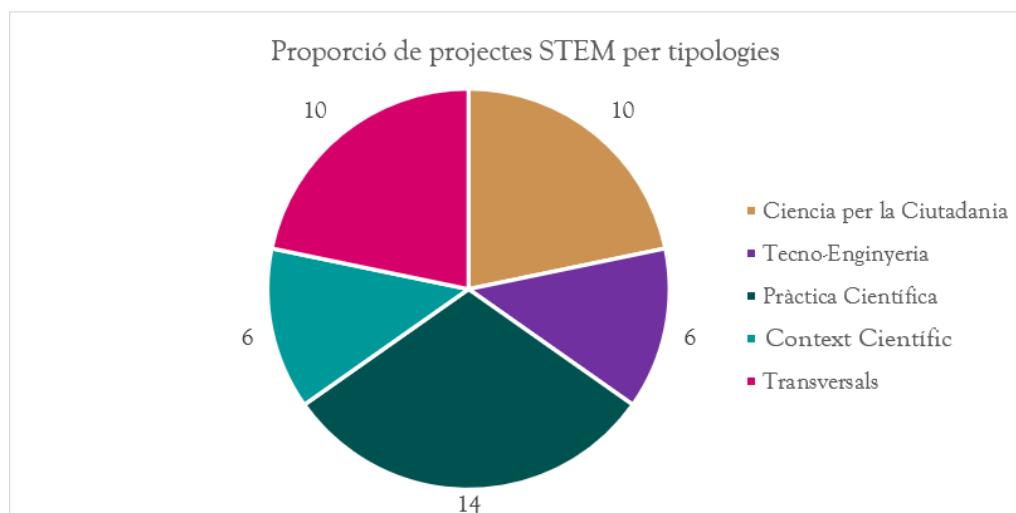


Figura 12. Nombre de projectes STEM pertanyent a cada tipologia resultant de l'anàlisi clúster.

Per tal de presentar i caracteritzar en profunditat cada tipologia indicada, s'ha representat gràficament cadascuna, tenint en compte la divisió entre criteris disciplinaris (associats a la perspectiva del marc ACE) i meta-disciplinaris (associats a objectius i característiques pròpies de l'ABP). Aquesta representació orienta la descripció de cada tipus de projecte STEM, que s'estructura en:

- 1) Introducció de la forma que adopta el tipus de projecte STEM en el gràfic, els principals criteris presents per la tipologia en qüestió i la presentació d'un exemple prototípic.
- 2) Aprofundiment en la caracterització de la tipologia a través de tres tensions didàctiques relatives a la rellevància personal i científica del context; la modelització i desenvolupament de l'acció; i la interdisciplinarietat i aprofundiment de continguts disciplinaris.
- 3) Síntesi d'idees clau i distintives del tipus de projecte STEM junt amb una exemplificació de les accions que més freqüentment apareixen en aquests tipus de projecte i els seus vincles amb altres projectes similars a la literatura.
- 4) Una breu introducció a la discussió teòrica establint connexions de cada tipologia amb altres tradicions i/o enfocaments d'ensenyament de les Ciències.

7.2.1. Projectes STEM de Ciència per la Ciutadania

Els projectes STEM de Ciència per la Ciutadania adopten un perfil amb forma de A (Figura 13) que incorporen tant criteris disciplinaris (remarcats en verd) com criteris meta-disciplinaris (remarcats en blau). Aquests criteris fan referència a la presència de:

- a) una acció final que impacta a l'entorn social de la comunicat on s'ubica l'escola.

- b) la problematització del projecte a través de contextos que consideren aspectes a nivell de rellevància personal i social, significativitat per la ciència i autenticitat.
- c) activitats que impliquen una reflexió sobre valors i actituds cap a la ciència i que impliquen certes formes d'argumentació.

Un exemple prototípic d'aquest tipus de projecte STEM seria "Una dieta equilibrada, justa i sostenible" (C2_P11) on es treballen problemàtiques de sostenibilitat a través del context de la producció i transport d'aliments. En aquest projecte els alumnes han de dissenyar un menú per quatre persones tenint en compte diferents consideracions en relació a l'origen i processat dels aliments així com gustos personals, pressupost, calories, petjada ecològica, etc. A mesura que transcorre el projecte, l'alumnat revisa el menú d'acord amb les restriccions imposades a la vegada que adquireixen consciència econòmica i ecològica del procés. Finalment, es presenta la dieta amb una justificació de les decisions preses als diferents nivells (econòmic, social, científic, etc) indicats.

Considerant el nivell de sofisticació (línia blava) dels criteris presents en els projectes STEM de Ciència per la Ciutadania, es poden identificar com s'aborden les tensions didàctiques del seu disseny. En primer lloc, la tensió didàctica 1, entre dissenyar contextos que apel·lin a una rellevància social i personal i que impliquin ser significatius per la ciència (que permetin ser transformats i dotats d'un nou significat), es desplega d'una forma sofisticada. Són projectes que fomenten un interès personal i social sobre el context plantejat ja que apel·len al desenvolupament ciutadà de l'alumnat (nivell 3/4 de la rúbrica) a la vegada que s'aprofundeix en certs aspectes que presenten una mirada científica (significativitat científica, nivell 2,7/4). Així mateix, són projectes que connecten amb situacions versemblants a les del món real (nivell 3/4). Tenint en compte l'exemple C2_P11 presentat, es plantegen problemàtiques de contextos reals sobre el transport i consum d'aliments que impliquen adquirir una conscienciació ambiental a nivell ciutadà a la vegada que permet enfocar-se (en major o menor mesura) en fenòmens més científics, com en aquest cas els ecosistemes, treballant la petjada ecològica.

En relació a la tensió didàctica 2, entre portar a terme una acció plenament desenvolupada i aprofundir en els continguts científics, els projectes STEM de Ciència per la Ciutadania tendeixen a ser més sofisticats al desenvolupament d'una acció amb impacte social (nivell 3/4) i on es dóna oportunitat a l'alumnat de decidir de forma guiada el seu desenvolupament (nivell 2,5/4). En contraposició, aquests projectes presenten escassos continguts científics (conceptuals i procedimentals) i una limitada involucració en pràctiques científiques de modelització o indagació. Aquesta forma d'abordar la tensió planteja prendre accions fomentades en una argumentació en el seu sentit ampli (nivell 2,5/4) que justifiqui i reflexioni les decisions preses al voltant dels valors treballats com la consciència ambiental, l'ús responsable de les tecnologies, etc. Per tant, l'atenció es posa en com el coneixement científic (desenvolupat en altres situacions o introduït parcialment) es posa en ús per argumentar les accions preses, més que posar el focus en com s'argumenta

científicament per desenvolupar una explicació científica. En l'exemple C2_P11, el pes del projecte es centra en la dieta dissenyada i la seva justificació en termes ecològics i econòmics. Però no aprofundeixen, per exemple, en entendre i justificar com varien les dinàmiques d'un ecosistema quan varien els nostres hàbits de consum alimentari.

En darrer lloc, la tensió didàctica 3 dels projectes STEM planteja la dificultat d'aprofundir en continguts i pràctiques pròpies d'una disciplina a la vegada que s'integren en profunditat altres disciplines (STEM o altres). La forma d'abordar aquesta tensió didàctica es centra en una limitada integració de continguts i pràctiques STEM tot i que puguin fer-se certes connexions amb disciplines d'altres àmbits.

D'acord amb la caracterització per tensions didàctiques que s'ha presentat, es pot dir que els projectes STEM de Ciència per la Ciutadania es centren en problemàtiques amb un clar focus en contextos rellevants que porten a objectius associats a la construcció de valors i que a la vegada justifiquen les accions que es porten a terme. Per aquests motius el seu perfil es troba desplaçat cap a zona inferior (Figura 13).

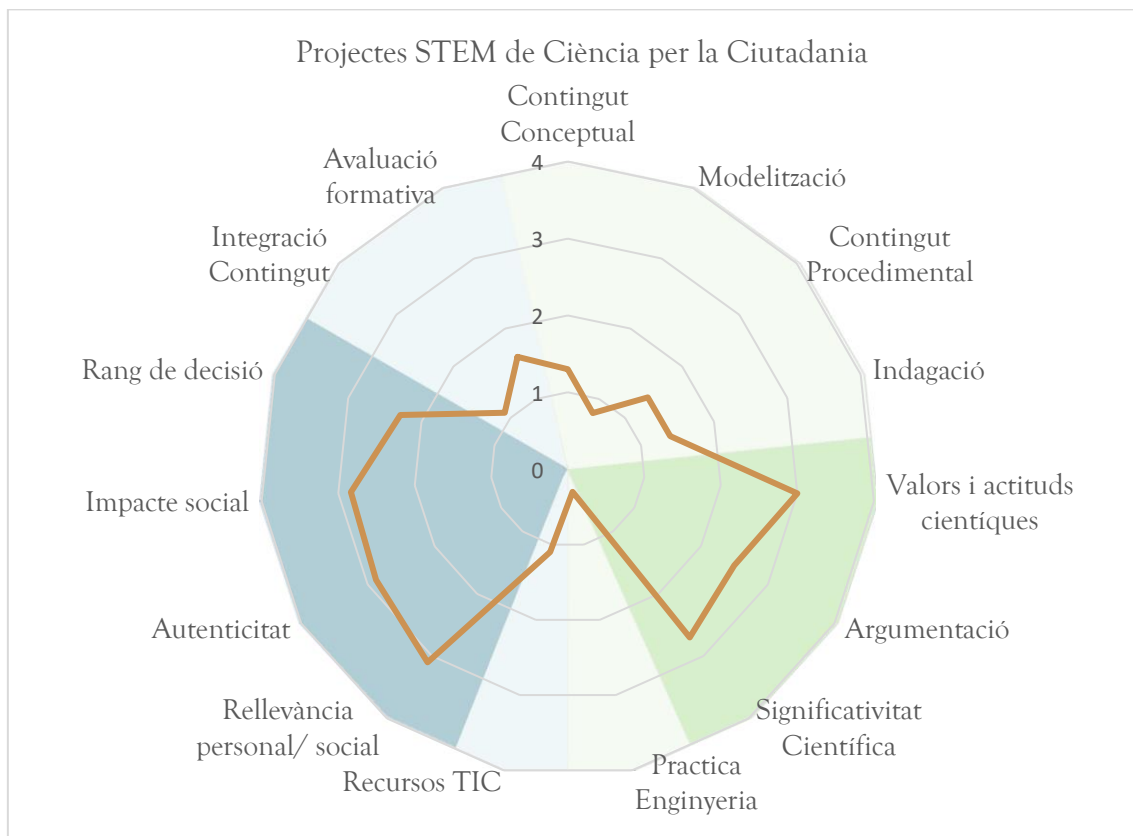


Figura 13. Representació del perfil de projectes STEM de Ciència per la Ciutadania (n=10). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presentes en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP.

Altres projectes de la mostra que formen part d'aquesta tipologia impliquen diverses accions com fer una campanya de conscienciació del consum de drogues, participar d'un

debat sobre el consum d'energia o fer presentacions sobre dilemes socials de la vida de l'alumnat com el transport, el reciclatge, els hàbits de consum d'aigua, etc). Aquests projectes presenten exemples homòlegs a la literatura com el projecte “Reinventar tu Ciudad” (Ayerbe-López & Perales-Palacios, 2020), “Renewable Energy Sources” (Ketzeky & Capraro, 2016), “Eat Healthy at Fast Food Restaurants” (Kwon, 2016).

Aquests i altres exemples presenten als projectes STEM de Ciència per la Ciutadania com exemples empírics que ressonen amb altres enfocaments com el de Ciència, Tecnologia i Societat (CTS) (Solomon & Aikenhead, 1994; Caamaño, 2002) i altres corrents més recents com són les controvèrsies socio-científiques (Evagorou, Nielsen & Dillon, 2020). Aquests enfocaments es caracteritzen perquè habitualment impliquen la generació de judicis morals de problemes que estan influenciats per la ciència o que requereixen de continguts o pràctiques científiques on l'argumentació habitualment té un rol important (Sadler & Zeidler, 2002). Tot i així, la quantitat de continguts de ciències que realment s'aprenen en aquest projectes depèn en gran mesura de la importància que rep el coneixement conceptual en aquests (Garrido-Espeja i Couso, 2020) i que en aquest cas tendeix a ser baixa.

7.2.2. Projectes STEM de Tecno-Enginyeria

Els projectes STEM de Tecno-Enginyeria adopten un perfil amb forma de “b” (Figura 14) que incorpora també tant criteris disciplinaris (verd) com criteris meta-disciplinaris (blau). Aquests criteris fan referència a la presència de:

- a) l'ús de contextos amb característiques autèntiques i que incorporen també elements significatius des d'una perspectiva científica.
- b) la presència de continguts científics conceptuals i actitudinals que es posen en us en situacions multidisciplinàries.
- c) la involucració en pràctiques pròpies de la enginyeria i d'argumentació.
- d) l'ús d'estratègies d'avaluació formativa i recursos TIC per l'aprenentatge.

Un exemple prototípic d'aquest tipus de projecte STEM seria “La cursa dels cotxes elèctrics” (C3_P3) on les pràctiques de l'enginyeria, que implica un pensament de disseny, s'apliquen per a desenvolupar un cotxe teledirigit. En el projecte, a l'alumnat se li planteja el repte de construir un cotxe elèctric controlat per cable, en el context d'una cursa d'obstacles. Durant el seu desenvolupament, l'alumnat explora alguns conceptes d'energia, circuits elèctrics i cinemàtica que aplica en la construcció del cotxe.

Considerant el nivell de sofisticació (línia blava) dels criteris presents en els projectes STEM de Tecno-Enginyeria, s'exploren les tres tensions didàctiques relatives al disseny de projectes. En relació a la tensió didàctica 1 relativa a les diferents dimensions del context, aquesta tipologia de projectes emfatitza sobretot l'autenticitat dels contextos, que recreen escenaris i problemàtiques versemblants (nivell 2,7/4) al món real, tot i que tendeixen a donar prioritat a situacions on la ciència té un rol significatiu (nivell 2, 5/4) i la dimensió

personal i social és un criteri variable. En l'exemple C3_P3, la construcció del cotxe planteja enfocar-se en els seus components, com el motor, que resulta ser un context significatiu a través del qual treballar idees sobre transferència d'energia.

En relació a la tensió didàctica 2, entre acció i aprofundiment de continguts, aquesta tipologia de projectes l'aborda de forma ambivalent. Per un costat, veient la zona verda del gràfic (Figura 14) s'aprecia com l'aprenentatge està principalment vehiculat per la involucració en les pràctiques de la enginyeria i l'ús de recursos TIC, mentre que els criteris com el contingut científic conceptual o l'argumentació es mantenen a nivells 2/4. Això implica que els continguts científics es presenten com a idees aïllades que s'utilitzen a conveniència en el projecte i les activitats argumentatives serveixen més per justificar les decisions en el desenvolupament del disseny tecnològic que no pas donar validesa a un raonament científic. Per l'altre costat, els criteris d'impacte i rang de decisió (zona blava del gràfic) no sempre hi són presents. Tot i així, aquests projectes solen implicar el desenvolupament d'artefactes tecnològics que, tot i que no tinguin un impacte social elevat, requereixen de gran atenció. Per tant, es pot dir que els projectes de Tecno-Enginyeria tendeixen a decantar-se per l'aprofundiment en pràctiques pròpies de l'enginyeria sense descuidar el desenvolupament de l'acció, que sol comprendre la construcció d'un artefacte tecnològic. En l'exemple C3_P3, l'alumnat ha de involucrar-se en idear la millor carrosseria per que el cotxe funcioni, fan estudis de qualitat, etc, a la vegada que desenvolupen l'acció final, que és el propi cotxe.

En relació a la tensió didàctica 3, sobre la dificultat d'aprofundir en continguts i pràctiques pròpies d'una disciplina a la vegada que s'integren en profunditat altres disciplines, els projectes STEM de Tecno-Enginyeria tendeixen a atorgar un rol més central a la pràctica de la Enginyeria i on es generen oportunitats de treballar certs conceptes de Ciència i/o Matemàtiques. Aquest plantejament, on la ciència s'usa com a eina per desenvolupar i millorar el procés de disseny tecnològic, limita parcialment la complexitat que implica la pràctica de la ciència (indagar, argumentar, modelitzar) a favor de les pràctiques de l'Enginyeria, que també són essencials en l'alfabetització STEM. En l'exemple C3_P3, tot i que s'introdueixen idees de cinemàtica, energia i electricitat, aquestes es revisen superficialment per tal de cobrir les necessitats de construcció del cotxe. Per exemple, els conceptes d'electricitat s'utilitzen en simuladors de circuits elèctrics per preveure quins elements dels circuits seran necessaris en l'elaboració del cotxe.

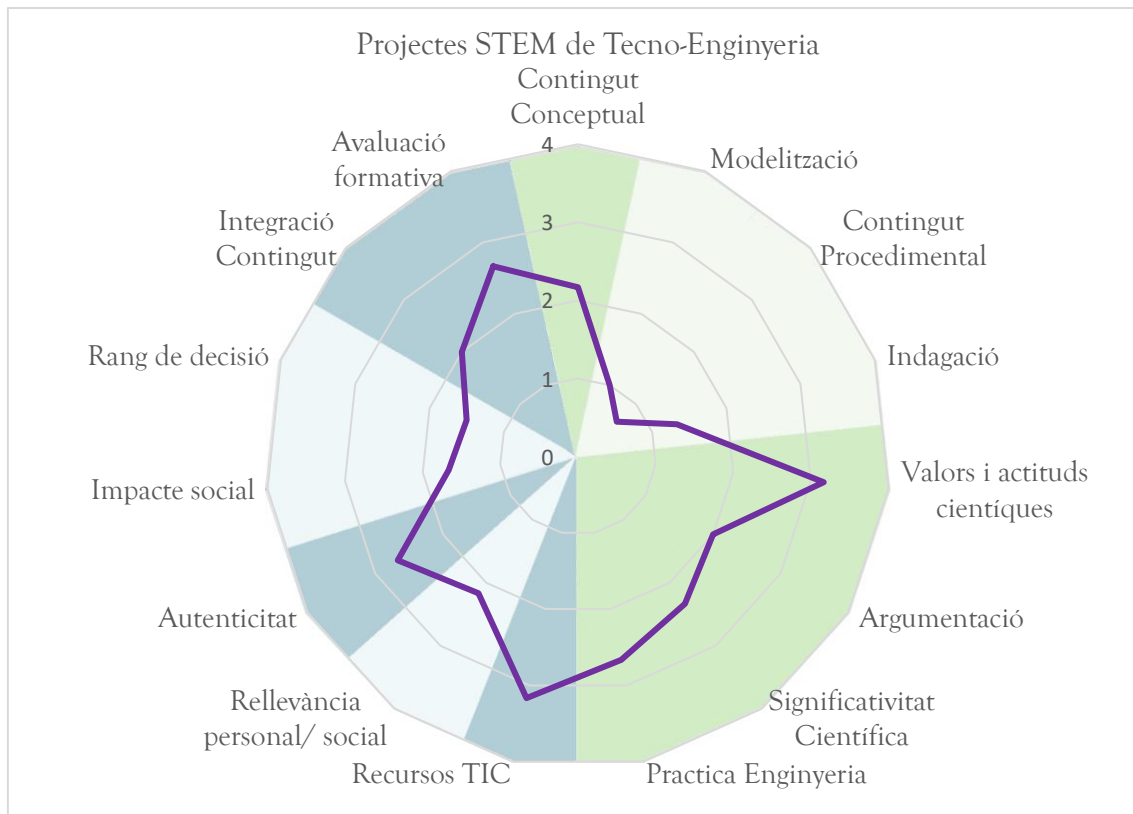


Figura 14. Representació del perfil de projectes STEM de Tecno-Enginyeria (n=6). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presentes en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte propi. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP.

D'acord amb la caracterització que s'ha presentat, es pot dir que els projectes STEM de Tecno-Enginyeria es centren en la justificació i desenvolupament de productes tecnològics on el procés de creació imita els contextos i les pràctiques del món real.

Altres projectes de la mostra que s'inclouen dintre d'aquesta tipologia impliquen accions com desenvolupar un contenidor específic per un determinat producte amb uns certs requeriments, dissenyar i codificar un instrument musical o dissenyar un hotel per uns insectes en concret que fomentin la pol·linització. Aquests projectes presenten exemples homòlegs a la literatura com el projecte "How do I design a structure for extreme environments?" (Fortus et al., 2005), "Toaster design" (James R. Morgan et al., 2013) o "Building a better cereal box" (Steve McKissick & Whitfield, 2016).

Els projectes STEM de Tecno-Enginyeria es poden vincular a diferents noms a la literatura com Aprenentatge basat en el Disseny (Apedoe, Reynolds, Ellefson, & Schunn, 2008), o Ciència Basada en el Disseny (Fortus et al., 2005). El plantejament d'aquestes propostes consisteix en estructurar l'aprenentatge a través de les pràctiques clau de la enginyeria donat que permeten revisar de forma iterativa el coneixement en desenvolupament. Tot i així, a nivell empíric, la mostra de projectes STEM associada a aquest grup presenta dificultats de

combinar adequadament les pràctiques de la ciència i de l'enginyeria. Aquestes dificultats són encara motiu de debat en la literatura sobre l'Educació STEM.

7.2.3. Projectes STEM de Pràctica Científica

Els projectes STEM de Pràctica Científica adopten un perfil en forma d'una "O" quasi perfecte (Figura 15) que mostra la presència de la majoria de criteris (disciplinaris i meta-disciplinaris) presents a la rúbrica STEM ABP. Entre aquests, són especialment presents aquells criteris associats a aspectes específics de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències (disciplinaris, en verd) com:

- a) l'ús de contextos que incideixen en fenòmens que fomenten una reinterpretació científica.
- b) el desenvolupament d'uns continguts conceptuals, procedimentals i/o valors de la ciència.
- c) la involucració en pràctiques pròpies de la ciència que impliquen la construcció de noves idees (modelització), desenvolupar investigacions que permetin recollir proves i extreure conclusions (indagació) i saber articular-les per argumentar i contra-argumentar científicament (argumentació).

En contraposició, altres criteris habitualment presents (com la integració de continguts, la rellevància del context i les pràctiques de la enginyeria) no hi són tant prevalents.

Un exemple prototípic d'aquest tipus de projecte STEM seria "Contaminació, Salut i Medi Ambient"(C1_P10) on els alumnes aprofundeixen en el fenomen de la contaminació urbana per modelitzar-la i entendre-la des de la química d'acord amb un model de matèria composta de partícules. També s'inclouen idees clau de la biologia integrant aspectes com els efectes que té la contaminació en la respiració humana en relació a la funció de nutrició. Durant el projecte hi ha activitats com: "Què necessita el cos per viure?" o "Què respire quan respire?" que integren aquestes pràctiques així com fer ús de simuladors. L'acció final permet diferents opcions que lliguen en major i menor mesura amb les activitats que s'han realitzat durant el projecte (des d'una campanya de conscienciació de com ens afecta la contaminació a l'organització d'una bicicletada).

Considerant el nivell de sofisticació (línia blava) dels criteris presents en els projectes STEM de Pràctica Científica s'exploren les tres tensions didàctiques associades al disseny de projectes. En relació a la tensió didàctica 1 relativa a les diferents dimensions del context, es tendeix a prioritzar contextos significatius per la ciència que apuntin a fenòmens d'interès per la ciència (nivell 3,5/4, zona verda) i que permeten reinterpretar-se i associar-se a un nou llenguatge. La rellevància personal i social queda condicionada a aquesta primera dimensió del context que fa que aparegui de forma variable (zona blava no ressaltada). En l'exemple C1_P10, la contaminació com a fenomen per entendre de què està fet l'aire i la matèria és prioritària per desenvolupar els objectius d'aprenentatge del

projecte. Tot i així, en aquest cas, la selecció del context també implica una rellevància personal associada a una conscienciació ciutadana al voltant de temes socio-ambientals.

En relació a la tensió didàctica 2, entre acció i aprofundiment de continguts, els projectes STEM de Pràctica Científica compaginen ambdós parts en diferents mesures. Les accions es presenten amb un cert impacte social a nivell de la comunitat escolar (nivell 2,5/4), així com certs espais de decisió sobre com enfocar l'acció final (nivell 2/4). També es fomenta l'aprofundiment en continguts científics, que habitualment impliquen involucrar-se en una sèrie de pràctiques científiques escolars. Tot i així, el nivell de sofisticació de les pràctiques científiques no solen superar el nivell 3/4 de mitjana (zona verda). Així mateix, es sol posar el focus en una o dues dimensions de la pràctica científica (Argumentació, Indagació o Modelització), que sobretot es lliguen a accions que impliquen presentar una recerca dissenyada pels estudiants, argumentar en un debat científic, etc. En l'exemple C1_P10, la pràctica de modelització i argumentació, tot i no condicionar directament l'acció, permeten justificar les campanyes de conscienciació o la importància de fomentar el transport públic, etc., des d'una perspectiva científica.

En relació a la tensió didàctica 3 sobre la dificultat de portar a terme propostes interdisciplinàries en profunditat, els projectes STEM de Pràctica Científica tendeixen a fomentar iniciatives encapçalades per una o poques disciplines de ciències (Biologia, Geologia, Física o Química). Aquest enfocament cap a una disciplina en concret desplaça pràctiques i continguts d'altres disciplines STEM que permet mantenir el mateix focus durant tot el projecte. En l'exemple sobre la contaminació de l'aire C1_P10, es fa especial focus en comprendre la naturalesa de la contaminació (des del model científic escolar de matèria) i lateralment es treballa el fenomen de la respiració com a part de la funció de nutrició dels essers vius. No s'integren en el disseny del projecte ni la Enginyeria ni la Tecnologia de forma activa.

Des d'una perspectiva global, els projectes STEM de Pràctica Científica es recolzen clarament en objectius d'aprenentatge, continguts, pràctiques i contextos de Ciències, mantenint moltes de les característiques meta-disciplinàries dels projectes STEM (Figura 15).

Altres exemples empírics d'aquests tipus de projectes impliquen justificar científicament l'elecció d'una certa dieta en base a proves, predir i modelitzar fenòmens com els terratrèmols, la transferència d'energia en globus aerostàtics i el moviment dels planetes, o presentar una recerca sobre la qualitat de l'aigua. Aquest projectes són similars a altres propostes didàctiques presents a la literatura com: "Can Good Friends Make Me Sick? Project" (Hug et al., 2005); "Water quality project" (Novak & Krajcik, 2019), "Air toxics

under the big sky” (Adams et al., 2009), o “Energy for me” (Peterman et al., 2016).

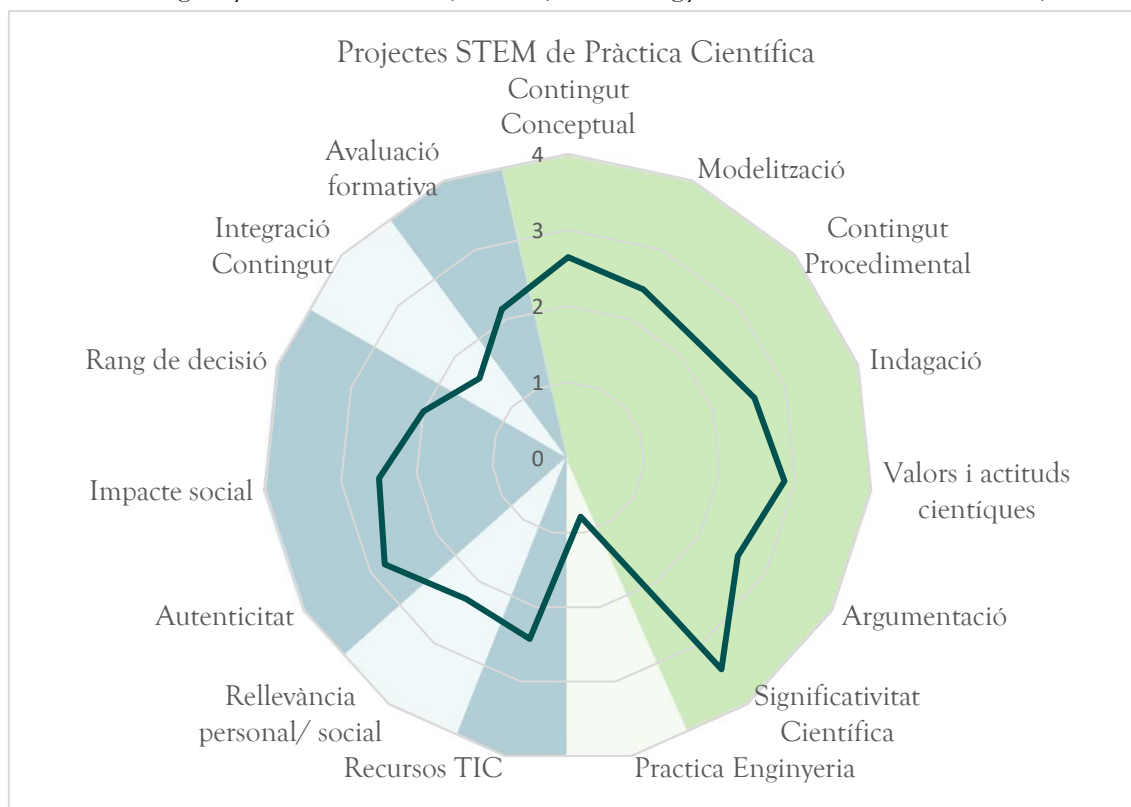


Figura 15. Representació del perfil de projectes STEM de Pràctica Científica (n=13). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presentes en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP.

Els projectes STEM de Pràctica Científica presenten similituds amb diferents propostes metodològiques per introduir el marc de pràctiques científiques (Osborne, 2014) a l’aula. Entre aquestes propostes trobem exemples com la Indagació basada en Models (Windschitl et al., 2008) o l’Aprentatge Basat en Indagació (Barrow, 2006). Totes elles poden encaixar dintre del marc d’ABP a partir de proposar reptes lligats a l’exploració i comprensió de fenòmens científics. Aquestes propostes de Pràctica Científica i ABP han estat normalment agrupades amb el nom de Ciència Basada en Projectes (CBP) o Indagació Científica Basada en Projectes, que emfatitzen el rol de la Ciència i els seus processos durant el projecte (Krajcik & Shin, 2014).

7.2.4. Projectes STEM de Context Científic

Els projectes STEM de Context Científic adopten una forma de X (Figura 16) que incorpora de forma selectiva alguns criteris disciplinaris (fons verd) i meta-disciplinaris (fons blau). Aquests criteris fan referència a:

- a) la selecció i desenvolupament d’alguns continguts científics procedimentals.
- b) l’ús de fenòmens significatius per la ciència

- c) el desenvolupament d'accions i contextos que tendeixen a connectar amb situacions del món real i generar un cert impacte social.

Un exemple paradigmàtic d'aquest tipus de projectes STEM seria “The classification of matter” (C4_P4), on el repte que planteja el projecte es centra en classificar un conjunt de substàncies a través de la seva densitat. Durant el procés, es fomenta que l'alumnat mesuri densitats al laboratori utilitzant diferents tècniques i predigui quines substàncies suraran o no respecte les altres. L'acció final consisteix en la realització d'un vídeo on donen resposta al repte plantejat i expliquen el procés que han seguit.

Considerant el nivell de sofisticació (línia blava) dels criteris presents en els projectes STEM de Context Científic, es presenta com conjuguen les seves tensions didàctiques. En relació a la tensió didàctica 1 relativa a les diferents dimensions del context, aquests projectes s'enfoquen en contextos que integren fenòmens significatius des del punt de vista científic (nivell 3/4) tot i que això suposi un detriment en la rellevància a nivell social o personal (molt poc present en aquests projectes). En l'exemple C4_P4, el focus en discernir la densitat de les substàncies és el propi repte del projecte. No apareix un lligam de com aquestes substàncies es troben a la natura o com conèixer la densitat de diferents substàncies pot ajudar a entendre altres problemàtiques socials o formes de treballar científiques.

En relació a la tensió didàctica 2, entre dur a terme una acció plenament desenvolupada i aprofundir en els continguts científics, aquests projectes s'ajusten a treballar principalment continguts procedimentals de la ciència, que impliquen sobretot recollir dades i la utilització de certes tècniques de laboratori (mesurar diferents variables, saber utilitzar instruments de laboratori, etc). Aquests continguts es vinculen a un desenvolupament parcial de la indagació científica (nivell 2/4) i l'ús de les TIC (nivell 2/4). Simultàniament, també es dona un pes parcial a l'acció del projecte amb accions que tenen un impacte social lligat al context escolar (nivell 2/4). Aquesta caracterització de la segona tensió didàctica identifica que els projectes de Context Científic emfatitzen una acció lligada a la recollida i mesura de dades al voltant d'un fenomen científic però no plantegen una reflexió que l'interpreti o modelitzi (veure zona verda, Figura 16). En l'exemple de classificació de substàncies per densitats C4_P4, el focus es troba en saber mesurar correctament a través dels instruments adequats i de forma sistemàtica, però no apareixen activitats que profunditzin en explicar perquè unes substàncies són més denses que altres o perquè la diferència de densitats s'associa a que unes substàncies surin o no.

En relació a la tensió didàctica 3, sobre la dificultat de portar a terme propostes interdisciplinàries en profunditat, els projectes de Context Científic no mostren aquest tipus de dificultat donat que fomenten uns continguts de caràcter pràctic que no impliquen, en general, explorar conceptes de diferents disciplines STEM en profunditat. En l'exemple C4_P4, la disciplina principal són les Ciències.

D'acord amb la caracterització que s'ha presentat, es pot dir que els projectes STEM de Context Científic es centren en promoure certs elements de la pràctica d'indagació que s'associen amb propostes d'indagació de tipus manipulatiu (*Hands-on*) on es fomenta principalment la recollida de dades d'un context científic i amb el suport d'eines tecnològiques. En comparació amb els projectes STEM de Pràctica Científica prèviament presentats, aquests projectes adopten una forma retallada dels anteriors (veure Figura 21).

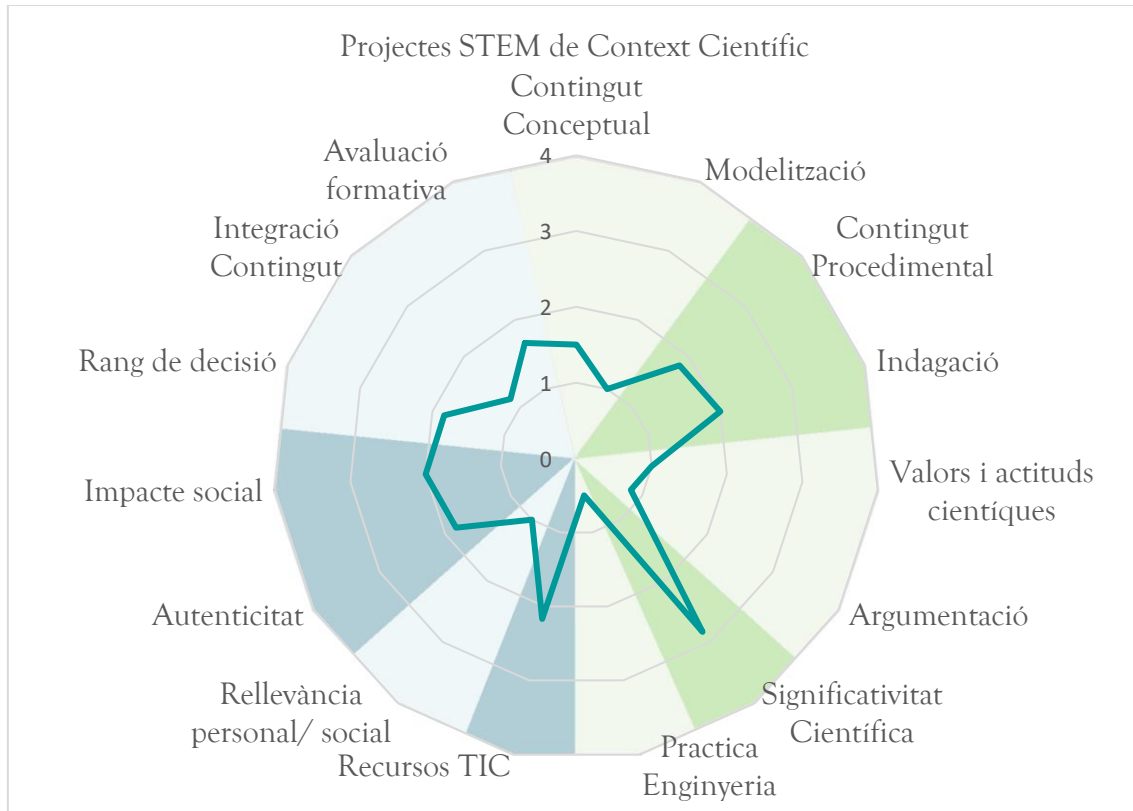


Figura 16. Representació del perfil de projectes STEM de Context Científic (n=6). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presents en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP.

Altres projectes que s'inclouen dins d'aquesta tipologia impliquen altres accions com dissenyar una app per recollir i analitzar dades fisiològiques, recollir dades sobre les distàncies dels astres i representar-les en una maqueta o presentar vídeos realitzant experiments. Aquests projectes presenten exemples homòlegs a la literatura com "Soap making and packaging" (Bicer, 2016) o "Experimenting with modelling clay recipes" (Reeves, 2016).

Com s'ha mencionat, els projectes STEM de Context Científic recorden a les propostes d'indagació no guiada freqüent als anys 90 i 00, que estaven centrades en l'exploració lliure de fenòmens científics. Aquesta visió parcial o desvirtuada de la ciència que problematitzen

Grandy i Dusch (2007), fa pensar quines formes d'indagació s'estan plantejant des de l'educació STEM i si són adequades per el desenvolupament competencial en ciències.

7.2.5. Projectes STEM Transversals

Els projectes STEM Transversals adopten una forma de “C” desplaçada cap a l'esquerra del gràfic (zona blava) que fa referència a criteris meta-disciplinaris dels projectes STEM (Figura 17). Aquesta forma i criteris fan referència a la presència de:

- a) la presència de contextos amb aspectes realistes i científics.
- b) un cert poder de decisió en les accions que es duen a terme i que poden apel·lar a diferents matèries.
- c) el suport en les TIC i formes d'avaluació formatives.

Un exemple paradigmàtic d'aquest tipus de projecte STEM seria “Scape Room!” (C4_P9) on l'alumnat s'implica en el disseny i construcció d'un Scape Room autèntic pels companys/es de classe. En el procés, l'alumnat dissenya enigmes associats o no a diferents matèries i que poden implicar l'ús de fons de dades variades o el desenvolupament de programes simples d'ordinador. El producte final implica l'organització i preparació de totes les proves així com una memòria del procés de creació.

Considerant el nivell de sofisticació (línia blava) dels criteris presents en els projectes STEM Transversals, s'exploren les tres tensions didàctiques relatives al disseny de projectes. En relació a la tensió didàctica 1 relativa a les diferents dimensions del context, la tensió no es defineixen de forma clara ja que la presència de potencials contextos significatius per la ciència no es vinculen amb cap reinterpretació o actuació sobre ells (nivell 1,5-2/4). Els contextos tendeixen a destacar aspectes com l'autenticitat (nivell 2,5) que es poden lligar en alguns casos a pretextos científics. En l'exemple C4_P9, el context de projecte es considera realista al simular un Scape Room a l'escola mentre que la dimensió científica no hi és present o es vinculen a dissenyar proves en base a la informació que proveeix la taula periòdica dels elements.

En relació a la tensió didàctica 2 entre acció i aprofundiment de continguts, l'absència de criteris associats a aspectes disciplinaris, que impliquen una manca de continguts i pràctiques científicotecnològiques, fa que aquests projectes s'enfoquin en l'acció més que en continguts específics. És per això que criteris com el rang de decisió dels alumnes és present a un nivell de sofisticació de 2,5/4. En l'exemple C4_P9, els alumnes inverteixen temps en organitzar-se i decidir quines proves volen incorporar al seu Scape Room i com les faran possibles amb els recursos disponibles.

En relació a la tercera tensió didàctica sobre la dificultat de portar a terme propostes interdisciplinàries en profunditat, aquests projectes tendeixen a fomentar una inclusió integrada dels continguts (nivell 2/4) tot i que la importància de l'acció pot fer que no es generin situacions on es necessitin continguts disciplinaris. En l'exemple C4_P9, diferents matèries orienten que els alumnes creïn diferents tipus de proves per a l'Scape Room tot i

que no sempre estan lligades a continguts i/o pràctiques de cada matèria sinó a contextos o productes d'aquestes. A més, aquestes proves o preguntes que dissenyen, no són requeriments indispensables del projecte ja que l'alumnat pot decidir si seleccionar-ne de lligades a les assignatures o no.

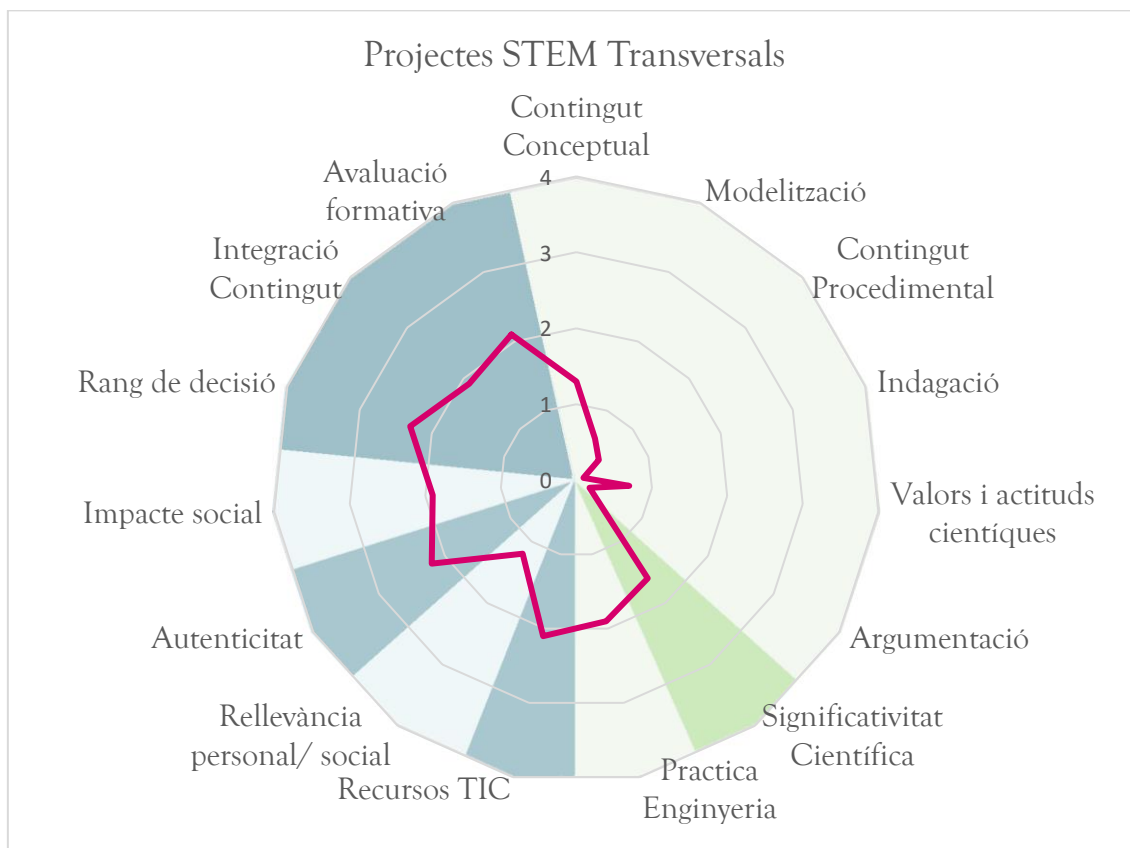


Figura 17. Representació del perfil de projectes STEM Transversals (n=9). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presentes en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP.

D'acord amb la caracterització que s'ha presentat, es pot dir que els projectes STEM Transversals estan enfocats en aspectes meta-disciplinaris, fomenten un aprenentatge de les habilitats del segle XXI que promouen que l'alumnat col·labori, sigui creatiu formulant accions i solucionant-ne problemes, etc. La seva forma encongida ens informa però que aquesta tipologia de projectes podria estar descartant potencialitats de l'ABP o centrant-se en altres aspectes no considerats en aquesta anàlisi (veure discussió més endavant Figura 20).

Altres projectes que s'inclouen dintre d'aquesta tipologia impliquen altres accions com crear un artefacte tecnològic amb cap propòsit o pràctica específica, construcció de jardineres, crear un museu Egipci a l'escola, etc. Aquests projectes són similars a altres propostes didàctiques com les que es refereixen a projectes "postre" definits així pel BIE (2015) que es concreten en la construcció de maquetes de les piràmides d'Egipte,

construcció de jocs de taula amb preguntes sobre fisiologia humana o muntar un robot a partir d'un protocol.

Els projectes STEM Transversals tendeixen a aprofitar-se de les característiques pròpies de l'ABP, que maximitzen aspectes com treballar les destreses del segle XXI (P21, 2019). Aquestes destreses, associades a competències per viure, desenvolupar-se professionalment i per aprendre autònomament, són també comunes amb alguns propòsits que persegueix l'educació STEM. Tot i així, generen certa controvèrsia donat que no necessàriament aborden continguts i pràctiques clau de cap matèria (BIE, 2015).

7.2.6. Presentació global de tipologies de projectes per criteris disciplinaris i meta-disciplinaris

La presentació de les diferents tipologies de projectes STEM (apartat 7.2.1-7.2.5) ha fet èmfasi en aquelles característiques pròpies de cada grup de projectes tot relacionant-los amb diferents corrents didàctiques i exemples. En aquest apartat ens volem fixar en quina és la puntuació mitjana de cada tipologia de projectes. De forma operativa, es fa referència a la qualitat d'una tipologia de projecte STEM com la mitjana de les puntuacions individuals de cada projecte pertanyent a aquella tipologia. D'aquesta manera, es presenta quin ha estat el percentatge assolit per cada tipologia de projecte STEM respecte la puntuació màxima (màxim nivell de sofisticació per a tots els criteris) a la que podria aspirar. Es presenta també la qualitat de cada tipologia de projecte STEM (presentada en percentatge de la puntuació màxima) per als criteris disciplinaris (en color verd) i meta-disciplinaris (en color blau) (Figura 18).

D'acord amb la Figura 18, es pot conèixer com varien tres elements: la qualitat global (percentatge de la puntuació màxima) de cada tipologia de projecte STEM, la diversitat (desviació estàndard) d'aquestes puntuacions i el balanç entre la qualitat de criteris disciplinaris i meta-disciplinaris.

S'ha identificat una correspondència entre els perfils que identifiquen a cada tipologia de projecte STEM i la seva qualitat global. Les tipologies que presenten una qualitat global més elevada són també les que determinen els perfils més eixamplats o expandits (Figura 14 i Figura 15). Concretament, els projectes STEM de Pràctica Científica (58%) i els de Tecno-Enginyeria (52%), serien els únics que superen una valoració mitjana global per sobre del 50%. La resta de tipologies tenen una valoració mitjana global inferior així com perfils més reduïts (Figures 3, 6 i 7): Projectes STEM de Ciència per la Ciutadania (43%), Projectes STEM de Context Científic (38%) i projectes STEM Transversals (35%).

Considerant la dispersió de cada tipologia de projectes STEM, la majoria presenta un rang de dispersió similar, que indica que, en la quasi totalitat de tipologies, els projectes que pertanyen a un cert grup tendeixen a presentar qualitats similars (dintre d'una variació de un 10% de la puntuació global), tot i que la dispersió en la qualitat parcial per a criteris disciplinaris i meta-disciplinaris pugui ser diferent.

En relació al balanç que existeix entre la qualitat en criteris disciplinaris i meta-disciplinaris, s'observa que la diferència de qualitat mitjana entre tipologies per a criteris meta-disciplinaris és inferior que pels criteris disciplinaris. En el cas de la qualitat per criteris meta-disciplinaris, la diferència entre la tipologia de menor qualitat (projectes STEM de Context Científic, 42%) i la de major qualitat (projecte STEM de Tecno-Enginyeria i de Pràctica Científica: 56%), no supera el 15%. Per altra banda, en el cas de la qualitat per a criteris disciplinaris, la diferència entre la tipologia de menor qualitat (projecte STEM Transversal, 21%) i el de major qualitat (projecte STEM de Pràctica Científica, 61%), la diferència entre ambdues mitjanes és del 40%. Aquesta divergència (Figura 18) destaca que les diferències de qualitat globals venen principalment marcades per la qualitat dels criteris disciplinaris, mentre que la qualitat dels criteris meta-disciplinaris és més regular en totes les tipologies.

Considerant el balanç dintre de cada tipologia de projecte STEM, la majoria de tipologies presenten un balanç en la qualitat de criteris disciplinaris i meta-disciplinaris. Aquest balanç es dona en totes les tipologies excepte el cas dels projectes STEM Transversals, on la diferència entre la seva valoració en criteris disciplinaris i meta-disciplinaris suposa una diferència del 27% (això significa que els projectes d'aquest tipus presenten una qualitat mitjana un 27% superior per a criteris meta-disciplinaris respecte als disciplinaris).

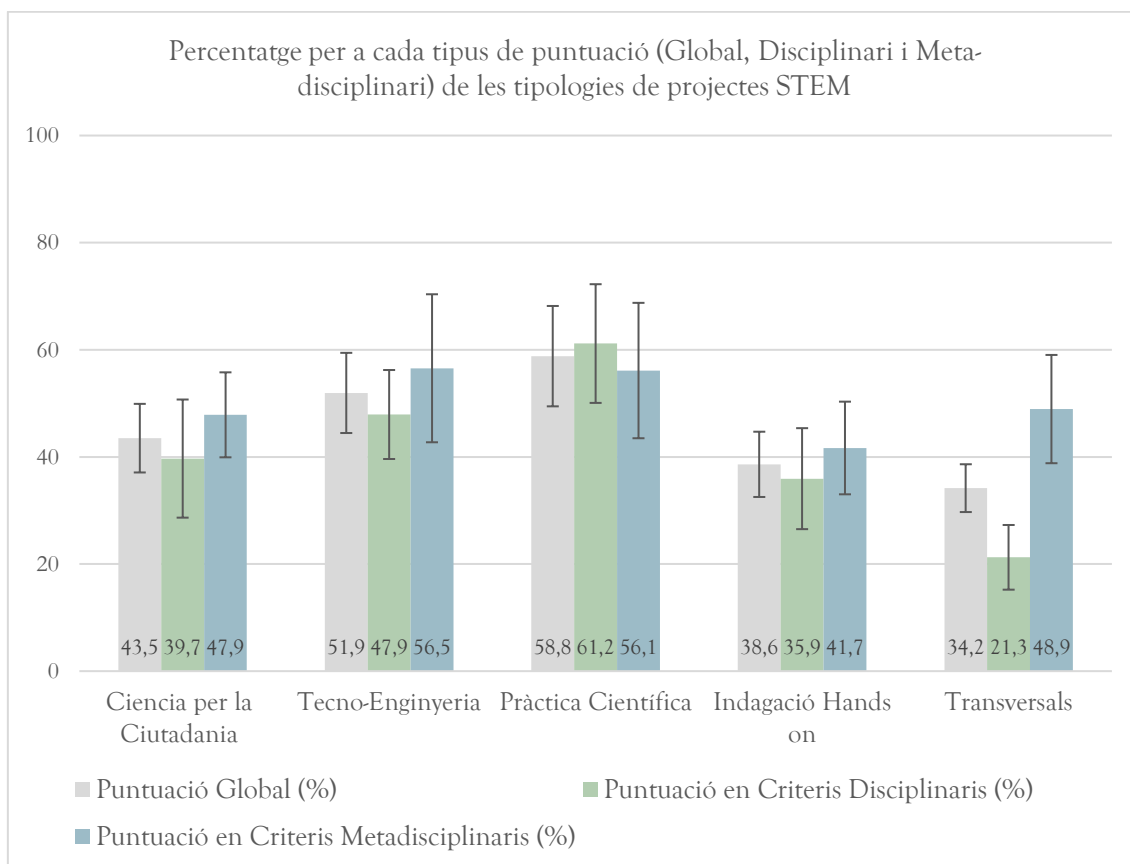


Figura 18. Representació del percentatge de puntuació màxima de cada tipologia de projecte d'acord amb la qualitat global (gris) i la qualitat per als criteris disciplinaris (verd) i la qualitat per a criteris meta-disciplinaris (blau). 15 criteris (definitoris de les cinc tipologies de projectes) són els utilitzats per marcar

la valoració global del projecte, dels quals 8 són associats a criteris disciplinaris i 7 són associats a criteris meta-disciplinaris. Les columnes indiquen el percentatge de la puntuació màxima per als criteris indicats. Les barres d'error informen de la dispersió (desviació estàndard) per cada columna.

7.2.7. Projectes STEM segons el tipus d'alfabetització científicotecnològica i transversal que fomenten

Per tal d'obtenir una visió de com la qualitat de cada tipologia de projecte STEM es concreta per a cadascun dels 46 projectes analitzats, es presenta un mapa de coordenades on es visualitza la qualitat de cada projecte STEM d'acord amb la seva puntuació en criteris disciplinaris (eix x) i la puntuació en criteris meta-disciplinaris (eix y) (Figura 19).

D'acord amb aquesta representació, es genera un núvol de coordenades que es pot dividir en quatre quadrants i que ajuden a situar unes tipologies de projectes STEM respecte les altres. Segons la zona del gràfic on quedin situats, es pot discutir com cada tipologia de projecte STEM fomenta en major o menor extensió el propòsit d'una alfabetització científicotecnològica (CT) o una alfabetització global (G).

En aquesta distinció, s'entén que aquells projectes on la suma de les puntuacions obtingudes de criteris disciplinaris (eix x) sigui major a 14 punts fomentaran de forma operativa una alfabetització CT. De la mateixa manera, aquells projectes on la suma de les puntuacions obtingudes en criteris meta-disciplinaris (eix y) sigui major a 22 punts, fomentaran de forma operativa una alfabetització global (G) (Figura 19). Aquesta frontera de 14 i 22 punts respectivament ve marcada per la centralitat del núvol de projectes que es genera i els quadrants on queden repartits.

Projectes STEM d'alfabetització científicotecnològica

A la zona que s'ha denominat com d'alfabetització CT (secció dreta del gràfic, Figura 19) apareixen projectes amb una avaluació superior a 14 punts en criteris disciplinaris i que comprenen les tipologies de Pràctica Científica (vermell), Tecno-Enginyeria (verd) i alguns projectes de Ciència per la Ciutadania (lila) (Figura 19). La coexistència d'aquests tres tipus de projectes en un mateix espai emfatitza la importància de les pràctiques, continguts i contextos CT en aquests. A més, un nombre considerable també fomenten una competència Global (quadrant CT-G) que permet identificar aquells projectes que millor aborden les tensions entre criteris disciplinaris (a favor d'una alfabetització CT) i criteris meta-disciplinaris (a favor d'una alfabetització global). Per altra banda, el quadrant dret inferior (CT) presenta un reduït nombre de projectes que, a més es troben propers al núvol central de projectes, indicant l'absència de projectes STEM que prioritzin una alfabetització clarament CT en contraposició a una alfabetització global. Aquesta absència concorda amb la falta de perfils a la Figura 18 que estiguin desequilibrats cap a criteris disciplinaris.

En aquesta zona no es troben projectes STEM de tipologia de Context Científic ni Transversals ja que són tipologies que principalment presenten criteris meta-disciplinaris amb valoracions variables (zona esquerra). En relació als projectes STEM de Ciència per la

Ciudadania, apareixen 3 projectes que sí es troben en l'espai esquerra delimitat tot i que suposen una fracció reduïda d'aquesta tipologia.

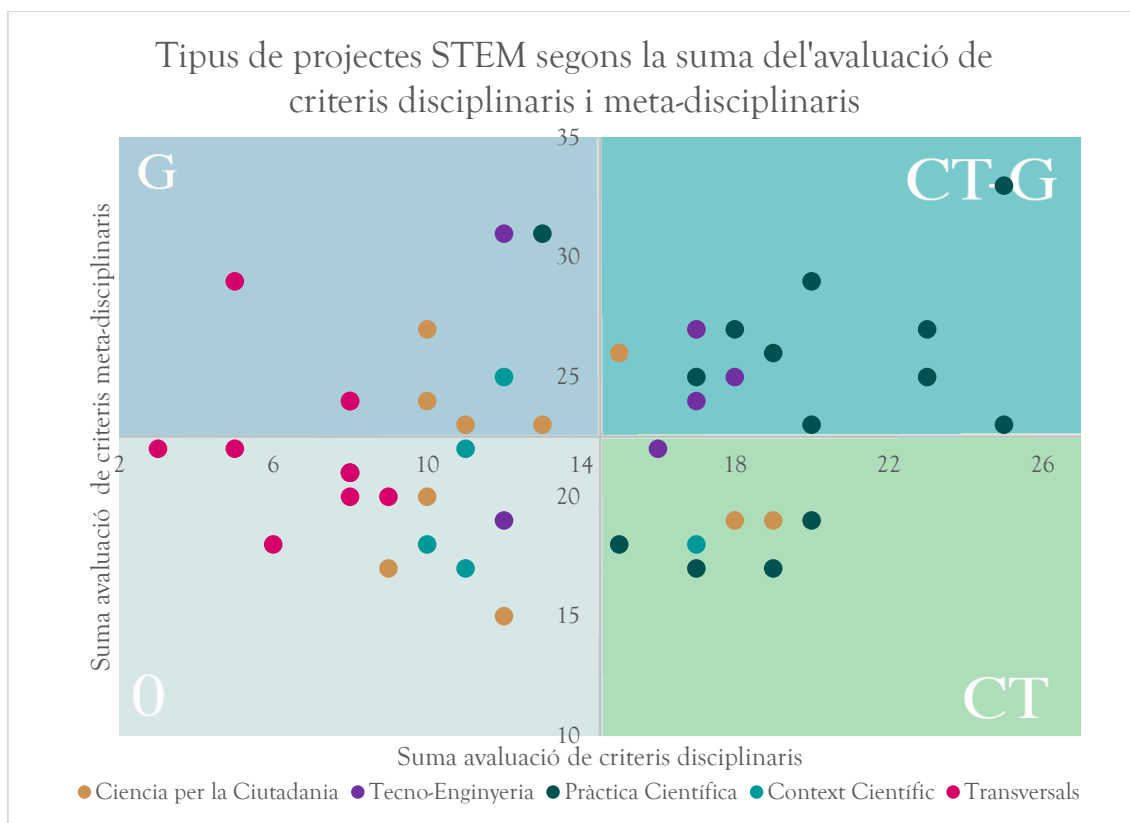


Figura 19. Representació de les valoracions dels 46 projectes STEM analitzats d'acord amb la suma de les seves valoracions per criteris disciplinaris (eix x) i meta-disciplinaris (eix y). Cada quadrant es vincula amb la potencial capacitat de fomentar l'alfabetització CT (CT, en tons verds) i global (G, en tons blaus). Cada tipologia de projectes STEM es vincula al color indicat en la llegenda.

Projectes STEM d'alfabetització Global

A la zona que s'ha denominat com d'alfabetització Global (part superior del gràfic), apareixen les cinc tipologies de projectes STEM presentades, fet que denota que totes les tipologies de projectes tenen la opció de desenvolupar criteris meta-disciplinaris per sobre d'una valoració total de 14 punts. Aquesta representació concorda amb la baixa dispersió en la qualitat dels projectes STEM en les puntuacions en criteris meta-disciplinaris.

Els projectes STEM del quadrant B (part inferior esquerra del gràfic), són projectes que no fomenten una alfabetització CT ni característiques meta-disciplinàries vinculades a una alfabetització global (que comprenen competències del segle XXI i altres aspectes associats al disseny de propostes d'ABP). Aquests són els projectes STEM que tenen major marge de millora en fomentar l'alfabetització (CT i/o global) en ambdues direccions dels eixos d'acord amb la rúbrica STEM ABP. Cal destacar que aquests projectes suposen 13 (25%) dels projectes analitzats, apareixent en una proporció similar als projectes STEM que apareixen en el quadrant CTG (que són de més qualitat des d'una perspectiva competencial). Tot i així, cal ressaltar que aquest projectes poden tenir altres elements amb

valor pedagògic que no hagi estat perceptible a través de les eines d'anàlisi, que a la vegada estan condicionades per un plantejament didàctic concret.

7.2.8. Discussió sobre les tipologies de projectes STEM

Les tipologies de projectes STEM caracteritzades en l'apartat 7.2 són resultants de l'anàlisi de la mostra de projectes a la rúbrica STEM ABP presentada al Capítol 5 d'aquest manuscrit de tesi. En aquest apartat ens centrem a discutir i comparar les tipologies de projectes entre elles i amb altres intents de classificació de la literatura.

La necessitat de classificar els projectes és recurrent a la literatura tal i com s'ha mostrat al Capítol 2. Un dels eixos de classificació han estat els objectius del projecte (Kanter, 2010; Kilpatrick, 1918) segons si presenten objectius propis de la Enginyeria o de la Ciència (Taula 1). En aquesta classificació, els projectes STEM de Tecno-Enginyeria poden vincular-se fàcilment a aquells projectes definits com *performance projects*, que es defineixen sobre el pensament de disseny i que poden implicar, en major o menor mesura, fer ús i aprofundir en continguts de ciència (p. 526, Kanter, 2010). Per altra banda, els projectes STEM de Pràctica Científica, es poden vincular amb els "projectes d'investigació" definits també per Kanter (2010), on es destaquen característiques com l'objectiu "d'estudiar la natura i entendre com funcionen les coses naturals [...] que fomenten una comprensió significativa de la ciència" (p 526, Kanter 2010).

Les tipologies de projectes STEM de Pràctica científica (color verd fosc) i els projectes STEM de Tecno-Enginyeria (color lila) són les que concorden més directament amb la forma tradicional de distingir les propostes ABP en l'àmbit CT i són les que principalment ocupen la zona que hem definit de forma operativa com d'alfabetització CT (Figura 19). Tot i així, aquesta divisió no incorpora la resta de tipologies de projectes que s'han plantejat i que componen més de la meitat de la mostra de projectes recollits. Ens sembla rellevant veure com les altres tipologies de projectes STEM encaixen en aquesta dualitat a partir de comparar la forma dels seus perfils i identificar quines direccions de millora podrien adoptar aquestes tres tipologies de projectes per apropar-se a una zona l'alfabetització CT (Figura 20 i Figura 21).

Els projectes STEM de Tecno-Enginyeria com a referent de millora per a projectes STEM Transversals

Tot i que els projectes STEM Transversals els hem definit amb unes característiques pròpies i distingibles de la resta de projectes, la forma del seu perfil s'emmiralla fàcilment a projectes STEM de Tecno-Enginyeria (Figura 20). Aquestes dues tipologies presenten diversos criteris que les fan comparables com: la integració de continguts, el foment de pràctiques de la Enginyeria, ús de contextos autèntics i significatius, ús de recursos TIC i una avaluació formativa.

La superposició de perfils mostra la configuració de les tensions didàctiques que caracteritzen ambdues tipologies de projectes. Mentre que els projectes STEM Transversals

aposten per una acció més elaborada, amb un rang de decisió més elevat (color lila, Figura 20), els projectes STEM de Tecno-Enginyeria aposten per una proposta més estructurada però que aprofundeix en major extensió en pràctiques de la enginyeria i diferents continguts científics (color blau). Aquesta comparació permet fer propostes de millora en relació als criteris indicats per facilitar una transició dels projectes STEM Transversals cap a una zona d'alfabetització CT. Aquesta millora seria apreciable especialment en la qualitat dels criteris disciplinaris on els projectes de Tecno-Enginyeria presenten de mitjana una valoració un 25% més alta, tal i com s'ha mostrat en el gràfic de barres de la Figura 18, tot mantenint la qualitat per a criteris meta-disciplinaris.

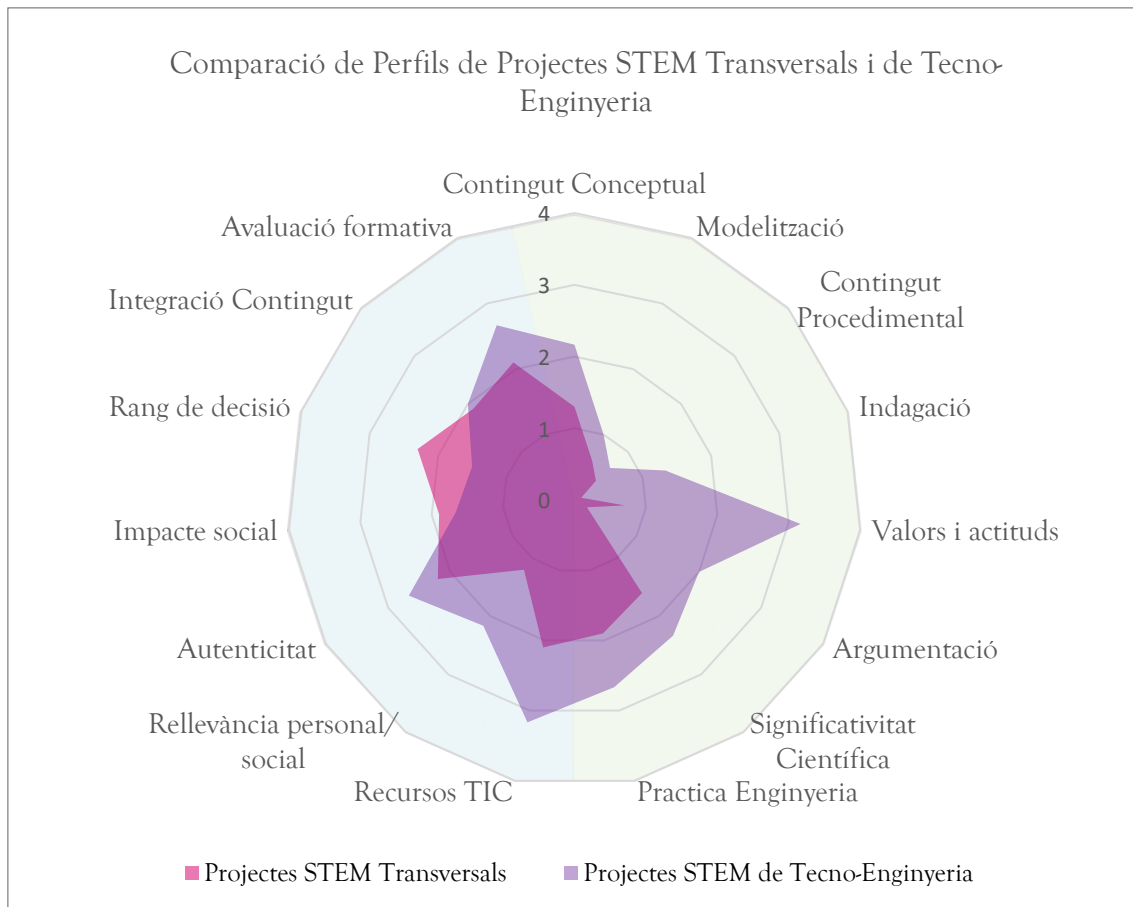


Figura 20. Representació superposada dels perfils de projectes STEM de Transversals (lila) i de Tecno-Enginyeria (blau fosc). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). La silueta de cada perfil indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP.

Davant d'aquesta proposta de millora es podrien formular arguments detractors que alertessin de què la rellevància dels projectes Transversals rau en treballar en situacions interdisciplinàries per fomentar una competència global (OECD, 2019) o unes habilitats del segle XXI (Partnership For 21st Century Skills (P21), 2009). Tot i així, tenint en compte que el criteri de selecció de projectes STEM implica la inclusió d'algun objectiu de l'àmbit CT, aquests projectes Transversals estarien donant resposta de forma limitada a aquests objectius competencials CT respecte als globals.

Els projectes STEM de Pràctica Científica com a referents per la millora de projectes STEM de Context Científic.

Una comparativa similar es pot establir entre els projectes STEM de Context Científic i els projectes STEM de Pràctica Científica (Figura 21). Aquestes dues tipologies presenten els següents criteris en comú: el desenvolupament d'una acció amb impacte social, en contextos significatius per la ciència i autèntics, l'ús d'uns continguts procedimentals i el foment d'unes pràctiques d'indagació.

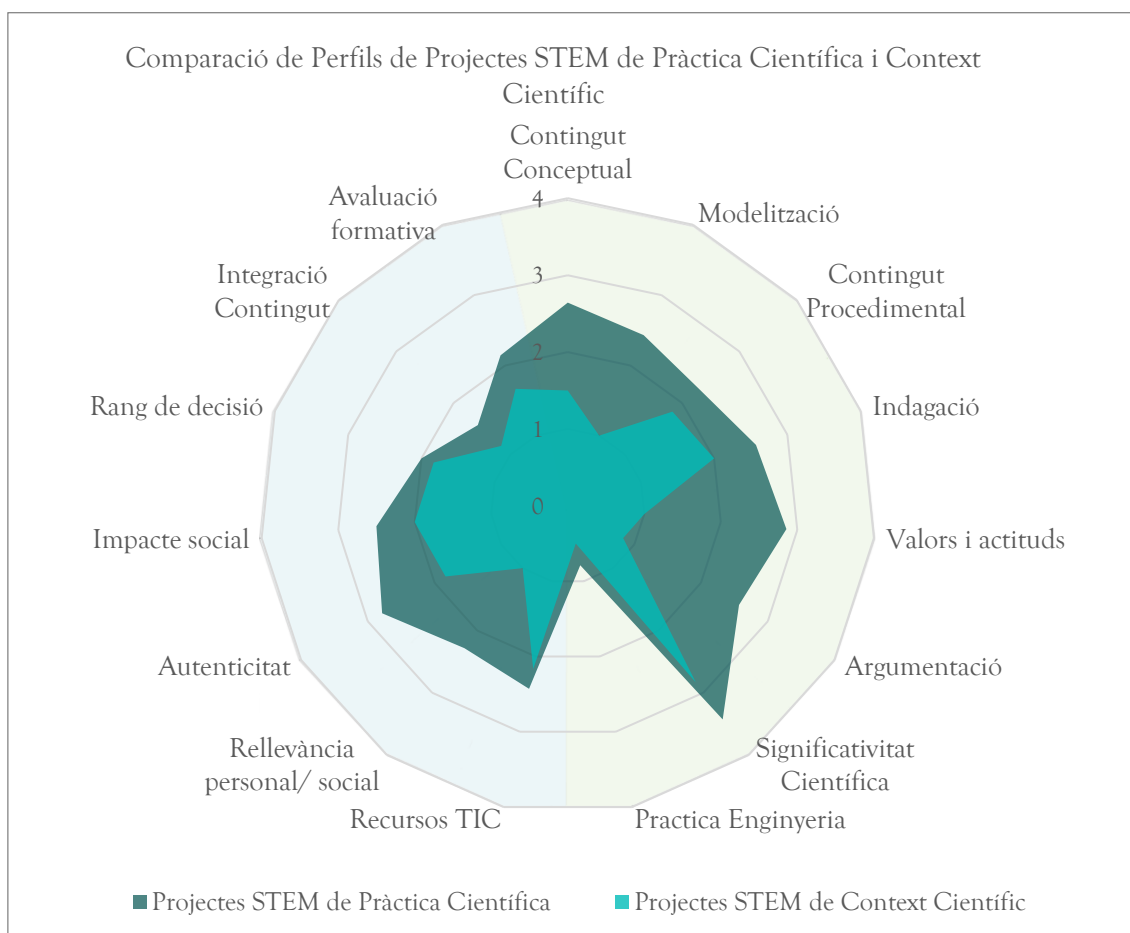


Figura 21. Representació superposada dels perfils de projectes STEM de Transversals (lila) i de Tecno-Enginyeria (blau fosc). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). La silueta de cada perfil indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP.

En la superposició de perfils veiem una configuració de les tensions didàctiques on els projectes de Pràctica Científica presenten i profunditzen en altres dimensions d'aquesta com la modelització i l'argumentació mentre que la rellevància del context i la integració de continguts reben menys atenció (Figura 21). En el gràfic s'aprecia com els projectes STEM de Pràctica Científica es presenten com una versió expandida dels projectes de Context Científic i que resultarien d'utilitat per orientar la millora dels darrers cap a una zona d'alfabetització CT. De nou, la forma concèntrica dels perfils d'aquests dos projectes STEM es relaciona amb la qualitat mitjana d'aquestes dues tipologies de projectes (Figura 18), on els projectes STEM de Pràctica Científica presenten una puntuació mitjana superior

en ambdós tipus de criteris (disciplinaris i meta-disciplinaris). Aquesta diferència és especialment rellevant, de nou, en els criteris disciplinaris, on la qualitat mitjana de les dues tipologies de projectes dista un 25% l'una de l'altre.

Finalment, els projectes STEM de Ciència per la Ciutadania es reparteixen entre la zona d'alfabetització CT i no CT. Aquest rang de propostes varien en la profunditat en la que treballen continguts i pràctiques CT que fa que aquests projectes es situïn en una zona o una altra. En aquest cas no es pot establir un vincle clar amb una altra tipologia de projectes que guïï la millora però sí que es poden comparar els projectes dintre del mateix grup.

La presentació de les Figures 20 i 21 en aquest apartat ha permès establir relacions entre tipologies de projectes caracteritzades en aquest Estudi 2. D'acord amb aquestes relacions, on uns perfils de tipologies de projectes queden integrats en els perfils d'altres tipologies, s'aprecien oportunitats de revisió i millora de projectes STEM quan aquests estan centrats en objectius d'alfabetització científicotecnològica.

7.3. Distribució dels tipologies de projectes STEM per centres

La classificació de projectes en tipologies permet identificar en quina proporció es presenten aquestes en un mateix centre (Figura 22). A continuació es mostra quines han estat les tipologies de projectes STEM que dissenyen i implementen cada centre educatiu i es comparen els centres d'acord amb les formes de desplegar el currículum de l'àmbit científicotècnic, segons si aquest es desenvolupa parcial o completament a través de projectes STEM.

D'acord amb les implicacions que tenen dissenyar i implementar certes tipologies de projectes STEM respecte d'altres a nivell de qualitat en criteris disciplinaris i meta-disciplinaris (apartat 7.2.7), també es ressalta la relació entre la proporció de cada tipologia de projecte STEM que implementa cada centre amb la qualitat mitjana dels projectes STEM de cada centre (Figures 20 i 21). D'aquesta manera es fa èmfasi en els projectes de major qualitat mitjana (projectes STEM de Pràctica Científica i Tecno-Enginyeria) respecte els altres.

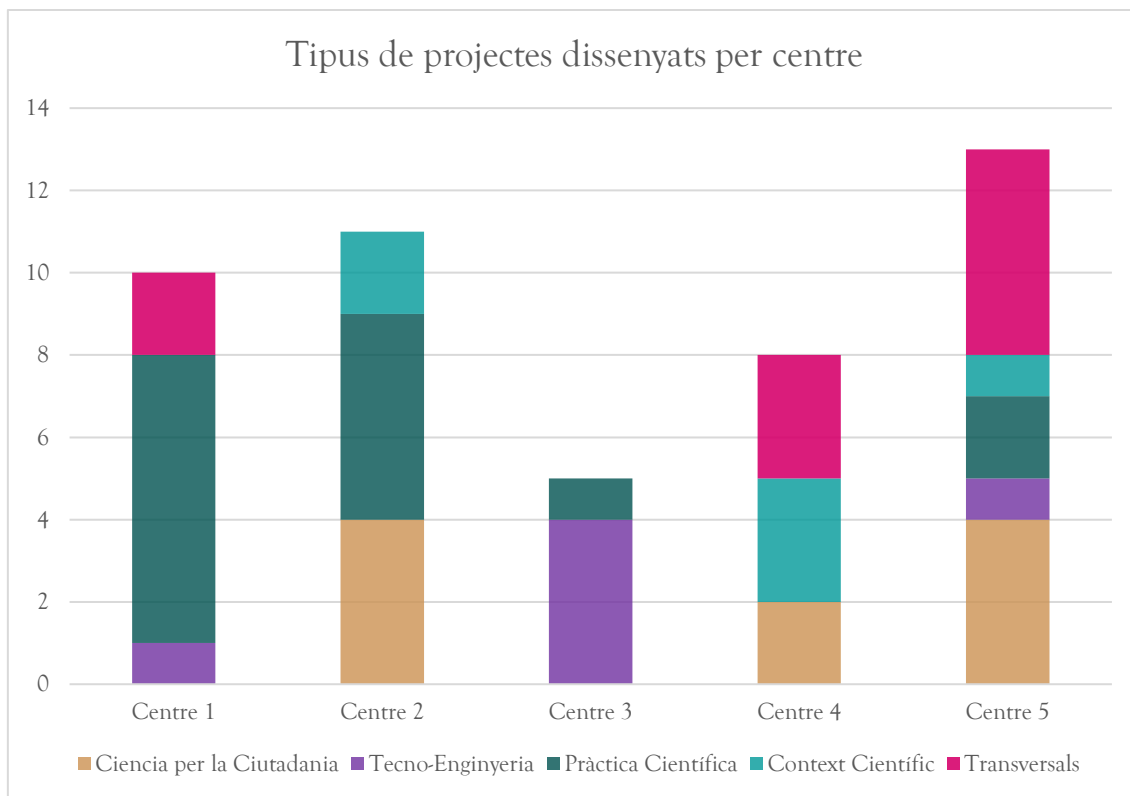


Figura 22. Nombre de projectes STEM obtinguts per cada centre. Cada color indica la tipologia de projectes STEM a la que pertanyen els projectes de cada centre.

7.3.1. Centres amb un desenvolupament complet del currículum de l'àmbit CT a través de projectes STEM

D'acord amb la caracterització dels centres d'on s'han obtingut els projectes STEM, sintetitzada a la Taula 5 del Capítol III, s'identifiquen 3 centres que desenvolupen el currículum de l'àmbit científicotecnològic principalment a través de projectes STEM. Aquests són els Centres 1, 2 i 5 (Figura 23).

En el Centre 1 es fomenta principalment el disseny i implementació de projectes STEM de Pràctica Científica (7/10 projectes), i en menor mesura de Tecno-Enginyeria (1/10) i Ciència per la Ciutadania (2/10). En el cas del centre 2, es fomenten principalment projectes STEM de Pràctica Científica (5/11), Ciència per la Ciutadania (4/11) i, en menor proporció, de Context Científic (2/11). En el centre 5, es fomenten projectes STEM Transversals (5/13), de Ciència per la Ciutadania (4/13), projectes de Pràctica Científica (2/13), un de Tecno-Enginyeria i un de Context Científic.

El Centre 1 planteja un enfocament amb més projectes de Pràctica Científica i Tecno-Enginyeria que el Centre 2 i finalment el Centre 5 és el centre que menys projectes d'aquestes tipologies implementa (Figura 22). Aquesta proporció concorda amb el pes que reben de mitjana els criteris disciplinaris i meta-disciplinaris en el conjunt de projectes de cada centre. A la Figura 23, s'aprecia com el Centre 1 presenta un perfil balancejat entre criteris disciplinaris (50%) i meta-disciplinaris (54%), tot i que la dispersió de la qualitat

dels criteris disciplinaris oscil·la entre el 30% i el 70% de la puntuació màxima. El Centre 2 presenta una qualitat global lleugerament inferior (48%), tot i que tendeix a enfocar-se més en criteris disciplinaris (52%), pels quals apareix major dispersió de puntuacions que en els meta-disciplinaris, que presenten de mitjana una qualitat inferior (43%). Finalment el Centre 5 presenta un desequilibri de puntuacions que tendeixen a fomentar projectes de millor qualitat per a criteris meta-disciplinaris (56%) que per a criteris disciplinaris (33%).

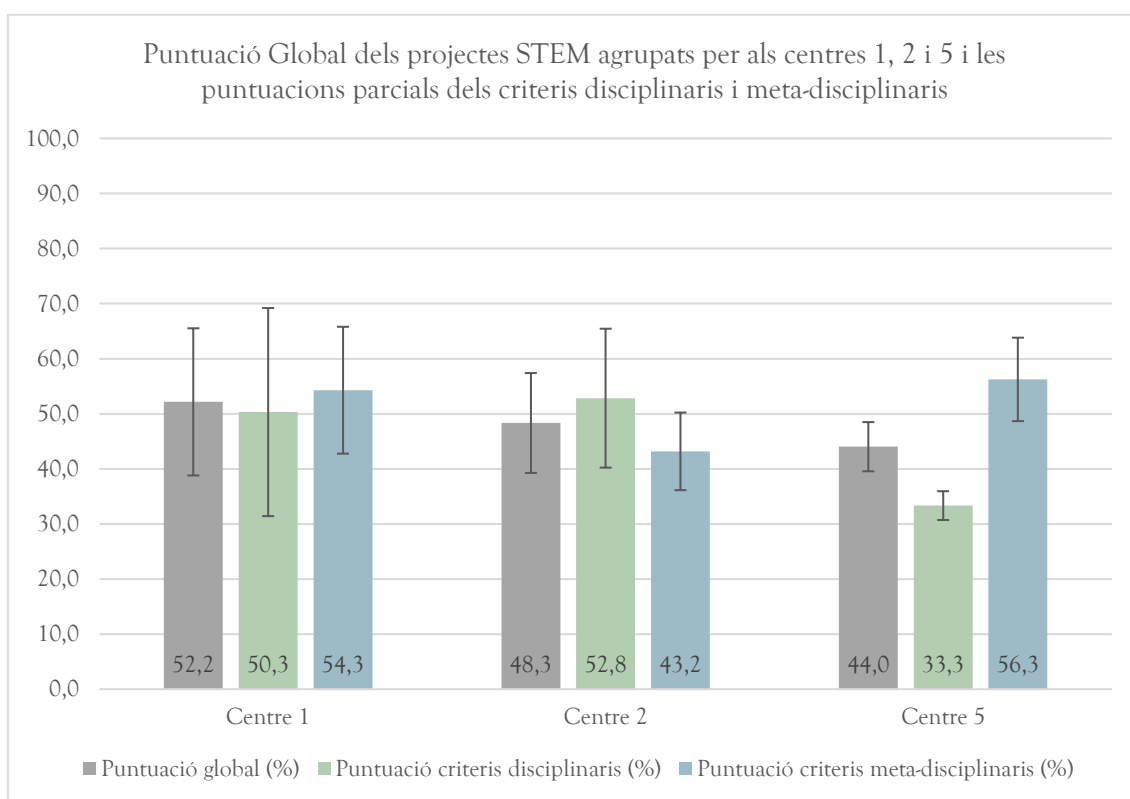


Figura 23. Qualitat mitjana dels projectes STEM analitzats dels Centres 1, 2 i 5. La qualitat es representa com el percentatge de la valoració màxima que assoleixen de mitjana els projectes de cada centre. De forma homòloga es representa la qualitat mitjana dels criteris disciplinaris i meta-disciplinaris. Les barres d'error indiquen la dispersió (desviació estàndard) de cada columna.

7.3.2. Centres amb un desenvolupament parcial del currículum de l'àmbit CT a través de projectes STEM

D'acord amb la caracterització dels Centres, sintetitzada a la Taula 26 del Capítol III, s'identifiquen 2 centres que desenvolupen parcialment el currículum de l'àmbit científicotecnològic a través de projectes STEM. Concretament, el Centre 3 destina la meitat del temps disponible a treballar el currículum de l'àmbit CT a través de projectes STEM. En el cas del Centre 4 es dedica 1/3 del temps disponible.

En el Centre 3, es fomenten projectes STEM de Tecno-Enginyeria principalment (5/6 projectes) i un de Pràctica Científica (1/6). Els projectes del Centre 4 comprenen projectes de Context Científic principalment (3/7), de Ciència per la Ciutadania (2/7) i de Transversals (2/7).

Aquest contrast de tipologies de projectes que dissenya cada centre es posa de manifest en la qualitat mitjana dels projectes d'ambdós centres (Figura 24). El Centre 3 presenta una qualitat mitjana superior en ambdós tipus de criteris (disciplinaris i meta-disciplinaris) respecte al Centre 4. Aquesta diferència és més evident en la qualitat dels criteris disciplinaris, on la presència de projectes de Tecno-Enginyeria i Pràctica Científica fan que el Centre 3 presenti una millor puntuació mitjana que el Centre 4, que no implementa aquestes tipologies de projectes STEM.

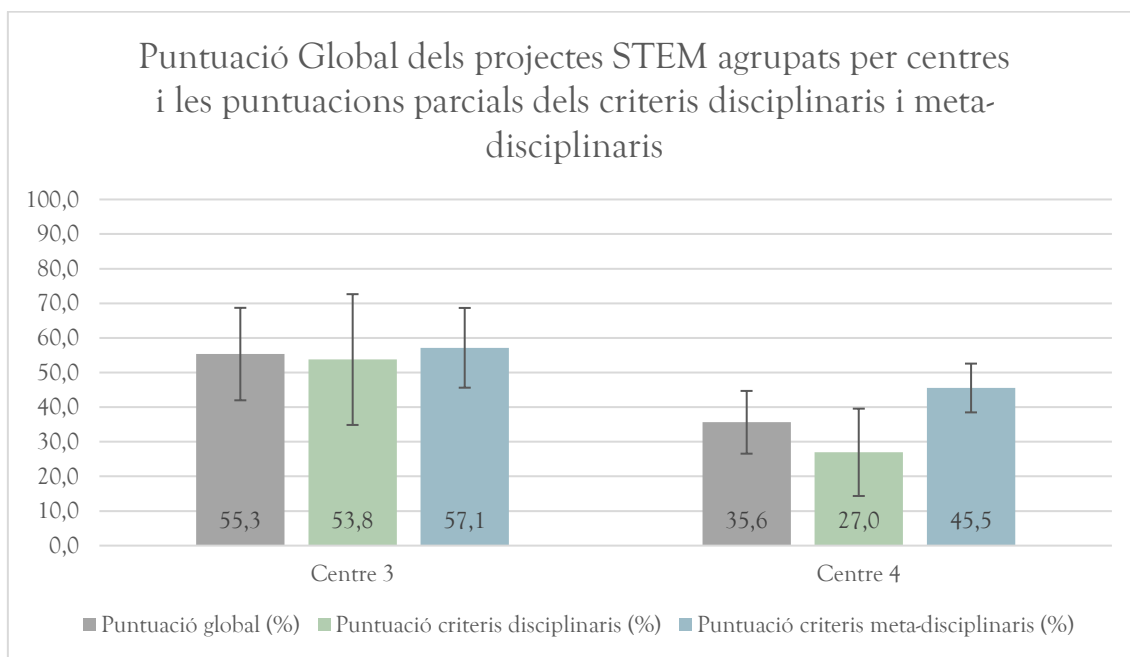


Figura 24. Qualitat mitjana dels projectes STEM analitzats dels Centres 3 i 4. La qualitat es representa com el percentatge de la valoració màxima que aconsegueixen de mitjana els projectes de cada centre. De forma homòloga es representa la qualitat mitjana dels criteris disciplinaris i meta-disciplinaris. Les barres d'error indiquen la dispersió (desviació estàndard) de cada columna.

7.3.3. Discussió per centres de tipologies de projectes STEM

L'anàlisi de les tipologies de projectes STEM que es dissenyen i s'implementen a cada centre ens informa de la diversitat de no només formes de dissenyar els projectes STEM sinó també la multiplicitat de combinacions possibles per usar-los en l'alfabetització de l'alumnat. En aquest apartat es pretén discutir la relació entre les tipologies de projectes STEM que implementa cada centre amb la puntuació mitjana dels seus projectes per als criteris disciplinaris i meta-disciplinaris de la rúbrica STEM ABP.

El Centre 1, aposta en gran mesura per projectes STEM que s'han caracteritzat dintre de tipologies que tendeixen a presentar una qualitat mitjana superior (projectes STEM de Pràctica Científica i un de Tecno-Enginyeria). Tot i així, la implementació de projectes STEM Transversals (de qualitat mitjana inferior) genera una elevada dispersió de les puntuacions (tant globals com relatives a criteris disciplinaris) en aquest centre. Aquesta anàlisi porta a discutir i valorar de quines formes el Centre 1 podria conduir la millora del disseny dels seus projectes STEM. Considerant la progressió de millora que permeten els

projectes STEM Transversals cap a projectes de Tecno-Enginyeria (Figura 14) i el limitat nombre d'aquests últims en conjunt de projectes del Centre 1, una alternativa de millora faria èmfasi en seleccionar i millorar els criteris de la rúbrica STEM ABP associats a les pràctiques de la Enginyeria, ús de les TIC, la significativitat científica i la selecció i desenvolupament de valors durant el projecte. D'aquesta manera, i en relació a la Figura 19, s'estaria fomentant un desplaçament d'aquests projectes cap a la zona d'alfabetització CT.

El Centre 2 implementa projectes STEM que s'han caracteritzat dintre de diferents tipologies que, de forma general, tendeixen a posar l'èmfasi en els criteris disciplinaris (52%) respecte als meta-disciplinaris (43%) (Figura 23). El desenvolupament de la majoria de projectes del Centre 2 en el marc l'horari de l'assignatura de Ciències pot explicar la falta de projectes que fan més èmfasi a l'àmbit tecnològic (Projectes STEM de Tecno-Enginyeria). En relació a l'àmbit científic, apareixen diferents tipologies de projectes STEM (de Pràctica Científica, de Context Científic i de Ciència per la Ciutadania) on les opcions de millora es centrarien principalment en els projectes STEM de Context Científic, els quals podrien millorar-se cap a projectes de Pràctica Científica (Figura 21). D'acord amb la Figura 19, els projectes STEM de Ciència per la Ciutadania, no presents en la seva majoria en la zona d'alfabetització CT també podrien adaptar-se d'acord a criteris disciplinaris que facilitin la transició cap aquesta. En aquesta tipologia de projectes STEM, els criteris disciplinaris amb major marge de millora fan referència especialment als continguts científics conceptuals i procedimentals així com les pràctiques de modelització i indagació (Figura 11).

El Centre 5 és el centre que més diversitat de tipologies de projectes STEM presenta i que, de forma global, tendeixen a posar l'èmfasi en els criteris meta-disciplinaris respecte als disciplinaris (Figura 23). Aquest desequilibri s'explica per la baixa proporció de tipologies de projectes STEM que més fomenten l'alfabetització CT (3/13 projectes són de tipologia de Pràctica Científica o Tecno-Enginyeria) respecte als que fomenten altres àmbits competencials (Figura 18). D'acord amb aquest anàlisi, les opcions de millora dels projectes STEM d'aquest centre, s'enfocarien especialment en la millora dels projectes STEM Transversals que suposen 5/13 projectes STEM que implementen i on la seva millora podria emfatitzar les pràctiques de la Enginyeria (Figura 20). Per altra banda, caldria balancejar-los amb la presència de projectes que fomentessin l'alfabetització científica a través de la millora dels projectes STEM de Ciència per la Ciutadania o la selecció i disseny de més projectes STEM de Pràctica Científica.

En relació als Centres 3 i 4, la discussió de millora dels projectes STEM que implementen està condicionada a les formes de fomentar l'alfabetització CT durant la resta de l'espai horari disponible en aquests centres. Tot i així, apareix un antagonisme clar entre els dos centres, que dissenyen tipologies de projectes STEM oposats. En aquesta situació, la influència que tenen en la qualitat mitjana dels projectes STEM d'un centre la

implementació de certes tipologies de projectes facilita que les propostes de millora vagin dirigides a la prioritització de tipologies de projectes STEM de Pràctica Científica i Tecnològica. En aquest cas, el Centre 4 presenta un plantejament més sofisticat en quan al desenvolupament de l'alfabetització CT (Figura 24).

8

Conclusions

En aquest capítol es presenten les principals conclusions extretes a partir de la interpretació del conjunt de la recerca doctoral des de la perspectiva d'una alfabetització científica centrada en fomentar una activitat científica i STEM escolar a l'aula de Ciències. Posteriorment, es presenten les implicacions de la tesi doctoral a nivell acadèmic i educatiu i s'identifiquen les limitacions del treball.

En aquesta tesi doctoral, per caracteritzar les propostes d'ensenyament-aprenentatge de les Ciències a través de projectes STEM, s'han analitzat el disseny i implementació dels projectes STEM des de diferents punts de vista que concorden amb els tres objectius de recerca. En primer lloc, s'ha analitzat com s'entenen i desenvolupen els projectes STEM des de la visió de 6 professors/es que participen en aquests processos de disseny i implementació. A continuació, s'ha dissenyat una rúbrica d'anàlisi del disseny de projectes STEM (STEM ABP) en col·laboració amb el grup de recerca i innovació LIEC, fent que la rúbrica STEM ABP construïda permeti l'avaluació i millora dels projectes STEM des d'una perspectiva de l'ensenyament de les Ciències que fomenti una alfabetització científicotecnològica considerant aspectes clau de l'Activitat Científica Escolar. En darrer lloc, s'han analitzat una mostra de 49 projectes STEM a través de la rúbrica STEM ABP desenvolupada que ha permès la classificació i caracterització dels projectes STEM des d'aquest marc teòric.

La tesi doctoral desenvolupa d'una forma empírica i sistemàtica dos constructes: les tensions didàctiques vinculades al disseny i implementació de projectes STEM i la caracterització de tipologies de projectes STEM. Aquests dos constructes es retro-alimenten en la presentació dels resultats de la tesi donat que la presència de tensions didàctiques associades als projectes STEM implica que hi hagi projectes genuïnament diferents ja que aborden les tensions didàctiques de manera diversa. A la vegada, la caracterització dels projectes STEM no es pot desenvolupar en profunditat sense considerar les interaccions entre els àmbits de disseny que impliquen aquestes tensions.

A continuació es presenten les conclusions desglossades d'acord amb els objectius de recerca a les que es vinculen.

8.1. Conclusions vinculades a l'estudi 1

Aquestes conclusions es vinculen amb els objectius de recerca:

- 1) *Explorar i identificar els àmbits de disseny que s'utilitzen i les tensions didàctiques que emergeixen dels projectes STEM d'educació secundària segons la visió del professorat que els dissenya i implementa*
 - 2) *Construir un instrument que permeti determinar nivells de millora per la selecció, disseny i/o adaptació de projectes STEM des de la perspectiva de l'ACE.*
- 1. Existeix un consens en què els projectes STEM estan caracteritzats per diversos àmbits que comprenen: les finalitats, els continguts, l'acció, la contextualització, la participació en les pràctiques CT i l'avaluació.**

Es es pot apreciar que quan diferents participants de la recerca parlen de projectes STEM, independentment de les seves visions, experiències implementant i dissenyant projectes, etc, tothom fa referència al mateix nombre limitat d'àmbits. Aquesta conclusió es vincula amb els resultats resumits a la Taula 11, on s'aprecia com el consens de la importància que reben aquests àmbits pel conjunt del professorat que dissenya i implementa projectes STEM. Aquesta conclusió també és recolzada per la literatura, on diferents tradicions de l'ABP en ciències (Hasni et al., 2016; J. S. Krajcik & Shin, 2014) convergeixen a assenyalar aquests mateixos àmbits en el disseny i implementació de projectes on la ciència té un paper rellevant.

- 2. Existeixen discrepàncies en les formes de concretar els diferents àmbits que permeten caracteritzar els projectes STEM, així com la importància que reben en el disseny, implementació i valoració dels projectes.**

Tot i existir un consens tant en la literatura com amb el professorat entrevistat en ressaltar els mateixos àmbits en la caracterització de projectes STEM, aquesta es veu clarament condicionada per les formes de concretar-se en cada projecte i que poden arribar a ser molt diferents per un mateix àmbit. Ja sigui entre el professorat entrevistat o en les diferents tradicions de l'ABP a la literatura, aquestes formes de concretar-se els aspectes no són igualment consensuats. Aquesta conclusió es veu recolzada pel conjunt de resultats que es presenten de les Taula 5 a la Taula 10, on s'aprecien les diferències entre els aspectes i les concrecions dels aspectes per cada àmbit. Per exemple, en l'àmbit de continguts, el professorat pot seleccionar i organitzar els continguts conceptuals que són clau de les disciplines (model ecosistema, model energia, etc) o seleccionar altres conceptes aïllats més lligats al context d'aprenentatge (les característiques del bosc).

En relació a la literatura sobre l'ABP, aquestes discrepàncies no es manifesten explícitament. Cada tradició de l'ABP justifica i fomenta una visió concreta d'aquesta metodologia per l'ensenyament de les ciències que posen l'èmfasi en certes concrecions de cada àmbit. Per exemple, al llarg d'aquesta tesi s'han presentat diferents concepcions de la indagació o les funcions que ha de tenir l'acció (Taula 2). En aquest cas, aquesta tesi fa una aportació en no només identificar els principals àmbits de disseny (Hasni et al., 2016), sinó en presentar com aquests es concreten de forma clarament diferents pel professorat; de

manera que permet mostrar un ampli espectre de les diferents maneres de formular cada àmbit.

3. **En la discussió sobre projectes STEM, on les ciències tenen un paper rellevant emergeixen tensions didàctiques entre que relacionen els àmbits que caracteritzen els projectes STEM i els aspectes que els conformen.**

Concretament aquestes tensions emergeixen i confronten certs àmbits i es concreten en les següents sub-conclusions.

- 3.1. **En la discussió sobre la contextualització en els projectes STEM, emergeix una tensió (tensió didàctica 1) entre seleccionar contextos rellevants per l'alumnat i contextos que siguin significatius per aprendre ciències.**

L'emergència d'aquesta tensió didàctica es recolza amb els resultats sintetitzats a la Taula 12, on es presenta com el professorat prioritza i relaciona certs aspectes del context en detriment d'altres. Mentre que en la literatura sobre l'ABP l'èmfasi del context sol recaure en el seu caràcter autèntic BIE (2015) o en una significativitat científica implícita (Miller & Krajcik, 2019), en aquesta tesi s'aporta major profunditat al discernir més clarament que el valor de seleccionar contextos d'aprenentatge va més enllà de l'autenticitat que presenten, ja que aquesta pot anar lligada a una rellevància personal i social, o a una significativitat per la ciència. A més, s'accentua la tensió didàctica que emergeix entre aquests aspectes i que ressonen amb certes idees que comencen a emergir en la literatura que són externes als marcs de l'aprenentatge en context i l'ABP (Kapon et al., 2018).

- 3.2. **En la discussió sobre els projectes STEM, emergeix una tensió (tensió didàctica 2) entre desenvolupar accions i aprofundir en continguts conceptuals i les pràctiques de modelització que permeten desenvolupar-los.**

La conclusió de l'emergència d'aquesta tensió didàctica es recolza amb els resultats sintetitzats a la Taula 13, on es presenta com el professorat prioritza i relaciona l'àmbit de l'acció amb aspectes vinculats als àmbits de continguts i pràctiques CT. A la literatura, aquesta tensió didàctica es fa explícita en la línia de la Ciència Basada en Projectes (Kanter, 2010). Tot i així, aquests autors només posen l'èmfasi en generar la necessitat de construir aquest coneixement i oferir oportunitats d'aplicar-lo en un sol tipus de projectes que anomenen "d'actuació". La presentació d'aquesta tensió didàctica en aquesta tesi no queda condicionada a una tipologia de projectes, sinó que afecta al conjunt de propostes ABP en Ciències. És a dir, els projectes que Kanter (2010) anomena "d'indagació" també estarien condicionats a aquesta tensió didàctica tot i que en aquest cas es doni prioritat a l'aprofundiment de continguts conceptuals i la seva modelització. Tot i que en aquesta tesi no s'ha aprofundit en altres marcs teòrics que han reflexionat sobre el rol de l'acció en l'ensenyament de les Ciències, es pensa que hi ha oportunitat de continuar aprofundint en aquesta tensió didàctica des de la reflexió

que han aportat altres branques de la Didàctica de les Ciències com és l'educació ambiental (Breiting et al., 1999) i que també inspiren la nostra forma d'entendre l'acció des del marc ACE (Sanmartí & Pujol, 2002).

3.3. En la discussió sobre els continguts que es seleccionen i treballen en els projectes STEM, emergeix una tensió (tensió didàctica 3) entre la integració de continguts de diferents matèries i aprofundir en els continguts conceptuals de ciències i les pràctiques de modelització que permeten desenvolupar-los.

La conclusió de l'emergència d'aquesta tensió didàctica es recolza amb els resultats sintetitzats a la Taula 14, on es presenta com el professorat prioritza i relaciona diferents aspectes de l'àmbit de continguts en relació a la integració de matèries. En aquest cas, aquesta tensió didàctica no es planteja com un problema en la literatura de forma general, que sol assumir que combinar pràctiques enginyeres i els continguts científics és perfectament plausible i "natural" (Capraro et al., 2013; Falloon et al., 2020). La identificació d'aquesta tensió didàctica en els projectes STEM, accentua que existeix un cert nivell de tensió o d'incompatibilitat entre aquests àmbits i que comença a tenir major pes en la literatura STEM (Simarro & Couso, 2021). Entenem que aquesta tesi avança en la identificació d'aquesta tensió didàctica i problematitza les possibilitats d'integrar en un mateix projecte les formes de fer, pensar i parlar de diferents matèries de forma simultània. En aquest sentit, cal ser conscients del rol que se li pot atorgar a cada matèria. Aquesta tensió didàctica 3 planteja un debat encara obert tant els projectes STEM com a la recerca sobre quines són les formes més adequades de fomentar la integració de matèries (Aguilera et al., 2021). És en aquesta discussió en que es podran conèixer les implicacions d'aquesta integració en la selecció i aprofundiment de continguts de ciències així com la forma de desenvolupar-los a partir d'unes pràctiques de modelització.

3.4. En la discussió sobre l'avaluació en els projectes STEM, emergeix una tensió (tensió didàctica 4) entre avaluar i obtenir evidències d'aprenentatge de competències científicotecnològiques i l'avaluació de l'acció del projecte.

La conclusió de l'emergència d'aquesta tensió didàctica es recolza amb els resultats sintetitzats a la Taula 15, on es presenta com el professorat prioritza i relaciona diferents aspectes de l'àmbit de l'avaluació. Des de la literatura, tot i que diferents autors han destacat eines per millorar l'avaluació dels projectes (BIE, 2015), aquesta continua sent un repte en els projectes STEM (Wilson, 2020). Aquesta tesi fa explícita que aquestes dificultats d'avaluar els aprenentatges no esta desvinculada de l'avaluació de l'acció que es planteja els projectes.

4. En la discussió sobre els projectes STEM i en la literatura, existeixen tensions didàctiques que emergeixen de forma recurrent i que involucren principalment els

àmbits de l'acció, la contextualització, els continguts i les pràctiques científicotecnològiques.

La presentació de les tensions didàctiques 1, 2 i 3 mostren la falta de consens en les formes d'abordar-les en el disseny i implementació dels projectes STEM, que a la vegada suposen una discussió constant dels àmbits de l'acció, la contextualització, els continguts i les pràctiques científicotecnològiques. Aquesta conclusió es recolza no només en la freqüència en què el professorat fa referència a aquestes tensions didàctiques sinó també en la complexitat d'interconnexions que s'esdevenen entre els àmbits (Figura 5), on s'aprecia que les tensions didàctiques 1, 2 i 3 són les més mencionades i interconnectades, mentre que la tensió didàctica 4 relativa a l'avaluació és la menys mencionada i interconnectada. Això ho relacionem amb el fet que seria la tensió didàctica en la que hi ha més consens entre el professorat, que tendeix a prioritzar l'avaluació de l'aprenentatge enfront de l'avaluació de l'acció.

Aquesta interconnexió d'àmbits que plantegen les tensions didàctiques en els projectes STEM no són alienes als reptes presents anteriorment en la literatura, que connecten fàcilment amb reflexions de diferents tradicions didàctiques. Són exemples els reptes del lligam entre contingut i context que planteja l'enfocament CTS (Caamaño, 2002), o l'acció i el contingut que planteja l'educació ambiental (Breiting et al., 1999).

5. Les quatre tensions didàctiques identificades posen de manifest l'existència d'una tensió didàctica estructural dels projectes STEM entre aquells àmbits i aspectes de caràcter disciplinari i aquells de caràcter meta-disciplinari.

Aquesta tensió didàctica estructural entre àmbits disciplinaris i meta-disciplinaris sembla inherent als projectes STEM i es manifesta de formes diferents d'acord a les tensions didàctiques identificades. Aquesta conclusió es recolza per la discussió sintetitzada en la Taula 16. En aquests resultats es reconeix una dissociació dels aspectes de caracterització de projectes STEM entre aquells aspectes que es poden considerar de caràcter meta-disciplinari, que es vinculen a objectius, requeriments i formes de treballar propis de la metodologia ABP, i aquells aspectes que es poden considerar de caràcter disciplinari, que es vinculen directament a objectius, prioritats i formes de fer, pensar i parlar pròpies i genuïnes de disciplines científicotecnològiques. En la literatura, aquesta tensió didàctica no sempre es fa explícita sinó que, al contrari, es veu com una oportunitat sinèrgica (Capraro, et al 2013). És des d'aquells marcs que més s'alineen amb la perspectiva d'aquesta tesi, en què aquesta tensió didàctica es posa de manifest, al prioritzar una forma concreta de fomentar la ciència a l'aula a través de pràctiques científiques (Krajcik et al 2019). Tot i que, en aquest darrer cas, solen fer propostes que decanten la tensió cap a un sentit alineat amb la seva fonamentació teòrica. Entenem que la identificació de les quatre tensions didàctiques com l'emergència d'una tensió didàctica estructural aporta una perspectiva integral de l'ABP per l'ensenyament de les Ciències en quant a que és capaç de connectar

problemàtiques tant de diferents tradicions de l'ensenyament de les Ciències com de la pròpia metodologia ABP a través d'un sol constructe.

- 6. La tensió didàctica estructural que es presenta als projectes STEM no és pot entendre com un problema que es pot resoldre sinó com una forma de concebre el disseny i implementació dels projectes STEM que planteja una constant presa de decisions o “negociació” que basculen i prioritzen alternament aspectes de caràcter disciplinari i meta-disciplinari.**

Aportant aquesta idea més clarificadora de tensió didàctica estructural, entenem que els diferents aspectes de caràcter disciplinari i meta-disciplinari s'han de prioritzar i bascular sense que la tensió didàctica estructural es pugui resoldre inequívocament. Aquesta conclusió es recolza pels resultats de les taules 16-18 on, a part de les diferents tensions didàctiques, també s'aprecia com la majoria de professorat troba la necessitat de prioritzar tant aspectes de caràcter disciplinari com de caràcter meta-disciplinari en diferents projectes.

- 7. La rúbrica STEM ABP es un instrument co-creat i validat que permet seleccionar, dissenyar i adaptar projectes STEM en base a 8 àmbits i 21 indicadors amb 4 nivells de sofisticació cadascun.**

El procés de co-creació descrit en aquesta tesi implica una iteració de l'avaluació amb un grup de professors/es de projectes STEM que validen i refinen la rúbrica per aquesta finalitat d'avaluar projectes STEM (Figura 4). En la literatura sobre l'ABP, es presenten diferents instruments en format de rúbrica que fomenten la millora dels projectes STEM. Tot i així, i fins a on nosaltres coneixem, aquest instrument és el que més diversificació d'elements competencials integra des d'una mirada de la competència científica i de les competències del segle XXI (Pérez-Torres, et al 2021).

- 8. Un instrument que reconegui la complexitat i que faciliti moltes formes de progressar en el disseny i millora de projectes STEM ha d'incorporar un elevat nombre d'indicadors.**

La riquesa de l'instrument presentat no ha estat fruit de la voluntat de construir un instrument necessàriament complex, sinó que ha sorgit de la necessitat de concreció i matís dels propis docents que co-creaven l'instrument. Aquesta conclusió es recolza en la necessitat de consensuar pel grup d'experts participants un relatiu elevat nombre d'indicadors partint d'una pre-rúbrica amb 13 indicadors i consensuant un nombre final de 21 indicadors.

- 9. La construcció d'una rúbrica per avaluar projectes STEM implica discutir i prendre decisions en relació a la tensió didàctica estructural que emergeix i que es manifesta en la concreció dels indicadors de la rúbrica STEM ABP.**

Aquesta conclusió es recolza a partir dels resultats recollits en l'apartat 5.2 on es presenten les formes d'emergir les diferents tensions didàctiques en la construcció de la rúbrica i com influeixen en la constitució de la rúbrica final. Fins a on coneixem, la literatura no planteja que els instruments de millora de projectes STEM impliquin gestionar tensions didàctiques que poden afectar a l'avaluació i millora de més d'un indicador simultàniament.

8.2. Conclusions vinculades a l'estudi 2

Aquestes conclusions es vinculen amb els objectius de recerca:

- 3) *Caracteritzar tipologies de projectes STEM que es poden identificar a través d'una rúbrica construïda des de la perspectiva de l'ACE.*

10. L'avaluació dels projectes STEM amb la rúbrica STEM ABP planteja que no tots els indicadors inclosos a la rúbrica STEM ABP presenten les mateixes dificultats o se'ls hi dona la mateixa importància al dissenyar els projectes STEM.

Aquesta conclusió es recolza en els resultats sintetitzats en la Figura 11, que mostren el major i menor nivell de sofisticació amb que es puntuen de forma mitjana els indicadors dels diferents àmbits. En concret, reben menor puntuació en nivell de sofisticació els àmbits de continguts i pràctiques CT, en especial per aquells indicadors de modelització i selecció de continguts conceptuals. Aquesta conclusió és coherent i es recolza per la dificultat que implica desenvolupar a nivells sofisticats de pràctiques com la de modelització en el disseny de materials didàctics (Garrido, 2015). En el context d'aquesta tesi els resultats que s'aporten recolzen i amplien les conclusions presentades per Garrido (2015) i la fan generalitzable a quan la modelització de continguts conceptuals esdevé a través de la metodologia ABP.

11. Existeixen diverses formes de dissenyar i implementar projectes STEM i on cada agrupació es pot entendre com una tipologia de projecte STEM que impliquen la presència de diferents indicadors de la rúbrica STEM ABP.

A l'agrupar projectes d'acord amb els indicadors de la rúbrica STEM ABP es poden distingir grups de projectes que comparteixen indicadors, i per tant, característiques comunes respecte d'altres projectes. Aquesta conclusió es recolza pels resultats que mostren les diferents caracteritzacions que es poden fer dels projectes STEM en cinc tipologies diferents (Figura 13-Figura 17). En relació a com els classifiquen els projectes STEM a la literatura, s'han presentat diferents propostes de classificació recollides a la Taula 1. La proposta de classificació d'aquesta tesi es fonamenta amb un conjunt de variables que no només posen l'èmfasi en el propòsit o la pràctica principal dels projectes sinó que integra diversitat d'indicadors vinculats a 8 àmbits que faciliten una caracterització més detallada i profunda de cada tipologia de projecte STEM proposada.

12. Cada tipologia de projectes STEM comparteix un seguit de característiques que configuren un perfil propi que respon a una forma concreta d'abordar les tensions didàctiques.

Es poden representar i comparar el conjunt de característiques de cada tipologia de projectes STEM a través de representacions gràfiques radials que permeten percebre la presència i el grau de sofisticació dels indicadors de la rúbrica STEM ABP. Aquesta conclusió es recolza pel conjunt de figures presentades al Capítol 7, on es mostren diferents representacions radials i inclús les comparacions entre perfils de tipologies (Figura 20-21).

13. Cadascuna de les tipologies de projectes STEM té implicacions en la forma d'involucrar a l'alumnat en una activitat d'aula que l'alfabetitzi científicotecnològicament.

Aquestes implicacions es poden determinar per a cada tipologia de projectes STEM identificada:

13.1. Es pot definir una tipologia de projectes STEM de Ciència per la Ciutadania que es caracteritzen pel desenvolupament d'accions argumentades sobre situacions rellevants socialment i que impliquen treballar valors.

Els resultats que recolzen aquesta conclusió (Figura 13), caracteritzen els projectes per la presència de certs indicadors vinculats a la contextualització, les pràctiques d'argumentació o el desenvolupament de valors. La presència d'aquest tipus de projectes, lligats als enfocaments CTS i de controvèrsies sociocientífiques (Evagorou, Nielsen & Dillon, 2020; Solomon & Aikenhead, 1994), plantegen que dintre d'aquelles propostes que anomenem STEM, apareixen influències d'altres corrents.

13.2. Es pot definir una tipologia de projectes STEM de Tecno-Enginyeria que es caracteritzen per l'elaboració de productes tecnològics a través de pràctiques enginyeres i que es desenvolupen a partir de coneixements científics i en contextos autèntics.

Els resultats que recolzen aquesta conclusió (Figura 14), caracteritzen els projectes per la presència de certs indicadors vinculats a les pràctiques de la enginyeria, la significativitat i autenticitat dels contextos o la selecció de coneixements científics. La presència d'aquest tipus de projectes, es vinculen amb enfocaments com la Ciència Basada en el Disseny que, en moltes ocasions, són també presents en les propostes de STEM ABP (Falloon, 2020).

13.3. Es pot definir una tipologia de projectes STEM de Pràctica Científica que es caracteritzen per presentar contextos significatius per la Ciència a partir del qual es desenvolupen diferents tipus de continguts a través de fomentar pràctiques científiques.

Els resultats que recolzen aquesta conclusió (Figura 15), caracteritzen els projectes per la presència de certs indicadors vinculats als continguts i pràctiques científicotecnològiques, contextos significatius i autèntics i accions amb impacte social i un cert rang de decisió. La presència d'aquesta tipologia de projectes STEM connecta amb totes aquelles propostes que integren les pràctiques científiques a l'aula. Aquests projectes STEM són, per tant, un exemple de com l'enfocament STEM pot també permetre i fomentar una activitat d'aula centrada en involucrar-se en pràctiques científiques.

13.4. Es pot definir una tipologia de projectes STEM de Context Científic que es caracteritzen per fomentar pràctiques de recollida de dades o treball manipulatiu en contextos significatius per la Ciència a través de pràctiques que poden vincular-se a una indagació de baix nivell.

Els resultats que recolzen aquesta conclusió (Figura 16), caracteritzen els projectes per la presència de certs indicadors vinculats a la selecció de continguts procedimentals, pràctiques d'indagació i la selecció de contextos autèntics i significatius per la ciència. La presència d'aquests tipus de projectes, lligats a enfocaments que recorden a una indagació de tipus *hands on*, fa qüestionar-se si els projectes STEM promouen una visió de la indagació adequada al propòsit competencial (Grandy i Dusch 2007).

13.5. Es pot definir una tipologia de projectes STEM Transversals que es caracteritzen per fomentar aspectes meta-disciplinaris que impliquen desenvolupar una acció a través dels recursos tecnològics disponibles sense una pràctica pròpia de cap disciplina.

Els resultats que recolzen aquesta conclusió (Figura 17), caracteritzen els projectes per la presència de certs indicadors vinculats a accions amb un cert rang de decisió, integració de continguts de diferents matèries o contextos autèntics i significatius per la ciència. La presència d'aquests tipus de projectes, encaixa amb objectius d'aprenentatge vinculats a habilitats del segle XXI, que són habitualment destacats en la metodologia ABP (BIE, 2015).

14. Tots els projectes STEM no són igual de favorables per impulsar una alfabetització científicotecnològica i quan sí l'afavoreixen, tendeixen a fer-ho cap a una alfabetització tecnològica o científica.

Les diferències en el nivell d'alfabetització científicotecnològica es recolza per la puntuació mitjana de cada tipologia de projectes per al conjunt d'indicadors de caràcter disciplinari i meta-disciplinari (Figura 18 i 19). Considerant les similituds de cada tipologia de projectes STEM amb les diferents tradicions amb les que es relacionen de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències i l'enginyeria, hi ha una coherència entre les potencialitats i crítiques d'aquestes tradicions didàctiques amb la puntuació mitjana per a indicadors disciplinaris. En aquesta tesi però, hem afegit un raonament que involucra altres elements

i que expliquen a què responen aquestes diferències en l'alfabetització científicotecnològica i que, en moltes ocasions, es vinculen a l'emergència de la tensió didàctica estructural entre indicadors de caràcter disciplinari i meta-disciplinari.

En relació a aquesta tensió, apareixen elements clau que permeten relacionar la tipologia de projectes STEM per la forma que adopten els seus perfils.

15. Al comparar els projectes STEM Transversals i de Context Científic s'evidencia que uns son la versió bàsica o reduïda dels altres, el que permet identificar elements de millora dels projectes cap a tipologies que fomentin una alfabetització CT

Aquesta conclusió es recolza pels resultats recollits a les Figura 20 i 21, on s'aprecia la forma concèntrica dels perfils dels projectes STEM Transversals i de Tecno-Enginyeria i de Context Científic i Pràctica Científica.

En aquesta tesi, entenem que les diferències entre les tipologies de projectes que més fomenten les competències CT i les que menys no responen a que en realitat siguin una mateixa tipologia de projecte STEM amb major o menor qualitat en l'alfabetització científicotecnològica. Com s'ha presentat abans, aquesta diferència de tipologies es justifica amb propòsits i presència d'indicadors diferents en cada tipologia caracteritzada. Tot i així, des d'una perspectiva teòrica centrada en fomentar una Activitat Científica Escolar a l'aula i, per tant, també una alfabetització CT, existeix un interès en relacionar aquestes propostes que presenten certes característiques similars. Aquesta comparació és una aportació en relació a les comparacions entre projectes en la literatura sobre l'ABP en Ciències, que només sol identificar tipologies més centrades a desenvolupar recerques o construir artefactes (Kanter, 2010).

16. Les escoles tendeixen a tenir una visió particular i concreta de les tipologies de projectes STEM que utilitzen.

Les grans diferències entre la proporció de tipologies de projectes STEM que dissenyen i implementen els diferents centres i la baixa diversitat de tipologies que apareixen a cadascun (Figura 22) recolzen aquesta conclusió. Aquesta conclusió és sorprenent, tenint en compte com ha estat la metodologia d'aquesta recerca, on els diferents centres implicats comparteixen i reflexionen en espais conjunts sobre els projectes que dissenyen i implementen. De fet, del conjunt de projectes analitzats (Taula 27), apareixen certs projectes que comparteixen un mateix context o acció final però que s'identifiquen com a tipologies de projectes diferents.

8.3. Conclusions transversals

D'acord amb les conclusions específiques de cada objectiu de recerca, podem extreure unes conclusions que fan referència a constructes o idees que es desenvolupen a la tesi i que són transversals als tres objectius de recerca de la mateixa.

a. **En la caracterització dels projectes STEM a partir de la discussió del professorat, en el procés de construcció de la rúbrica i en l'anàlisi de materials didàctics de projectes STEM, s'identifica que hi ha discrepància entre 1) el que el professorat i la rúbrica destaquen com a aspectes/indicadors rellevants per seleccionar, modificar, dissenyar o avaluar projectes STEM i 2) com és el disseny real d'aquests projectes.**

La puntuació mitjana dels projectes STEM pel conjunt d'indicadors de la rúbrica STEM ABP indica que la major part dels projectes analitzats presenta dificultats per assolir nivells alts de sofisticació de forma general. D'acord amb el disseny dels projectes STEM i l'avaluació que permet desenvolupar la rúbrica STEM ABP, s'identifica que aquelles característiques que són més presents i amb un major nivell de sofisticació són aquelles que estan més alineades amb les característiques pròpies de l'ABP, és a dir, aquelles vinculades a aspectes meta-disciplinaris. En contraposició, aquelles característiques més vinculades a desenvolupar continguts clau o involucrar-se en investigacions no sempre són igualment incorporades al disseny dels projectes STEM. S'identifica per tant, que apareix una clara diferència entre el que es verbalitza i es pensa (Estudi 1) i el que realment es dissenya (Estudi 2), on el professorat dona importància a aspectes disciplinaris i metadisciplinaris però que en el disseny de projectes són els aspectes disciplinaris els que presenten un nivell de sofisticació més baix. Són, per tant, les diferències en aquestes característiques vinculades a aspectes de caràcter disciplinari les que més expliquen les diferències entre projectes STEM. Aquesta conclusió es justifica també a nivell de la literatura sobre l'ABP, on diferents corrents aporten visions diferents sobre com incloure elements disciplinaris als projectes que, en la pràctica, són equiparables amb les tipologies de projectes STEM presentades.

b. **Dissenyar un projecte STEM implica concrecions de cada àmbit que habitualment són incompatibles amb altres concrecions del mateix àmbit.**

Ni en la discussió del professorat (Estudi 1), ni en l'aplicació de la rúbrica a projectes de prova ni en l'anàlisi del material didàctic de 49 projectes STEM (Estudi 2) **no es fa referència ni es troba un projecte que permeti desenvolupar totes les formes de concretar-se els diferents àmbits que caracteritzen els projectes STEM: accions, contextos, continguts, pràctiques, etc.** Per tant, el disseny de projectes STEM implica seleccionar i prioritzar tipologies de projectes de forma diversificada al llarg dels cursos escolars o a un cert nivell escolar. Això implica abordar les tensions inherents als projectes STEM a través del disseny i la implementació de projectes STEM de diferent tipologies.

c. **El marc didàctic de l'Activitat Científica Escolar planteja una visió de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències de provada qualitat que permet adaptar noves propostes pedagògiques (en aquest cas l'ABP) per orientar la millora de l'educació científica.**

En l'anàlisi dels projectes STEM que s'ha realitzat en aquesta tesi, aquest marc ACE ha permès anar més enllà de veure si els projectes s'ajusten o no a les consideracions de l'ABP. Al incorporar la perspectiva ACE els requeriments als projectes s'amplien degut a que demanen que l'alumnat s'involucri en parlar, pensar i fer ciències (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; Izquierdo, Espinet, et al., 1999a). És a dir, és al treballar des d'aquesta perspectiva, en què es dóna valor a participar d'aquesta activitat científica escolar, que es poden problematitzar aquells projectes que no la fomenten. En la literatura, aquesta conclusió es recolza per l'ús continuat d'aquest marc en recerques que han explorat contextos educatius molt diferents. En són exemples les l'ús de lectures a partir del pensament crític (Oliveras, 2013), les novel·les (Pau et al, 2019), les controvèrsies sociocientífiques (Domènech, 2015), les propostes tinkering (Simarro, 2019), etc. Tots aquests contextos han trobat sentit des de la mirada de l'ACE.

I finalment destacar que aquesta tesi és producte i alhora hi aporta al marc que enten la didàctica de les ciències com una tecnociència o ciència del disseny, en el que el disseny de productes és un focus principal. Així mateix, es destaca el caràcter tecnològic de la didàctica, on moltes recerques han fomentat també el desenvolupament d'instruments que permetin reflexionar i millorar sobre la pràctica educativa (disseny i implementació). En aquest sentit cal destacar els instruments desenvolupats per les recerques que es centren en el treball en context (Moraga, 2018, Pau 2019) i en indagació (Ferrés Gurt, 2017; Tena Gallego 2020).

Limitacions

Aquesta tesi doctoral s'ha vist condicionada per un seguit de limitacions que a continuació es presenten:

La recerca recollida en aquesta tesi ha estat plantejada des de la mirada del marc de l'Activitat Científica Escolar. Entenem que l'ús d'aquest marc metodològic com a marc de referència ha estat profundament rellevant per entendre totes les implicacions que poden tenir els projectes STEM per un ensenyament de les Ciències. Des d'aquesta perspectiva s'ha construït un instrument (Rúbrica STEM ABP) que atorga valor a certs aspectes disciplinaris i meta-disciplinaris i s'han valorat les implicacions de cada tipologia de projectes en l'alfabetització científicotecnològica. Tot i així, aquesta mirada a la vegada pot limitar altres lectures també vàlides dels projectes STEM. Entenem que en aquest sentit, altres lectures també rellevants en l'alfabetització científica com podrien ser l'educació ambiental, el pensament crític, etc. podrien ser motiu de fer èmfasi en altres aspectes dels projectes STEM.

A nivell metodològic, apareixen certes limitacions relacionades amb l'instrument Rúbrica STEM ABP i la selecció de dades.

En primer lloc, la selecció de participants per a l'Estudi 1 va ser una acció curosament cuidada. La visió del professorat sobre els projectes STEM en les entrevistes (Objectiu 1) es realitza des de la visió de participants amb un cert criteri didàctic acreditat per la experiència

en innovació didàctica en ciències. Aquesta decisió ha estat justificada metodològicament per la necessitat de recollir aquelles visions que provenguin de professorat amb experiència en la implementació de projectes STEM i que a la vegada atorguin importància a l'ensenyament de les Ciències. Entenem, per tant, que poden aparèixer altres visions sobre els projectes STEM d'altres professors/es implicats en el disseny de projectes STEM.

En relació a l'Objectiu 2 (Estudi 1), el fet que els participants de la co-construcció de la Rúbrica STEM ABP estiguin habituats a l'ús d'un llenguatge didàctic de les ciències específic, amb els conceptes i matisos que impliquen, suposa que la rúbrica resultant dificulti ser compartida sense acompanyament amb la resta de professorat. En altres paraules, certes activitats pròpies de la recerca com la triangulació de la valoració de projectes, i la divulgació de l'instrument ha implicat requeriments específics. Per exemple, en la triangulació de la rúbrica han participat principalment persones amb acreditació didàctica de les ciències que poguessin fer un ús autònom d'aquesta. En el cas de les activitats de transferència de la recerca, aquesta limitació ha implicat realitzar adaptacions en la rúbrica simplificant vocabulari i agrupant indicadors.

En tercer lloc, la recerca es veu limitada per la selecció documental dels projectes STEM. El procés de recollida de dades ha implicat la selecció de diversos arxius digitals que recopilen la informació sobre les activitats i productes que es realitzen en els projectes STEM. Aquesta selecció de dades documental permet triangular el que verbalitza el que el professorat realment dissenya i deixa constància de forma escrita dels projectes. Tot i així, aquesta selecció documental limita la informació que podem tenir dels projectes STEM ja que aquesta queda condicionada al què el professorat dissenyador hagi considerat rellevant documentar. Entenem que aquesta limitació en l'anàlisi documental es podria recolzar a nivell metodològic seleccionant dades que informin de la implementació dels projectes STEM.

Implicacions i perspectives de futur

Recuperant la introducció d'aquest document, aquesta recerca doctoral té potencials implicacions a diversos nivells: acadèmic i socioeducatiu. En aquest apartat volem oferir algunes consideracions de les possibles perspectives de futur de recerca.

Entenem que un primer punt clau d'aquesta recerca és el valor de desenvolupar la recerca amb una elevada implicació del professorat participant en el disseny i implementació de projectes STEM. Aquesta participació proactiva té implicacions clares en el procés de la recerca i els resultats, que informen d'una forma molt empírica de com són els projectes STEM.

El fet de tractar un tema d'actualitat i, en certs àmbits inclús controvertit, on s'ha efectuat aquesta recerca fa que les recerques al voltant dels projectes STEM siguin una demanda social tant pel professorat com la resta de comunitat educativa. En aquest sentit, aquesta recerca té implicacions en les possibilitat d'oferir formació inicial i continuada al

professorat que actualment s'està iniciant en el disseny i implementació de projectes STEM. Entenem que entendre els projectes STEM des de la tensió didàctica estructural presentada i com aquesta es concreta en les diferents tipologies de projectes pot resultar un focus de formació que millori el disseny de projectes STEM. Així mateix, la rúbrica STEM ABP ja s'ha presentat en diferents formacions com una eina disponible que ajudi a seleccionar, dissenyar i adaptar els projectes STEM en els centres educatius que els implementen.

En relació a les perspectives de futur que obre aquesta recerca sobre projectes STEM veiem diferents necessitats i oportunitats per continuar aprofundint en aquesta.

En primer lloc, l'anàlisi dels projectes STEM s'ha realitzat des d'una perspectiva concreta de l'Activitat Científica Escolar. Entenem que aquest marc ha estat òptim per desenvolupar aquesta recerca però considerem que la recerca al voltant de la comprensió dels projectes STEM es podria enriquir incorporant noves mirades que ofereixin noves interpretacions sobre els projectes.

A nivell metodològic veiem també altres direccions de futur clares. Aquesta tesi doctoral ha estat clarament centrada en el professorat i la documentació dels projectes que en fa. Entenem que aquesta recerca es podria enriquir fent un anàlisi de com l'alumnat participa d'aquests projectes i quines visions tenen d'aquests. Així mateix també seria d'interès contrastar les visions presentades del professorat amb experiència en el disseny i implementació de projectes STEM d'aquelles visions del professorat més novell que s'introdueix en aquest disseny i implementació.

Finalment, en aquesta tesi s'ha iniciat un primer anàlisi exploratori de com les diferents tipologies de projectes s'apliquen als centres. En aquesta tesi no hem aprofundit en com es donen els processos d'organització dels centres i del professorat al voltant del disseny i la implementació dels projectes STEM. Els resultats sobre l'anàlisi de tipologies de projectes STEM per centres indueixen a pensar que hi ha diferències entre centres que necessiten d'una recerca amb més profunditat sobre aquests processos.

Esperem que aquesta recerca contribueixi en la millora de l'educació científica i aporti elements útils per comprendre i orientar el disseny de projectes a l'aula de Ciències.

Referències

- Adams, E., Smith, G., Henthorn, M., Ward, T. J., Vanek, D., Marra, N., Jones, D., & Striebel, J. (2009). Air Toxics under the Big Sky: A Real-World Investigation To Engage High School Science Students. *Journal of Chemical Education*, 85(2), 221. <https://doi.org/10.1021/ed085p221>
- Adúriz-Bravo, A., Espinet, M., Izquierdo, M., Garcia-Milà, M., Jiménez-Aleixandre, M.-P., Reigosa, C., Marchán, I., Márquez, C., Sanmartí, N., Martins, I., Siry, C., & Solsona Pairó, N. (2013). *Perspectives sobre el context en educació científica: Aproximacions teòriques i implicacions per a la pràctica educativa*. <https://doi.org/DOI 10.1002/sce.20132>
- Ageitos, N., & Puig, B. (2021). Argumentation as a tool to explain the evolutionary links between human diseases: a case study. *Journal of Biological Education*, 55(2), 188–195. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1667409>
- Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Vilchez-González, J. M., & Perales-Palacios, F. J. (2021). In search of a long-awaited consensus on disciplinary integration in stem education. *Mathematics*, 9(6), 1–10. <https://doi.org/10.3390/math9060597>
- Aliberas, J., & Gutiérrez, R. (2019). *Identifying Changes in a Student 's Mental Models and Stimulating Intrinsic Motivation for Learning During a Dialogue Regulated by the Teachback Technique : a Case Study Content courtesy of Springer Nature , terms of use apply . Rights reserved . Content*.
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454–465. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9114-6>
- Aymerich, M. I. (2019). Resoldre problemes per aprendre a fer ciències Problem-solving as a way of learning how to do science. *Revista Catalana de Pedagogia*, 13(2018), 45–62. <https://doi.org/10.2436/20.3007.01.99>
- Balka, D. (2011). *Standards of mathematical practice and STEM*. School Science and Mathematics Association.
- Basilotta Gómez-Pablos, V., Martín del Pozo, M., & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A. (2017). Project-based learning (PBL) through the incorporation of digital technologies: An evaluation based on the experience of serving teachers. *Computers in Human Behavior*, 68, 501. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.056>
- Bencze, J. L., Bowen, G. M., & Alsop, S. (2006). Teachers' tendencies to promote student-led science projects: Associations with their views about science. *Science Education*, 90(3), 400–419. <https://doi.org/10.1002/sce.20124>
- Bevins, S., & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17–29. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1124300>
- Bicer, A. (2016). Soap Making and Packaging. In M. M. Capraro, J. Whitfield, M. J. Etchells, & R. M. Capraro (Eds.), *A companion to interdisciplinary STEM Project-Based Learning* (pp. 181–189). Sense Publishers.

- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. In *Educational Psychologist* (Vol. 26, Issues 3 & 4, pp. 369–398). https://doi.org/10.1207/s15326985ep2603&4_8
- Brears, L., Tutor, S., Macintyre, B., Lecturer, S., Sullivan, G. O., & Lecturer, S. (2011). Preparing Teachers for the 21st Century Using PBL as an Integrating Strategy in Science and Technology Education. *Design and Technology Education*, 16(1), 36–46.
- Breiting, S., Hedegaard, K., Mogensen, F., Nielsen, K., & Schnack, K. (1999). *Action competence, Conflicting interests and Environmental Education*.
- Bulte, A., Westbroek, H., de Jong, O., & Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063–1086. <https://doi.org/10.1080/09500690600702520>
- Bybee, Rodger, W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association, NSTA Press.
- Caamaño, A. (2002). Presencia de CTS en el currículo español. In P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad* (pp. 121–133). Narcea ediciones.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *Stem project-based learning An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. Sense Publishers.
- Caprile, M., Palmen, R., Sanz, P., & Dente, G. (2015). Encouraging STEM Studies for the Labour Market. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Castelltort, A. (2015). *Educar a favor d'una nova cultura ambiental de l'aigua*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Chen, C. H., & Yang, Y. C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.11.001>
- Chin, C., & Chia, L. G. (2004). Implementing project work in biology through problem-based learning. *Journal of Biological Education*, 38(2), 69–75. <https://doi.org/10.1080/00219266.2004.9655904>
- Condcliffe, B., Quint, J., Visher, M. G., Bangser, M. R., Drohojowska, S., Saco, L., & Nelson, E. (2017). Project-Based Learning: A Literature Review. *Mdrc, Building Knowledge to Improve Social Policy*, October, 1–84.
- Connors-Kellgren, A., Parker, C. E., Blustein, D. L., & Barnett, M. (2016). Innovations and Challenges in Project-Based STEM Education: Lessons from ITEST. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 825–832. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9658-9>
- Constantinou, C. P., Sjoberg, S., & Sannikmae, M. (2005). *Europe Needs More Scientists : Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology* *Com m u n i t y r e s e a r c h Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for* (Issue January 2014).
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar:

- una reflexión crítica. *26EDCE. Investigación y Transferencia Para Una Educación En Ciencias: Un Reto Emocionante*, 1–28.
- 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(34), 22. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.403>
- Couso, D., & Pintó, R. (2009). Análisis del contenido del discurso cooperativo de los profesores de ciencias en contextos de innovación didáctica. *Ensenanza de Las Ciencias*, 27(1), 5–18.
- Couso, D., & Simarro, C. (2020). STEM education through the epistemological lens. In Carla Johnson, M. Mohr-Schroeder, & T. Moore (Eds.), *Handbook of Research on STEM Education*.
- Craig, T. T., & Marshall, J. (2019). Effect of project-based learning on high school students' state-mandated, standardized math and science exam performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(10), 1461–1488. <https://doi.org/10.1002/tea.21582>
- Crawford, B. A., Krajcik, J. S., & Marx, R. W. (1999). Elements of a community of learners in a middle school science classroom. *Science Education*, 83(6), 701–723. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199911\)83:6<701::AID-SCE4>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199911)83:6<701::AID-SCE4>3.0.CO;2-2)
- Crujeiras, B. (2014). *Competencias e prácticas científicas no laboratorio de química: Participación do alumnado de secundaria na indagación*.
- Pau- Custodio, I. (2019). *La novela com a context en l'educació científica*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Dede, C. (2009). *Comparing Frameworks for " 21 st Century Skills "*. 1–16. Harvard Graduate School of Education
- Delgado, F. A., & Rovira, M. P. G. (1996). *Aprender a enseñar ciencias: una propuesta basada en la autorregulación*. 1(0), 1–7.
- Departament d'Ensenyament de Catalunya. (2016). *Rúbrica Docent Autoavaluació d'un treball per projectes*.
- DeSeCo OECD. (2003). *The definition and selection of key competencies - Executive Summary* (pp. 1–20). <https://doi.org/10.1080/2159676X.2012.712997>
- Dewey, J. (1938). *Experience & Education*. 91. Obtenido de: <https://www.schoolofeducators.com/wp-content/uploads/2011/12/EXPERIENCE-EDUCATION-JOHN-DEWEY.pdf>
- Domènech-Casal, J. (2017). Aprenentatge Basat en Projectes en àmbits STEM . Claus metodològiques i reptes. *Ciències*, 33, 2–7.
- Domènech-Casal, J., Lope, S., & Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka*, 13(3), 617–627. <https://doi.org/10.25267/Rev>
- Domènech, A; Márquez, C; Roca, M, Marbà Tallada, A. (2015). La medicalización de la sociedad , un contexto para promover el desarrollo y uso de conocimientos científicos sobre el cuerpo humano The medicalization of society as a context for promoting.

Enseñanza de Las Ciencias, 33(1), 101–125.

- Domènech Calvet, A. M. (2014). *L'ús de les controvèrsies sociocientífiques per promoure la competència científica a l'educació secundària: el cas de la medicalització i el TDA-H* [Universitat Autònoma de Barcelona]. <http://www.tdx.cat/handle/10803/283516>
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2013). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, 22(9), 2109–2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- Erduran, S. (2020). Nature of “STEM”? *Science & Education*, 29(4), 781–784. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00150-6>
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. (Eds.). (2013). *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (Vol. 080, Issue 05). Springer. https://doi.org/10.2505/4/tst13_080_05_30
- Espeja, A. G. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica*. Universitat Autònoma de Barcelona, Tesi doctoral.
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM Education: a Framework for Developing STEM Literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369–385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>
- Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855–879. <https://doi.org/10.1080/09500690500038165>
- Fukumoto, T., & Sawamura, H. (2007). Argumentation-based learning. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4766 LNAI, 17–35. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75526-5_2
- Generalitat de Catalunya Departament d'Ensenyament. (2018). *Curriculum d'educació secundària obligatòria: Vol. Número 694* (Issue Disposició, p. 411).
- Giere, R. N. (1992). *Cognitive Models of Science*. (Vol. 68, Issue 4, pp. 565–566). <https://doi.org/10.1086/418308>
- Gläser, J., & Laudel, G. (2013). Life with and without coding: Two methods for early-stage data analysis in qualitative research aiming at causal explanations. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 14(2). <https://doi.org/10.17169/fqs-14.2.1886>
- Grandy, R., & Duschl, R. A. (2007). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. *Science and Education*, 16(2), 141–166. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-2865-z>
- Guisasola, J., Ametller, J., & Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*,

18(1), 1801.
https://doi.org/https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

- Haglund, J., & Hultén, M. (2017). Tension Between Visions of Science Education: The Case of Energy Quality in Swedish Secondary Science Curricula. *Science and Education*, 26(3-4), 323-344. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9895-1>
- Harlen, W. (2010). Principles and big ideas of science education. *Association for Science Education*, 60. https://doi.org/978_0_86357_4_313
- Harmer, N. (2014). *Project-based learning Literature review*. August, 34. https://www.plymouth.ac.uk/uploads/production/document/path/2/2733/Literature_review_Project-based_learning.pdf
- Harris, C. J., Penuel, W. R., D'Angelo, C. M., DeBarger, A. H., Gallagher, L. P., Kennedy, C. A., Cheng, B. H., & Krajcik, J. S. (2015). Impact of project-based curriculum materials on student learning in science: Results of a randomized controlled trial. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(10), 1362-1385. <https://doi.org/10.1002/tea.21263>
- Hasni, A., Bousadra, F., Belletête, V., Benabdallah, A., Nicole, M. C., & Dumais, N. (2016). Trends in research on project-based science and technology teaching and learning at K-12 levels: a systematic review. *Studies in Science Education*, 52(2), 199-231. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1226573>
- Hug, B., Krajcik, J. S., & Marx, R. W. (2005). Using innovative learning technologies to promote learning and engagement in an Urban science classroom. *Urban Education*, 40(4), 446-472. <https://doi.org/10.1177/0042085905276409>
- Comissió d'ètica i experimentació (2020). Código de buenas prácticas en la investigación. In *Universitat Autònoma de Barcelona*.
- Izquierdo-Aymerich, M., & Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Izquierdo, M., & Adúriz-Bravo, A. (n.d.). *Contribuciones de Giere a la reflexión sobre la educación científica*.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (1999a). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de Las Ciencias, núm extra*, 79-91.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (1999b). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de Las Ciencias, núm. extra*, 79-91.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de Las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- James R. Morgan, Moon, A. M., & Barroso, L. R. (2013). Engineering better projects. In R. M. Capraro, M. M. Capraro, & J. R. Morgan (Eds.), *STEM Project-Based Learning. An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach* (pp. 29-40). Sense Publishers.
- Jiménez-Aleixandre, M.-P., & Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific

- Practices. In A. B. (eds) Taber K.S. (Ed.), *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education*. SensePublishers. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5
- Jimenez-Liso, M. R., Martinez Chico, M., Avraamidou, L., & López-Gay Lucio-Villegas, R. (2019). Scientific practices in teacher education: the interplay of sense, sensors, and emotions. *Research in Science and Technological Education*, 00(00), 1–24. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1647158>
- Johnson, C., Margaret, M., Moore, T., & English, L. (Eds.). (2020). *Handbook of Research on STEM Education*. Routledge.
- Kanter, D. E. (2010). Doing the project and learning the content: Designing project-based science curricula for meaningful understanding. *Science Education*, 94(3), 525–551. <https://doi.org/10.1002/sce.20381>
- Kanter, D. E., & Konstantopoulos, S. (2010). The impact of a project-based science curriculum on minority student achievement, attitudes, and careers: The effects of teacher content and pedagogical content knowledge and inquiry-based practices. *Science Education*, 94(5), 855–887. <https://doi.org/10.1002/sce.20391>
- Kapon, S., Laherto, A., & Levrini, O. (2018). Disciplinary authenticity and personal relevance in school science. *Science Education*, 102, 1077–1106. <https://doi.org/10.1002/sce.21458>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Ketzky, & Capraro, M. M. (2016). Renewable Energy Sources. In M. M. Capraro, J. Whitfield, M. J. Etchells, & R. M. Capraro (Eds.), *A companion to interdisciplinary STEM project-based learning* (pp. 145–154). Sense Publishers.
- Kilpatrick, W. (1918). *The Project Method*.
- King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51–87. <https://doi.org/10.1080/03057267.2012.655037>
- Kolmos, A., & De Graaff, E. (2015). Problem-based and project-based learning in engineering education: Merging models. *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*, 141–160. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139013451.012>
- Kortland, J. (2007). Context-based science curricula: Exploring the didactical friction between context and science content. *ESERA Conference 2007*.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3–4), 313–350. <https://doi.org/10.1080/10508406.1998.9672057>
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., & Soloway, E. (1994). *A Collaborative Model for Helping Middle Grade Science Teachers Learn Project-Based Instruction*. University of Chicago, Press Stable. 94(5), 483–497.
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). Project-Based Learning. In R. Sawyer (Ed.), *The Cambridge*

- Handbook of the Learning Sciences*. (pp. 275–297). Cambridge University Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.018>
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.
- Kwon, H. (2016). Eat healthy at fast food restaurants. In M. M. Capraro, J. Whitfield, M. J. Etchells, & R. M. Capraro (Eds.), *A companion to interdisciplinary STEM Project-Based Learning* (pp. 203–208). Sense Publishers.
- Lafuente Martínez, M. (2019). ¿Mejora el aprendizaje del alumnado mediante el trabajo por proyectos? *¿Qué Funciona En Educación? Evidencias Para La Mejora Educativa*, 29.
- Land, S. M., & Zembal-Saul, C. (2003). Scaffolding Reflection and Articulation of Scientific Explanations in a Data-Rich, Project-Based Learning Environment: An Investigation of Progress Portfolio. *Educational Technology Research and Development*, 51(4), 65–84. <https://doi.org/10.1007/BF02504544>
- Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). Gold Standard PBL : Essential Project Design Elements. *Buck Institute for Education*, 1–4. www.bie.org
- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>
- López, J. A., & Javier Perales Palacios, F. (2020). «Reinventar tu ciudad»: aprendizaje basado en proyectos para la mejora de la conciencia ambiental en estudiantes de Secundaria. *Enseñanza de Las Ciencias*, 38(2), 181–203.
- López Simó, V., Couso, D., & Simarro, C. (2018). Educación STEM en y para el mundo digital . Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias , matemáticas y tecnologías STEM education for and with a digital era . How and why bringing digital tools into science , maths and tecnol. *Revista de Educación a Distancia*, 20(62), 1–29. <http://dx.doi.org/10.6018/red.410011>
- Lopez, V., Couso, D., Simarro, C., & Garrido, A. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 0(Extra), 691–698.
- Lopez, V., & Hernandez, M. I. (2015). Scratch as a computational modelling tool for teaching physics. *Physics Education*, 50(3), 310–316. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/3/310>
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, 64(4), 471–492. <https://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748>
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: Aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educacion Quimica*, 26(4), 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.06.001>
- Marshall, J. A., Petrosino, A. J., & Martin, T. (2010). Preservice teachers' conceptions and enactments of project-based instruction. *Journal of Science Education and Technology*,

- 19(4), 370–386. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9206-y>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vilchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Martínez-Celorrio, X. (2019). *INNOVACIÓN Y EQUIDAD EDUCATIVA*. Octaedro Editorial.
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (1997). Enacting Project-Based Science. *The Elementary School Journal*, 97(4), 341–358.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153–191. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1
- Means, B., Wang, H., Wei, X., Lynch, S., Peters, V., Young, V., & Allen, C. (2017). Expanding STEM opportunities through inclusive STEM-focused high schools. *Science Education*, 101(5), 681–715. <https://doi.org/10.1002/sce.21281>
- Mentzer, G. A., Czerniak, C. M., & Brooks, L. (2017). An Examination of Teacher Understanding of Project Based Science as a Result of Participating in an Extended Professional Development Program: Implications for Implementation. *School Science and Mathematics*, 117(1–2), 76–86. <https://doi.org/10.1111/ssm.12208>
- Mergendoller, J. R., & Thomas, J. W. (2000). Managing project based learning: Principles from the field. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, 1–51. <http://www.bie.org/images/uploads/general/f6d0b4a5d9e37c0e0317acb7942d27b0.pdf>
- Millar, R., & Osborne, J. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College.
- Miller, E. C., & Krajcik, J. S. (2019). Promoting deep learning through project-based learning: a design problem. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0009-6>
- National Research Council. (1996). *The National Science Education Standards*. National Academies Press.
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. In *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Novak, A. M., & Krajcik, J. S. (2019). A Case Study of Project-Based Learning of Middle School Students Exploring Water Quality. *The Wiley Handbook of Problem-Based Learning*, 551–572. <https://doi.org/10.1002/9781119173243.ch24>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Assessment and analytical framework*. <https://doi.org/10.1787/f30da688-en>
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias Different definitions for the idea of modeling in science education. *Enseñanza de Las Ciencias*, 2, 5. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>

- Olivares, C., Merino, C., & Quiroz, W. (2014). Gowin's V as an Instrument for Systematization of Chemical Knowledge. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 2064–2068. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.520>
- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., & Greca, I. M. (2020). A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. *Science and Education*, 29(4), 857–880. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- P21. (2019). Partnership for 21st Century Learning. *Framework For21" Century Learning*, 9.
- Park, W., Wu, J. Y., & Erduran, S. (2020). The Nature of STEM Disciplines in the Science Education Standards Documents from the USA, Korea and Taiwan: Focusing on Disciplinary Aims, Values and Practices. *Science and Education*, 29(4), 899–927. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00139-1>
- Partnership For 21st Century Skills (P21). (2009). 21st Century Student Outcomes. *Framework*, 1–9. http://www.p21.org/documents/P21_Framework_Definitions.pdf
- Pecore, J. L. (2015). From Kilpatrick's project method to project-based learning. *International Handbook Progressive Education*, 155–171.
- Pérez-Torres, M., Couso, D., & Márquez, C. (2021). ¿Cómo diseñar un buen proyecto STEM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora. *Revista Eureka*, 18(1), 1301. <https://doi.org/10.25267/Rev>
- Peterman, K., Kermish-Allen, R., Knezek, G., Christensen, R., & Tyler-Wood, T. (2016). Measuring Student Career Interest within the Context of Technology-Enhanced STEM Projects: A Cross-Project Comparison Study Based on the Career Interest Questionnaire. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 833–845. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9617-5>
- Pilot, A., & Bulte, A. (2006). Why do you “need to know”? Context-based education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 953–956. <https://doi.org/10.1080/09500690600702462>
- Projectant, I. (2016). *Instituts Projectant. Comunitat autogestionada de pràctica d'instituts ABP*. <https://institutsprojectant.wordpress.com/>
- Prtljaga, S., & Veselinov, D. (2017). The influence of the project method on the achievement of young learners in the field science and social studies. *Research in Pedagogy*, 7(2), 254–264. <https://doi.org/10.17810/2015.63>
- Quigley, C. F., & Herro, D. (2016). “Finding the Joy in the Unknown”: Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410–426. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
- Reeves, L. (2016). Experimenting with Modeling Clay Recipes. In M. M. Capraro, J. Whitfield, M. J. Etchells, & R. M. Capraro (Eds.), *A companion to interdisciplinary STEM Projec-Based Learning* (pp. 165–172). Sense Publishers.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias

- sobres sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 14(2), 286–299. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.01
- Romero Ariza, M., & Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(1), 101–115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Rubilar, C. M., & i Mercè, I. A. (2011). Contribution to modelling in chemical change. *Educacion Quimica*, 22(3), 212–223. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30137-x](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30137-x)
- Rué, J. (2018). Aprendre mitjançant projectes. Una estratègia per a aprenentatges de qualitat. *Revista Catalana de Pedagogia*, 0(0), 15–43. <https://doi.org/10.2436/20.3007.01.98>
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2002). The Morality of Socioscientific Issues: Construal and Resolution of Genetic Engineering Dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4–27. <https://doi.org/10.1002/sc.10101>
- Sahin, A. (2013). STEM Project-Based Learning: Specialized Form of Inquiry-Based Learning. In J. Capraro, R., Capraro, M. & Morgan (Ed.), *STEM Project-Based Learning: An integrated science, technology, engineering and mathematics (STEM) approach* (pp. 59–64). https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_7
- Sahin, A. (2015). A Practice-based Model of STEM Teaching. In A. Sahin (Ed.), *A Practice-based Model of STEM Teaching*. Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-019-2>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMania. *The Technology Teacher*, Dec.
- Sanders, M. (2015). *The Original “Integrative STEM Education” Definition: Explained*. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/51624>
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. In F. Perales & P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 239–266). Editorial Marfil.
- Sanmartí, N. (2010). Avaluar per aprendre. *Departament d’Educació*, 36.
- Sanmartí, N. (2019). *Avaluar i aprendre: un únic procés*. Octaedro Editorial.
- Sanmartí, N., & Pujol, R. M. (2002). ¿Qué comporta capacitar para la acción en el marco de la escuela? *Investigación En La Escuela*, 46.
- Sanmarti Puig, N., Márquez Bargalló, C., Sanmartí, N., & Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>
- Schneider, B., Krajcik, J., Lavonen, J., Salmela-Aro, K., Broda, M., Spicer, J., Bruner, J., Moeller, J., Linnansaari, J., Juuti, K., & Viljaranta, J. (2016). Investigating optimal learning moments in U.S. and finnish science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(3), 400–421. <https://doi.org/10.1002/tea.21306>
- Schreiner, C., Henriksen, E. K., & Kirkeby Hansen, P. J. (2005). Climate education: Empowering today’s youth to meet tomorrow’s challenges. *Studies in Science Education*, 41(1), 3–50. <https://doi.org/10.1080/03057260508560213>
- Sensevy, G. (2008). Le travail du professeur pour la théorie de l’action conjointe en

- didactique. *Recherche & Formation*, 57, 39–50.
<https://doi.org/10.4000/rechercheformation.822>
- Shemwell, J. T., Avargil, S., & Capps, D. K. (2015). Grappling with long-term learning in science: A qualitative study of teachers' views of developmentally oriented instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(8), 1163–1187.
<https://doi.org/10.1002/tea.21239>
- Simarro Rodríguez, C. (2019). El paper del tinkering en l'educació stem no formal. In *Universitat Autònoma de Barcelona*. <http://www.tdx.cat/handle/10803/667284>
- Steve McKissick, & Whitfield, J. G. (2016). Building a better cereal box. In M. M. Capraro, J. Whitfield, M. J. Etchells, & R. M. Capraro (Eds.), *A companion to interdisciplinary STEM Project-Based Learning* (pp. 11–18). Sense Publishers.
- Strobel, J., Wang, J., Weber, N. R., & Dyehouse, M. (2013). The role of authenticity in design-based learning environments: The case of engineering education. *Computers and Education*, 64, 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.026>
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of “relevance” in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1–34.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2013.802463>
- Surr, W., Loney, E., Goldston, C., Rasmussen, J., & Anderson, K. (2016). *From Career Pipeline to STEM Literacy for All. Exploring Evolving Notions of STEM*. 50. www.midwest-cc.org
- Sylvia Moraga, Blanch, M. E., & Rubilar, C. M. (2019). El contexto en la enseñanza de la química: Análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias de secundaria en formación inicial. *Revista Eureka*, 16(1), 1604.
<https://doi.org/10.25267/Rev>
- Tarabini, A., Curran, M., & Fontdevila, C. (2017). Institutional habitus in context: implementation, development and impacts in two compulsory secondary schools in Barcelona. *British Journal of Sociology of Education*, 38(8), 1177–1189.
<https://doi.org/10.1080/01425692.2016.1251306>
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. http://www.bie.org/research/study/review_of_project_based_learning_2000
- Tinker, R. F., & S., K. J. (2001). Portable Technologies: Science Learning in Context. In *Innovations in science education and technology*;
- Toolin, R. E. (2004). Striking a Balance Between Innovation and Standards: A Study of Teachers Implementing Project-Based Approaches to Teaching Science. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 179–187.
<https://doi.org/10.1023/b:jost.0000031257.37930.89>
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Wong, V., Dillon, J., & King, H. (2016). STEM in England: meanings and motivations in the policy arena. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2346–2366.

<https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1242818>

Xarxa de Competències Bàsiques. (2016). *El treball per projectes: aprenentatge autèntic*. XIV Jornada Anual. <https://blocs.xtec.cat/14jornadaxarxacb/>

Xarxa de Competències Bàsiques. (2017a). *Fem projectes o entenem l'escola com un gran projecte?* XV Jornada Anual. <https://blocs.xtec.cat/15jornadaxarxacb/>

Xarxa de Competències Bàsiques. (2017b). *Projectes i equitat*. <https://blocs.xtec.cat/xcbprojecte34/>

Xarxa de Competències Bàsiques. (2018). *Aprendre amb sentit tot treballant per projectes*. XVI Jornada Anual. <https://blocs.xtec.cat/16jornadaxarxacb/>

Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>

Glossari

Àmbit: cadascun dels elements caracteritzadors dels projectes STEM. Aquests àmbits estructuraven els resultats de l'objectiu 1 i agrupen els diferents aspectes que caracterzen el disseny de projectes STEM. Aquests àmbits també estructuraven i agrupen els indicadors que avaluen els projectes en la rúbrica STEM ABP. Ex: context, continguts, etc

Aspecte i sub-aspecte. Cadascun dels dominis d'anàlisi en què es concreten la caracterització dels projectes STEM. Part d'aquests aspectes i sub-aspectes són adaptats i integrats com a indicadors de la rúbrica STEM ABP.

Concreció de l'aspecte. Categories d'anàlisi que informen de les formes de concretar-se el significat de cada aspecte. Part d'aquestes concrecions dels aspectes són adaptats en la redacció dels nivells de sofisticació de la rúbrica STEM ABP.

Indicador: cadascun dels 21 criteris de realització que s'avaluen a la rúbrica STEM ABP i pel qual es concreta una progressió de millora a través de diferents nivells de sofisticació.

Nivell de sofisticació: cadascun dels possibles nivells de resultat en què es pot concretar l'avaluació de cada indicador. Es presenten 4 nivells de sofisticació per cada indicador. Cada nivell consta d'un text descriptor que detalla com es caracteritzen els projectes que presenten aquell grau de sofisticació.

Índex de taules

| | |
|--|----|
| Taula 1. Comparació de classificacions de projectes escolars d'acord amb els objectius i pràctiques disciplinàries de ciència i tecnologia que fomenten (font pròpia). | 8 |
| Taula 2. Caracterització de 3 enfocaments actuals d'ABP a través dels seus elements principals d'acord amb les revisions de Thomas (2000) i Hasni (2016), (p. 4, Pérez-Torres, 2019). | 12 |
| Taula 3. Comparació de l'ACE i l'ABP a nivell metodològic (font pròpia). | 18 |
| Taula 4. Categories vinculades a l'àmbit de Continguts a l'aspecte de Selecció de Continguts de i sobre ciències i al sub-aspecte teòric en relació a les entrevistes del professorat participant. | 25 |
| Taula 5. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit de Finalitats. | 35 |
| Taula 6. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit de Continguts. | 36 |
| Taula 7. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit d'Acció. | 38 |
| Taula 8. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit de Contextualització. | 39 |
| Taula 9. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit de Participació en pràctiques científicotecnològiques. | 40 |
| Taula 10. Taula resum dels aspectes i concreció dels aspectes que menciona el professorat participant agrupats per l'àmbit d'avaluació. | 40 |
| Taula 11. Concreció dels aspectes i sub-aspectes dels projectes STEM de major consens (>4/6 participants) entre el professorat participant. | 41 |
| Taula 12. Prioritats del professorat en la selecció de contextos per al disseny de projectes STEM davant la tensió didàctica entre els aspectes de Rellevància i Significativitat científica del context. | 44 |
| Taula 13. Prioritats del professorat en la selecció de contextos per al disseny de projectes STEM davant la tensió didàctica entre la Selecció i Construcció (Modelització) de continguts conceptuals i el desenvolupament d'una acció final. | 47 |
| Taula 14. Prioritats del professorat en la selecció de continguts de diferents matèries per al disseny de projectes STEM davant la tensió didàctica entre la Selecció i aprofundiment de continguts d'una matèria respecta a la integració de continguts de diferents. | 49 |
| Taula 15. Prioritats del professorat en relació a l'avaluació en el disseny de projectes STEM davant la tensió didàctica entre avaluar i obtenir evidències d'aprenentatge de competències CT clau i l'avaluació de l'acció del projecte. | 50 |
| Taula 16. Taula resum dels àmbits, aspectes i concrecions d'aspectes dels projectes STEM d'acord amb el seu caràcter disciplinari (verd), meta-disciplinari (blau) o neutre (gris). | 56 |
| Taula 17. Estructura i definició dels àmbits de la rúbrica STEM ABP i els seus respectius indicadors. Adaptació de la Taula 1 de Pérez Torres, Couso i Márquez (2021). | 58 |
| Taula 18. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de Finalitats. | 60 |
| Taula 19. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de Continguts. | 63 |
| Taula 20. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de l'Acció. | 66 |
| Taula 21. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de Context. | 68 |
| Taula 22. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de Pràctiques CT. | 71 |
| Taula 23. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent a l'àmbit de l'Avaluació. | 74 |
| Taula 24. Fragment de la rúbrica STEM ABP pertanyent als criteris de Recursos TIC i Regulació del treball cooperatiu. | 76 |
| Taula 25. Distinció de indicadors de la Rúbrica STEM ABP de caràcter disciplinari i meta-disciplinari. | 79 |

| | |
|---|------------|
| <i>Taula 26. Descripció de l'organització escolar i docent del ABP per centres educatius.</i> | <i>83</i> |
| <i>Taula 27. Llistat de projectes STEM seleccionats per a la construcció de tipologies. S'indica el títol que els docents han donat al projecte, així com el curs i centre on s'ha implementat. El resum de cada projecte es pot trobar a l'Annex III.</i> | <i>84</i> |
| <i>Taula 28. Exemple de descripció de projecte STEM.</i> | <i>87</i> |
| <i>Taula 29. Secció de la taula d'avaluació del projecte Meteo2050 (C2_P2) on s'indiquen l'avaluació de tres criteris de la rúbrica STEM ABP (Capítol 5) vinculats al foment en la participació de pràctiques científiques escolars en el projecte.</i> | <i>89</i> |
| <i>Taula 30. Distinció de indicadors de la Rúbrica STEM ABP vinculats a objectius disciplinaris i meta-disciplinaris.</i> | <i>103</i> |

Índex de Figures

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Captura de la interfície del software Atlas.ti on s'han analitzat les entrevistes del professorat participant per al desenvolupament de l'objectiu 1. En la imatge s'indiquen dos tipus de codis que s'han utilitzat durant el procés inductiu-deductiu d'anàlisi del contingut..... | 26 |
| Figura 2. Representació dels resultats de l'avaluació del projecte Natmosfera Biodiversity Congress pels 5 grups de participants de la Iteració 1. La línia negra indica la puntuació mitjana de les valoració dels indicadors presents. | 31 |
| Figura 3. Representació dels resultats de l'avaluació del projecte Nosaltres t'informem tu tries pels participants de la Iteració 2. La línia negra indica la puntuació mitjana de les valoració dels indicadors presents..... | 32 |
| Figura 4. Esquema del procés de disseny de la rúbrica STEM ABP. En verd es destaquen les activitats realitzades pel panel d'experts del grup LIEC. En blau es destaquen els productes parcials del procés (Pérez-Torres et al., 2021)..... | 33 |
| Figura 5. Representació de les 4 tensions didàctiques en relació als àmbits (majúscules), aspectes (negreta) i concreció dels aspectes (cursiva) que s'identifiquen en els projectes STEM pel professorat participant. | 51 |
| Figura 6. Procés de catalogació i processament dels documents primaris dels projectes STEM pel seu anàlisi..... | 88 |
| Figura 7. Representació radial del projecte Meteo 2050 (C2_P2). Els colors de fons blau i verd representen criteris vinculats a aspectes meta-disciplinaris i disciplinaris respectivament. | 91 |
| Figura 8. Representació del dendrograma obtingut de l'anàlisi clúster de 46 projectes STEM. La línia blava identifica els cinc clúster de projectes STEM obtinguts per l'estratègia de tall de l'arbre..... | 93 |
| Figura 9. Representació del perfil d'una tipologia de projectes STEM construïda a través de l'anàlisi clúster. En ella s'indiquen el significat de cada tonalitat i element present. | 95 |
| Figura 10. Puntuació mitjana de projectes STEM per àmbits de la rúbrica STEM ABP. Cada valor indica el nivell de sofisticació mitjà per als 49 projectes STEM avaluats. | 98 |
| Figura 11. Puntuació mitjana de projectes STEM pels 21 indicadors presents a la rúbrica STEM ABP. Els intervals indicats marquen la desviació estàndard per a cada criteri..... | 99 |
| Figura 12. Nombre de projectes STEM pertanyent a cada tipologia resultant de l'anàlisi clúster. | 105 |
| Figura 13. Representació del perfil de projectes STEM de Ciència per la Ciutadania (n=10). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presents en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP..... | 107 |
| Figura 14. Representació del perfil de projectes STEM de Tecno-Enginyeria (n=6). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presents en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte propi. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP. | 110 |
| Figura 15. Representació del perfil de projectes STEM de Pràctica Científica (n=13). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presents en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP..... | 113 |
| Figura 16. Representació del perfil de projectes STEM de Context Científic (n=6). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presents en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP..... | 115 |

| | |
|--|-----|
| Figura 17. Representació del perfil de projectes STEM Transversals (n=9). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). Els criteris que són més presents en aquest tipus de projectes (presents en més del 60% dels projectes dintre del grup) es ressalten en tons més foscos creant un patró representatiu de la tipologia de projecte. La línia blava indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP..... | 117 |
| Figura 18. Representació del percentatge de puntuació màxima de cada tipologia de projecte d'acord amb la qualitat global (gris) i la qualitat per als criteris disciplinaris (verd) i la qualitat per a criteris meta-disciplinaris (blau). 15 criteris (definitoris de les cinc tipologies de projectes) són els utilitzats per marcar la valoració global del projecte, dels quals 8 són associats a criteris disciplinaris i 7 són associats a criteris meta-disciplinaris. Les columnes indiquen el percentatge de la puntuació màxima per als criteris indicats. Les barres d'error informen de la dispersió (desviació estàndard) per cada columna..... | 119 |
| Figura 19. Representació de les valoracions dels 46 projectes STEM analitzats d'acord amb la suma de les seves valoracions per criteris disciplinaris (eix x) i meta-disciplinaris (eix y). Cada quadrant es vincula amb la potencial capacitat de fomentar l'alfabetització CT (CT, en tons verds) i global (G, en tons blaus). Cada tipologia de projectes STEM es vincula al color indicat en la llegenda. | 121 |
| Figura 20. Representació superposada dels perfils de projectes STEM de Transversals (lila) i de Tecno-Enginyeria (blau fosc). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). La silueta de cada perfil indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP..... | 123 |
| Figura 21. Representació superposada dels perfils de projectes STEM de Transversals (lila) i de Tecno-Enginyeria (blau fosc). Els colors blau i verd del fons del gràfic representen respectivament els criteris meta-disciplinaris (blau) i disciplinaris (verd). La silueta de cada perfil indica el nivell mitjà de sofisticació de cada criteri de la rúbrica STEM ABP..... | 124 |
| Figura 22. Nombre de projectes STEM obtinguts per cada centre. Cada color indica la tipologia de projectes STEM a la que pertanyen els projectes de cada centre. | 126 |
| Figura 23. Qualitat mitjana dels projectes STEM analitzats dels Centres 1, 2 i 5. La qualitat es representa com el percentatge de la valoració màxima que assoleixen de mitjana els projectes de cada centre. De forma homòloga es representa la qualitat mitjana dels criteris disciplinaris i meta-disciplinaris. Les barres d'error indiquen la dispersió (desviació estàndard) de cada columna. | 127 |
| Figura 24. Qualitat mitjana dels projectes STEM analitzats dels Centres 3 i 4. La qualitat es representa com el percentatge de la valoració màxima que assoleixen de mitjana els projectes de cada centre. De forma homòloga es representa la qualitat mitjana dels criteris disciplinaris i meta-disciplinaris. Les barres d'error indiquen la dispersió (desviació estàndard) de cada columna. | 128 |

Annexos

- I. Categorització de les sis entrevistes per àmbits, aspectes i concreció dels aspectes.
- II. Rúbrica STEM ABP
- III. Resum Projectes STEM
- IV. Documents d'anàlisi del projectes STEM amb la Rúbrica STEM ABP
- V. Valoracions quantitatives dels projectes STEM

El llistats d'Annexos es poden consultar virtualment a través del següent codi QR:

